This book is provided in digital form with the permission of the rightsholder as part of a Google project to make the world's books discoverable online.

The rightsholder has graciously given you the freedom to download all pages of this book. No additional commercial or other uses have been granted.

Please note that all copyrights remain reserved.

About Google Books

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Books helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at http://books.google.com/

Centrosema: Biología, Agronomía y Utilización

Editado por: R. Schultze-Kraft
R. J. Clements
G. Keller-Grein

CIAT
Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture

Digitized by Google

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) se dedica al alivio del hambre y de la pobreza en los países tropicales en desarrollo, mediante la aplicación de la ciencia al aumento de la producción agrícola, conservando, a la vez, los recursos naturales.

El CIAT es uno de los 16 centros internacionales de investigación agropecuaria auspiciados por el Grupo Consultivo para la Investigación Agropecuaria Internacional (GCIAI).

El presupuesto básico del CIAT es financiado por 25 donantes, entre los que figuran gobiernos de países, organizaciones para el desarrollo regional e institucional y fundaciones privadas. En 1997, los siguientes países son donantes del CIAT: Alemania, Australia, Bélgica, Canadá, China, Colombia, Dinamarca, España, los Estados Unidos de América, Francia, Holanda, Japón, Noruega, el Reino Unido, Suecia y Suiza. Las entidades donantes son el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), el Banco Mundial, el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD), la Fundación Ford, la Fundación Nippon, la Fundación Rockefeller, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y la Unión Europea (UE).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente los puntos de vista de los donantes.

Este libro se publicó con la colaboración de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ), entidad que dio apoyo financiero para su impresión.

Foto de la portada:
Centrosema brachypodum en flor; fotografía de Alvaro Cuéllar.

Digitized by Google

ISBN 958-9183-48-4

Centrosema: Biología, Agronomía y Utilización

Editado por: R. Schultze-Kraft
R. J. Clements
G. Keller-Grein

This One
RQ82-1X8-3SX4

CIAT
Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture

gtz
Deutsche Gesellschaft für
Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH

Digitized by Google

Centro Internacional de Agricultura Tropical
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia

Publicación CIAT No. 208
ISBN 958-9183-48-4
Tiraje: 600 ejemplares
Impreso en Colombia
Abril de 1997

Centrosema: Biología, agronomía y utilización / editado por
R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein. -- Cali,
Colombia : Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1997.
765 p. Ilus. -- (Publicación CIAT ; no. 208)
ISBN 958-9183-48-4.

Edición revisada y aumentada de la versión inglesa "*Centrosema:* Biology, Agronomy, and Utilization", editada por R. Schultze-Kraft y R. J. Clements, CIAT, Cali, Colombia, 1990.
(ISBN 958-9183-12-3)

1. *Centrosema* -- Botánica-Clasificación. 2. *Centrosema* -- Biogeografía. 3. *Centrosema* -- Recursos del germoplasma. 4. *Centrosema* -- Suelo ácido. 5. *Centrosema* -- Adaptación. 6. *Centrosema* -- Tecnología de semillas. 7. *Centrosema* -- Enfermedades de las plantas. 8. *Centrosema* -- Plagas. 9. *Centrosema* -- Nitrógeno-Fijación. 10. *Centrosema* -- Nutrición-Requerimientos. 11. *Centrosema* -- Estudio de caso.

Digitized by Google

Contenido

		Página
Prefacio		vii
Capítulo		
1	Taxonomía de *Centrosema* R. J. Williams y R. J. Clements	1
2	Biogeografía de *Centrosema* R. Schultze-Kraft, R. J. Williams y L. Coradin	35
3	Especies de *Centrosema* para regiones semiáridas y subtropicales R. J. Clements	87
4	Especies de *Centrosema* para suelos ácidos R. Schultze-Kraft	113
5	Nutrición mineral de *Centrosema* J. G. Salinas, P. C. Kerridge y R. M. Schunke	135
6	Biología de la rizosfera y fijación del nitrógeno en *Centrosema* R. Sylvester-Bradley, S. M. Souto y R. A. Date	171
7	Enfermedades y plagas de *Centrosema* J. M. Lenné, R. M. Sonoda y S. L. Lapointe	201
8	Producción de semilla de especies de *Centrosema* J. E. Ferguson, J. M. Hopkinson, L. R. Humphreys y R. P. de Andrade	255
9	Genética y mejoramiento de *Centrosema* J. W. Miles, R. J. Clements, B. Grof y A. Serpa	283
10	Establecimiento y manejo de pasturas de *Centrosema* P. E. Mendoza, D. Thomas, J. M. Spain y C. E. Lascano	315

Digitized by Google

Capítulo Página

11 Valor nutritivo de *Centrosema* y producción animal
C. E. Lascano, J. K. Teitzel y Eng Pei Kong 343

12 *Centrosema* en las plantaciones de especies arbóreas
Chee Yan Kuan y Wong Choi Chee 375

13 Experiencia regional con *Centrosema*: región del Caribe
R. T. Paterson 401

14 Experiencia regional con *Centrosema*: América Central y México
P. J. Argel, A. Peralta M. y E. A. Pizarro 427

15 Experiencia regional con *Centrosema*: norte de América del Sur
B. Grof, A. J. Flores, P. E. Mendoza y E. A. Pizarro 455

16 Experiencia regional con *Centrosema*: Perú, Bolivia y Ecuador
C. A. Reyes, G. Keller-Grein y R. C. Pérez 489

17 Experiencia regional con *Centrosema*: Brasil, zona tropical húmeda
E. A. S. Serrão, M. A. Moreno R. y J. B. da Veiga 519

18 Experiencia regional con *Centrosema*: sabanas de Brasil
D. Thomas y M. I. de O. Penteado 547

19 Experiencia regional con *Centrosema*: América subtropical
A. E. Vorano, A. E. Kretschmer, Jr., O. Royo Pallarés y J. L. Pérego 575

Digitized by Google

Capítulo | Página

20 Experiencia regional con *Centrosema*: Australia
J. K. Teitzel, D. G. Cameron, P. Anning y T. G. Stockwell 599

21 Experiencia regional con *Centrosema*: Asia tropical y región del Pacífico
L. R. Humphreys, D. A. Ivory, Wong Choi Chee y A. Topark-Ngarm 629

22 Experiencia regional con *Centrosema*: Africa al sur del Sahara
J. R. Lazier y J. N. Clatworthy 649

23 Futuro de la investigación sobre *Centrosema*
J. M. Toledo 685

24 Avances en la investigación sobre *Centrosema* de 1987 a 1992
R. Schultze-Kraft (comp.) 703

Apéndice

I Láminas en color 725

II Resúmenes de las carteleras presentadas en la reunión de trabajo sobre *Centrosema* realizada en 1987 739

III Lista de autores y de participantes de la reunión de trabajo sobre *Centrosema* realizada en 1987 751

IV Lista de acrónimos y abreviaturas usados en la obra 761

Digitized by Google

Digitized by Google

Prefacio

La importancia de las leguminosas forrajeras se manifiesta cada vez más, no sólo en su capacidad para mejorar la producción animal, sino también en el gran potencial que tienen para contribuir a la sostenibilidad de los sistemas integrados de producción agropecuaria. Efectivamente, mediante la fijación rizobiológica proporcionan al suelo el nitrógeno atmosférico, tanto para su propio crecimiento como para el de las gramíneas u otros cultivos asociados o subsiguientes. En pasturas asociadas, las leguminosas ofrecen al ganado forraje de alta calidad y en forma más continua, lo que no sería posible solamente con las gramíneas. Utilizadas como cultivo de cobertura o como abono verde, contribuyen también a la prevención de la erosión, al control de las malezas y al aumento de la fertilidad del suelo.

Varias especies de *Centrosema*, como *C. pubescens*, *C. pascuorum* y *C. schiedeanum*, han alcanzado—en distinto grado—importancia económica en las regiones tropicales, donde son utilizadas como leguminosas forrajeras en pasturas o como cultivos de cobertura en las plantaciones de especies arbóreas—o de ambos modos. Se han realizado además, a nivel mundial, muchos trabajos en diferentes áreas de investigación sobre estas y varias otras especies del género. En 1987 se realizó en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia, un taller internacional sobre *Centrosema*, con el apoyo financiero de la Agencia Alemana para la Cooperación Técnica (GTZ) y de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia. En este taller participaron investigadores pertenecientes a un amplio rango de disciplinas, para compilar el conocimiento actual sobre el género y definir las prioridades de la futura investigación. Las ponencias presentadas en el taller y los resultados de las discusiones sostenidas en los grupos de trabajo de éste se tomaron como base para un libro editado por R. Schultze-Kraft, CIAT, y R. J. Clements, CSIRO, y publicado en 1990 bajo el título "*Centrosema*: Biology, Agronomy, and Utilization". El libro cubre una amplia y compleja temática sobre el género *Centrosema*, que va desde la taxonomía y la geobotánica hasta la experiencia regional obtenida en las Américas, Africa al sur del Sahara, Asia tropical, la región del Pacífico y Australia.

Digitized by Google

Centrosema es un género nativo de América; como señala el libro, gran parte de la investigación sobre las especies del género se ha efectuado en las zonas tropicales y subtropicales de este continente. Después del taller mencionado fueron liberadas, en tres países americanos, cultivares comerciales de dos especies de *Centrosema*: son ellos *C. acutifolium* cv. Vichada en Colombia, *C. pubescens* cv. El Porvenir en Honduras, y *C. pubescens* cv. Villanueva en Cuba. Recientemente fue liberado *C. brasilianum* cv. Oolloo en Northern Territory, Australia. Además, *C. macrocarpum* sigue siendo considerada como especie promisoria por investigadores y productores.

Teniendo en mente el importante trabajo de investigación realizado sobre el género *Centrosema* en las zonas tropicales y subtropicales de América, se preparó la edición en español de la obra antes mencionada con el fin de facilitar, a los lectores interesados de habla hispana, el acceso al cúmulo de información sobre el género que contiene el libro. Esta edición difiere de la inglesa principalmente en que contiene un capítulo adicional, el 24: en él se han recopilado los avances logrados en la investigación sobre *Centrosema* desde 1987 hasta 1992. Los demás capítulos son traducciones fieles, excepto por algunas actualizaciones menores.

La traducción del inglés se hizo en la Unidad de Comunicaciones del CIAT mediante el programa de computador ENGSPAN. La edición técnica estuvo a mi cargo. La edición de producción fue realizada por F. Motta y G. Rodríguez.

Sea esta obra muy útil, tanto en el estudio como en la consulta, para investigadores, docentes, estudiantes y cuantos estén interesados en el desarrollo de leguminosas forrajeras y mejoradoras del suelo, particularmente las del género *Centrosema*.

Gerhard Keller-Grein
CIAT
(Actualmente: Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania)

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 1-33).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 1

Taxonomía de *Centrosema*

R. J. Williams y R. J. Clements*

Resumen

El género *Centrosema* es un miembro de la tribu Phaseoleae, una de las tribus más grandes de las leguminosas y de las que poseen mayor diversidad. Este género, junto con los géneros *Clitoria*, *Clitoriopsis* y *Periandra*, forma la subtribu Clitoriinae. *Centrosema brasilianum* y *C. virginianum* eran especies reconocidas, por lo menos desde 1691, con nombres de la época anterior a Linnaeus. Bentham reconoció 25 especies y enumeró 20 en **Flora brasiliensis**, en 1859. A finales de 1986, se habían publicado los nombres de cerca de 104 especies. Después de examinar más de 5000 especímenes de herbario y 2000 colecciones vivas, reconocemos 33 especies cuyos nombres han sido publicados y dos especies aún sin publicar. La taxonomía usada se basa principalmente en los atributos morfológicos, especialmente aquéllos de la inflorescencia. En este capítulo se reconocen y estudian 11 grupos de especies relacionadas, y se proporciona una clave para las 33 especies cuya publicación es válida.

El material vivo es de gran valor porque permite hacer una observación más completa de las características de una especie y, por tanto, ayuda a lograr una clasificación taxonómica mejor que la

* Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia.

Digitized by Google

obtenida solamente con especímenes de herbario. Además, las investigaciones sobre variación funcional exigen materiales vivos.

Las prioridades de investigación taxonómica comprenden 1) estudios de compatibilidad cruzada; 2) isoenzimas y otras medidas bioquímicas de afinidad, especialmente dentro del grupo *C. macrocarpum*; 3) comparación morfológica más completa de especies particulares (*C. acutifolium*, *C. grazielae* y algunas especies nuevas que han sido propuestas); 4) estudios más minuciosos tanto de las especies que pertenecen al grupo *C. macrocarpum* como de sus interrelaciones; y 5) recolección más intensa que permita realizar los numerales 3) y 4) ya mencionados.

Función de la Taxonomía

Entender la taxonomía de un grupo de especies o de variedades y las relaciones que existen entre ellas, es esencial si se desea poner en perspectiva los resultados obtenidos en botánica aplicada, agricultura o biología básica. Para extrapolar, a una especie o grupo de especies, lo que se descubra acerca de un organismo o variedad, y para establecer estrategias de investigación óptimas, diseñadas para seleccionar variedades con diferentes patrones de respuesta, es muy útil comprender las relaciones que existen entre las especies.

La taxonomía se refiere a la clasificación, a sus métodos y a los esquemas de relaciones resultantes. Su función principal **no es** adjudicar nombres. Lo **es**, en cambio, agrupar los organismos de tal modo que éstos no sólo sean miembros de un grupo por sus mutuas semejanzas con respecto a los atributos usados en la clasificación, sino que también puedan ser semejantes en otros atributos no medidos aún. En otras palabras, la adecuada circunscripción de las especies permitiría clasificar las poblaciones de tal modo, que sean posibles las predicciones acerca de atributos no usados en la descripción.

Los científicos agrícolas están interesados principalmente en la variación fisiológicamente funcional, que es a menudo continua, mientras que los taxónomos buscan caracteres confiables, discontinuos, que separen las especies o variedades, y demuestran por ello poco interés por la significación funcional de tales caracteres (Heywood, 1959). Naturalmente, una variedad cuyo

Digitized by Google

diagnóstico taxonómico se hace por aspectos aparentemente triviales de su morfología, puede poseer también una adaptación fisiológica particular que, en mayor o menor grado, no se relacione con los criterios del diagnóstico. Un buen ejemplo es la existencia de razas de *Centrosema macrocarpum* que presentan diferencias morfológicas menores, pero que difieren notoriamente en su adaptación a suelos específicos (Schultze-Kraft, 1986).

En este capítulo, limitamos la taxonomía de *Centrosema* a la taxonomía clásica, principalmente al nivel de la especie, con un vistazo rápido a la perspectiva de las relaciones intergenéricas y una selección de muestras de la diversidad intraespecífica. Hay muchas otras taxonomías posibles, como las fundadas en los constitutivos químicos, en las relaciones con rizobios, o en características agronómicas, ya sea que se las considere solas o formando parte de una taxonomía más amplia. Respecto al método taxonómico, hemos construido taxa mediante observación y medición, y por clasificación y reclasificación de miles de especímenes vivos o conservados en herbarios. Hay, naturalmente, métodos basados en el análisis computarizado de conglomerados, que emplean algoritmos numéricos formales. Estos proporcionan una forma repetitiva, y aparentemente objetiva, de elaborar una taxonomía, aunque exigen una elección arbitraria de los atributos y de las medidas de semejanza. Aceptamos que todos estos enfoques taxonómicos representan una contribución; en el nuestro, sin embargo, nos limitamos a los estudios morfológicos de más de 5000 especímenes de herbario y a algún conocimiento agronómico de respuestas de campo. Estas provienen de individuos representativos de aproximadamente 2000 accesiones de los bancos de germoplasma de *Centrosema* descritos por Schultze-Kraft et al. (1987).

Afinidades Genéricas

Aunque el nombre *Centrosema* fue usado primeramente en sentido genérico por Bentham (1837), había sido establecido por de Candolle (1825) como una sección de *Clitoria* para incluir a *Clitoria brasiliana*, a *C. plumieri* y a *C. virginiana*. Bentham estableció el género con su actual nombre como parte de un estudio general de la familia Leguminosae, la cual dividió en tribus y subtribus. *Centrosema* fue incluido en la tribu Phaseoleae y, más específicamente, en la subtribu Clitorieae junto con otros nueve

Digitized by Google

géneros entre los que se hallaban *Clitoria*, *Periandra*, *Neurocarpum*, *Platysema* y *Vexillaria*.

Bentham luchó por conservar la integridad de esta tribu como de hecho lo hacen los autores actuales. En 1865, él fusionó la subtribu Clitorieae con una subtribu más grande, Glycineae, una abigarrada reunión de géneros no muy estrechamente relacionados, que fue elevada a la categoría de tribu por Hutchinson en 1964.

Lackey (1977) trasladó a *Clitoria*, a *Centrosema* y a sus otros géneros afines a las Phaseolinae, pero posteriormente (1981) restableció la subtribu de Bentham con el nombre de Clitoriinae, con una nueva circunscripción. La redujo a tres de los géneros originales: *Centrosema*, *Clitoria* y *Periandra*, y a un nuevo género descrito en 1954, *Clitoriopsis*.

La razón básica de esta incertidumbre acerca del número de integrantes y de las afinidades de la subtribu era la falta de homogeneidad del conglomerado original de Bentham; ésta se produjo, probablemente, por el deseo de mantener la subtribu central de los géneros de tipo faseoloide, actualmente llamados Phaseolinae, tan compacta como fuera posible. Estos cambios sugieren que los géneros no están muy cerca unos de otros. Dos especies consideradas aquí como del género *Centrosema* (*C. platycarpum* y *C. triquetrum*) podrían trasladarse a un género diferente, puesto que se ha aclarado que no pertenecen a ninguno de los actualmente reconocidos. Las características comunes de las Clitoriinae son las flores generalmente resupinadas y la presencia constante de pelos en forma de gancho (Lackey, 1981). Estos pelos, sin embargo, también ocurren en el género *Phaseolus*. El género *Centrosema* se considera distinto por los siguientes caracteres: la presencia de canavanina en todo el género y su ausencia en los otros géneros de la subtribu (Bell et al., 1978); el desarrollo de un órgano funcional especializado (el espolón vexilar); el tubo del cáliz corto; y una bractéola que es grande en relación con el tamaño de la bráctea. Aunque la introgresión puede ocurrir entre algunas especies de *Centrosema*, es muy improbable que ocurra entre cualquier especie de *Centrosema* y las especies de otras Clitoriinae.

El nombre *Centrosema* es un *nomen conservandum* bajo el **Código Internacional de Nomenclatura Botánica** (Voss et al.,

Digitized by Google

1983). En consecuencia, se conserva a pesar de las discusiones de ilegitimidad, y se prefiere al nombre *Steganotropis* (un nombre anterior del género). La especie tipo de *Centrosema* sigue siendo *C. brasilianum* (L.) Benth.

Descubrimiento de Especies

Linnaeus (1753) registró dos especies en *Clitoria* que actualmente se aceptan como pertenecientes a *Centrosema*: *Clitoria brasiliana* y *C. virginiana*. Nótese que estas especies eran conocidas por Plukenet (1691) en la taxonomía anterior a Linnaeus. Aunque el sistema actual de nomenclatura binomial data de 1753, se sabe que estas dos especies han sido conocidas por la ciencia desde hace 300 años. En 1825, cuando de Candolle registró tres especies dentro de su sección *Centrosema*, se conocían en total seis, que todavía se reconocen. Además de *Clitoria brasiliana*, *C. plumieri* y *C. virginiana*, que fueron registradas por de Candolle, también se habían descrito *Clitoria angustifolia*, *C. capitata* y *Glycine sagittata*.

Bentham (1837) enumeró 25 especies, de las cuales dos estaban incluidas en otros géneros: *Vexillaria grandiflora* (syn. *C. platycarpum*) y *Platysema triquetrum*; no conocía, aparentemente, la publicación de Richard (1792) sobre *Clitoria capitata*. En 1859, cuando revisó nuevamente este grupo para la obra **Flora brasiliensis**, de C.F.P. de Martius, tuvo que considerar otras 18 especies, lo que daba en ese tiempo un total de 43. Bentham convirtió entonces 20 de éstas en sinónimos, aplazó el estudio de *C. macrocarpum* porque no conocía ningún ejemplo brasileño, ignoró a *Platysema triquetrum*—una de sus especies de 1837—y no consideró la especie mexicana *Centrosema grandiflorum* (Mart. et Galeotti) Walp. que tomamos como conespecífica con *C. schiedeanum*. El resultado final fue que Bentham atribuyó 20 especies a Brasil.

Entre 1859 y 1986 se publicaron otros 42 nombres. En total, entre 1753 y 1986 ha habido cerca de 104 nombres que se relacionan posiblemente con el género *Centrosema*. El estudio exhaustivo publicado más recientemente es el que realizó para Brasil Barbosa-Fevereiro (1977), quien reconoció 26 especies, incluida *C. grazielae*, la cual fue descrita por ella en 1974.

Digitized by Google

Nuestra intención es resumir la visión que tenemos del género, presentar una lista de las especies con comentarios acerca de sus relaciones, y proporcionar una clave para identificar esas especies tal como las conocemos.

La mayoría de los 104 nombres han sido rechazados porque se refieren a especies que consideramos conespecíficas con otra cuyo nombre tiene prioridad. Como resultado, reconocemos 33 especies, las cuales ya fueron nombradas antes. Estas se enumeran en el Cuadro 1, junto con otras tres especies cuya identidad debe investigarse más: *C. longifolium* Benth., *C. magnificum* Malme y *C. snethlageae* (Ducke) Fantz.

Además de estas especies, hemos hallado ejemplares de especies nuevas que todavía no se han nombrado ni descrito. Una de ellas está tan bien representada en nuestra colección de recursos genéticos de CSIRO que necesita estar marcada para este estudio global sobre el género *Centrosema*. En consecuencia, se mencionará como "sp. n. No. 4." Otra especie nueva todavía sin publicar es *C. tetragonolobum*, hallada e identificada por R. Schultze-Kraft.[1] Otras entidades aparentemente nuevas se mencionarán como pertenecientes al grupo de especies con las cuales están relacionadas; preferimos no etiquetarlas hasta estar seguros de su circunscripción.

Atributos de Valor Taxonómico

Los atributos que son útiles como factores discriminatorios de las especies poseen rasgos peculiares. Obviamente, deben ser variables dentro del género. Además, en los taxa que se consideran avanzados en el sentido evolutivo, y en los que ha habido una y otra vez canalización (en el sentido de Stebbins, 1974), los atributos pueden mantenerse en la periferia de las presiones evolutivas reales. Es probable, además, que esos atributos sean los mismos cuya sola presencia caracteriza el género o la tribu a que pertenecen las especies. En géneros avanzados, como *Centrosema*, el plan básico global, dentro del cual se presenta diversidad y adaptación, se ha vuelto fijo y limitado a opciones cada vez más estrechas aunque continúa la especiación.

1. La descripción de esta especie ya fue publicada por Schultze-Kraft y Williams, 1990, Caldasia 16(77):133-137.

Digitized by Google

Cuadro 1. Estado, fuentes descriptivas y sinonimia del género *Centrosema*.

Especies	Fuentes de la mejor descripción	Sinónimos
ESPECIES RECONOCIDAS		
acutifolium Benth.	Bentham, 1837	
angustifolium (H.B.K.) Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977[a]; Humboldt et al., 1824	*heteroneurum* Standley *simulans* Standl. & Williams *longifolium* Benth.?
arenarium Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977[b]	*rigidulum* Benth.
arenicola (Small) Herm.	Clements y Williams, en preparación; Small, 1903	*floridanum* (Britton) Lakela
bifidum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	*brevilobulatum* Pilger
brachypodum Benth.	Bentham, 1839	
bracteosum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
brasilianum (L.) Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977; Belalcázar y Schultze-Kraft, 1986	
capitatum (L.C. Rich.) Amsh.	Amshoff, 1939; Macbride, 1943	*salzmannii* Benth.
carajasense Cavalc.	Barbosa-Fevereiro, 1977; Cavalcante, 1970	
coriaceum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	*oblongum* Benth. *glabrum* Benth.
dasyanthum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
fasciculatum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
grandiflorum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
grazielae Barbosa	Barbosa, 1974; Barbosa-Fevereiro, 1977	
heptaphyllum Moric.	Moricand, 1840	

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 1. Continuación.

Especies	Fuentes de la mejor descripción	Sinónimos
jaraguaense Hoehne	Barbosa-Fevereiro, 1977; Hoehne, 1926	
latidens Killip & Macbride	Macbride, 1943	*bellum* Vilchez
macrocarpum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977; Pittier, 1944	*lisboae* Ducke *seymourianum* Fantz *magnificum* Malme?
pascuorum Mart. ex Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977; Clements y Williams, en preparación; Pittier, 1944	
platycarpum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
plumieri (Turp. ex Pers.) Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977; Pittier, 1944	
pubescens Benth.[c]	Barbosa-Fevereiro, 1977; Bentham, 1859	*molle* Mart. ex Benth.
rotundifolium Mart. ex Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
sagittatum (H. & B. ex Willd.) Malme	Barbosa-Fevereiro, 1977; Humboldt et al., 1824	*hastatum* Benth.
schiedeanum (ined.)	Schlechtendal, 1838[d]	*galeottii* Fantz
schottii (Millsp.) K. Schum.	Barbosa-Fevereiro, 1977, como *macranthum*; Burkart, 1937, como *kermesi*; Pittier, 1944, como *plumieri*	*macranthum* Hoehne *kermesi* Burkart *lobatum* Britton & Wils. *haitiense* Urb. & Ekm.
tapirapoanense Hoehne	Barbosa-Fevereiro, 1977; Hoehne, 1922	*prehensile* Ducke
triquetrum (Hoffm. ex Benth.) Benth. & Hook	Barbosa-Fevereiro, 1977; Ducke, 1922, como *latissimum*	*latissimum* Ducke *roseum* Huber

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 1. Continuación.

Especies	Fuentes de la mejor descripción	Sinónimos
venosum Mart. ex Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
vetulum Mart. ex Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
vexillatum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977	
virginianum Benth.	Barbosa-Fevereiro, 1977; Burkart, 1937;	*biflorum* Mart. ex Benth. *decumbens* Mart. ex Benth.
	Clements y Williams, en preparación;	*herteri* Harms ex Herter *unifoliatum* (Rose) Lundell
	Correll y Correll, 1982, como *angustifolium*	*variifolium* Burkart
ESPECIES DUDOSAS		
longifolium Benth.	Bentham, 1837	parte de *angustifolium*?
magnificum Malme	Malme, 1931	parte de *macrocarpum*?
snethlageae (Ducke) Fantz	Ducke, 1922	cerca de *dasyanthum*

a. Pero incluye a *C. brasilianum* var. *angustifolium*.
b. Pero incluye a *C. brachypodum*.
c. Como la presentó Bentham (1859) y como se usa en este trabajo.
d. Como *Clitoria schiedeana*.

Los atributos morfológicos que caracterizan las especies pueden ser funcionales sólo de modo limitado y frecuentemente con respecto a la biología reproductiva. Pueden relacionarse con la adaptación ecológica solamente como parte de un complejo de caracteres coadaptado y coevolucionante que, en el mejor de los casos, incluye atributos fisiológicos de interés para los fitomejoradores y agrónomos. En este sentido, los atributos morfológicos sólo señalan los límites de un conjunto de poblaciones que han respondido a las presiones de la selección de manera similar. Dentro de esas especies y variedades deberíamos poder extrapolar la información de una población a otra, siempre que podamos descubrir las reglas del patrón de variación.

Digitized by Google

Los atributos que se han considerado útiles para delinear las especies de *Centrosema* y para determinar especímenes o poblaciones individuales se enumeran en el Cuadro 2. Como se dijo antes, estos atributos se relacionan con aquéllos que son marcadores clave de la tribu o subtribu y del género.

Cuadro 2. Atributos de valor taxonómico en el género *Centrosema*.

Atributo	Fidelidad a la especie	Estabilidad ambiental	Comentario
	1 (baja) a 5 (alta)		
Hábito de la planta	4	3	Rango estrecho de formas
Diámetro del tallo	3	3	Casi siempre demasiado variable
Forma de la estípula	4	4	Util sólo para pocas especies
Tamaño de la estípula	2	3	Util sólo para pocas especies
Tipo de la hoja	5	4	Sólo 4 ó 5 categorías
Forma del folíolo	4	3	Difícil de definir
Tamaño del folíolo	2	2	Usualmente demasiado variable
Venación del folíolo	5	4	Descripción compleja
Textura del folíolo	3	3	No hay descripción estándar de las categorías
Pubescencia del folíolo	3	3	Demasiado variable
Tipo de la inflorescencia	3	3	Util en casos extremos
Longitud del pedúnculo	3	2	Util en casos extremos
Relación pedúnculo/pecíolo	4	4	Sólo se usan 2 ó 3 categorías
No. de flores por pedúnculo	5	4	Categorías no lineales, i.e., 1 ó 2, 2-10, 8-40 flores
Forma de bráctea pedicelar	4	4	Sólo 3 ó 4 categorías
Tamaño de bráctea pedicelar	3	4	Sólo 3 ó 4 categorías
Forma de la bractéola	5	4	Cerca de 6 categorías
Tamaño de la bractéola	3	3	(Ningún comentario)
Relación longitud de bractéola a longitud del tubo del cáliz	4	4	Sólo se usan 2 ó 3 categorías
Dientes del cáliz	4	4	Diversas relaciones
Color del estandarte	2	4	Patrón es más confiable
Color de quilla y alas	4	4	No muy discriminatorio
Carácter del espolón	5	5	Sólo 3 categorías
Forma de estilo y estigma	5	5	Requiere disección cuidadosa
Caracteres de la legumbre	4	4	Confiable pero discrimina sólo unas pocas especies
Caracteres de la semilla	3	4	Confiable pero discrimina sólo unas pocas especies

Digitized by Google

Especies Reconocidas

La clave que se presenta en el Apéndice de este capítulo depende en gran medida de las características relacionadas en el Cuadro 2. No fue posible delinear ni una especie con un solo carácter, antes bien, fue necesario emplear complejos de caracteres.

El Cuadro 1 presenta una lista alfabética de las 33 especies que reconocemos aunque, en la discusión que sigue, las especies fueron agrupadas en conjuntos relacionados y quedaron en el mismo orden, aproximadamente, que en la clave. Las ilustraciones de las especies se presentan en las láminas en color I a IX en el Apéndice I del libro. Schultze-Kraft et al. disertan sobre la distribución natural de las especies (ver Capítulo 2).

Distinguimos la especie tratada en este capítulo como *Centrosema schiedeanum* (comb. ined., syn. *Clitoria schiedeana* Schlecht.) de aquélla distribuida comúnmente y denominada *Centrosema pubescens* Benth. ("centro") por algunos autores recientes. Incluimos en *C. schiedeanum* el material mexicano denominado con este nombre por Schultze-Kraft et al. (1987), así como la mayoría de los otros materiales de herbario distribuidos con este nombre o como *Clitoria schiedeana*, y además el cultivar "Belalto". Nos referiremos a la otra especie como *Centrosema pubescens*, nombre con el cual se conoce agronómicamente. Aceptamos esta solución aunque nuestros estudios han revelado que el material tipo de *C. pubescens* se diferencia de la especie conocida comúnmente con ese nombre y es, en realidad, conespecífico con la que llamamos *C. schiedeanum*. Sin embargo, hasta que se halle un nombre correcto para la especie conocida agronómicamente como "*Centrosema pubescens*," seguiremos usando este nombre para esa especie y el sinónimo más tardío, *Centrosema schiedeanum*, para la especie que se discutió primero en párrafos anteriores.

Grupos de Especies

Algunas especies están más estrechamente relacionadas con unas que con otras. Por tanto, para estudiar las especies, éstas se tratan como varios grupos, cada uno de los cuales contiene dos o más especies. Estos grupos bien pueden corresponder a categorías

Digitized by Google

taxonómicas como las "series" o las "subseries," aunque no proponemos aquí que se les conceda esa categoría. Los grupos son:

Grupo 1 :	*Centrosema dasyanthum, C. latidens, C. jaraguaense, C. vetulum*
Grupo 2 :	*C. arenicola, C. pascuorum, C. virginianum*
Grupo 3 :	*C. acutifolium, C. capitatum, C. grandiflorum, C. grazielae, C. macrocarpum, C. pubescens, C. schiedeanum, Centrosema* sp. n. No. 4 (ined.)
Grupo 4 :	*C. bracteosum, C. venosum*
Grupo 5 :	*C. rotundifolium, C. heptaphyllum*
Grupo 6 :	*C. arenarium, C. brachypodum, C. coriaceum*
Grupo 7 :	*C. angustifolium, C. bifidum, C. brasilianum, C. tetragonolobum*
Grupo 8 :	*C. tapirapoanense, C. vexillatum*
Grupo 9 :	*C. carajasense, C. fasciculatum, C. sagittatum*
Grupo 10 :	*C. plumieri, C. schottii*
Grupo 11 :	*C. platycarpum, C. triquetrum*

Grupo 1: *Centrosema dasyanthum, C. latidens, C. jaraguaense* y *C. vetulum*

Desde el punto de vista evolutivo, este grupo parece menos especializado que el resto del género. El espolón se desarrolla en forma incompleta; los segmentos del cáliz son, más o menos, del mismo tamaño y anchos, y las venas son semireticuladas; la inflorescencia es a veces racemosa. *Centrosema snethlageae* (Ducke) Fantz bien puede pertenecer a este grupo. Hemos considerado a *C. bellum* Vilchez sinónimo de *C. latidens*.

Como se acepta aquí, *C. dasyanthum* varía un poco más que la descripción del tipo o la de Barbosa-Fevereiro (1977). Algunos especímenes de Minas Gerais, Brasil, tienen los dientes del cáliz largos, lanceolados, glabrescentes; las bractéolas casi glabras, semicoriáceas, lanceoladas; y las hojas similares a las de *C. latidens* pero menos pubescentes por debajo.

El grupo—especialmente *C. latidens*—está mal representado en las colecciones.

Digitized by Google

Grupo 2: *Centrosema arenicola, C. pascuorum* y *C. virginianum*

Por los dientes del cáliz, angostos y largos, estas tres especies se hallan fácilmente con la misma clave. Sin embargo, la venación distintiva de las hojas, las estípulas y las legumbres de *C. pascuorum*, junto con su número cromosómico 2n = 22—las otras especies tienen 18—sugieren que este grupo no es realmente homogéneo. *Centrosema virginianum* es una especie ampliamente distribuida y extremadamente variable, con una multitud de razas y diversas variedades botánicas (ver p. 21-23). Se distribuye desde la latitud 41° N, aproximadamente, en la costa oriental de los E.U., pasando por México, América Central, las islas del Caribe y todos los países sudamericanos tropicales, hasta más o menos la latitud 36° S, en Argentina. *Centrosema arenicola* es, por contraste, uniforme y está restringida a una pequeña zona de Florida, E.U. Las dos especies están separadas genéticamente por una barrera reproductiva (R. J. Clements, información no publicada). Aunque *C. pascuorum* y *C. virginianum* se han confundido durante más de 100 años por la semejanza de sus flores en los especímenes secos, las dos especies son diferentes y no se relacionan mucho.

Grupo 3: *Centrosema acutifolium, C. capitatum, C. grandiflorum, C. grazielae, C. macrocarpum, C. pubescens, C. schiedeanum* y *Centrosema* sp. n. No. 4 (ined.)

Por la posición central de *C. macrocarpum* (ver más abajo), este grupo también se denomina grupo *C. macrocarpum*.

Aparte de los problemas de nomenclatura de *C. pubescens* y *C. schiedeanum* ya tratados, la verdadera dificultad con este grupo es la confusión en los límites de la especie. Una solución sería tomar todo el conjunto como una gran especie polimorfa—una coenoespecie o complejo de especies. La reducción de las especies actuales al nivel de variedades no supera el problema de la confusión de límites; simplemente, cambia la nomenclatura. El argumento de que son potencialmente intercruzables o de que realmente se intercruzan, cuando se colocan juntas ya sea en un experimento o ya ocasionalmente en el campo, es irrelevante. La

Digitized by Google

prueba verdadera de la independencia de estas especies es si están, en general, morfológicamente diferenciadas y aisladas entre sí en la naturaleza, ya sea por aislamiento genético, geográfico o ecológico, o por otros mecanismos de la biología reproductiva tales como la naturaleza del sistema de mejoramiento o la especificidad de los polinizadores.

La mayoría de las formas de *C. macrocarpum* muestran patrones de guías especializadas del tipo polen-vector en el estandarte, y hay evidencia de que ocurre fertilización cruzada obligada en esta especie. En *C. pubescens*, la cleistogamia es común, y en el material vivo que conocemos, la fertilización cruzada, si ocurre, no es obligada. Aunque estas especies se puedan cruzar y muestren una alta compatibilidad para el cruzamiento, están eficazmente aisladas en la naturaleza por diferencias en su biología reproductiva, que se apoyan además en diferencias en el hábitat y otros factores aislantes. El aislamiento efectivo, aunque no establezca barreras intergrupales, conducirá al aislamiento de la especie en lo referente a los diversos complejos de genes que son importantes para la adaptación.

Que el grupo *C. macrocarpum* sea una especie única o un grupo de especies relacionadas pero distintas, es algo que interesa más que nuestra nomenclatura. El agrónomo y el biólogo están interesados en relacionar los patrones de variación con la adaptación al ambiente. Es importante saber dónde reside el límite de una especie y, en consecuencia, el "límite de respuestas similares". Para el mejorador, en cambio, es importante saber si las especies están cercanas entre sí, tan cercanas que pueda ocurrir la introgresión. En dichas proximidades reside la posibilidad de mejoramiento interespecífico y la construcción de combinaciones de carácter novedoso.

Considerando la naturaleza del cáliz, el hábito de crecimiento, la leñosidad, el tamaño, y los patrones de color de la flor, se sugiere una probable relación evolutiva en la Figura 1. Se deduce de ella que *C. macrocarpum* es el arquetipo del grupo derivado de cierto germoplasma "pre-*Centrosema*". En *C. macrocarpum* las hojas, el tubo y los dientes del cáliz, y las legumbres son más grandes que en las otras especies de este grupo. Tiene esta especie patrones complejos de color como guía hacia el néctar, situados en el estandarte. Estos caracteres, junto con los tallos más lignificados y el sistema radical profundo, sugieren que, probablemente, esta

Digitized by Google

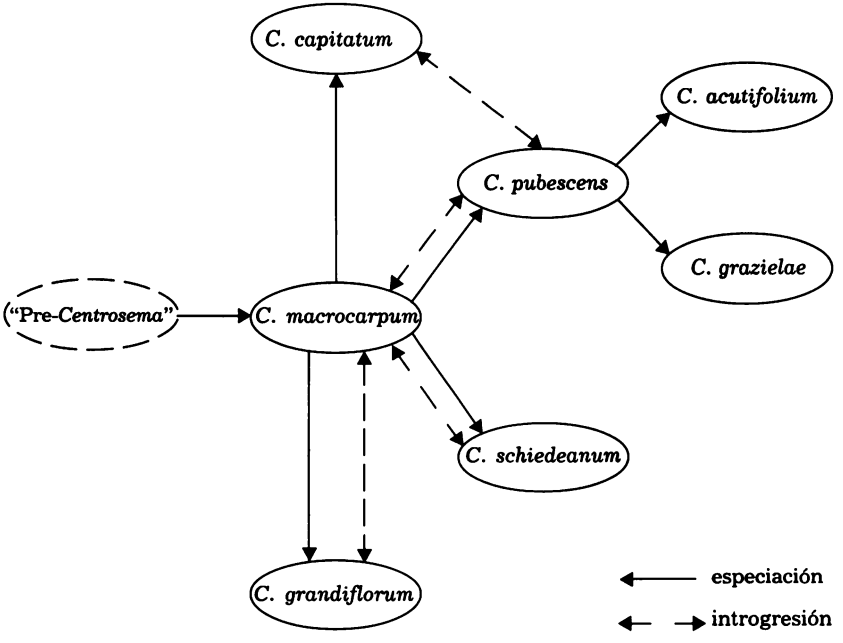


Figura 1. Probables relaciones evolutivas de *Centrosema macrocarpum* y las especies aliadas.

especie está cerca del arquetipo del cual otros miembros del grupo han evolucionado. Esta notable variación ha sido clasificada y descrita por Schultze-Kraft (1986). Además de dicha variación, incluimos en *C. macrocarpum* la especie *C. lisboae*, que es muy grande, y probablemente a *C. magnificum*, como lo hizo Barbosa-Fevereiro (1977). La última especie, que tiene dientes del cáliz muy grandes y folíolos distintivos, ovados y muy grandes aunque atenuados, parece ser diferente aunque ha sido recolectada sólo una vez. Puesto que se recogió en la misma localidad que *C. tapirapoanense*, es posible que sea un híbrido entre esta última y *C. macrocarpum*.

Centrosema capitatum se encuentra en las Guayanas, en Tobago y en las latitudes tropicales de Brasil y Perú, y se distingue de *C. macrocarpum* por sus folíolos más pequeños, más ovados, pero en su mayoría acuminados, y por bractéolas muy largas, angostas y falcadas situadas dentro de pedúnculos pseudocapitados. Las legumbres son generalmente muy falcadas, y engrosadas hacia las suturas, aunque algunas colecciones hechas en Mato Grosso y

Digitized by Google

Goiás, Brasil, carecen de la legumbre falcada. En cierta ocasión se distribuyeron numerosas colecciones de esta especie bajo su sinónimo de *C. salzmannii*.

Centrosema pubescens es el miembro más ampliamente distribuido del grupo; representa una forma con hojas generalmente más pequeñas y con dientes de cáliz más pequeños que *C. macrocarpum*. Es generalmente prolífica en la producción de semillas, carácter facilitado por su auto-compatibilidad, con frecuencia cleistógama. Al parecer, hay cierta introgresión entre esta especie y *C. macrocarpum*, *C. schiedeanum* y *C. acutifolium*.

Centrosema grandiflorum se encuentra en Brasil subtropical oriental, al sur de la latitud 15° S. Aunque sus hojas son, con frecuencia, tan grandes como las de *C. macrocarpum*, el envés de éstas es generalmente muy pubescente y a menudo tomentoso. Se distingue también de *C. macrocarpum* por sus legumbres algo más pequeñas y sus flores azul violeta. Hay alguna evidencia de introgresión con *C. macrocarpum* en la región cercana a Brasilia.

En el hemisferio norte, hacia las regiones subtropicales, o en las regiones tropicales submontanas, se encuentra *C. schiedeanum*, especie que ocasionalmente presenta introgresión con *C. macrocarpum*. Aunque, en cierta forma, es ella el equivalente norteño de *C. grandiflorum*, esta especie es diferente, posee generalmente hojas más pequeñas, aunque más grandes que las de *C. pubescens*, especie con la cual es a veces contigua o hasta simpátrica.

Consideramos la especie *C. grandiflorum* (Mart. et Galeotti) Walp.—no la de Bentham—como sinónima de *C. schiedeanum*, aunque Fantz (1979) opinó que era suficientemente diferente para que fuera nombrada aparte como *C. galeottii* porque tal vez no conocía a *C. schiedeanum*. Parece que en México hay introgresión entre *C. schiedeanum* y *C. macrocarpum*. Fantz (1979) ha erigido una especie aparte, *C. seymourianum*, para representar una forma de hojas grandes de Nicaragua que se considera en esta obra conespecífica con *C. macrocarpum*. Las formas centroamericanas y mexicanas establecen una gradación continua que pasa por las formas colombianas y llega hasta las brasileñas, fenómeno que exige más evidencias para poder segregarlas como especies distintas.

Digitized by Google

Centrosema acutifolium pertenece claramente a este grupo, aunque en ella los dientes dorsales y laterales del cáliz están muy reducidos. Esta especie ha sido descuidada por los autores modernos, tal vez porque la calidad del material tipo no era la adecuada. Sin embargo, las exhaustivas recolecciones de germoplasma hechas para los programas de especies forrajeras han llevado a reconocer que esta especie es diferente. Algunas muestras colombianas pueden quedar fuera del rango de *C. acutifolium* y necesitan un estudio adicional.

Centrosema grazielae tiene los dientes dorsales y laterales del cáliz aún más reducidos y los dientes laterales más apartados del diente inferior que *C. acutifolium*; de esta especie se distingue fácilmente por sus legumbres torulosas, sus folíolos más elípticos, y su anficarpia ocasional. Aunque el espécimen del holotipo tiene folíolos lobados, éstos no se han visto en otros especímenes y, en realidad, no aparecen en algunos isotipos ya vistos.

Se han identificado quizás otros cinco taxa que se relacionan con este grupo; el más ampliamente recolectado se ha denominado temporalmente como sp. n. No. 4 en las colecciones de recursos genéticos del centro de Brasil.

Grupo 4: *Centrosema bracteosum* y *C. venosum*

Estas dos especies pueden tener afinidades con el gran grupo *C. macrocarpum* ya tratado. Se asemejan también a *C. rotundifolium* y a *C. heptaphyllum* en las dimensiones del cáliz y de las bractéolas, en el hábito de crecimiento postrado y fino, en la anficarpia, y en las legumbres falcadas y engrosadas.

Grupo 5: *Centrosema rotundifolium* y *C. heptaphyllum*

Estas dos especies son tal vez las más estrechamente relacionadas de las 33 especies aquí aceptadas. Con mucha frecuencia se hallan en *Centrosema rotundifolium* las hojas trifolioladas pinnadas típicas del género; sus plantas son postradas y tienen fuerte anficarpia. *Centrosema heptaphyllum*, sin embargo, tiene la hoja pinnada con 5 a 7 folíolos de diferente forma; sus brácteas, bractéolas y estípulas son más angostas; su hábito de crecimiento es semierecto; y tiene la raíz principal engrosada. Es

Digitized by Google

necesario intensificar su recolección para establecer si se trata realmente de dos especies distintas o de un continuo.

Grupo 6: *Centrosema arenarium, C. brachypodum* y *C. coriaceum*

Estas tres especies tienen un tipo de cáliz similar; los dientes dorsales y laterales están reducidos, siendo estos últimos triangulares. Los pedúnculos tienen muchas flores y varían en tamaño; los más pequeños están reducidos casi hasta fascículos axilares, mientras que los más grandes son pedúnculos obvios hasta de 60 mm de largo. Tienen además legumbres engrosadas hacia las suturas, pero no se vuelven torulosas como en *C. brasilianum*.

Centrosema coriaceum se diferencia por sus folíolos, generalmente oblongo-elípticos, que están en ángulo agudo con respecto al raquis, son coriáceos y casi glabros. *Centrosema arenarium* se distingue por su tallo grueso y hábito semierecto en el estado juvenil. Más tarde puede desarrollar un hábito voluble abierto, y las plantas tendrán ramas jóvenes y hojas tomentosas, o por lo menos pubescentes. *Centrosema brachypodum* tiene folíolos de hírtulos a glabros, aunque en forma dispersa, ovado-acuminados, con estípulas más angostas y bractéolas oblicuamente ovadas acuminadas. Las tres especies tienen rangos geográficos más bien contiguos y complementarios que superpuestos, desde el este hasta el nordeste de Brasil.

Grupo 7: *Centrosema angustifolium, C. bifidum, C. brasilianum* y *C. tetragonolobum*

Este grupo (grupo *C. brasilianum*) presenta una forma de folíolo generalmente elíptico-oblonga a lanceolada, y que ocasionalmente se convierte en ovada. En *C. angustifolium* cambia variando de angosta a lineal. Las bractéolas son grandes y abrazan completamente el cáliz hasta el desarrollo total de la corola, tiempo en que las bractéolas pueden ser más cortas que el diente inferior (ventral). Las flores tienden a ser violeta-púrpura y las legumbres torulosas o, como en *C. angustifolium*, por lo menos convexas.

Digitized by Google

Dentro de *C. brasilianum* reconocemos a la var. *angustifolium* Amsh., una variedad que es diferente de la especie *C. angustifolium*. Aunque la confusión es continua entre estos dos taxa, como ocurre en Barbosa-Fevereiro (1977), las especies son distintas. *Centrosema brasilianum* tiene el mayor rango de distribución en América del Sur; *C. angustifolium* se extiende por América Central, donde ha sido descrito también con los sinónimos *C. heteroneurum* y *C. simulans*.

Centrosema bifidum se diferencia claramente y se reconoce por sus bractéolas grandes, rígidas y coriáceas, y por sus grandes folíolos lanceolados.

Otra especie estrechamente relacionada con *C. brasilianum* ha sido recolectada por R. Schultze-Kraft y se ha denominado *C. tetragonolobum*. Esta especie difiere de la anterior principalmente por las suturas de la legumbre, que se ensanchan considerablemente formando cuatro alas visibles.

Grupo 8: *Centrosema tapirapoanense* y *C. vexillatum*

Estas dos especies poseen los dientes laterales del cáliz típicos, o sea, remotos pero reducidos, y triangulares, y tienen las bractéolas grandes del grupo *C. brasilianum*. Difieren de ese grupo en que las bractéolas son aún más grandes y papiráceas, y las legumbres son anchas, aplanadas, algo convexas, con suturas apenas engrosadas y ápices abruptamente acuminados. Las dos especies se distinguen generalmente entre sí por la forma y textura del folíolo, y por la forma de la bractéola.

Grupo 9: *Centrosema carajasense, C. fasciculatum* y *C. sagittatum*

Estas tres especies son unifolioladas con el pecíolo muy alado. *Centrosema carajasense* se diferencia claramente de las otras por la forma y la textura del folíolo. Aunque *C. sagittatum* y *C. fasciculatum* han sido separadas principalmente por la longitud del diente inferior del cáliz, ni este carácter ni otros se hallan sistemáticamente relacionados, como lo sugirió Barbosa-Fevereiro

Digitized by Google

(1977), con la incisión del lóbulo superior del cáliz. La separación de estas dos especies es, por tanto, discutible.

Grupo 10: *Centrosema plumieri* y *C. schottii*

Aunque poseen caracteres notablemente similares en el tallo, la hoja, la bractéola y el cáliz, estas especies se distinguen fácilmente una de otra: *C. schottii* tiene legumbres de torulosas a cuadrangulares, mientras que *C. plumieri* tiene legumbres anchas, aplanadas, convexas, con nervios laterales en relieve situados a 2 ó 3 mm de cada sutura. El diente inferior del cáliz en ambas especies es corto y triangular, mientras los otros dientes son casi obsoletos, visibles sólo como ondulaciones en el gran cáliz campanulado. *Centrosema schottii* ha sido reportada bajo diversos nombres; además de *C. macranthum* (Brasil), se le ha denominado *C. haitiense* (Haití), *C. kermesi* (Argentina) y *C. lobatum* (Cuba).

Grupo 11: *Centrosema platycarpum* y *C. triquetrum*

Estas dos especies difieren de todas las otras aquí tratadas porque su espolón se reduce a una sutura gibosa en la unión del estandarte y su uña sinuosa. La corola es grande y puede tener de ancho casi la mitad del largo, con alas provistas de crestas. Las legumbres de las dos especies son muy grandes pero se diferencian entre sí. Las de *C. triquetrum* varían en longitud de 60 a 180 mm y en anchura de 30 a 50 mm, con alas en cada sutura. *Centrosema platycarpum* tiene legumbres leñosas comprimidas pero no planas, falcadas a semisinuosas, con dos alas en la sutura vexilar, ninguna en la sutura carinal, pero con un nervio central engrosado. El estilo y el estigma difieren de otras especies de *Centrosema*, así como las estípulas orbiculares que abrazan los tallos. Aunque en este trabajo se han considerado pertenecientes a *Centrosema*, creemos que estas dos especies se deben retirar de este género. Ambas especies se asignaron originalmente a géneros diferentes, así: *C. platycarpum* a *Vexillaria* y *C. triquetrum* a *Platysema*. *Centrosema triquetrum* ha recibido también otros sinónimos (Cuadro 1).

Digitized by Google

Variación Intraespecífica

Se han nombrado variedades pertenecientes a las siguientes especies: *C. arenarium*, *C. brasilianum*, *C. coriaceum*, *C. pascuorum*, *C. rotundifolium* y *C. virginianum*. Creemos que no se justifican las variedades de dos de estas especies (*C. coriaceum* y *C. pascuorum*). Sin embargo, hay algunas otras especies variables que se podrían incluir en taxa intraespecíficos, mientras que algunas de las especies enumeradas en el Cuadro 1 pueden demostrar, a la larga, que son sólo variedades.

Centrosema virginianum es, con mucho, la especie más variable y la más ampliamente distribuida. Tiene 25 sinónimos y 12 variedades nombradas. Hicimos un intento de clasificar esta variación intraespecífica y lo describiremos en detalle, porque ilustra los problemas que complican todo ejercicio de este tipo. Los mismos problemas ocurren, en muchos aspectos, cuando se clasifican especies dentro del grupo *C. macrocarpum*.

Las variedades de *C. virginianum* que reconocemos son las siguientes:

C. virginianum (L.) Benth.	var. *virginianum*
	var. *angustifolium* (DC.) Grisebach
	var. *decumbens* (Mart. ex Benth.) Clements & Williams (ined.)
	var. *unifoliatum* (Rose) Clements & Williams (ined.)
	var. *simplicifolium* A. Rich.
	var. *cubanum* Clements & Williams (ined.)

Estas variedades son útiles en la clasificación de las variantes morfológicas más obvias de *C. virginianum*, pero gran parte de la variación morfológica en la especie es más o menos continua y, en consecuencia, es difícil de describir por los métodos taxonómicos tradicionales. El rango de variación es significativo y es además regionalmente coherente (o sea, es fácil reconocer plantas de diferentes regiones). Se ha intentado describir esta variación regional definiendo 15 regiones geográficas y climáticas, y caracterizando las plantas dentro de cada región (R. J. Clements y R. J. Williams, información no publicada). Se pueden hacer las cuatro generalizaciones siguientes:

Digitized by Google

Hay un centro de diversidad morfológica de *C. virginianum* en la región del Caribe y en partes vecinas de América Central y del estado de Florida. Más de la mitad de las 53 razas geográficas (y cinco de las seis variedades taxonómicas) se hallan en esta zona. El material de Cuba es especialmente variable con respecto al número de folíolos, a su forma y a su pubescencia. Las variedades unifolioladas se encuentran en Cuba y en América Central (México y Guatemala). Las semillas pequeñas y amarillas, que son características de todas las accesiones cubanas, contrastan sorprendentemente con las semillas provenientes de casi todas las otras islas (especialmente de las Bahamas) y de tierra firme (E.U.).

Algunas combinaciones de caracteres ocurren en más de una región. Por ejemplo, se puede observar una influencia "marítima" o de humedad moderada en especímenes del litoral del sudeste brasileño, de las islas del Caribe, y de algunas partes de la línea costera de E.U. Estos especímenes se caracterizan por sus folíolos bastante grandes y delgados, y por los dientes delgados del cáliz. Estas características no siempre reflejan adaptaciones genéticas fundamentales; las diferencias, tan obvias en los especímenes de herbario, frecuentemente desaparecen cuando se trasfieren colecciones vivas de las mismas localidades a ambientes menos favorables. Otras características, como los folíolos angostos, están bajo mayor control genético pero se presentan en hábitat diversos, y probablemente representan adaptaciones genéticas comunes a cierto rango de estímulos ambientales.

En general, los especímenes de *C. virginianum* de una región geográfica específica se asemejan mucho al material de una región adyacente. Los especímenes de la región de Rio Grande do Sul, tanto en la costa como en el lado uruguayo, y los de la región semiárida del nordeste de Brasil son los menos parecidos al material de otras regiones, por lo menos en aquellos caracteres usados para el análisis.

A pesar de la amplia variación morfológica que hay dentro de *C. virginianum* y del enorme alcance geográfico de la especie (aproximadamente 8000 km de norte a sur), hay poca evidencia de la existencia de barreras reproductivas entre las variedades o razas regionales (R. J. Clements, información no publicada). Sólo un cruzamiento produjo una progenie F1 casi estéril.

Digitized by Google

¿Qué se ha ganado examinando la variación dentro de *C. virginianum*? En términos de **descripción**, se ha logrado un gran progreso, pero en lo referente a **clasificación** útil, los resultados han sido decepcionantes. Las variedades botánicas distinguen solamente unas pocas variantes morfológicas extremas. El concepto de regiones geográficas es útil para comprender los patrones de variación morfológica pero, en general, la variación de cada región se superpone sobre la de otras regiones.

Valor de las Colecciones Vivas

Las colecciones vivas permiten hacer estudios experimentales sobre las respuestas ambientales de diferentes poblaciones. Dadas las dificultades de entender la variación a nivel intraespecífico, el desarrollo de una base de datos sobre estos recursos genéticos, que contenga información de pasaporte y datos de comportamiento, puede convertirse en una forma alternativa y más directa de seleccionar poblaciones para metas específicas de fitomejoramiento. La familiaridad con las colecciones vivas también puede señalar posibles errores en la clasificación que haya provenido de material de herbario. Creemos, por ejemplo, que algunas determinaciones incorrectas, como aquellas hechas en ciertos especímenes clasificados erróneamente como *C. pascuorum* y citados en **Flora brasiliensis**, se debieron a falta de familiaridad con aquellas diferencias críticas que resultan obvias en los materiales vivos.

Otro ejemplo del valor de las colecciones vivas es la separación de *C. arenicola* de *C. virginianum*. Las plantas de *C. arenicola* tienen una raíz principal engrosada que se desarrolla generalmente en los tallos rastreros; no hemos visto este órgano en ningún espécimen de herbario de esta especie.

Además de que permiten ver caracteres morfológicos que no se pueden apreciar en especímenes de herbario, las plantas vivas son esenciales para la citología, para los estudios sobre sistemas de mejoramiento y barreras genéticas entre especies (por ejemplo, sobre compatibilidad cruzada dentro del grupo de especies de *C. macrocarpum*), para muchos estudios químicotaxonómicos (por ejemplo, el análisis de las relaciones entre especies mediante caracterización de sus isoenzimas), y para estudios sobre ciertos aspectos genéticos de la forma de la planta y sobre la estabilidad de esa forma en relación con el ambiente. En general, la investigación

Digitized by Google

sobre la variación funcional depende en gran medida del material vivo. Por lo tanto, una combinación de taxonomía, genética, agronomía y otras disciplinas proporcionará una comprensión mucho mayor de la diversidad genética que hay dentro del género *Centrosema*, que cualquier disciplina por sí sola (Clements y Williams, 1980).

Prioridades para la Futura Investigación Taxonómica

Proponemos una revisión monográfica del género *Centrosema*, partiendo de todo el material disponible hasta finales de 1986. La recolección e investigación que se hagan después de manera continuada, agregarán probablemente especies adicionales al género, y modificarían la taxonomía y la circunscripción de aquéllas que reconocemos actualmente. La actual taxonomía representa nuestros conocimientos más recientes sobre el tema.

Las prioridades de esta investigación, tal como las vemos, son:

Más estudios experimentales de compatibilidad cruzada, mediante cruzamientos controlados y estudios bioquímicos, incluyendo análisis de isoenzimas de los taxa contenidos en el grupo *C. macrocarpum*.

Una comparación morfológica más completa de ciertas especies como *C. acutifolium* y *C. grazielae*, y comparaciones entre *C. schiedeanum* de México y de Costa Rica, por un lado, y de colecciones que tengan aparentes afinidades con *C. schiedeanum* de Colombia, por el otro. Estas comparaciones requerirán más recolección, una comparación morfológica detallada y la experimentación con material vivo.

Un estudio más detallado de la variación que ocurre dentro de *C. pubescens*, especialmente en la colección de la especie representada en los bancos de germoplasma.

Es necesario hacer más recolecciones de campo en México y América Central para comprender el rango y las relaciones interespecíficas de las dos o tres nuevas especies que posiblemente se encontrarán.

Digitized by Google

Es necesario hacer más recolecciones en Ecuador, Perú y en el norte de Bolivia, porque han sido escasas en esas regiones.

Referencias

Amshoff, G. H. J. 1939. Papilionaceae. En: Pulle, A. A. (ed.). Flora of Suriname (Netherlands Guyana). Kon. Ver. Koloniaal Instituut te Amsterdam, Amsterdam, Holanda. Vol. II, parte 2, 257 p.

Barbosa, V. P. 1974. *Centrosema grazielae*: uma nova Leguminosae-Faboideae de Minas Gerais. Bol. Mus. Bot. Munic. (Curitiba) 16:1-4.

Barbosa-Fevereiro, V. P. 1977. *Centrosema* (A. P. de Candolle) Bentham do Brasil—Leguminosae-Faboideae. Rodriguésia 29(42):159-219.

Belalcázar, J. y Schultze-Kraft, R. 1986. *Centrosema brasilianum* (L.) Benth.: descripción de la especie y evaluación agronómica de siete ecotipos. Pasturas. Trop. Bol. 8(3):14-19.

Bell, E. A.; Lackey, J. A.; y Polhill, R. M. 1978. Systematic significance of canavanine in the Papilionoideae (Faboideae). Biochem. Syst. Ecol. 6:201-212.

Bentham, G. 1837. *Centrosema* DC. En: Commentationes de leguminosarum generibus. J. P. Sollinger, Viena, Austria. p. 53-56.

_____. 1839. *Centrosema*. En: Enumeration of the plants collected by Mr Schomburgk in British Guiana. Ann. Naturhist. Mus. Wien 3:435-436.

_____. 1859. *Centrosema*. En: Martius, C. F. P. de (ed.). Flora brasiliensis, 15 vols. C. F. P. de Martius, Munich, Bavaria. Vol. 15, parte 1, p. 124-134.

_____. 1865. Leguminosae. En: Bentham, G. y Hooker, J. D. Genera plantarum et exemplaria imprimis in herbariis kewensibus servata definata, 3 vols. William Pamplin, Lovell Reeve & Co., y Williams & Norgate, Londres, Inglaterra. Vol. 1, parte 2, p. 434-600.

Burkart, A. 1937. Las especies argentinas del género *Centrosema*. Darwiniana (Buenos Aires) 3(1):7-25.

Cavalcante, P. B. 1970. *Centrosema carajasense*: uma nova Leguminosae da Amazônia brasileira. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi Nova Sér. Bot. 37:1-4.

Digitized by Google

Clements, R. J. y Williams, R. J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, 31 julio-4 agosto 1978, 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 1, p. 559-567.

_____ y _____ . s.f. Taxonomy and biogeography of *Centrosema virginianum*, *C. arenicola* and *C. pascuorum*. (Manuscrito sin publicar.)

Correll, D. S. y Correll, H. B. 1982. Flora of the Bahama Archipelago. Cramer, Vaduz, Liechtenstein.

de Candolle, A. P. 1825. Leguminosae. En: de Candolle, A. P. et al. 1824-1873. Prodromus systematis naturalis regni vegetabilis, sive enumeratio contracta ordinum generum specierumque plantarum hucusque cognitarum, juxta methodi naturalis normas digesta. 17 vols. Treuttel y Würtz, París, Francia. Vol. 2.

Ducke, A. 1922. Plantes nouvelles ou peu connués de la région amazonienne, II. Arq. Jard. Bot. Rio J. 3:3-281.

Fantz, P. R. 1979. A new species of *Centrosema* (Leguminosae) from Nicaragua and a key to the species in Central America. SIDA Contrib. Bot. 8(2):152-156.

Heywood, V. H. 1959. The taxonomic treatment of ecotypic variation. En: Cain, A. J. (ed.). Function and taxonomic importance. Systematics Association, Londres, Inglaterra. p. 87-112.

Hoehne, F. C. 1922. Contribuição ao conhecimento das leguminosas da Rondônia. En: Commissão de linhas telegraphicas estratégicas de Matto Grosso ao Amazonas: annexo 5, historia natural, botânica, 13 partes. Rio de Janeiro, Brasil. Parte 12, p. 5-28.

_____ . 1926. Seis novas espécies de leguminosas do Estado de São Paulo. Bol. Inst. Bras. Sc. 7, anno 2: 243-254.

Humboldt, F. W. H. A. von; Bonpland, A. J.; y Kunth, C. S. 1824. Nova genera et species plantarum 6(29):416-418 y tab. 591.

Hutchinson, J. 1964. The genera of flowering plants. 1a. ed. Oxford University Press, Londres, Inglaterra. Vol. 1.

Lackey, J. A. 1977. A revised classification of the tribe Phaseoleae (Leguminosae: Papilionoideae), and its relation to canavanine distribution. Bot. J. Linn. Soc. 74:163-178.

Digitized by Google

_____ . 1981. Tribe 10: Phaseoleae DC. (1825). En: Polhill, R. M. y Raven, P. H. (eds.). Advances in legume systematics: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, julio 1978, 2 partes. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Parte 1, p. 301-327.

Linnaeus, C. 1753. Species plantarum. 1a. ed. Salvi, Stockholm, Suecia. Vol. 2, p. 753.

Macbride, J. F. 1943. Flora of Peru: Family Leguminosae. Botanical series, vol. XIII, parte III, no. 1. Field Museum of Natural History, Chicago, IL, E.U. p. 1-507.

Malme, G. O. A. 1931. Die Leguminosen der zweiten Regnellschen Reise. Ark. Bot. 23A(13):1-99.

Moricand, S. M. E. 1840 y 1841. Plantes nouvelles d'Amérique. J.-G. Fick, Ginebra, Suiza. Vol. 6, p. 77-96, y vol. 7, lámina 61.

Pittier, H. 1944. *Centrosema*. En: Ministerio de Agricultura y Cría, Servicio Botánico. Leguminosas de Venezuela, I: Papilionáceas. Boletín técnico no. 5. Editorial Elite, Caracas, Venezuela. p. 70-72 y láminas 42-45.

Plukenet, L. 1691. Phytographia pars altera. Londres, Inglaterra. Lámina 90.

Richard, L. C. 1792. *Clitoria capitata*. Actes Soc. Hist. Nat. (Paris) 1:111.

Schlechtendal, D. F. L. von. 1838. *Clitoria schiedeana*. Linnaea 12(3): 284-285.

Schultze-Kraft, R. 1986. Natural distribution and germplasm collection of the tropical pasture legume *Centrosema macrocarpum* Benth. Angew. Bot. 60(5-6):407-419.

_____ ; Williams, R. J.; Coradin, L.; Kretschmer, Jr., A. E.; y Lazier, J. R. 1989. 1989 World catalog of *Centrosema* germplasm; Catálogo mundial 1989 de germoplasma de *Centrosema*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Cali, Colombia. 322 p.

Small, J. K. 1903. Flora of the southeastern United States. Nueva York, NY, E.U. p. 651.

Stebbins, G. L. 1974. Flowering plants: Evolution above the species level. Harvard University Press, Cambridge, MA, E.U. 399 p.

Digitized by Google

Voss, E. G.; Burdet, H. M.; Chaloner, W. G.; Demoulin, V.; Hiepko, P.; McNeill, J.; Miekle, R. D.; Nicolson, D. H.; Rollins, R. C.; Silva, P. C.; y Greuter, W. (eds.). 1983. International code of botanical nomenclature adopted by the thirteenth International Botanical Congress, Sydney, agosto 1981. Bohn, Scheltema & Holkema, Utrecht, y Dr. W. Junk, La Haya, Holanda. 472 p.

Digitized by Google

Apéndice: Clave para las Especies de *Centrosema*

1a. Diente inferior (medio) del cáliz más largo que el tubo o igual a él; si es menos largo que el tubo, entonces la hoja es unifoliolada con pecíolos alados 2

2a. Hojas con 3-7 folíolos, o si son unifolioladas, entonces no son aladas 3

3a. Lóbulo superior del cáliz también más largo que el tubo o igual a él; si es ligeramente más corto, entonces los dientes laterales son falcados y están próximos al diente inferior 4

4a. Todos los dientes del cáliz similares en longitud y forma 5

5a. Dientes del cáliz anchos, de ovado-obtusos a lanceolados, 5-15 mm de largo, 2.5-4.5 mm de ancho, los dos dientes superiores unidos en su mayor parte; inflorescencia ferrugíneo-hirsuto-tomentosa; espolón reducido a un repliegue transversal; folíolos cartáceos 6

6a. Bractéolas y dientes del cáliz lanceolado-atenuados; dientes largo-hirsutos, 8-14 mm de largo, 2.5-4 mm de ancho; inflorescencia y ramas jóvenes largo-hirsuto-tomentosas ..... *C. vetulum*

6b. Bractéolas y dientes del cáliz ovado-obtusos; si son lanceolados, entonces no son largo-hirsutos 7

7a. Folíolos oblongo-obtusos, de ligeramente acuminados a emarginados, con venas dorsales ferrugíneas e hirsutas; tubo y dientes del cáliz 5-8 mm de largo ..... *C. jaraguaense*

7b. Folíolos de ovado-acuminados a elípticos o lanceolado-atenuados; tubo del cáliz 8-12 mm de largo 8

8a. Folíolos generalmente elíptico-lanceolados, no densamente tomentosos en el envés ..... *C. dasyanthum*

8b. Folíolos de ancho-ovados a elípticos, acuminados, densamente tomentosos en el envés ..... *C. latidens*

5b. Dientes del cáliz angosto-lanceolados, 5-18 mm de largo, 1-3 mm de ancho, los dos superiores generalmente libres, a veces unidos hasta 2/3 de su longitud; inflorescencia no tomentosa; espolón obvio; folíolos de membranosos a finamente cartáceos 9

9a. Estípulas lanceoladas, 4-9 mm de largo; folíolos de lanceolados a elíptico-angostos, base de atenuada a aguda; legumbres torulosas, ligeramente falcadas; flores color carmesí violáceo ..... *C. pascuorum*

9b. Estípulas de triangulares a corto-lanceoladas, 0.5-5 mm de largo; folíolos variados, de base obtusa a cordata, a veces aguda; legumbres de cilíndricas a comprimidas; flores de color lila, rosado, violeta intermedio, a veces blanco, pero no carmesí violáceo 10

Digitized by Google

10a. Estípulas 0.5-2 mm de largo; dientes superiores del cáliz ligeramente más cortos a algo más largos que el tubo, a menudo unidos parcialmente; legumbres comprimidas, 4.5-7 mm de ancho ..... *C. arenicola*

10b. Estípulas 2-5 mm de largo; dientes superiores del cáliz de ligeramente más cortos a mucho más largos que el tubo, y si unidos entonces más largos que éste; legumbres cilíndricas, 3-4.5 mm de ancho (raras veces más anchas) ... . *C. virginianum*

4b. Dientes del cáliz claramente diferentes en longitud, el diente inferior suele ser, por lo menos, una vez y media más largo que los demás 11

11a. Folíolos 3-7, claramente pinnados, con raquis de más de 10 mm de largo; dientes laterales del cáliz de más cortos a iguales al tubo 12

12a. Hojas trifolioladas 13

13a. Folíolos de ovados a ancho-lanceolados, obtusos, de agudos a atenuados; plantas volubles y trepadoras 14

14a. Folíolos grandes, 40-150 mm de largo, 20-80 mm de ancho; dientes superiores y laterales del cáliz más largos que el tubo; legumbres grandes, 115-275 mm de largo, 8-11 mm de ancho 15

15a. Bractéolas cartáceas, de ovadas a oblongo-apiculadas, 8-15 mm de largo, 7-8 mm de ancho; folíolos de membranosos a cartáceos, de hirsutos a tomentosos en el envés; flores de color azul o violeta; legumbres generalmente cilíndricas ..... *C. grandiflorum*

15b. Bractéolas coriáceas, de ovadas a lanceoladas, acuminadas, a veces falcadas, 10-22 mm de largo, 6-8 mm de ancho; folíolos casi siempre membranosos, glabros pero ocasionalmente tomentosos en el envés; flores de color crema a rosado, con un notorio patrón de color en el estandarte; legumbres generalmente comprimidas ..... *C. macrocarpum*

14b. Folíolos y legumbres más pequeños que (14a); dientes superiores y laterales del cáliz apenas más largos que el tubo; dientes laterales oblicuo-lanceolados; legumbres 65-150 mm de largo, 6-9 mm de ancho 16

16a. Inflorescencia seudocapitada; bractéolas delgadas, papiráceas, largas y falcadas, 10-18 mm de largo; folíolos ovados, acuminados; legumbres engrosadas cerca de las suturas, de rectas a notoriamente falcadas; flores de color crema con tintes violeta ..... *C. capitatum*

16b. Flores hacia el ápice del racimo; bractéolas rígido-membranosas, no prominentes, ovado-falcadas, 4-12 mm de largo; folíolos ovados, de agudos a obtusos; legumbres de rectas a ligeramente falcadas 17

17a. Bractéolas 8-12 mm de largo; bractéolas, tubo y dientes del cáliz de estrigosos a seríceos; folíolos ovado-agudos, ocasionalmente acuminados; legumbres rectas, de color pardo claro a pardo intermedio, sin franja submarginal oscura; flores de color violeta ..... *C. schiedeanum*

Digitized by Google

17b. Bractéolas 4-9 mm de largo; bractéolas y tubo del cáliz glabros a pubérulos 18

18a. Tubo 3-4 mm de largo, dientes laterales más o menos iguales al tubo; legumbres con franja oscura submarginal diferenciada; flores de color lila o blanco ..... *C. pubescens*

18b. Cáliz pequeño, tubo 2.5-3 mm de largo; dientes laterales y dorsales a menudo más cortos que el tubo; legumbre sin franja submarginal; flores de color lila, violeta, raras veces blancas ..... *C. acutifolium*

13b. Folíolos de orbiculares a obovados, de emarginados a apiculados, de cartáceos a rígido-membranosos, de estrigosos a tomentosos; tubo del cáliz y lóbulo superior hasta 4 mm de largo, otros dientes más largos; planta postrada, decumbente o ascendente; a menudo anficárpica; legumbres aéreas cortas y falcadas, 25-60 mm de largo ..... *C. rotundifolium*

12b. Folíolos 5-7, pinnados, de oblongos a oblanceolados, mucronatos, obtusos o emarginados; plantas ascendentes; raíz principal vigorosa ..... *C. heptaphyllum*

11b. Folíolos 3-7, digitados, o si son pinnados, entonces el raquis no es más de dos veces el largo del peciólulo; dientes laterales del cáliz más largos que el tubo, diente inferior 7-22 mm de largo, 3-4 veces el largo del tubo 19

19a. Hojas en su mayoría de pinnadas con 3 folíolos a digitadas con 5 folíolos, obovadas, elípticas o lanceoladas; plantas rizomatosas, ramas pardo-rojizas, pilosas; legumbres 70-120 mm de largo, más o menos falcadas ..... *C. bracteosum*

19b. Folíolos 3-7, digitados, de estrechamente lanceolados a lineales; plantas rizomatosas, en su mayoría anficárpicas; legumbres 35-65 mm de largo, de subfalcadas a rectas ..... *C. venosum*

3b. Sólo el diente inferior del cáliz más largo que el tubo; dientes laterales triangulares u obsoletos, equidistantes de los dientes superiores e inferiores; bractéolas más largas que el cáliz completo 20

20a. Tubo pequeño, 2.5-4 mm de largo, lóbulo superior y dientes laterales 1-2 mm de largo, diente inferior 4-5 mm de largo; folíolos de ovado-obtusos a elípticos, a veces lobulados; legumbres torulosas; planta a menudo anficárpica ..... *C. grazielae*

20b. Tubo 4-6 mm de largo, lóbulo superior 2-4 mm de largo, diente inferior 6-13 mm de largo; legumbres variadas 21

21a. Racimos con 1 ó 2 flores 22

22a. Bractéolas valvadas, de papiráceas a cartáceas, ovadas y anchas ..... *C. brasilianum*

22b. Bractéolas imbricadas, rígido-coriáceas, de lanceoladas a oblongas 23

Digitized by Google

23a. Bractéolas de ovadas a oblongas, 9-18 mm de largo; folíolos de ovados a ovado-lanceolados, acuminados, 35-140 mm de largo, 15-48 mm de ancho .... *C. bifidum*

23b. Bractéolas de angosto-ovadas a lanceoladas, falcadas, 5-10 mm de largo; hoja con raquis sólo dos veces el largo del peciólulo, o subdigitada; folíolos de angosto-lanceolados a lineales, de agudos a obtusos; legumbres rectas .... *C. angustifolium*

21b. Racimos con 2-7 flores 24

24a. Bractéolas de cartáceas a coriáceas, escasamente más largas que el cáliz completo, 8-15 mm de largo 25

25a. Folíolos membranosos o cartáceos 26

26a. Folíolos cartáceos, pubescentes en el envés al menos en las venas, oblongos, obovados u ovados, de obtusos a emarginados ..... *C. arenarium*

26b. Folíolos de membranosos a papiráceos, de glabros a escasamente pubérulos o estrigosos, ovados, lanceolados o elípticos, de agudos a apenas obtusos..... ..... *C. brachypodum*

25b. Folíolos coriáceos, elípticos, oblongos u obovados, casi siempre glabros, en ángulo agudo respecto al raquis ..... *C. coriaceum*

24b. Bractéolas papiráceas, grandes, cerca de dos veces el largo del cáliz (tubo + dientes), 15-30 mm de largo 27

27a. Bractéolas ovado-agudas o ligeramente acuminadas; folíolos ovado-elípticos, lanceolados u oblongos, de obtusos a emarginados, raras veces agudos, delgados y coriáceos ..... *C. vexillatum*

27b. Bractéolas ovadas, largo-acuminadas; folíolos ovado-acuminados, membranosos ..... *C. tapirapoanense*

2b. Hojas unifolioladas, pecíolo alado 28

28a. Folíolos de cartáceos a coriáceos, de oblongo-cordatos a ovado-sagitados, acuminados; dientes del cáliz triangulares ..... *C. carajasense*

28b. Folíolos de membranosos a papiráceos, de ovado-sagitados a hastados o deltoideos; dientes del cáliz lanceolados. 29

29a. Diente inferior del cáliz 10-14 mm de largo ..... *C. fasciculatum*

29b. Diente inferior del cáliz 6-8 mm de largo ..... *C. sagittatum*

1b. Todos los dientes del cáliz más cortos que el tubo; hojas trifolioladas; estípulas grandes 30

Digitized by Google

30a. Dientes del cáliz casi obsoletos, los dientes dorsales y laterales reducidos a un lóbulo convexo poco pronunciado; espolón vexilar presente; estípulas de triangulares a lanceoladas, prominentes pero separadas; tallos robustos, angulares pero no engrosados ni alados en los ángulos 31

31a. Folíolos de ovados a romboides, de base aguda a obtusa, los laterales ovados; pedúnculos más cortos que los pecíolos; de 2 a 10 flores color blanca con mancha violeta; legumbres comprimidas, casi siempre convexas, con un engrosamiento subsutural de 2 a 4 mm de ancho ..... *C. plumieri*

31b. Folíolos ovados, de más o menos lobados a subromboides, de base obtusa a truncada; pedúnculos más largos que pecíolos; de 1 a 3 flores color violeta; legumbres cuadrangulares y torulosas ..... *C. schottii*

30b. Dientes inferiores cortos, triangulares; espolón vexilar ausente, reducido a un área gibosa pequeña; estípulas orbiculares, más anchas que largas y envolviendo el nudo; tallos robustos, angulares y engrosados o alados en los ángulos 32

32a. Lóbulo superior del cáliz ligeramente bífido o plegado; legumbres planas, aladas en las suturas, 70-200 mm de largo, 30-60 mm de ancho; tallos alados ..... *C. triquetrum*

32b. Lóbulo superior del cáliz entero, truncado; legumbres comprimidas y leñosas, valvas convexas, bialadas en la sutura vexilar, la otra sutura desnuda, con ala mediana, hasta 170 mm de largo y 40 mm de ancho ..... *C. platycarpum*

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 35-86).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 2

Biogeografía de *Centrosema*

R. Schultze-Kraft, R. J. Williams y L. Coradin*

Resumen

Se presenta la distribución natural de 35 especies de *Centrosema*. *Centrosema virginianum* tiene la distribución más amplia, seguida por *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. sagittatum* y *C. schottii*. Un grupo de cinco especies (*C. arenicola*, *C. dasyanthum*, *C. jaraguaense*, *C. tetragonolobum* y *C. vetulum*) presentan la distribución natural más estrecha. Tres especies se encuentran al norte del ecuador solamente: *C. arenicola*, *C. schiedeanum* y *C. tetragonolobum*, mientras que 15 especies son exclusivamente nativas del hemisferio sur. Treinta y una de las 35 especies se hallan en Brasil tropical, que es el principal centro de diversificación de especies de *Centrosema*.

Según la información obtenida acerca del hábitat de los sitios de recolección, el género *Centrosema* incluye especies con adaptación potencial a diversos hábitat como las regiones tropicales secas, las regiones tropicales de gran altitud, las zonas subtropicales, las condiciones de mal drenaje o de inundación estacional, y los suelos ácidos de poca fertilidad.

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (Actualmente en la Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania); Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia; y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN), Brasília, DF, Brasil, respectivamente.

Digitized by Google

Se ha considerado de alta prioridad de investigación una mayor recolección de germoplasma principalmente de aquellas especies que, hasta el presente, han sido poco recolectadas pero poseen un potencial agronómico valioso, como *C. arenarium*, *C. brachypodum*, *C. capitatum*, *C. grandiflorum*, *C. rotundifolium*, *C. vexillatum* y *Centrosema* sp. n. No. 4. La más alta prioridad regional para la recolección de germoplasma corresponde al sudeste de Brasil.

Introducción

Hasta ahora no se ha hecho mayor esfuerzo por compilar datos biogeográficos sobre el género *Centrosema* en su totalidad. Barbosa-Fevereiro (1977) presenta en su trabajo sobre *Centrosema* información valiosa acerca de la distribución de las especies en Brasil. También se encuentra información útil en algunas floras regionales como las de Argentina (Burkart, 1943), Surinam (Amshoff, 1939), Perú (Macbride, 1943), Venezuela (Pittier, 1944), Guatemala (Standley y Steyermark, 1946) y Panamá (D'Arcy, 1980). Se debe tener cuidado al usar los datos de estas floras regionales puesto que no se usan críticamente los nombres de las especies. La biogeografía de *C. virginianum*, *C. arenicola* y *C. pascuorum* ha sido estudiada exhaustivamente por R. J. Clements y R. J. Williams (informacion no publicada), y la distribución natural de *C. macrocarpum* por Schultze-Kraft (1986). Con respecto a *C. brasilianum* y *C. acutifolium*, la biogeografía del material vivo recogido (germoplasma) también ha sido estudiada: la primera especie por Schultze-Kraft y Belalcázar (1988), y la segunda por Schultze-Kraft et al. (1987).

En esta revisión de la información geográfica y ecológica de *Centrosema*, una considerable porción de los datos proviene de los bancos de germoplasma de CSIRO, EMBRAPA-CENARGEN y CIAT. La mayor parte de la información acerca de la distribución del género, sin embargo, se basa en estudios de las colecciones existentes en los principales herbarios del mundo, por R. J. Williams (uno de los autores) y por R. J. Clements, ambos de CSIRO.

El valor de un tratamiento biogeográfico ha sido esbozado por Williams et al. (1984) en su discusión acerca de la distribución natural de otro género de leguminosas forrajeras, *Stylosanthes*. Este valor reside básicamente en la perspectiva que proporciona

Digitized by Google

para comprender la adaptación diferencial de las especies a los estreses ecológicos; en la ayuda que da para la aclaración taxonómica de un género, tanto entre especies como dentro de ellas; y, junto con otra información, en la ayuda para centrar la atención en poblaciones y zonas particulares, que son probables fuentes de adaptación específica, con la subsiguiente definición de nuevas metas de recolección. El presente estudio, en consecuencia, también procura identificar las brechas que hay en la recolección de germoplasma, discutiendo brevemente las colecciones existentes y comparándolas con la distribución ya conocida que se basa en la información de herbario.

Cualquier información biogeográfica es de poco valor a menos que haya un consenso acerca de la taxonomía y de los nombres usados de las especies. Como se indicó en el capítulo anterior, hay todavía algunas incertidumbres en la taxonomía de *Centrosema*. Por consiguiente, para evitar la confusión y facilitar la comunicación, este capítulo se refiere sólo a especies que no presenten ninguna ambigüedad, y a nombres de especies reconocidos por Williams y Clements en esta obra.

Distribución Geográfica y Adaptación Ambiental

Visión general y limitaciones de la información

Centrosema es un género del Nuevo Mundo. Por lo tanto, la presente revisión de la información biogeográfica no considera datos de regiones no americanas que contengan poblaciones naturalizadas como las de *C. pubescens* y *C. plumieri* en el sudeste asiático. Aunque hay informes provenientes de las Filipinas (de la Viña y Engle, 1985) y de Indonesia (K. L. Mehra, información no publicada tratada por Humphreys et al. en esta obra) acerca de la considerable variación que existe en las poblaciones locales de *C. pubescens* con respecto a caracteres morfológicos y a la ecología del sitio de recolección, hay un consenso general de que la variabilidad genética es escasa (comunicaciones personales de A. de la Viña y K. L. Mehra, septiembre de 1986). Estas poblaciones se derivan de introducciones tempranas de cultivares comerciales o de otras colecciones de base estrecha.

Digitized by Google

En esta revisión se consideran las 35 especies de *Centrosema* reconocidas por Williams y Clements en esta obra. Se incluyen dos especies nuevas, una de las cuales fue descrita recientemente por Schultze-Kraft y Williams (1990): *C. tetragonolobum* en el grupo de *C. brasilianum*, mientras que la otra no ha recibido todavía un nombre válido: *Centrosema* sp. n. No. 4 en el grupo de *C. macrocarpum*. Hasta ahora no se ha hecho ningún intento de describir la especie nueva no. 4.

El Cuadro 1 presenta, para cada especie considerada, un resumen de los datos geográficos y ecológicos. Mientras los rangos de latitud se basan en la información obtenida en el germoplasma y en el herbario, la mayor parte del resto de la información procede de las notas de los recolectores de material de germoplasma. El Cuadro 1 también presenta las accesiones de germoplasma disponibles de cada especie. Las cifras han sido extraídas de un catálogo mundial (Schultze-Kraft et al., 1989) que se basa en las colecciones de CSIRO, EMBRAPA, el Agricultural Research and Educational Center en Fort Pierce (ARECFP) de la Universidad de Florida, el International Livestock Centre for Africa (ILCA) y el CIAT. El Cuadro 2 resume estas cinco colecciones que totalizan más de 3000 accesiones diferentes. Las únicas especies de las cuales, hasta ahora, no hay germoplasma disponible son *C. dasyanthum*, *C. heptaphyllum*, *C. jaraguaense* y *C. vetulum*.

En el Apéndice de este capítulo se pueden consultar mapas que muestran la distribución geográfica de las especies. En estos mapas se diferencian las localidades de las cuales sólo hay disponibles especímenes de herbario, y los sitios de recolección de muestras de germoplasma. Esto facilita la identificación rápida de los vacíos en la recolección del germoplasma. Se considera que hay una brecha de recolección cuando una población, que se sabe existe en una zona geográfica gracias a los especímenes de herbario, no está representada en el banco de germoplasma; no se considera el hecho de que se disponga o no de información reciente sobre la variación genética de esa población. La identificación de las brechas de recolección se funda, por tanto, en la suposición de que la distancia geográfica se relaciona con la variación genética.

En este contexto, es necesario señalar algunas limitaciones de la información presentada:

Digitized by Google

A diferencia de la colección de germoplasma (o sea, de la colección de material vegetal vivo) que empezó hace apenas 20 ó 30 años, los especímenes de herbario de *Centrosema* se han recogido desde hace 2 siglos. Esto explica, por un lado, la abundancia relativa de materiales de herbario en algunas especies. Por otro lado, muchos de los sitios de recolección más viejos han sido tan mal identificados que no se pudieron incluir en los mapas de distribución (Apéndice de este capítulo). Se debe recordar, sin embargo, que la información proveniente de colecciones de herbarios y de germoplasma refleja sólo la intensidad de las actividades de recolección, y no necesariamente la frecuencia natural y la distribución real de las especies.

El grado en que la información ecológica de los sitios de recolección incluidos en el Cuadro 1 refleja la preferencia de hábitat de una especie dada depende del número de recolecciones hechas y de la exactitud de los datos suministrados.

Las descripciones de los sitios de recolección, especialmente en relación con el suelo y la vegetación, tienen que interpretarse cuidadosamente. El suelo o el tipo de vegetación, tal como los describe el recolector, son a menudo la simple descripción general de una región y no del hábitat donde una población específica de plantas estaba creciendo. Un ejemplo de mala interpretación sería la inferencia de que el material recogido en "latosoles", en una vegetación de tipo "sabana", es resistente a la quema y a la sequía, y que se adapta bien a los suelos ácidos e infértiles. Sin embargo, especialmente en el caso de las especies volubles de *Centrosema*, las plantas fueron recogidas frecuentemente en hábitat protegidos contra la quema y el sobrepastoreo, como los bordes de los bosques de galería. Aquí el nivel hídrico durante la estación seca es generalmente más alto, y el suelo algo más fértil, que en el ecosistema predominante de sabana al cual puede pertenecer el sitio de recolección.

En las siguientes secciones se tratan brevemente 35 especies de *Centrosema,* según su distribución y adaptación ambiental. Se han ordenado en 11 grupos de especies con estrechas relaciones, según han propuesto Williams y Clements en esta obra.

Digitized by Google

Cuadro 1. Resumen de la información geográfica y ecológica sobre la distribución natural de *Centrosema*.

Especies	Rango de latitud	Rango de altitud (msnm)	Precipitación mm/año	Precipitación No. de meses secos[a]	Hábitat	Suelo[b]	Mapa[c] no.	No. de accesiones de germoplasma[d]
acutifolium	22° S-06° N	90-540	1300-2200	3-5	Monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad media a baja	4	36
angustifolium	30° S-09° N	120-1210	1120-3030	0-5	Monte de sabana; monte de selva (frecuentemente mal drenado)	Acido, fertilidad media a baja	15	28
arenarium	20° S-02° S	700-900	750-830	5-6	Caatinga; monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad media a baja	12	2
arenicola	28° N-30° N	10-200	1000-1600	2-3	Monte de selva	Acido, arenoso	2	2
bifidum	21° S-13° S	220-900	1130-1630	4-5	Sabana	Acido, baja fertilidad	16	10
brachypodum	26° S-07° S	500-1200	780-1680	4-6	Monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad alta a baja	12	11
bracteosum	26° S-12° S	900-1200	1400-1600	5-6	Sabana	Acido, baja fertilidad	10	2
brasilianum	23° S-18° N	10-800	370-2920	0-8	Caatinga; monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad media a baja	14	228
capitatum	16° S-11° N	230-400	1620-2840	2-5	Monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad media a baja	5	3
carajasense	14° S-05° S	260-450	1560-2740	3-5	Monte de selva	Acido, fertilidad media	18	6
coriaceum	22° S-10° S	470-900	900-1110	6	Monte de sabana	Acido, baja fertilidad	13	5
dasyanthum	23° S-20° S	700-900	1150-1800	3-6	Monte de selva	No hay datos	1	—
fasciculatum	19° S-07° S	390-550	1500-1610	5	Monte de selva	Fertilidad media	18	2
grandiflorum	25° S-15° S	800-1070	1290-1580	5	Monte de sabana	Fertilidad media	6	5
grazielae	23° S-08° N	160-900	1130-3180	0-5	Monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad media a baja	7	48
heptaphyllum	16° S-09° S	500-600	700-1000	6-7	Sabana; bosques	Arenoso	11	—
jaraguaense	24° S-22° S	1100	1240-1530	3-5	Monte de selva	Acido, arenoso	1	—
latidens	04° S-05° N	120-580	1540-2580	0-2	Monte de selva	Acido, fertilidad media a baja	1	1
macrocarpum	19° S-19° N	10-2050	430-3940	0-10	Monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad media a baja	6	319
pascuorum	19° S-17° N	20-1000	370-1760	4-10	Caatinga; monte de sabana; monte de selva	Fertilidad media a alta	2	87
platycarpum	15° S-04° S	300-750	1570-1690	4-5	Monte de sabana; monte de selva	Acido, fertilidad media	22	2
plumieri	26° S-23° N	20-1540	530-3940	0-8	Monte de selva	Fertilidad media a alta	20	269
pubescens	23° S-23° N	10-1600	500-4160	0-8	Monte de selva	Fertilidad media a alta	8	1173

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 1. Continuación.

Especies	Rango de latitud	Rango de altitud (msnm)	Precipitación mm/año	Precipitación No. de meses secos[a]	Hábitat	Suelo[b]	Mapa[c] no.	No. de accesiones de germoplasma[d]
rotundifolium	19° S-04° S	120-370	430-1160	5-8	Caatinga	Muy arenoso	11	15
sagittatum	28° S-21° N	30-1200	640-3230	2-8	Monte de selva	Fertilidad media a alta	19	49
schiedeanum	03° N-22° N	150-2000	850-4260	0-6	Monte de selva	Fertilidad media a alta	5	36
schottii	26° S-23° N	10-860	600-1600	3-8	Monte de selva	Calcáreo, fertilidad media a alta	21	100
tapirapoanense	15° S-08° N	100-300	1600-2800	1-5	Monte de selva inundado estacionalmente	Acido, fertilidad media	17	1
tetragonolobum	04° N-06° N	70-150	2060-2500	3-4	Monte de sabana	Acido, fertilidad media a baja	16	12
triquetrum	10° S-10° N	100-720	1150-2630	0-3	Monte de selva	Fertilidad media	22	4
venosum	23° S-09° N	40-1200	970-2130	3-5	Sabana	Acido, baja fertilidad, muy arenoso	10	10
vetulum	20° S-18° S	1150	1540	5	Monte de selva	Acido, arenoso	1	—
vexillatum	22° S-08° N	100-250	1240-3070	1-5	Bordes de selva inundados estacionalmente	Aluvial, también ácido, fertilidad media a baja	17	7
virginianum	36° S-40° N	10-2200	350-2200	0-8	Bosques; caatinga; monte de selva	Fertilidad baja a alta	3	381
sp. n. No. 4	16° S-08° S	310-400	1590-1660	4-5	Monte de sabana; monte de selva	Fertilidad media a baja	9	6

a. Mes seco = mes con < 60 mm precipitación.
b. Suelo ácido = suelo cuya acidez puede tener efectos agronómicas (pH < 6).
c. Ver Apéndice de este capítulo.
d. Extraído de un catálogo mundial con información vigente hasta el 1 de febrero 1987 (Schultze-Kraft et al., 1989).

Digitized by Google

Cuadro 2. Principales colecciones de germoplasma de *Centrosema* (no. de accesiones al 1 de febrero de 1987).

Especies[a]	Bancos de germoplasma					Total
	CIAT	CSIRO	EMBRAPA	ARECFP[b]	ILCA[c]	reconciliado[d]
acutifolium	36	11	30	1	5	36
angustifolium	24	7	8	2	—	28
arenarium	2	1	2	—	1	2
arenicola	1	2	—	2	—	2
bifidum	10	2	8	—	—	10
brachypodum	10	5	10	1	—	11
bracteosum	1	1	1	—	—	2
brasilianum	203	53	193	5	48	228
capitatum	3	1	1	—	—	3
carajasense	6	—	6	—	—	6
coriaceum	4	1	5	—	—	5
dasyanthum	—	—	—	—	—	—
fasciculatum	2	1	2	—	—	2
grandiflorum	3	1	5	—	—	5
grazielae	45	14	20	2	2	48
heptaphyllum	—	—	—	—	—	—
jaraguaense	—	—	—	—	—	—
latidens	1	—	—	—	—	1
macrocarpum	312	32	208	2	28	319
pascuorum	67	69	41	11	15	87
platycarpum	2	1	1	—	—	2
plumieri	138	83	38	39	43	269
pubescens	704	498	219	113	120	1173
rotundifolium	4	11	6	3	—	15
sagittatum	34	18	10	5	—	49
schiedeanum	35	13	4	4	1	36
schottii	50	56	19	33	24	100
tapirapoanense	1	—	1	—	—	1
tetragonolobum	12	—	7	—	—	12
triquetrum	4	—	1	—	—	4
venosum	8	1	6	1	—	10
vetulum	—	—	—	—	—	—
vexillatum	5	1	5	1	—	7
virginianum	152	209	111	94	18	381
sp. n. No. 4	6	2	5	—	—	6
spp. no identificadas	2	13	90	16	1	119
híbridos interespecíficos artificiales	38	40	10	4	6	41
Total	1925	1147	1073	339	312	3020

a. Incluyendo híbridos interespecíficos naturales.
b. Información de A. E. Kretschmer, Jr., University of Florida, Agricultural Research and Educational Center, Fort Pierce (ARECFP), E.U.
c. Información de J. R. Lazier, International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis Abeba, Etiopía.
d. Total de las accesiones consideradas distintas, después de eliminar las duplicadas.

Digitized by Google

Grupo de especies 1: *C. dasyanthum, C. latidens, C. jaraguaense, C. vetulum* (mapa 1)

Las cuatro especies de este grupo son poco conocidas en todo sentido. Aunque se ha recogido en sólo tres localidades de Colombia y Perú, *C. latidens* parece tener la distribución más amplia. La distribución de *C. dasyanthum*, *C. jaraguaense* y *C. vetulum* es aún más limitada, y está restringida a una zona algunos grados al norte del Trópico de Capricornio por los estados brasileños de São Paulo, Rio de Janeiro, y el sudeste de Minas Gerais. Estas especies sólo se conocen por informes de escasas localidades como aquéllas indicadas por Barbosa-Fevereiro (1977), y hasta ahora no se ha recolectado germoplasma de ellas. Hay una accesión colombiana disponible de *C. latidens*.

Grupo de especies 2: *C. arenicola, C. pascuorum, C. virginianum*

Centrosema arenicola (**mapa 2**). Esta es la única especie de *Centrosema* que es exclusivamente subtropical. Su distribución se restringe a Florida, E.U., donde se ha recogido entre 28° y 30° N. Allí queda comprendida en la distribución amplia de otra especie estrechamente relacionada con ella, *C. virginianum*, que es muy común en Florida. *Centrosema arenicola* se halla en las comunidades no perturbadas donde hay suelos bien drenados, ácidos y arenosos, floreciendo principalmente en los bordes o claros de bosques, aunque extendiéndose vegetativamente dentro de los bosques semisombreados. Se han hecho muy pocas recolecciones de material vivo, pero se puede decir que *C. arenicola* es una especie muy uniforme y que el germoplasma actual es representativo (R. J. Clements, comunicación personal).

Centrosema pascuorum (**mapa 2**). Se encuentra entre las latitudes 19° S y 17° N; la distribución de esta especie anual es notablemente dispersa y difícil de comprender. Puesto que es verdaderamente una especie de tierras bajas tropicales, tiene seis áreas de distribución: nordeste de Brasil, el Pantanal, costa de Ecuador, Guyana, norte de Venezuela, América Central y México. Esta especie sólo puede considerarse frecuente en el nordeste de Brasil y en el norte de Venezuela. *Centrosema pascuorum* se encuentra en ambientes estacionalmente áridos que tengan

Digitized by Google

precipitación de muy baja a media (370-1760 mm/año) y una marcada estación seca de 4 a 10 meses. En el Pantanal, y ocasionalmente en Venezuela, se ha hallado en localidades con estrés estacional por inundación. Los suelos de los sitios de recolección se caracterizan por una fertilidad de media a alta.

Hay cerca de 90 accesiones de germoplasma de *C. pascuorum* disponibles. Es probable que éstas representen adecuadamente la distribución de la especie. Sería conveniente reunir más material de la costa de Ecuador, de América Central y de México, de Guyana, y de la costa de Pará y del Pantanal en Brasil.

Centrosema virginianum (**mapa 3**). La distribución de esta especie ha sido estudiada exhaustivamente por R. J. Clements y R. J. Williams (información no publicada). Extendiéndose desde la latitud 35° S hasta la latitud 40° N, *C. virginianum* es sin duda la especie más ampliamente distribuida de *Centrosema*. Su rango total de latitud es de 75 grados, o sea, casi igual al de todo el género *Stylosanthes* (Williams et al., 1984). En el hemisferio meridional es muy frecuente (¿o ha sido tal vez muy bien recolectado?) entre las latitudes 15° y 30°, y al norte de 15° S en Bahía, nordeste del Brasil. Al norte del ecuador, la principal concentración de sitios de recolección es la región costera y subcostera de E.U. y de México, incluyendo la Península de Yucatán y el Caribe. La acumulación de localidades en Colombia es, principalmente, una consecuencia de las actividades intensivas de recolección de germoplasma que ha hecho el CIAT en ese país.

El rango climático es también amplio e incluye condiciones tropicales, subtropicales y templadas marítimas. R. J. Clements y R. J. Williams (información no publicada) distribuyen a *C. virginianum* en 15 regiones, reconociendo variedades y razas geográficas. En algunas de estas regiones, las heladas son comunes y pueden ser graves. También la variación altitudinal (de 10 a 2200 m) es mayor para esta especie que para otras especies de *Centrosema*. Las condiciones de precipitación y de vegetación en que se encuentra varían desde la caatinga semiárida en el nordeste de Brasil, cuya precipitación anual es de sólo 350 mm, hasta los bordes de bosque que reciben 2000 mm al año en la zona tropical húmeda de Bahía, Brasil. Con pocas excepciones, es característica de esta especie una estación diferenciada, seca o fría, que dura hasta 8 meses. Se halla en suelos de buen drenaje, generalmente, y de fertilidad baja a alta.

Digitized by Google

Hay actualmente cerca de 380 accesiones de germoplasma disponibles. En comparación con la distribución del material conservado en herbario, es evidente que en algunas regiones la recolección de germoplasma no fue exhaustiva, como la zona sur de distribución que comprende el nordeste de Argentina, Uruguay, Paraguay y Perú. El sur de Brasil y Bolivia también merecen exploraciones adicionales. Asimismo, es deseable recolectar germoplasma en la región centroamericana para cerrar la ausencia de datos de distribución que hay entre México y Colombia. Es posible que haya, sin embargo, una escasez real de material en esa región.

Grupo de especies 3: *C. acutifolium, C. capitatum, C. grazielae, C. macrocarpum, C. grandiflorum, C. pubescens, C. schiedeanum, Centrosema* sp. n. No. 4.

Centrosema acutifolium (**mapa 4**). La distribución de *C. acutifolium* es dispersa y no se comprende bien. Hay una pequeña área de distribución entre las latitudes 4° y 6° N, a ambos lados del Río Orinoco, y una distribución mucho más extensa en Brasil, especialmente en la región centro-occidental. Los estudios preliminares de herbario (R. J. Williams, información no publicada) indican la posibilidad de que la especie se haya adentrado en Colombia (región de los Andes y planicies costeras del norte). Puesto que no se ha confirmado positivamente que estos especímenes son *C. acutifolium*, no fueron tenidos en cuenta para esta revisión. Por causa de su distribución irregular, y por notorias diferencias agronómicas y morfológicas, se ha sugerido recientemente que estos especímenes se asignen a dos taxa diferentes, a nivel de variedad botánica, o sea, var. "*orinocense*" y var. "*matogrossense*" (Schultze-Kraft et al., 1987).

Del germoplasma recolectado hasta el presente se infiere que *C. acutifolium* proviene de tierras bajas verdaderamente tropicales en que hay ambientes de sabana y de borde de bosque, donde la precipitación va de media a alta (1300-2200 mm/año) y hay de 3 a 5 meses secos. La mayoría de las recolecciones se han hecho en suelos ácidos de baja fertilidad. La actual colección de germoplasma comprende cerca de 40 accesiones. Las futuras actividades de recolección deben concentrarse en el límite sur del área de distribución—especialmente en el estado de Minas Gerais en el que se espera obtener una variabilidad adicional en forma de

Digitized by Google

germoplasma menos tropical—y en la región amazónica de Brasil. Los intentos específicos de expandir el rango del germoplasma colombiano y venezolano no han tenido éxito. La variedad "*orinocense*" ha presentado hasta el momento una distribución muy restringida, que se limita a la región del Orinoco entre las latitudes 4° y 6° N.

Centrosema capitatum (**mapa 5**). Esta especie se extiende desde Tobago (latitud 11° N), y a través de las Guayanas llega a la región de la desembocadura del río Amazonas, y aparece nuevamente entre las latitudes 13° y 16° S, en el centro-occidente de Brasil y en la costa de Bahía. Además, se conocen varios especímenes provenientes de la región de Iquitos, en el nordeste de Perú, y se hizo una recolección de germoplasma en Colombia. Aunque esta distribución en parches no se comprende bien, las localidades mencionadas tienen en común una baja altitud y una precipitación que va de media (Brasil central occidental) a alta (todos los otros sitios). Las únicas tres recolecciones de germoplasma disponibles fueron hechas en ambientes de borde de bosque, en suelos ácidos de baja fertilidad. Esta estrecha base genética debe ser expandida recolectando germoplasma en toda la distribución conocida de *C. capitatum*.

Centrosema macrocarpum (**mapa 6**). El área de distribución de esta especie va de 19° N a 19° S. En el hemisferio sur, las localidades de *C. macrocarpum* están dispersas, y su distribución se traslapa levemente con la de *C. grandiflorum*, mientras que en el hemisferio norte son muy frecuentes en el norte de América del Sur, en América Central y en México. En México, su distribución se traslapa con la de las formas mexicanas burdas de *C. schiedeanum* y, morfológicamente, ambas especies experimentan aparentemente intergresión (Williams y Clements, esta obra). *Centrosema macrocarpum* se ha hallado en regiones donde la precipitación anual es muy escasa (430 mm) o se eleva mucho (4000 mm), como ocurre en Santa Marta, Colombia, y en Soná, Panamá, respectivamente. La mayoría de las colecciones, sin embargo, son de ambientes subhúmedos donde la precipitación anual es de 1100-1800 mm y hay de 2 a 6 meses secos. Aunque es una especie tropical, *C. macrocarpum* también se encuentra a grandes altitudes (hasta de 2000 m). La mayoría de las recolecciones se han hecho en suelos ácidos de baja fertilidad, y en la vegetación de monte bajo al borde del bosque de galería en los ecosistemas de sabana.

Digitized by Google

Al combinar la información biogeográfica, morfológica y agronómica obtenida, *C. macrocarpum* se clasificó en cinco grupos distintos (Schultze-Kraft, 1986): el material centroamericano; el grupo especialmente promisorio de accesiones de baja altitud del norte de América del Sur; las accesiones colombianas de semilla grande recolectadas a gran altura (var. "*andinum*"); las formas erectas halladas al sur del ecuador; y el material brasileño de flores azules de localidades al sur de la latitud 15° S. Posteriormente, el grupo brasileño se identificó como *C. grandiflorum* (Williams y Clements, esta obra) y se considera más adelante en forma separada.

La presente colección de *C. macrocarpum* comprende cerca de 320 accesiones. Se justifica recolectar más germoplasma en Bolivia, Ecuador, Trinidad y Tobago, y en América Central excepto Panamá. Brasil al sur de la latitud 17° S, el nordeste de Brasil y México al oeste de la longitud 95° O también deben ser objetivo de recolección, con el fin de comprender mejor los límites de distribución de esta especie.

Centrosema grandiflorum (**mapa 6**). Esta especie se extiende entre las latitudes 15° y 25° S en Brasil subtropical meridional. Se traslapa al límite meridional de distribución de la especie estrechamente relacionada con ella, es decir, *C. macrocarpum*. La especie no es muy común, y actualmente sólo hay cinco accesiones de germoplasma disponibles; éstas se recolectaron en suelos de fertilidad media, en ambientes que reciben una precipitación anual de 1300-1600 mm y tienen 5 meses secos. La recolección adicional en el sudeste y sur de Brasil probablemente ampliará la base genética de esta especie, que es todavía bastante estrecha.

Centrosema grazielae (**mapa 7**). El área de distribución de *C. grazielae* se extiende desde cerca del Trópico de Capricornio, en el Estado de Rio de Janeiro, Brasil, hasta la latitud 8° N, y se traslapa con la de *C. pubescens*. Parece que *C. grazielae* remplaza a *C. pubescens* en aquellas regiones donde esta última no se encuentra por razones edáficas, como en los suelos ácidos de baja fertilidad. En una localidad del este de Venezuela, la muestra de germoplasma recogida era obviamente un híbrido natural entre *C. pubescens* y *C. grazielae*. Como muestra el mapa 7, hay dos principales zonas de distribución donde se halla la especie con una frecuencia moderada: el centro-occidente y sudeste de Brasil, y los Llanos Orientales de Colombia. Hay también otras áreas aisladas,

Digitized by Google

como el oriente de Venezuela y las praderas de la región de la desembocadura del río Amazonas. Según recientes estudios de los especímenes de herbario de América Central y del Caribe (R. J. Williams, información no publicada), en esa región existe una forma de *Centrosema* similar a *C. grazielae*. Debido a que su identidad es todavía dudosa, ninguno de los especímenes examinados ha sido incluido en el mapa 7.

Centrosema grazielae es una especie de tierras bajas, nativa de regiones en que la precipitación va de media a alta (1130-3180 mm/año) y donde hay una estación seca que dura hasta 5 meses. Los suelos de los sitios de recolección tienen buen drenaje, son ácidos y de fertilidad baja a media. *Centrosema grazielae* es la única especie voluble del género en la cual se ha observado anficarpia, propiedad que sugiere su potencial adaptación a la quema y al sobrepastoreo.

Como se muestra en el mapa 7, *C. grazielae* ha sido bien recolectada como material de germoplasma, pero no está bien representado como espécimen de herbario. Actualmente, hay cerca de 50 accesiones disponibles. Las metas de la recolección futura, para conseguir mayor variabilidad, son el sudeste de Brasil (Minas Gerais y Rio de Janeiro) y la región de la desembocadura del Amazonas.

Centrosema pubescens (**mapa 8**). El área de distribución de esta especie común se extiende desde cerca del Trópico de Cáncer, en Cuba, a través del cinturón tropical, hasta el Trópico de Capricornio. *Centrosema pubescens* es especialmente frecuente en el norte de América del Sur, en América Central y en el Caribe. El rango altitudinal es de 10 a 1600 m, altura ésta que representa localidades en la zona cafetera colombiana. *Centrosema pubescens* se encuentra generalmente en zonas de alta precipitación, aunque varias accesiones, especialmente del nordeste de Brasil, de Colombia, de Venezuela y de México, se han recolectado en ambientes secos donde la precipitación anual es de sólo 500 mm. La fertilidad del suelo en los sitios de recolección es generalmente de intermedia a alta.

Vale la pena observar que la distribución de *C. pubescens* se traslapa con la de otras especies del género que se consideran estrechamente relacionadas con *C. pubescens*, o sea, *C. acutifolium*,

Digitized by Google

C. capitatum, C. grandiflorum, C. grazielae, C. macrocarpum y *C. schiedeanum.*

La presente colección de *C. pubescens* comprende casi 1200 accesiones que representan adecuadamente el rango geográfico conocido de la especie. Sin embargo, hay regiones poco muestreadas en que es conveniente hacer más recolecciones de germoplasma como Paraguay, Bolivia, el nordeste de Brasil, América Central al norte de Costa Rica y el Caribe, con excepción de Cuba.

Centrosema schiedeanum (**mapa 5**). Esta es una de las tres especies de *Centrosema* cuya distribución está restringida al hemisferio norte. Parece que se trata de tres formas diferentes de plantas que provienen de tres regiones: una forma mexicana burda que es morfológicamente similar a *C. macrocarpum* y que se presenta en altitudes elevadas, entre las latitudes 16° y 22° N y las longitudes 92° y 105° O; originaria de Costa Rica y Panamá, una forma muy estolonífera del tipo cv. Belalto, similar a *C. pubescens*, que se halla a altitudes bajas y altas; y proveniente de los Llanos Colombianos, otra forma, que también es afín de *C. pubescens* y se halla en regiones de baja altitud. Aunque algunas de las accesiones mexicanas han sido recolectadas en ambientes donde la precipitación anual es un poco menor que 1000 mm y donde hay hasta 6 meses secos, el resto del material proviene de zonas de alta precipitación que reciben hasta 4260 mm/año. Los suelos de los sitios mexicanos se caracterizan por un pH casi neutro y por una fertilidad de media a alta. En Costa Rica, Panamá, y especialmente en los Llanos Colombianos, los suelos son ácidos y de fertilidad media a baja.

Hasta ahora hay cerca de 40 accesiones de germoplasma disponibles, las cuales representan ampliamente la distribución natural de la especie tal como se conoce actualmente. Sin embargo, la recolección de germoplasma debe continuar en América Central entre Panamá y México, especialmente en la región de la costa del Pacífico. En México tropical se deben hacer más recolecciones al occidente de la longitud 95° O.

Centrosema **sp. n. No. 4** (**mapa 9**). Se refiere a una especie nueva de *Centrosema*, hasta ahora no descrita, que es taxonómicamente parecida a *C. pubescens* y tiene una distribución

Digitized by Google

muy restringida entre las latitudes 8° y 16° S en Brasil centro-occidental. La especie no es frecuente, y sólo ocasionalmente se ha recolectado en los bordes de bosques de galería en los Cerrados. Esos sitios se encuentran a bajas altitudes (300-400 m), reciben alta precipitación (1600-1700 mm/año), y tienen una marcada estación seca típica de los Cerrados (4-5 meses). Los suelos de los sitios de recolección son ácidos y de fertilidad media a baja. Las seis accesiones de germoplasma disponibles sobrepasan en número a los especímenes de herbario conocidos; por lo tanto, las futuras actividades de recolección en los Cerrados deberán prestarle atención a esta especie.

Grupo de especies 4: *C. venosum* y *C. bracteosum*

Centrosema venosum (**mapa 10**). Esta especie es una de las pocas del género que son típicas del pastizal de sabanas, cuyas características son un hábito exclusivamente rastrero, anficarpia, raíces tuberosas y hojas coriáceas. *Centrosema venosum* se encuentra, en el hemisferio norte, en los Llanos colombianos y venezolanos; al sur del ecuador, en islas de sabana en la Amazonia brasileña, y en los Campos y Cerrados del centro-oeste y del sudeste de Brasil, hasta la latitud 18° S. Se halla siempre en suelos muy arenosos, ácidos e infértiles. Al sur de la latitud 12° S, el área de distribución de *C. venosum* se traslapa con la de una especie muy similar a ella que es *C. bracteosum*.

Hasta ahora sólo hay unas pocas muestras de germoplasma disponibles (10 accesiones), y se requiere recolectar materiales adicionales. La multiplicación de germoplasma y, por tanto, su conservación son un problema no resuelto todavía, porque no ha sido posible cultivar *C. venosum* en condiciones artificiales de invernadero o de vivero.

Centrosema bracteosum (**mapa 10**). Esta especie está restringida a las regiones de sabana abierta, en Brasil. Es una planta rastrera, produce semilla subterránea además de legumbres aéreas normales y tiene raíces tuberosas—o puede no tenerlas. Tiene, por tanto, varios mecanismos de escape y de regeneración que le permiten sobrevivir a la quema o al sobrepastoreo. En su área de distribución, *C. bracteosum* coincide con la muy similar especie *C. venosum*, pero es menos tropical y se adentra en Brasil

Digitized by Google

subtropical hasta cerca de la latitud 25° S. Las dos únicas accesiones disponibles de germoplasma son de la región de Planaltina en el Distrito Federal (altitud 1000 m, precipitación anual 1600 mm, con 5 meses secos). Se necesita hacer recolecciones adicionales, aunque, como ocurre con *C. venosum*, hay problemas de multiplicación del germoplasma porque no ha sido posible cultivar plantas en condiciones de vivero o de invernadero.

Grupo de especies 5: *C. rotundifolium* y *C. heptaphyllum*

Centrosema rotundifolium (**mapa 11**). Esta especie tropical del nordeste brasileño se extiende hasta Minas Gerais. Hay formas de 3 y de 5 folíolos, de las cuales las últimas a veces se confunden con *C. heptaphyllum*. Ambas formas son rastreras, presentan anficarpia, y se hallan en suelos muy arenosos con vegetación de caatinga, donde la precipitación va de muy baja a media (430-1160 mm/año) y hay una larga estación seca (5 a 8 meses). En la actual colección de germoplasma de *C. rotundifolium* no hay más de 15 accesiones disponibles. Es necesario, por tanto, hacer recolecciones adicionales en el nordeste de Brasil y en Minas Gerais.

Centrosema heptaphyllum (**mapa 11**). Esta especie es anficárpica y está provista de raíz pivotante. Se encuentra en tierras secas y en sabana, y es también nativa en Brasil; su área de distribución está aparentemente restringida a los estados de Bahía y de Minas Gerais septentrional. Sólo se conocen unos pocos especímenes de herbario y, hasta ahora, no se ha recolectado germoplasma. Es importante obtener una colección de esta especie, especialmente para dilucidar su afinidad con *C. rotundifolium*.

Grupo de especies 6: *C. arenarium, C. brachypodum, C. coriaceum*

Centrosema arenarium (**mapa 12**). Se ha recolectado poco germoplasma de *C. arenarium* y, por consiguiente, hay pocos documentos que den información ecológica de esta especie. Es esta una especie propia de las tierras secas del nordeste brasileño (750-830 mm/año de precipitación), pero también se extiende hacia

Digitized by Google

ambientes más húmedos como los del estado de Pará y de la costa de Bahía. Su distribución se traslapa con la de otra especie estrechamente relacionada con ella: *C. brachypodum*; los especímenes de herbario obtenidos al sur de la latitud 10° S son similares a los de *C. brachypodum*.

La colección actualmente disponible de *C. arenarium* consiste en sólo dos accesiones. En consecuencia, se justifica cualquier esfuerzo por ampliar esta estrecha base genética.

Centrosema brachypodum (**mapa 12**). Esta especie está restringida al hemisferio sur entre las latitudes 7° y 26° S. Parece que hay allí tres zonas de distribución que dan origen a un número igual de grupos diferentes de *C. brachypodum*. La primera zona es el nordeste de Brasil, donde la especie se traslapa con otra estrechamente relacionada con ella, que es *C. arenarium*; la baja precipitación (820-1100 mm/año, y de 5 a 6 meses secos) y la fertilidad del suelo (de media a alta) de esta zona son características de los sitios en que se ha recolectado germoplasma de *C. brachypodum*. La segunda zona comprende la parte tropical y subtropical del sudeste y sur de Brasil (Minas Gerais, Espírito Santo, Rio de Janeiro, São Paulo y Paraná), donde la precipitación es algo mayor que en la primera zona (1100-1650 mm/año, y 4 a 5 meses secos), y donde hay suelos ácidos de fertilidad media a baja. *Centrosema brachypodum* es especialmente frecuente en esta región. La tercera zona es Paraguay subtropical, de donde se obtuvieron sólo unos pocos especímenes, que quizás no pertenecen a *C. brachypodum* (R. J. Williams, información no publicada).

Hasta el presente sólo hay 11 accesiones de germoplasma disponibles. Por tanto, las tres regiones de distribución mencionadas merecen otro esfuerzo de recolección.

Centrosema coriaceum (**mapa 13**). Esta especie tropical de la sabana brasileña es típica de la vegetación de "campo rupestre" de Bahía y Minas Gerais, donde se desarrolla en suelos con buen drenaje, arenosos, ácidos y de baja fertilidad. El ambiente es algo más seco (900-1000 mm/año) que el de la segunda zona de distribución de la especie anterior, y tiene una estación seca de 6 meses. Hasta ahora sólo hay cinco accesiones de germoplasma disponibles. Es necesario, por tanto, hacer más recolecciones, principalmente en Minas Gerais.

Digitized by Google

Grupo de especies 7: *C. brasilianum, C. angustifolium, C. bifidum, C. tetragonolobum*

Centrosema brasilianum (**mapa 14**). El área de distribución de *C. brasilianum* se extiende, hacia el sur, casi hasta el Trópico de Capricornio. Al norte, sin embargo, no se extiende más allá de la latitud 12° N. La especie es especialmente frecuente en el nordeste de Brasil y en Venezuela.

Centrosema brasilianum es una especie tropical de tierras bajas. Las condiciones de precipitación en los sitios de recolección se clasificaron en seis grupos según la precipitación anual total y la distribución de la precipitación (Schultze-Kraft y Belalcázar, 1987). Estos grupos indicaron que un 69% de la colección proviene de ambientes subhúmedos en que el rango anual de precipitación es de 890-1680 mm, y hay hasta 8 meses secos. Un 13% de la colección se recolectó en condiciones muy secas, de caatinga, en el nordeste de Brasil, donde caen menos de 890 mm/año. El 18% restante se recogió en las regiones tropicales húmedas caracterizadas por alta precipitación (1700-2900 mm/año) como en la Amazonia brasileña y en la región de Ilhéus-Itabuna en Bahía, Brasil. Los suelos en los sitios de recolección son de fertilidad media a baja y siempre tienen buen drenaje. La presencia de esta especie en el Pantanal, sin embargo, sugiere cierta adaptación a condiciones de drenaje deficiente.

La actual colección de *C. brasilianum* comprende cerca de 230 accesiones de germoplasma. Hay varios vacíos en la colección al sur de la latitud 15° S; por ello, se deben emprender nuevos proyectos de recolección en Bolivia, Paraguay y el Pantanal de Brasil adyacente a ese país, Minas Gerais y Rio de Janeiro. Se necesita más recolección en la región ecuatorial de Brasil (Amazonia), así como en las Guayanas.

Centrosema angustifolium (**mapa 15**). Aunque esta especie no se halla más allá de la latitud 10° N al norte del ecuador, al sur de esta línea su área de distribución se extiende hasta la costa de Brasil subtropical y llega a la latitud 30° S. *Centrosema angustifolium* es más frecuente en el centro-oeste y el sudeste de Brasil y en Colombia que en otras regiones donde se encuentran esparcidos los sitios de recolección. Su ausencia en el nordeste de Brasil sugiere que esta especie no está adaptada a condiciones de

Digitized by Google

baja precipitación. Los sitios de recolección de este germoplasma se caracterizan por una precipitación que va de media a alta (1100-3000 mm/año, con 0 a 5 meses secos). Muchas de las accesiones colombianas se han recogido en sitios mal drenados en que hay inundación estacional, en los ambientes de sabana y de borde de bosque.

Aunque hay cerca de 30 accesiones de germoplasma disponibles, sólo en Colombia las localidades en que fueron recolectadas representan adecuadamente la distribución natural conocida de la especie. Con respecto a la ampliación de la base genética, se debe recolectar germoplasma en Paraguay, en Brasil subtropical, centro-occidental y suroriental, en la región amazónica, en el norte de América del Sur (excepto en Colombia), y en América Central.

Centrosema bifidum (**mapa 16**). Esta especie tropical es característica de los Cerrados de Brasil, donde se encuentra en suelos con buen drenaje, ácidos e infértiles. Su distribución está restringida a la región centro-occidental, entre las latitudes 13° y 18° S. El rango de precipitación anual en los sitios de recolección es 1300-1600 mm, con la típica estación seca de los Cerrados que dura de 4 a 5 meses. Se conocen unas pocas localidades en Minas Gerais, a una latitud aproximada de 20° S.

La actual colección de germoplasma comprende 10 accesiones que representan adecuadamente la distribución conocida de *C. bifidum* en el Brasil centro-occidental. La futura recolección en Minas Gerais puede agregar alguna variación a la colección existente.

Centrosema tetragonolobum (**mapa 16**). Esta especie fue descrita recientemente por Schultze-Kraft y Williams (1990). Está estrechamente relacionada con *C. brasilianum*. Su distribución está restringida a una franja entre las latitudes 4° y 6° N, en las orillas colombiana y venezolana del río Orinoco, y es casi idéntica a la de *C. acutifolium* var. "*orinocense*". En esa región la precipitación es alta (2100-2500 mm/año), y la estación seca dura de 3 a 4 meses. La vegetación general es de sabana, pero *C. tetragonolobum* ha sido recogida en los bordes de bosques de galería, en suelos ácidos de fertilidad media a baja. Actualmente hay 12 accesiones de germoplasma disponibles, pero se debe emprender una recolección adicional para ampliar esta estrecha base genética.

Digitized by Google

Grupo de especies 8: *C. vexillatum* y *C. tapirapoanense*

Centrosema vexillatum (**mapa 17**). Esta especie, que verdaderamente proviene de tierras bajas tropicales, se encuentra distribuida desde la latitud 22° S a la 8° N. Hasta ahora, sólo siete accesiones de germoplasma están disponibles. A excepción de una, todas se recogieron en ambientes de precipitación media a alta, en las riberas de ríos estacionalmente inundados. Se requiere más material de esta especie; los esfuerzos de recolección se deben concentrar en el Pantanal de Brasil, en el Departamento del Beni, en Bolivia, a lo largo del río Amazonas, en Brasil; y en la Guayana.

Centrosema tapirapoanense (**mapa 17**). Esta especie tiene una distribución amplia similar a la anterior, pero es una especie menos frecuente. Existen tres áreas de distribución: Mato Grosso, Brasil, cerca de la latitud 15° S; a lo largo del río Amazonas, cerca de la longitud 70° O (Perú, Brasil); y al norte del ecuador, cerca de la costa del Caribe, en Colombia, y próxima a los 11° N. Sólo hay una accesión de germoplasma disponible, que es originaria del borde de un bosque estacionalmente inundado cerca del río Areões, en Mato Grosso. Es muy conveniente hacer más recolecciones de esta especie.

Grupo de especies 9: *C. carajasense, C. fasciculatum, C. sagittatum*

Centrosema carajasense (**mapa 18**). Esta especie es brasileña y verdaderamente tropical; tiene un estrecho rango de distribución, o sea, de la latitud 5° S a la 14° S. Las seis recolecciones de germoplasma hechas superan en número a los especímenes de herbario. Se recolectaron en Mato Grosso y Pará, en los bordes de bosques, donde la precipitación va de media a alta (1600-2700 mm/año) y hay hasta 5 meses secos; los suelos son allí ácidos y de fertilidad media. Al igual que *C. fasciculatum* y *C. sagittatum*, dos especies estrechamente relacionadas con *C. carajasense*, esta especie se desarrolla en los sitios sombreados de su hábitat nativo. La base de germoplasma de esta especie también se debe ampliar mediante recolecciones adicionales.

Digitized by Google

Centrosema fasciculatum (**mapa 18**). Esta es otra especie unifoliolada que está estrechamente relacionada con *C. sagittatum* y *C. carajasense*. En comparación con *C. carajasense*, su distribución se extiende algo más al sur (entre 12° y 19° S). La localidad de un espécimen de herbario se halla en la latitud 7° S de Perú. La escasa información ecológica disponible sobre *C. fasciculatum* sugiere que esta especie tiene un hábitat similar al de *C. carajasense*. Hay sólo dos accesiones de germoplasma disponibles hasta la fecha.

Centrosema sagittatum (**mapa 19**). La distribución de esta especie se extiende desde 21° N hasta el sur del Trópico de Capricornio; de esta última región se conocen varios especímenes subtropicales de herbario provenientes del sur de Brasil, de Paraguay y de Argentina. Aunque tiene una distribución amplia, *C. sagittatum* no es una especie común; sólo al sur de la latitud 15° S se puede hallar una frecuencia algo mayor. Es una especie de tierras bajas, que prefiere generalmente ambientes de baja precipitación con una estación seca bien definida. En Panamá y México, sin embargo, se han hecho recolecciones en zonas cuya precipitación anual llega a 3200 mm, aunque con una estación seca de 2 a 3 meses. Los suelos son, generalmente, de fertilidad media a alta. Una característica notable de *C. sagittatum* en su hábitat nativo es su capacidad de tolerar la sombra.

Actualmente hay cerca de 50 accesiones disponibles que, no obstante, representan sólo inadecuadamente la distribución natural de la especie. Las regiones que justifican más recolecciones de germoplasma son las zonas subtropicales del sur, el sur y el nordeste de Brasil, Bolivia, Perú y Ecuador, América Central entre Panamá y México e Hispaniola (isla de Santo Domingo).

Grupo de especies 10: *C. plumieri* y *C. schottii*

Centrosema plumieri (**mapa 20**). La distribución de esta especie es, por casi todas sus características, muy similar a la de *C. pubescens*. A diferencia de *C. pubescens*, sin embargo, *C. plumieri* se adentra más en las zonas subtropicales (26° S en Paraguay meridional). A diferencia del hemisferio sur donde las localidades se encuentran esparcidas, *C. plumieri* es más frecuente en Colombia, Venezuela, Panamá, México tropical y las Antillas

Digitized by Google

Mayores. El rango de altitud es prácticamente igual que el de *C. pubescens* (20-1500 m). En general, *C. plumieri* es una especie de zonas de alta precipitación. Hay, sin embargo, excepciones como las accesiones de México y Colombia, que se recogieron en ambientes de precipitación baja (550-900 mm/año) en que había hasta 8 meses secos. La especie se halla, generalmente, en suelos de fertilidad media a alta.

La actual colección de *C. plumieri* comprende 270 accesiones. No hay germoplasma disponible, hasta ahora, de la franja meridional de distribución más allá de los 18° S. Los esfuerzos de recolección de germoplasma deben concentrarse allí, especialmente en la zona subtropical. Es necesario también continuar la recolección de esta especie en Bolivia, Perú, Ecuador y América Central. Probablemente se puede obtener germoplasma adaptado a condiciones muy secas recolectando en el nordeste de Brasil.

Centrosema schottii (**mapa 21**). Esta especie tiene una distribución irregular limitada por las dos líneas de los trópicos; sólo se conoce un espécimen de herbario proveniente de un ambiente subtropical (del nordeste de Argentina). *Centrosema schottii* es una de las menos comunes entre las ampliamente distribuidas especies de *Centrosema*, y se halla frecuentemente en la Península de Yucatán, México. Es frecuente también en áreas de las Antillas Mayores, del norte de Venezuela, de la costa de Ecuador, y del nordeste de Brasil. Las características de los hábitat nativos de *C. schottii* son una precipitación que va de baja a media, una estación seca diferenciada de 3 a 8 meses, y los suelos calizos de fertilidad media a alta.

La recolección de germoplasma en el límite sur de distribución, así como en el nordeste de Brasil y en las Antillas Mayores (a excepción de Cuba), puede expandir bastante la base genética actualmente disponible, que consiste en aproximadamente 100 accesiones.

Grupo de especies 11: *C. platycarpum* y *C. triquetrum*

Centrosema platycarpum (**mapa 22**). Esta especie brasileña se conoce principalmente por las recolecciones hechas a lo largo de la línea que une Brasília con Belém. Las únicas dos accesiones de

Digitized by Google

germoplasma disponibles son también originarias de esa franja. Las localidades en que se hizo recolección se caracterizan por un clima subhúmedo (1630 mm de precipitación/año con 4 a 5 meses secos), un suelo de fertilidad media, y características de sabana y monte boscoso.

Centrosema triquetrum (**mapa 22**). Esta especie, estrechamente relacionada con la anterior, tiene una distribución considerablemente mayor; se ha recogido entre las latitudes 10° S y 10° N, y en un rango longitudinal de 45° O a casi 80° O. Se han hecho recolecciones en los bordes de bosques de ambiente húmedo, en suelos de fertilidad intermedia, a veces mal drenados. Sólo hay cuatro accesiones de germoplasma disponibles, que provienen de Venezuela, Brasil y Perú.

Patrón de Distribución

Partiendo de los rangos latitudinales presentados en el Cuadro 1 y esbozados en la sección anterior, las 35 especies en consideración se pueden colocar en seis grupos de distribución (Cuadro 3). Es notable que el 46% de las especies (o sea, 16) tengan una distribución "estrecha" o "muy estrecha". Esto sugiere, probablemente, que estas especies se adaptaron a nichos ecológicos específicos y, por tanto, su adaptabilidad a diferentes ambientes quedó limitada. También puede sugerir que algunas especies se hallan todavía en un estado temprano de desarrollo evolutivo y, por tanto, todavía no se han diseminado.

En el Cuadro 4 se resume la distribución de las especies de *Centrosema* en las principales regiones de las Américas. Treinta y una de las 35 especies consideradas se encuentran en Brasil tropical; 19 en el norte de América del Sur; 16 en Ecuador, Perú, Bolivia, y Paraguay tropical; 11 en México, América Central y el Caribe; 9 en América del Sur subtropical; y 2 en Estados Unidos.

En consecuencia, Brasil tropical se puede considerar como el centro principal de diversificación de las especies de *Centrosema*. Diez especies se hallan exclusivamente en esta región: *C. arenarium*, *C. bifidum*, *C. carajasense*, *C. coriaceum*, *C. dasyanthum*, *C. heptaphyllum*, *C. platycarpum*, *C. rotundifolium*, *C. vetulum*, y *Centrosema* sp. n. No. 4. Sólo hay

Digitized by Google

Cuadro 3. Distribución natural de las especies de *Centrosema* según las categorías de los rangos latitudinales[a] de los sitios de recolección.

Rango latitudinal					
Muy ancho (> 60)	Ancho (45-60)	Intermedio a ancho (31-44)	Estrecho a intermedio (16-30)	Estrecho (5-15)	Muy estrecho (< 5)
virginianum	*plumieri* *pubescens* *sagittatum* *schottii*	*angustifolium* *brasilianum* *grazielae* *macrocarpum* *pascuorum* *venosum*	*acutifolium* *arenarium* *brachypodum* *capitatum* *schiedeanum* *tapirapoanense* *triquetrum* *vexillatum*	*bifidum* *bracteosum* *carajasense* *coriaceum* *fasciculatum* *grandiflorum* *heptaphyllum* *latidens* *platycarpum* *rotundifolium* sp. n. No. 4	*arenicola* *dasyanthum* *jaraguaense* *tetragonolobum* *vetulum*

a. El rango latitudinal se expresa como el número total de grados (en paréntesis) entre el sitio de recolección más meridional y el más septentrional.

otras dos regiones con exclusividad de distribución: los E.U. y el norte de América del Sur, cada una con una especie (*C. arenicola* y *C. tetragonolobum*, respectivamente). En oposición a una sugerencia hecha previamente por Clements y Williams (1980), América Central no es un centro muy importante de diversidad del género *Centrosema*.

Implicaciones Taxonómicas

Al resumir los comentarios de las secciones anteriores, es posible que existan suficientes razones biogeográficas para reconocer diferentes taxa al nivel de variedad, al menos en lo que respecta a *C. acutifolium*, *C. macrocarpum*, *C. schiedeanum* y *C. virginianum*. La existencia de una distribución dispersa o de ecotipos de altura no siempre conduce a variedades reconocibles; por ejemplo, no existen variedades obvias de *C. pascuorum* o de *C. pubescens*. Sin embargo, si se asocian las diferencias biogeográficas con las constantes diferencias de los caracteres morfológicos y con las características agronómicas importantes, es posible que se justifique una reconsideración taxonómica.

Cuando se disponga de más localidades y de información biogeográfica sobre *C. brachypodum* y *C. capitatum*, puede ser necesario examinar el estado taxonómico de estas dos especies.

Digitized by Google

Cuadro 4. Distribución de las especies de *Centrosema* en las principales regiones de las Américas.

Especie	E.U.	México, Am. Central, Caribe	Norte de América del Sur[a]	Ecuador, Perú, Bolivia, Paraguay trop.	Brasil tropical	América del Sur subtropic.[b]
acutifolium	—	—	X	—	X	—
angustifolium	—	X	X	X	X	X
arenarium	—	—	—	—	X	—
arenicola	X	—	—	—	—	—
bifidum	—	—	—	—	X	—
brachypodum	—	—	—	X	X	X
bracteosum	—	—	—	—	X	X
brasilianum	—	X	X	X	X	—
capitatum	—	X[c]	X	X	X	—
carajasense	—	—	—	—	X	—
coriaceum	—	—	—	—	X	—
dasyanthum	—	—	—	—	X	—
fasciculatum	—	—	—	X	X	—
grandiflorum	—	—	—	—	X	X
grazielae	—	—	X	—	X	—
heptaphyllum	—	—	—	—	X	—
jaraguaense	—	—	—	—	X	X
latidens	—	—	X	X	—	—
macrocarpum	—	X	X	X	X	—
pascuorum	—	X	X	X	X	—
platycarpum	—	—	—	—	X	—
plumieri	—	X	X	X	X	X
pubescens	—	X	X	X	X	—
rotundifolium	—	—	—	—	X	—
sagittatum	—	X	X	X	X	X
schiedeanum	—	X	X	—	—	—
schottii	—	X	X	X	X	X
tapirapoanense	—	—	X	X	X	—
tetragonolobum	—	—	X	—	—	—
triquetrum	—	—	X	X	X	—
venosum	—	—	X	—	X	—
vetulum	—	—	—	—	X	—
vexillatum	—	—	X	X	X	—
virginianum	X	X	X	X	X	X
sp. n. No. 4	—	—	—	—	X	—
No. total de especies	2	11	19	16	31	9
No. de especies restringidas a la región respectiva	1	0	1	0	10	0

a. Colombia, Venezuela, Guayanas; Am. = América; trop. = tropical.
b. Al sur del Trópico de Capricornio.
c. Trinidad solamente.

Digitized by Google

Implicaciones Agronómicas

Este estudio sugiere que ciertas especies de *Centrosema* pueden ser una fuente de germoplasma adaptado para condiciones ambientales particulares:

Regiones tropicales secas.
C. arenarium, *C. brachypodum*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pascuorum*, *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. rotundifolium*, *C. sagittatum*, *C. schottii*, *C. virginianum*.

Grandes altitudes y regiones subtropicales.
C. angustifolium, *C. arenicola*, *C. brachypodum*, *C. bracteosum*, *C. grandiflorum*, *C. macrocarpum*, *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. sagittatum*, *C. schiedeanum*, *C. schottii*, *C. virginianum*.

Areas mal drenadas y estacionalmente inundadas.
C. angustifolium, *C. pascuorum*, *C. triquetrum*, *C. tapirapoanense*, *C. vexillatum*.

Suelos ácidos de baja fertilidad.
C. acutifolium, *C. angustifolium*, *C. arenarium*, *C. bifidum*, *C. brachypodum*, *C. bracteosum*, *C. brasilianum*, *C. capitatum*, *C. carajasense*, *C. coriaceum*, *C. grazielae*, *C. macrocarpum*, *C. schiedeanum*, *C. tetragonolobum*, *C. venosum*, *Centrosema* sp. n. No. 4.

Prioridades en la Investigación

La recolección de germoplasma debe recibir una alta prioridad. Esta se refiere principalmente a las especies poco recolectadas, pero con un valor agronómico potencial, como *C. arenarium*, *C. brachypodum*, *C. capitatum*, *C. grandiflorum*, *C. rotundifolium*, *C. vexillatum* y *Centrosema* sp. n. No. 4. Las siguientes especies no poseen quizás un alto potencial agronómico, tampoco se conocen bien a causa de una representación insuficiente en los principales bancos de germoplasma de *Centrosema* y merecen, por tanto, una recolección más intensa: *C. bifidum*, *C. bracteosum*, *C. carajasense*, *C. coriaceum*, *C. fasciculatum* y *C. venosum*. Otro grupo de especies, cuyo potencial es completamente desconocido, incluye a *C. dasyanthum*,

Digitized by Google

C. jaraguaense, *C. latidens*, *C. vetulum*, *C. heptaphyllum* y *C. tapirapoanense*. De estas especies no hay germoplasma disponible, o sólo una accesión, todavía no estudiada. Este grupo también merece una alta prioridad de recolección.

La más alta prioridad regional corresponde al sureste de Brasil, especialmente al estado de Minas Gerais. Se espera hallar materiales de la mayoría de las especies ya mencionadas en una misión de recolección propuesta para esa región. Tales hallazgos llenarían grandes vacíos en el conocimiento actual de la distribución de las especies en el sudeste de Brasil. Otra misión importante, más orientada a llenar vacíos notables en la distribución que a recoger material de especies mal representadas, se proyecta para América Central, entre Panamá y México. Paraguay y Bolivia, donde se han recogido varias especies, aunque en forma inadecuada, también merecen más atención.

Referencias

Amshoff, G. H. J. 1939. Papilionaceae. En: Pulle, A. A. (ed.). Flora of Suriname (Netherlands Guyana). Kon. Ver. Koloniaal Instituut te Amsterdam, Amsterdam, Holanda. Vol. II, parte 2, 257 p.

Barbosa-Fevereiro, V. P. 1977. *Centrosema* (A. P. de Candolle) Bentham do Brasil—Leguminosae-Faboideae. Rodriguésia 29(42):159-219.

Burkart, A. 1943. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Acme Agency, Buenos Aires, Argentina. 590 p.

Clements, R. J. y Williams, R. J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, 31 julio-4 agosto 1978, 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 1, p. 559-567.

D'Arcy, W. G. 1980. *Centrosema*. En: Woodson, R. E., Jr.; Schery, R. W. et al. (eds.). Flora of Panama, parte V. Ann. Mo. Bot. Gard. 67:571-579.

de la Viña, A. C. y Engle, L. M. 1985. Forage legume collection in the Philippines. IBPGR/SEAN (Int. Board Plant Genet. Resour. Reg. Comm. S. East Asia Newsl.) 9(4):9-10.

Digitized by Google

Macbride, J. F. 1943. Flora of Peru: Family Leguminosae. Botanical series, vol. XIII, parte III, no. 1. Field Museum of Natural History, Chicago, IL, E.U. p. 1-507.

Pittier, H. 1944. *Centrosema*. En: Ministerio de Agricultura y Cría, Servicio Botánico. Leguminosas de Venezuela, I: Papilionáceas. Boletin técnico no. 5. Editorial Elite, Caracas, Venezuela. 171 p.

Schultze-Kraft, R. 1986. Natural distribution and germplasm collection of the tropical pasture legume *Centrosema macrocarpum* Benth. Angew. Bot. 60(5-6):407-419.

_____ y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.

_____ ; Benavides, G.; y Arias, A. 1987. Recolección de germoplasma y evaluación preliminar de *Centrosema acutifolium*. Pasturas Trop. Bol. 9(1):12-20.

_____ y Williams, R. J. 1990. Una nueva especie de *Centrosema* (DC.) Benth. (Leguminosae: Papilionoideae) del Orinoco. Caldasia 16(77):133-137.

_____ ; _____ ; Coradin, L.; Kretschmer, Jr., A. E., ; y Lazier, J. R. 1989. 1989 World catalog of *Centrosema* germplasm; Catálogo mundial 1989 de germoplasma de *Centrosema*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) e International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), Cali, Colombia. 322 p.

Standley, P. C. y Steyermark, J. A. 1946. Flora of Guatemala, parte V: Leguminosae. Fieldiana [series]: Botany. Chicago Natural History Museum, Chicago, IL, E.U. Vol. 24, parte V, p. 1-367.

Williams, R. J.; Reid, R.; Schultze-Kraft, R.; Costa, N. M. S.; y Thomas, B. D. 1984. Natural distribution of *Stylosanthes*. En: Stace, H. M. y Edye, L. A. (eds.). The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press Australia, North Ryde, N.S.W., Australia. p. 73-101.

Digitized by Google

Apéndice: Mapas de la Distribución Natural de las Especies de *Centrosema*

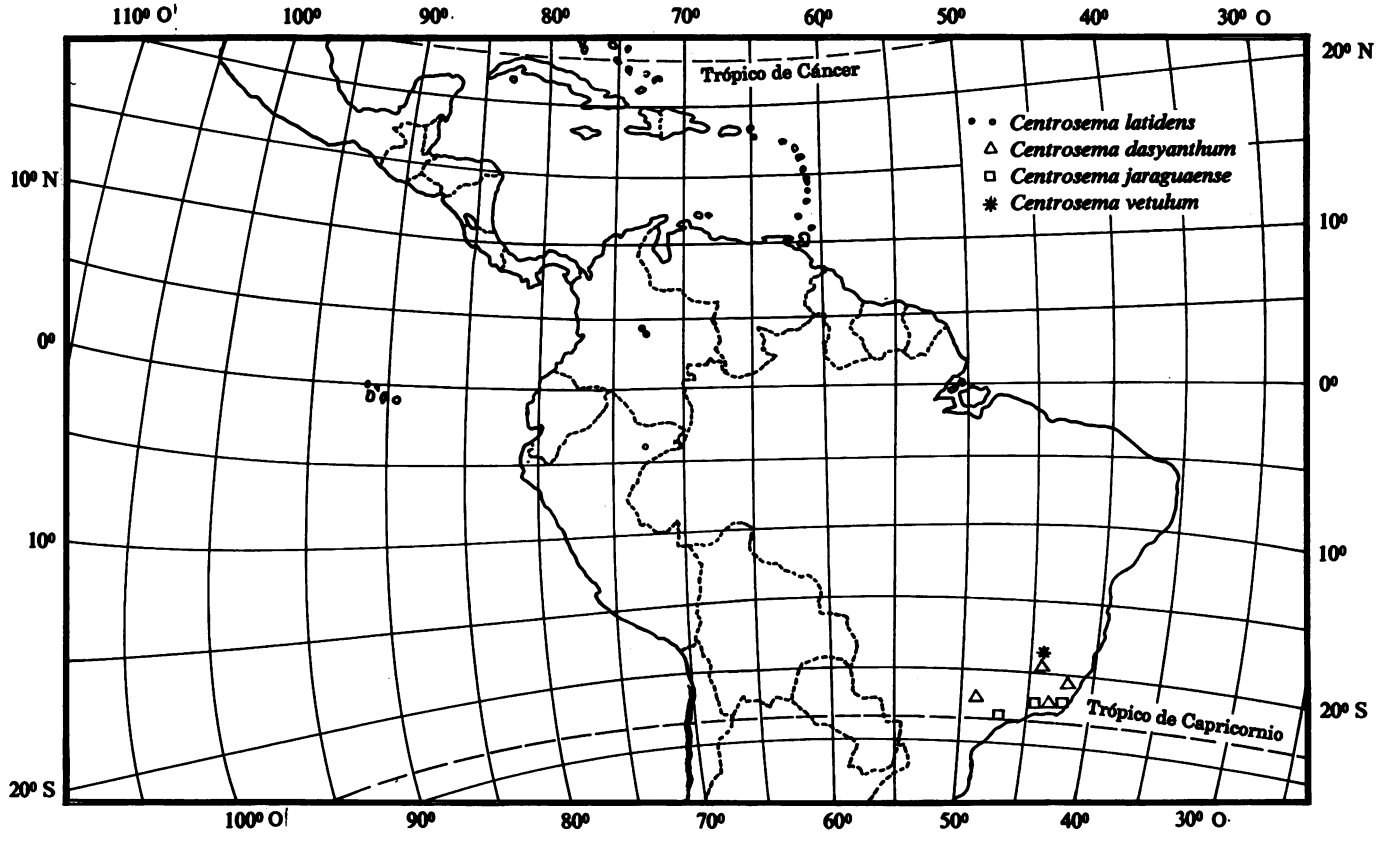
Contenido

Mapa 1. *C. latidens, C. dasyanthum, C. jaraguaense, C. vetulum*
Mapa 2. *C. pascuorum, C. arenicola*
Mapa 3. *C. virginianum*
Mapa 4. *C. acutifolium*
Mapa 5. *C. schiedeanum, C. capitatum*
Mapa 6. *C. macrocarpum, C. grandiflorum*
Mapa 7. *C. grazielae*
Mapa 8. *C. pubescens*
Mapa 9. *Centrosema* sp. n. No. 4
Mapa 10. *C. venosum, C. bracteosum*
Mapa 11. *C. rotundifolium, C. heptaphyllum*
Mapa 12. *C. brachypodum, C. arenarium*
Mapa 13. *C. coriaceum*
Mapa 14. *C. brasilianum*
Mapa 15. *C. angustifolium*
Mapa 16. *C. bifidum, C. tetragonolobum*
Mapa 17. *C. vexillatum, C. tapirapoanense*
Mapa 18. *C. carajasense, C. fasciculatum*
Mapa 19. *C. sagittatum*
Mapa 20. *C. plumieri*
Mapa 21. *C. schottii*
Mapa 22. *C. triquetrum, C. platycarpum*

Nota:

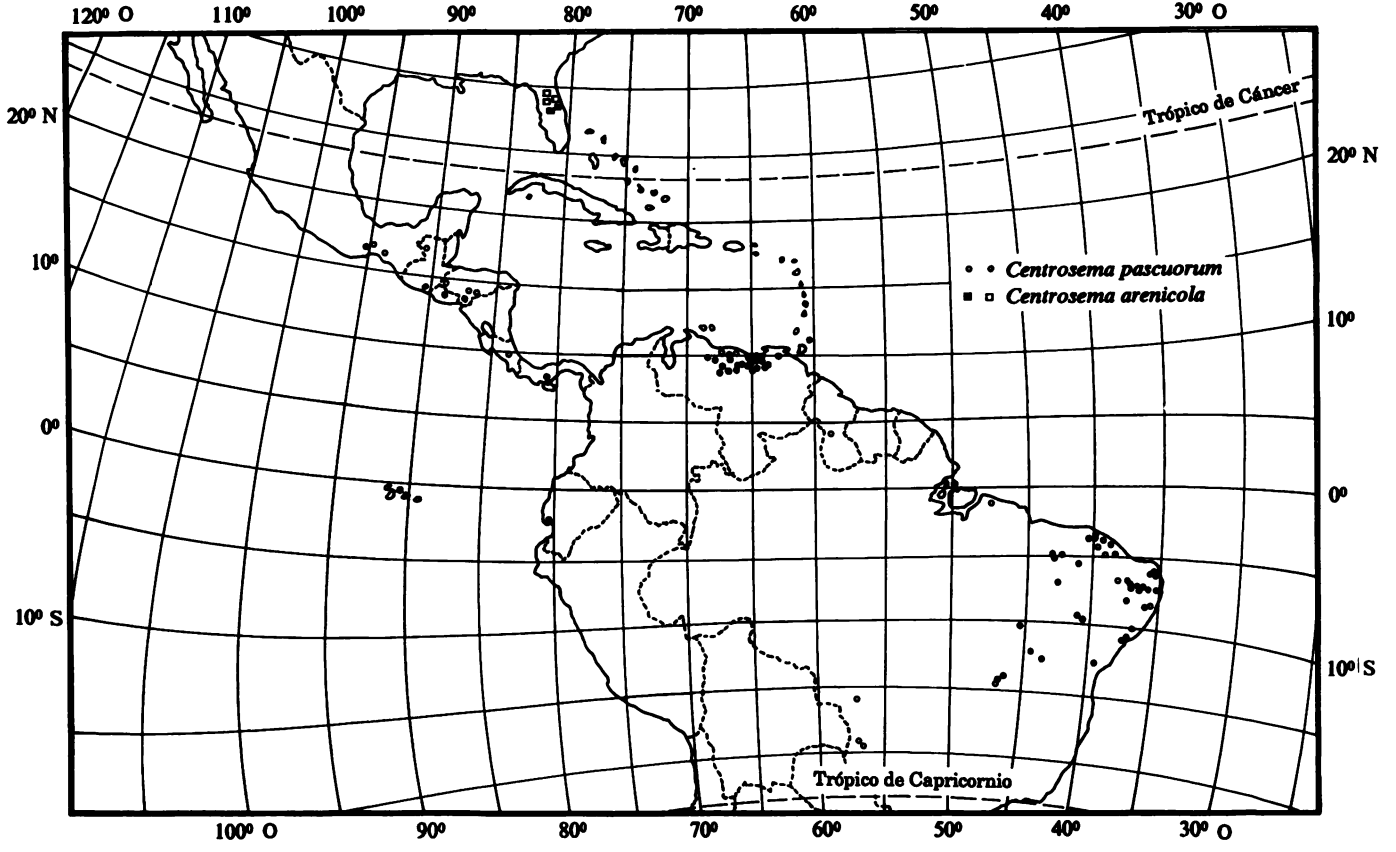
Los símbolos llenos remiten a sitios de los cuales el germoplasma (plantas vivas) está disponible. Los símbolos abiertos indican sitios en que se recolectaron especímenes de herbario. Cuando en una misma localidad se dispone de germoplasma y de material de herbario, se concede prioridad al símbolo que indica germoplasma. Un solo símbolo se puede referir también a más de una accesión de germoplasma o a más de un espécimen de herbario—o a los dos—si los sitios respectivos de recolección están suficientemente cerca uno de otro.

Digitized by Google



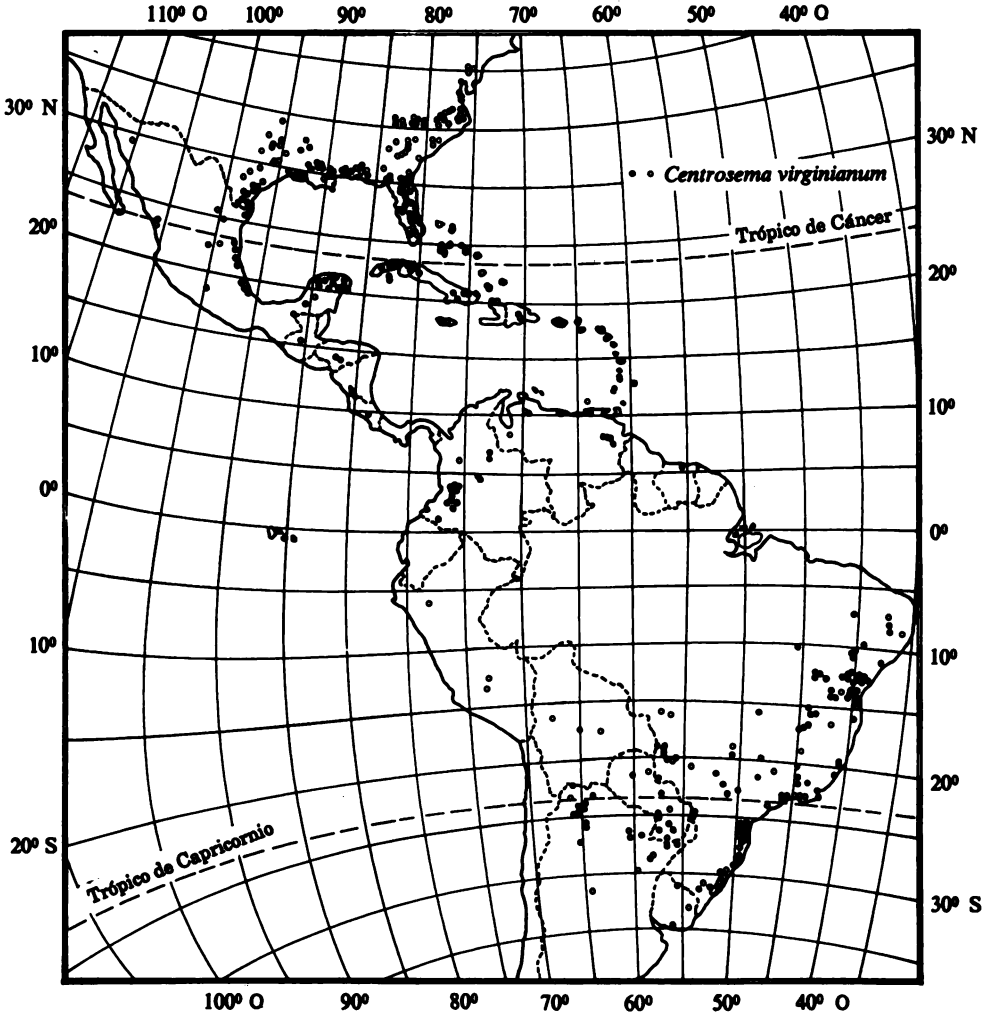
Mapa 1. Distribución natural de *Centrosema latidens, C. dasyanthum, C. jaraguaense* y *C. vetulum.*

Digitized by Google



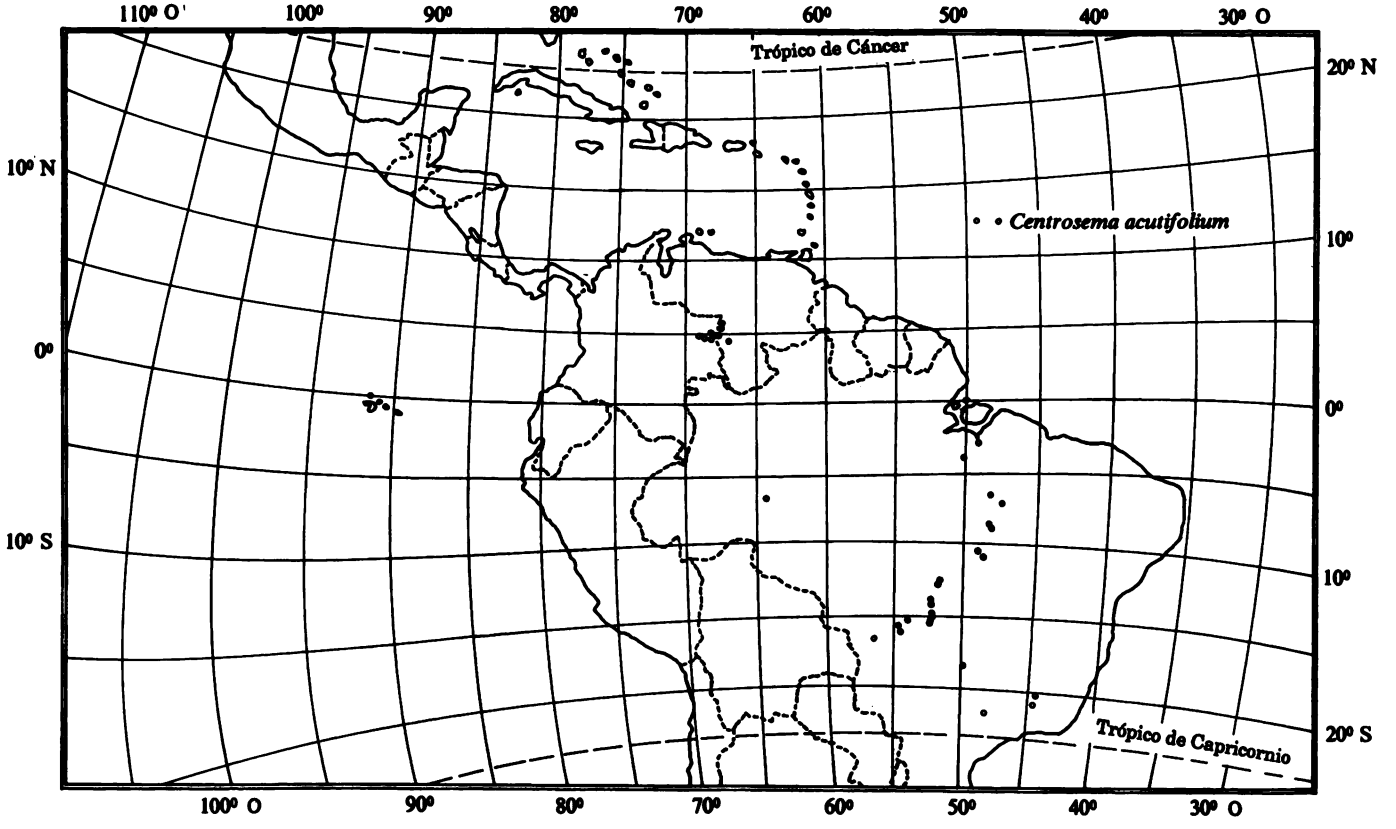
Mapa 2. Distribución natural de *Centrosema pascuorum* y *C. arenicola*.

Digitized by Google



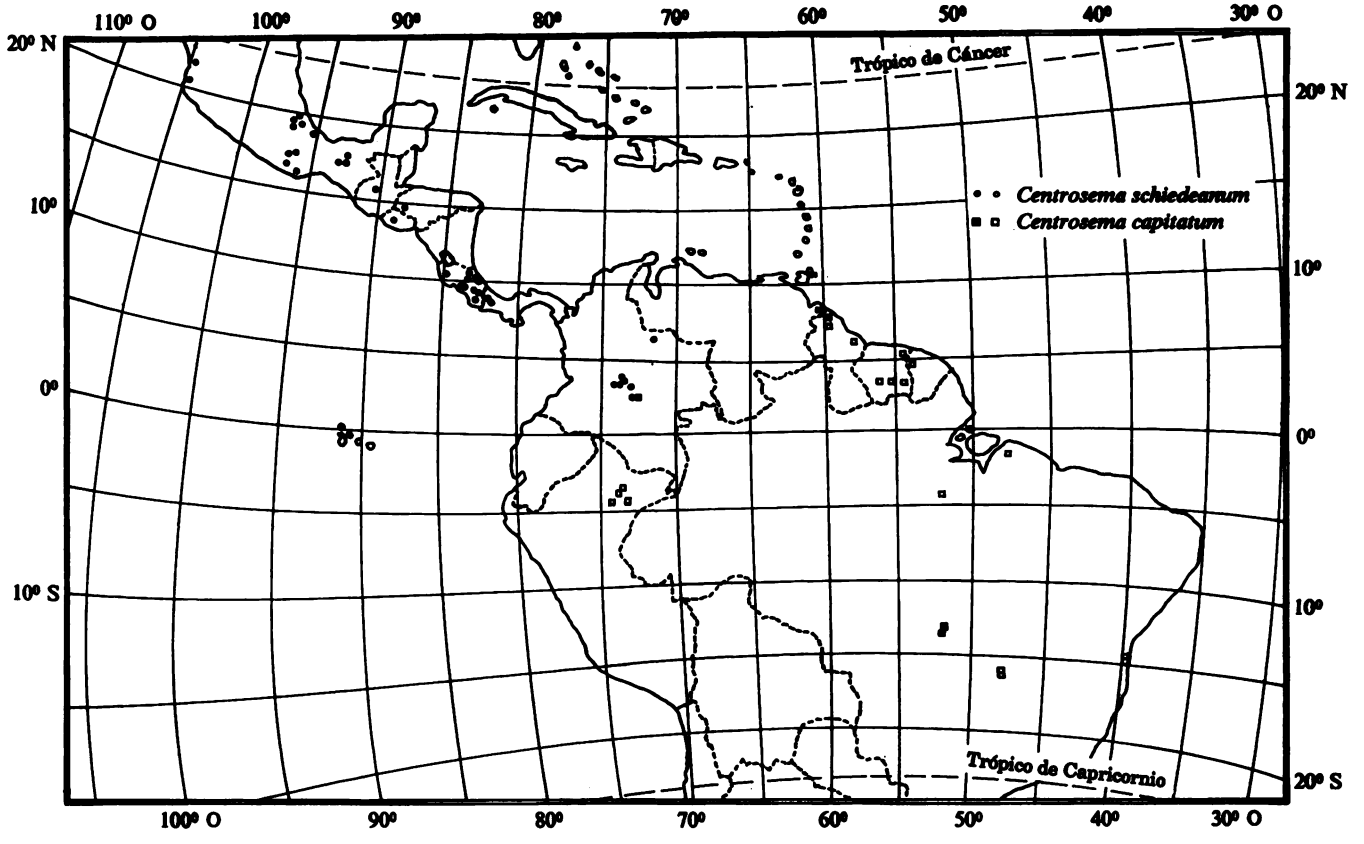
Mapa 3. Distribución natural de *Centrosema virginianum.*

Digitized by Google



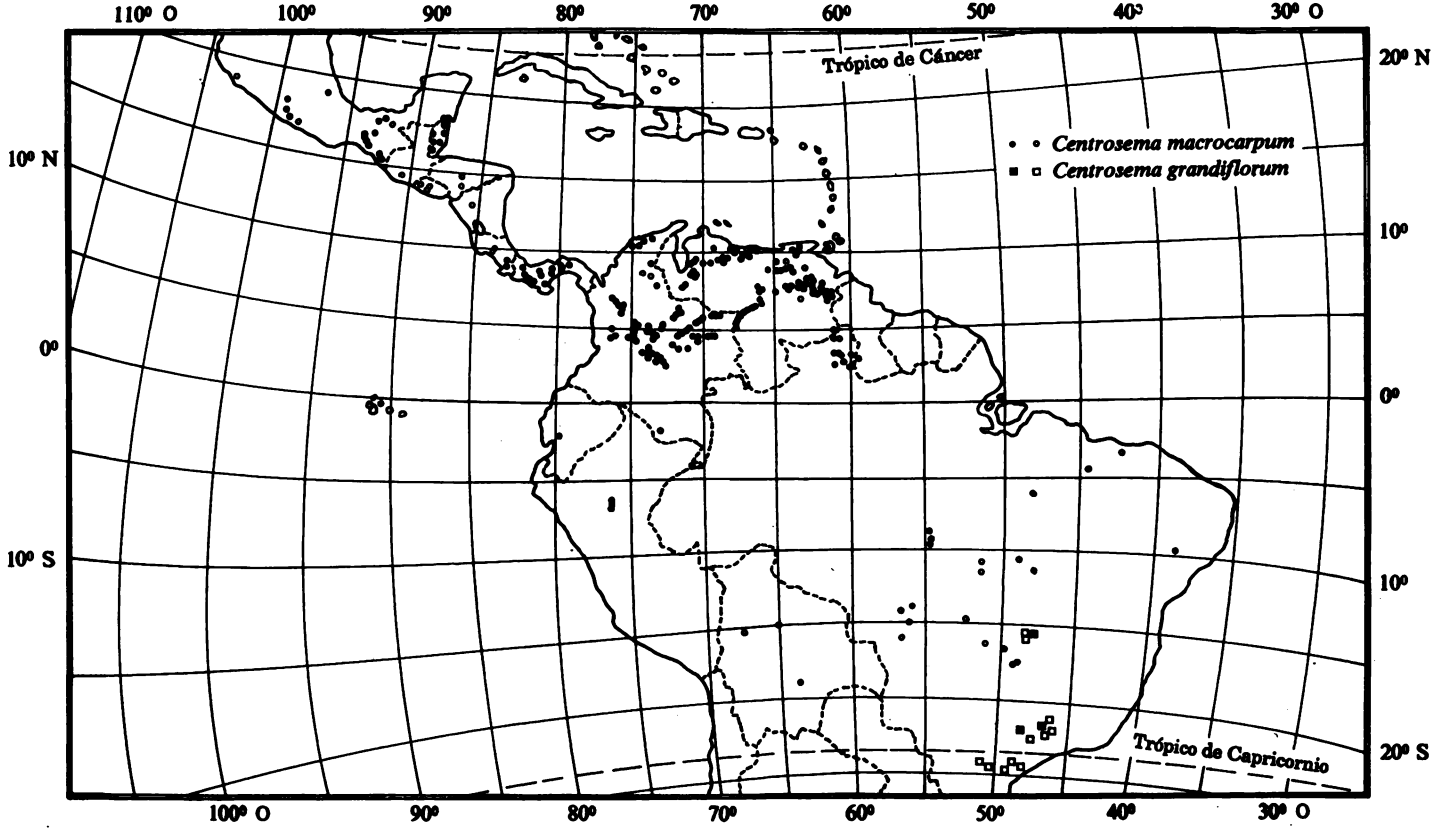
Mapa 4. Distribución natural de *Centrosema acutifolium*.

Digitized by Google



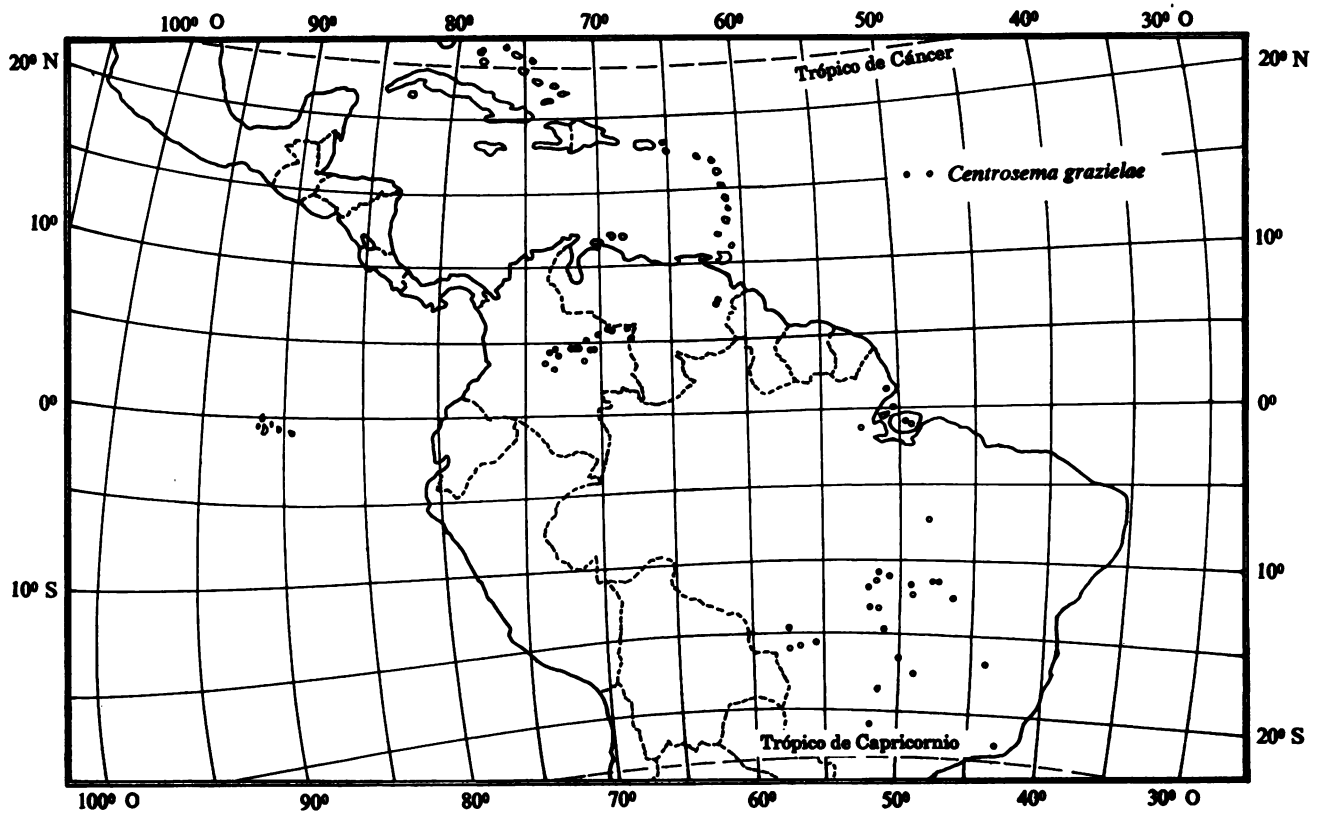
Mapa 5. Distribución natural de *Centrosema schiedeanum* y *C. capitatum*.

Digitized by Google



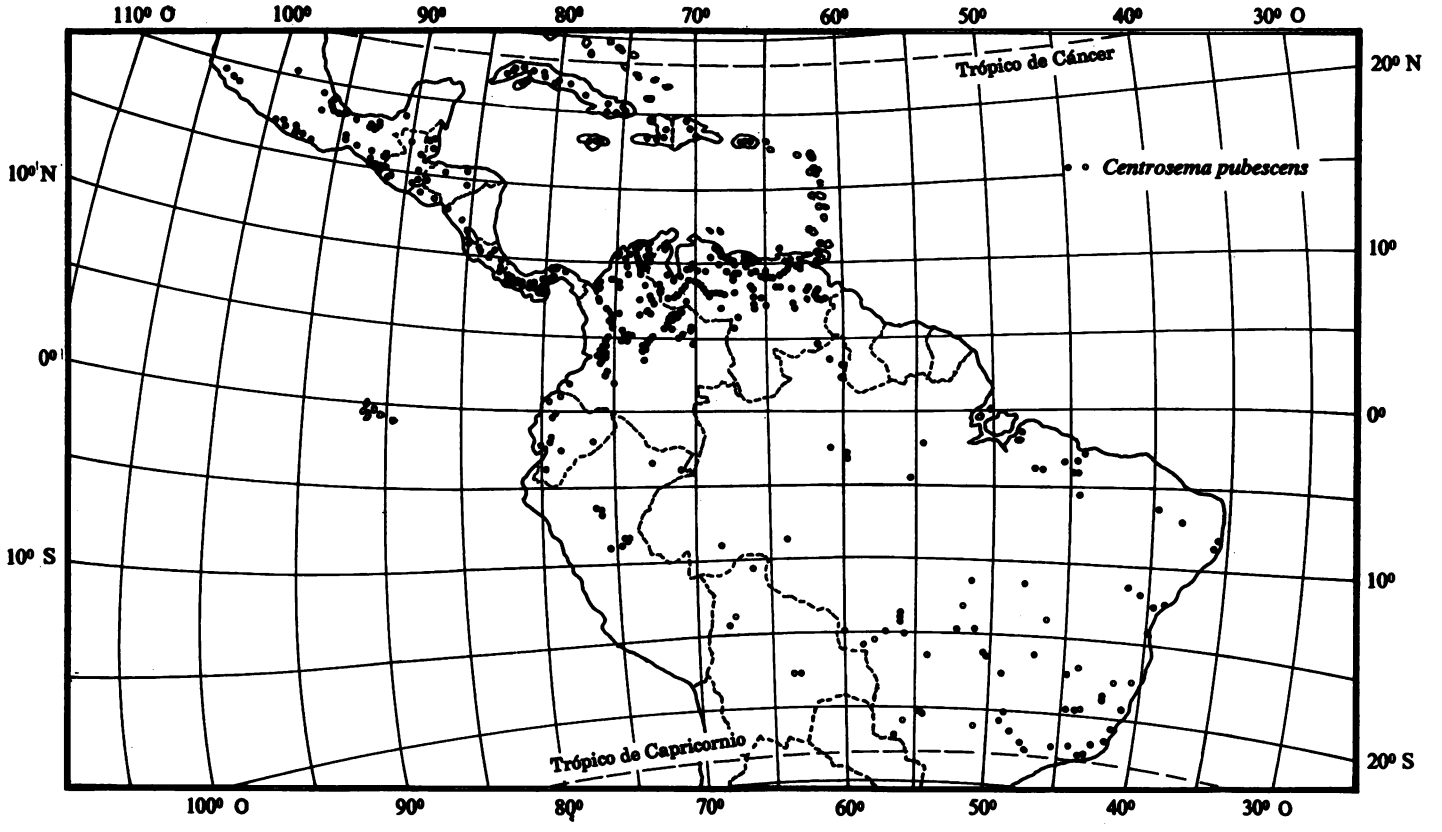
Mapa 6. Distribución natural de *Centrosema macrocarpum* y *C. grandiflorum*.

Digitized by Google



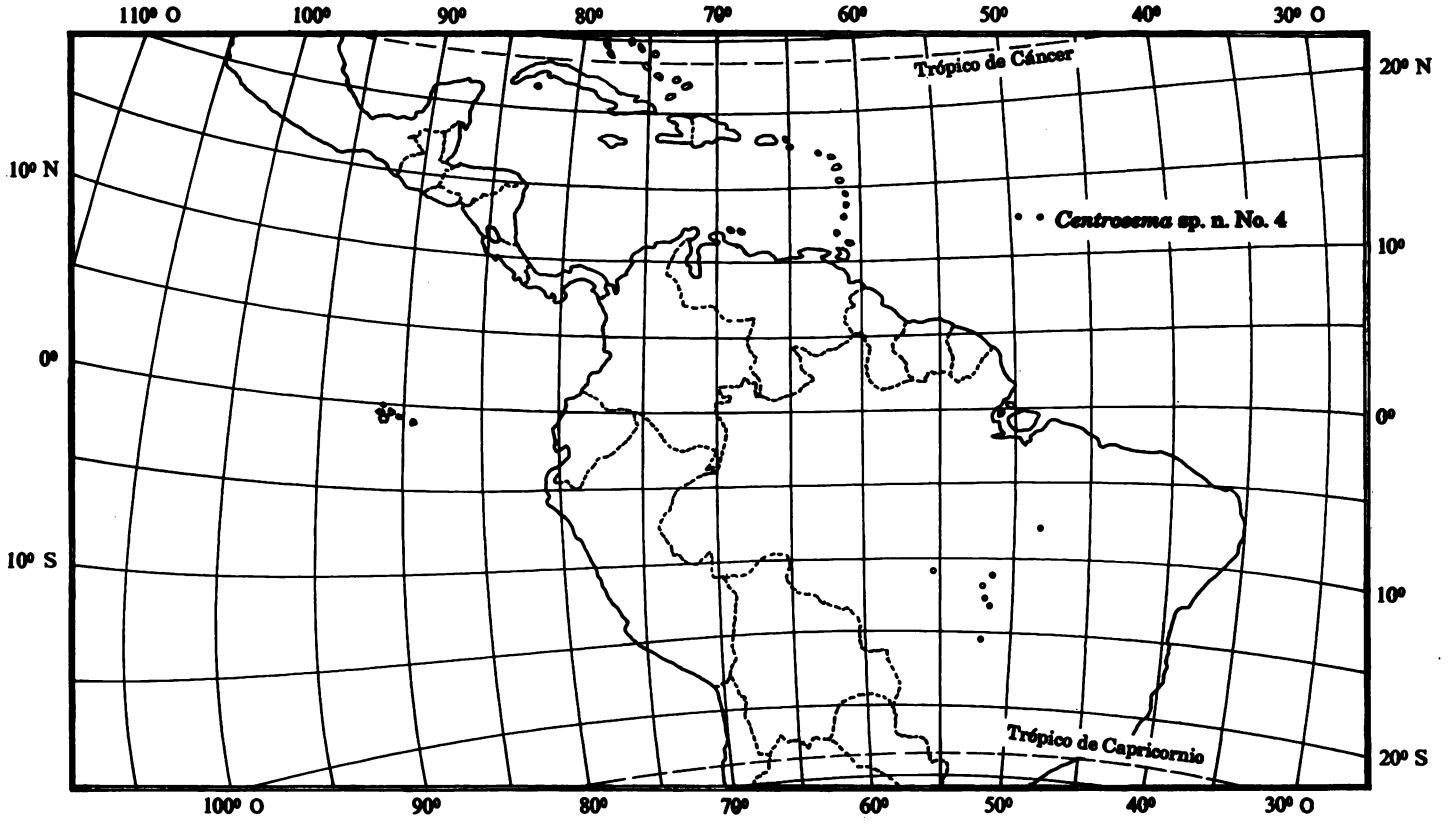
Mapa 7. Distribución natural de *Centrosema grazielae*.

Digitized by Google



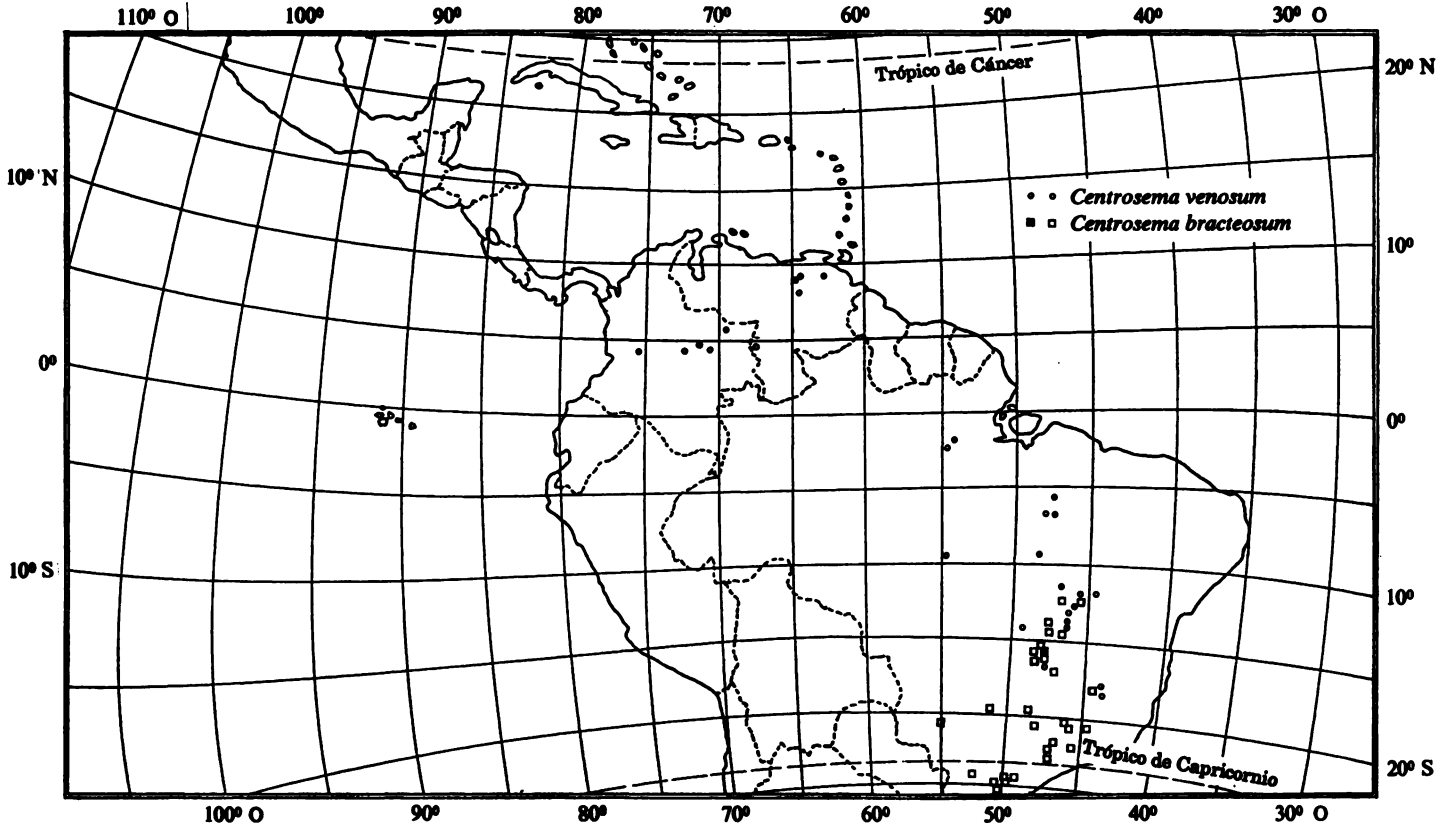
Mapa 8. Distribución natural de *Centrosema pubescens*.

Digitized by Google



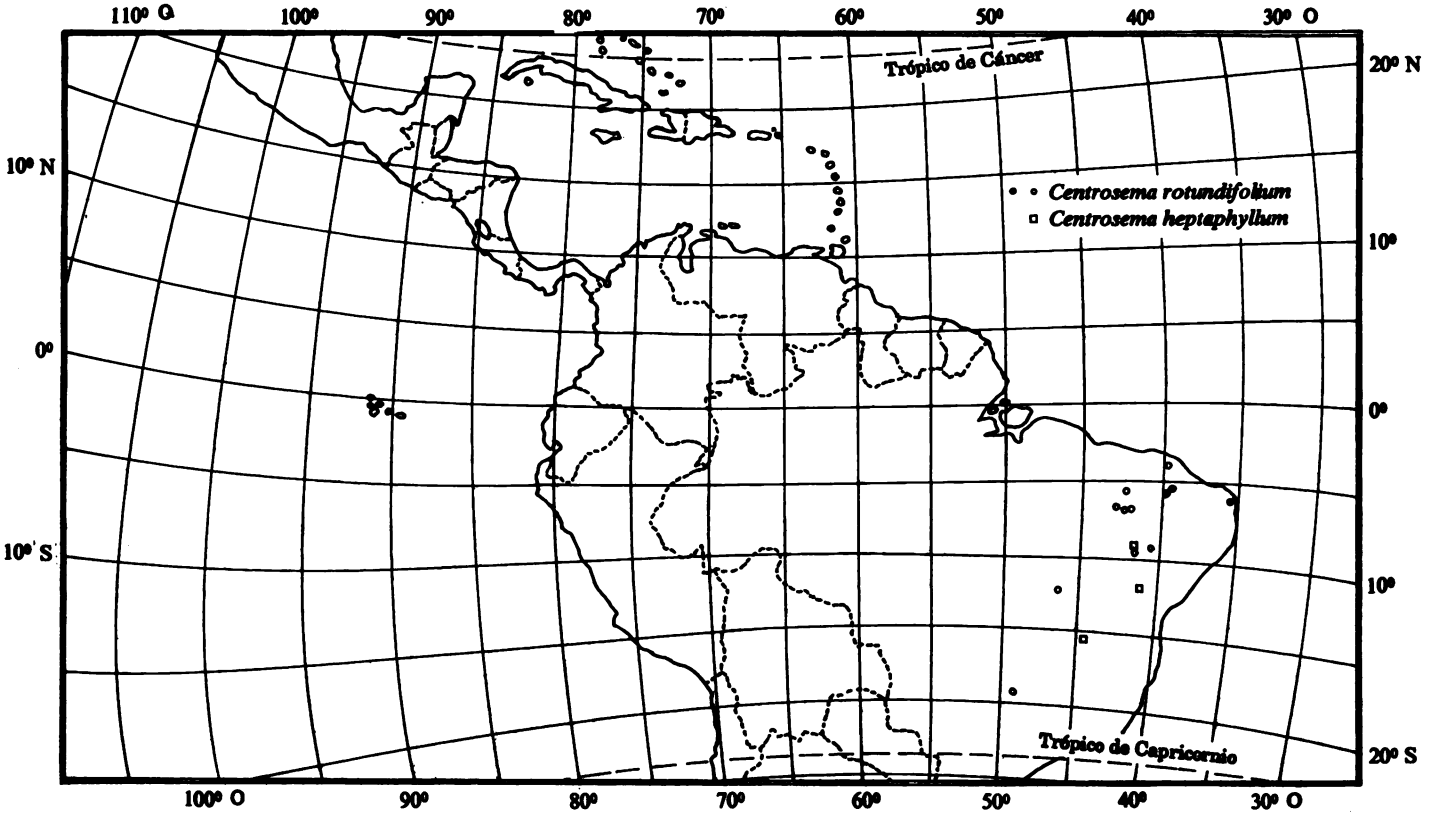
Mapa 9. Distribución natural de *Centrosema* sp. n. No. 4.

Digitized by Google



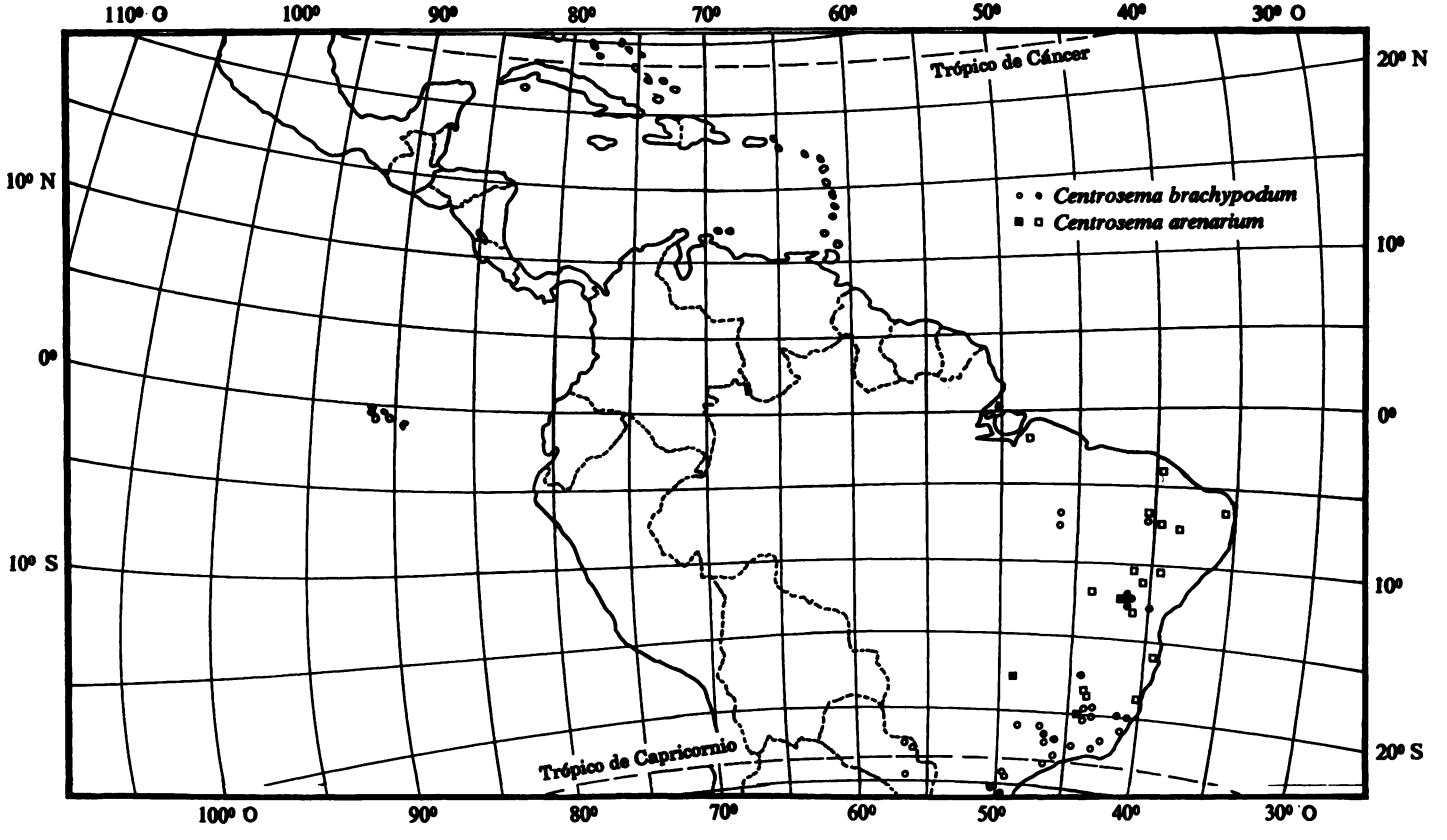
Mapa 10. Distribución natural de *Centrosema venosum y C. bracteosum.*

Digitized by Google



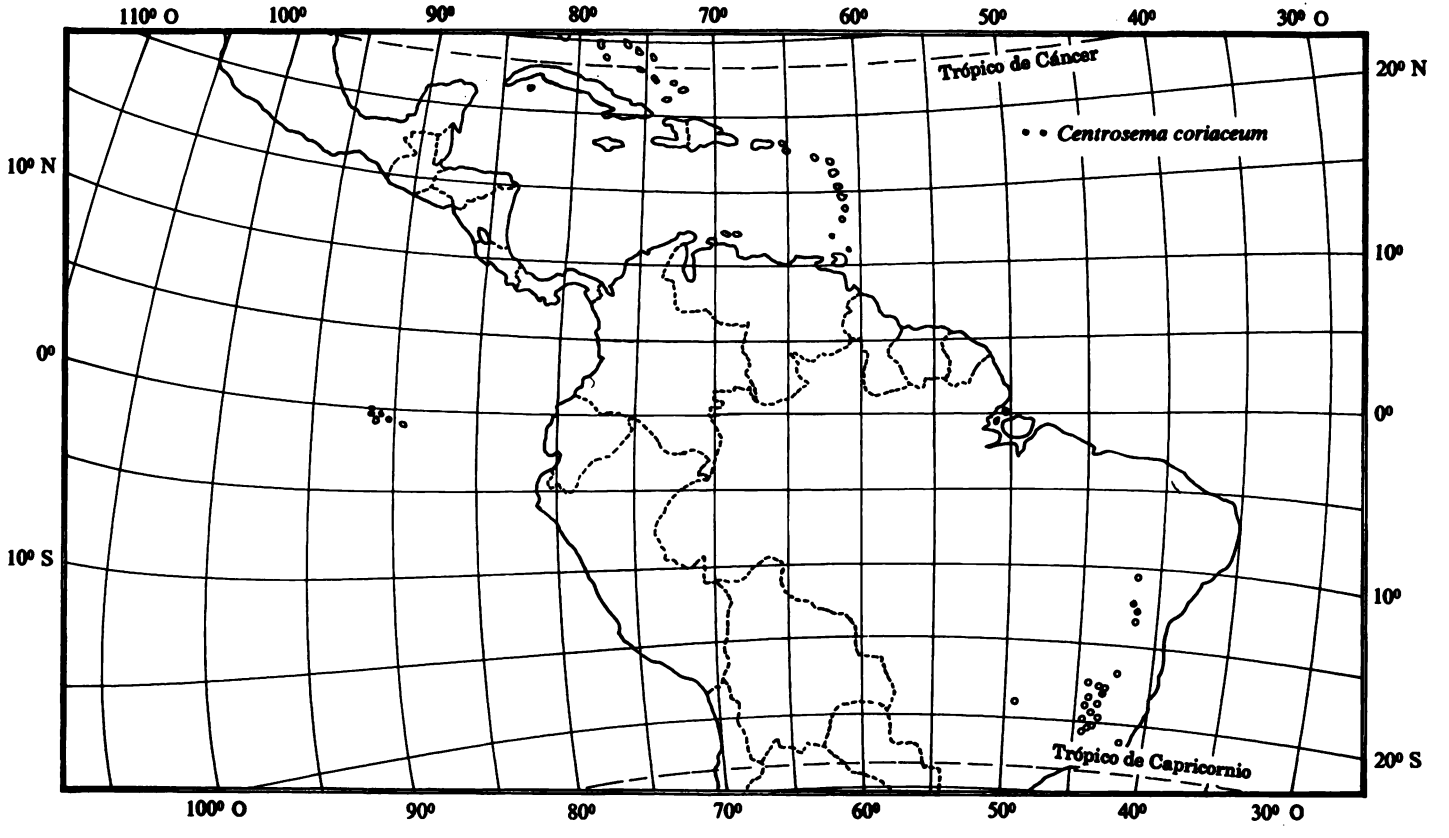
Mapa 11. Distribución natural de *Centrosema rotundifolium* y *C. heptaphyllum*.

Digitized by Google



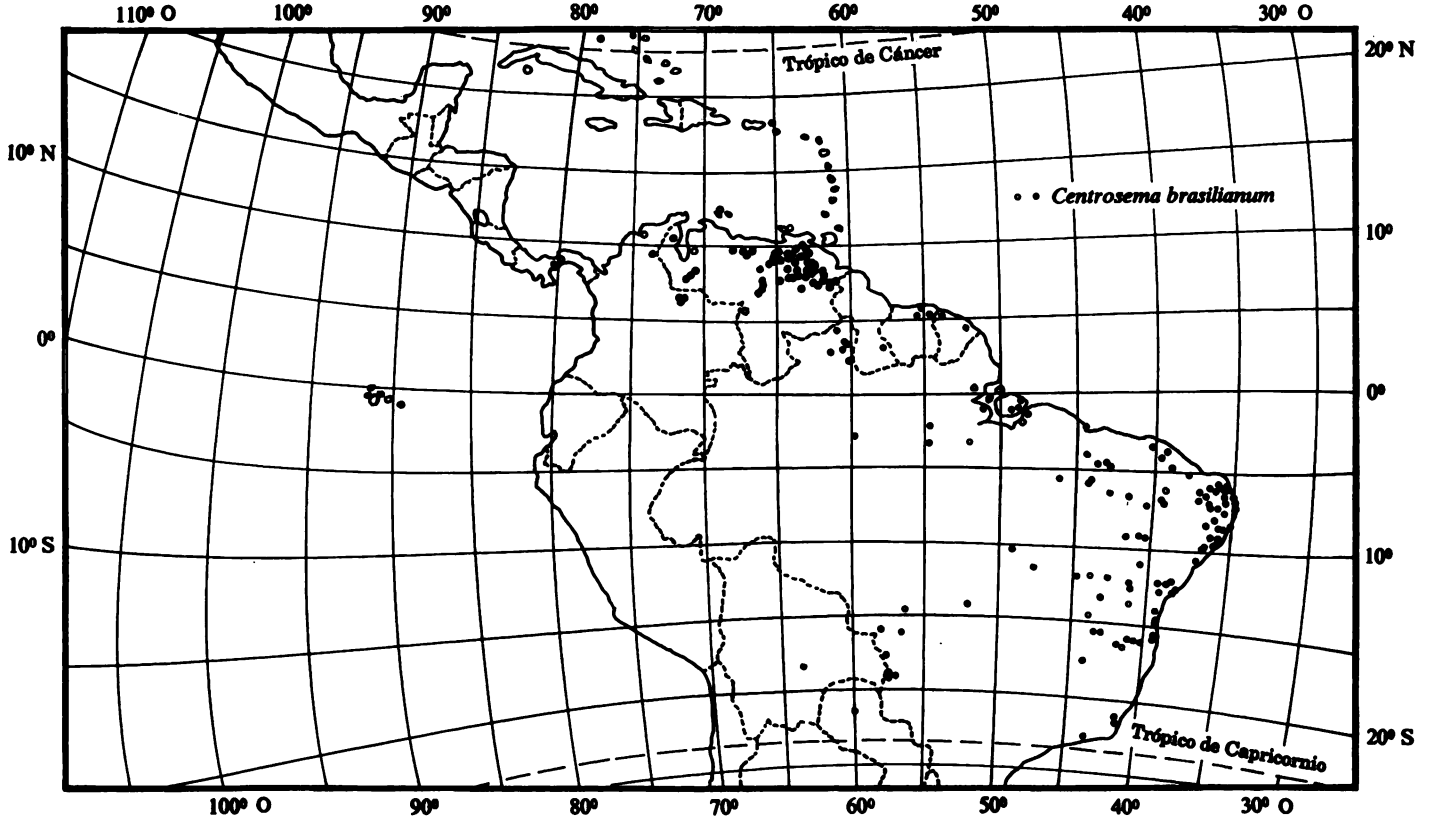
Mapa 12. Distribución natural de *Centrosema brachypodum* y *C. arenarium*.

Digitized by Google



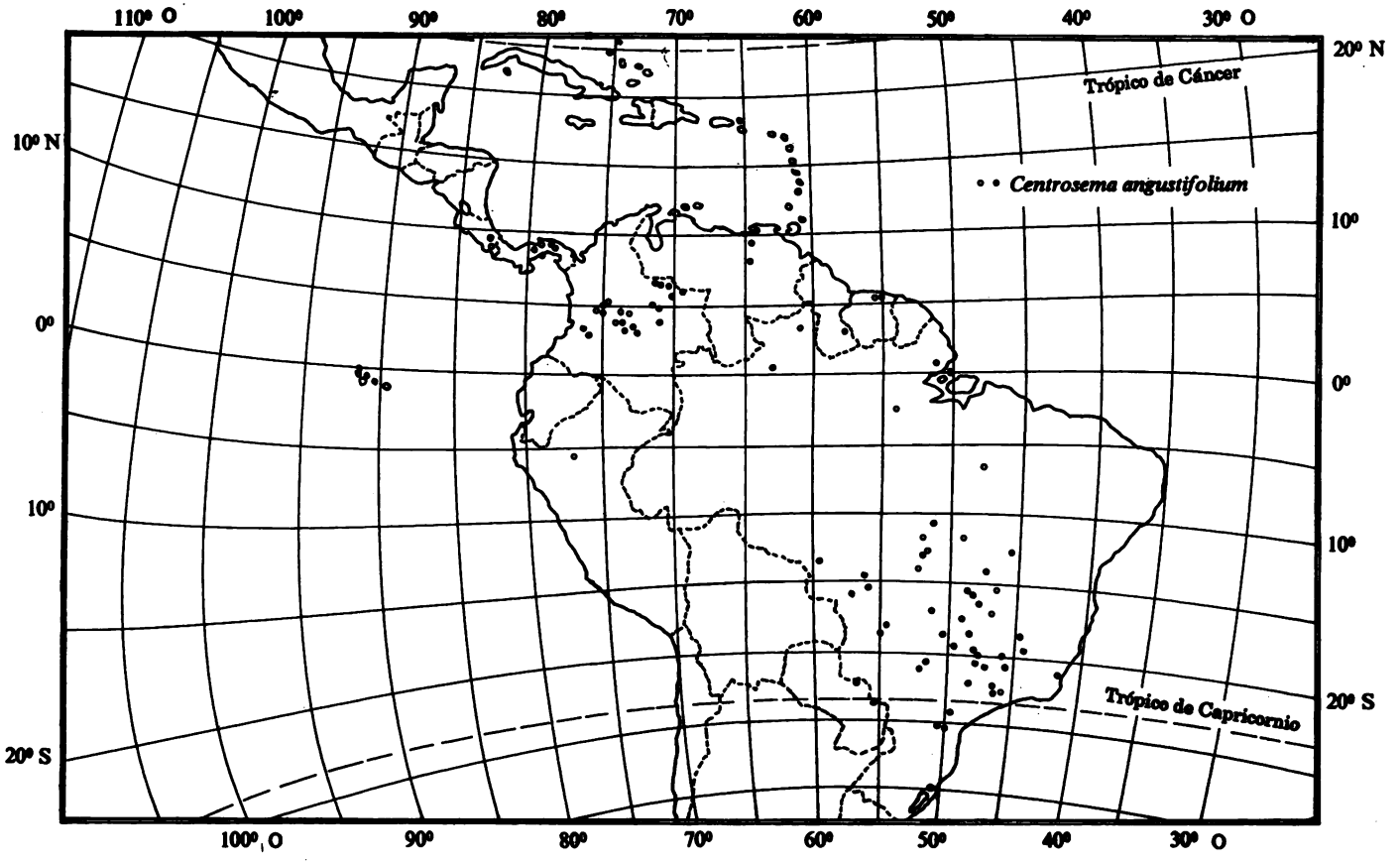
Mapa 13. Distribución natural de *Centrosema coriaceum*.

Digitized by Google



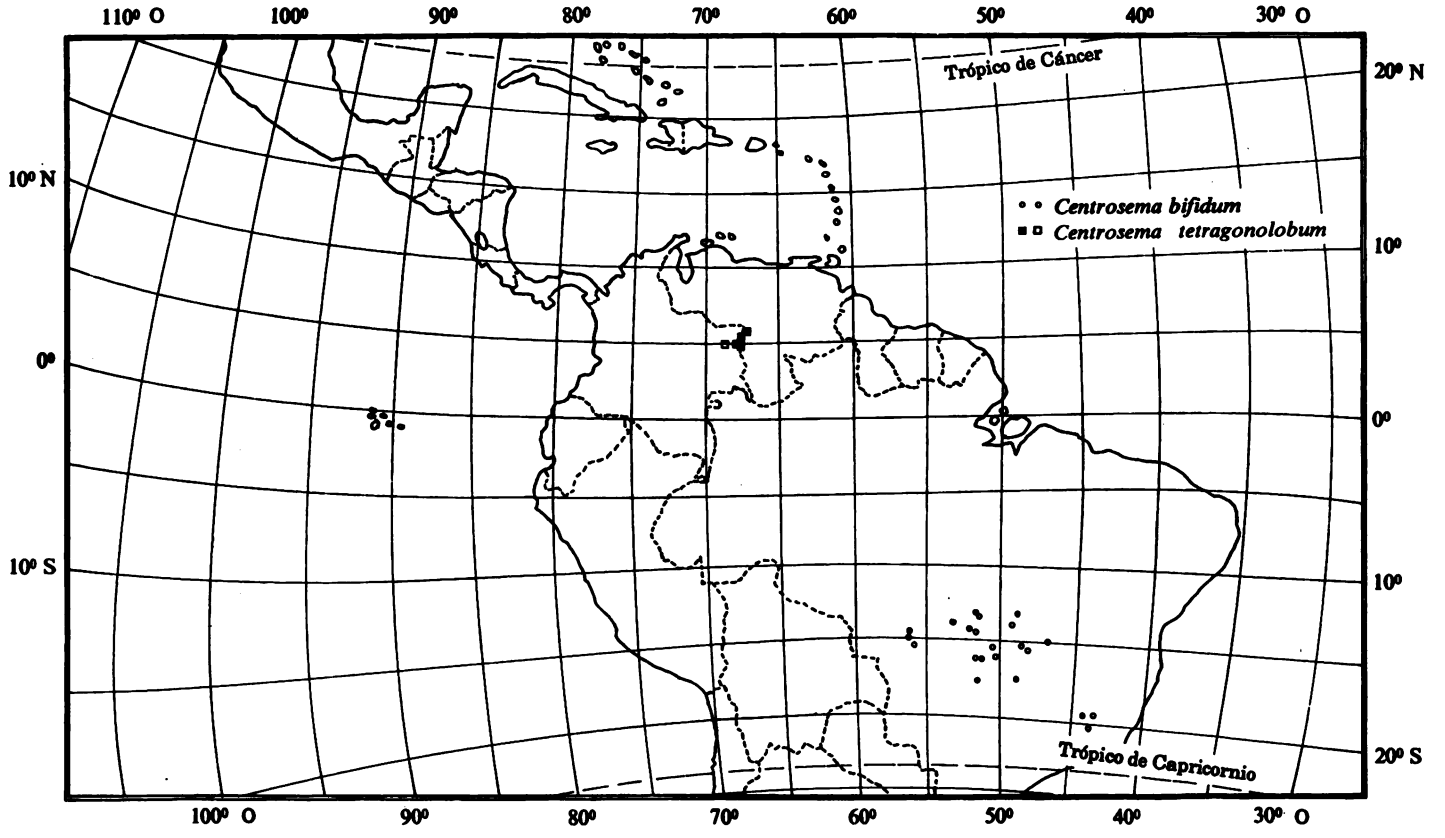
Mapa 14. Distribución natural de *Centrosema brasilianum*.

Digitized by Google



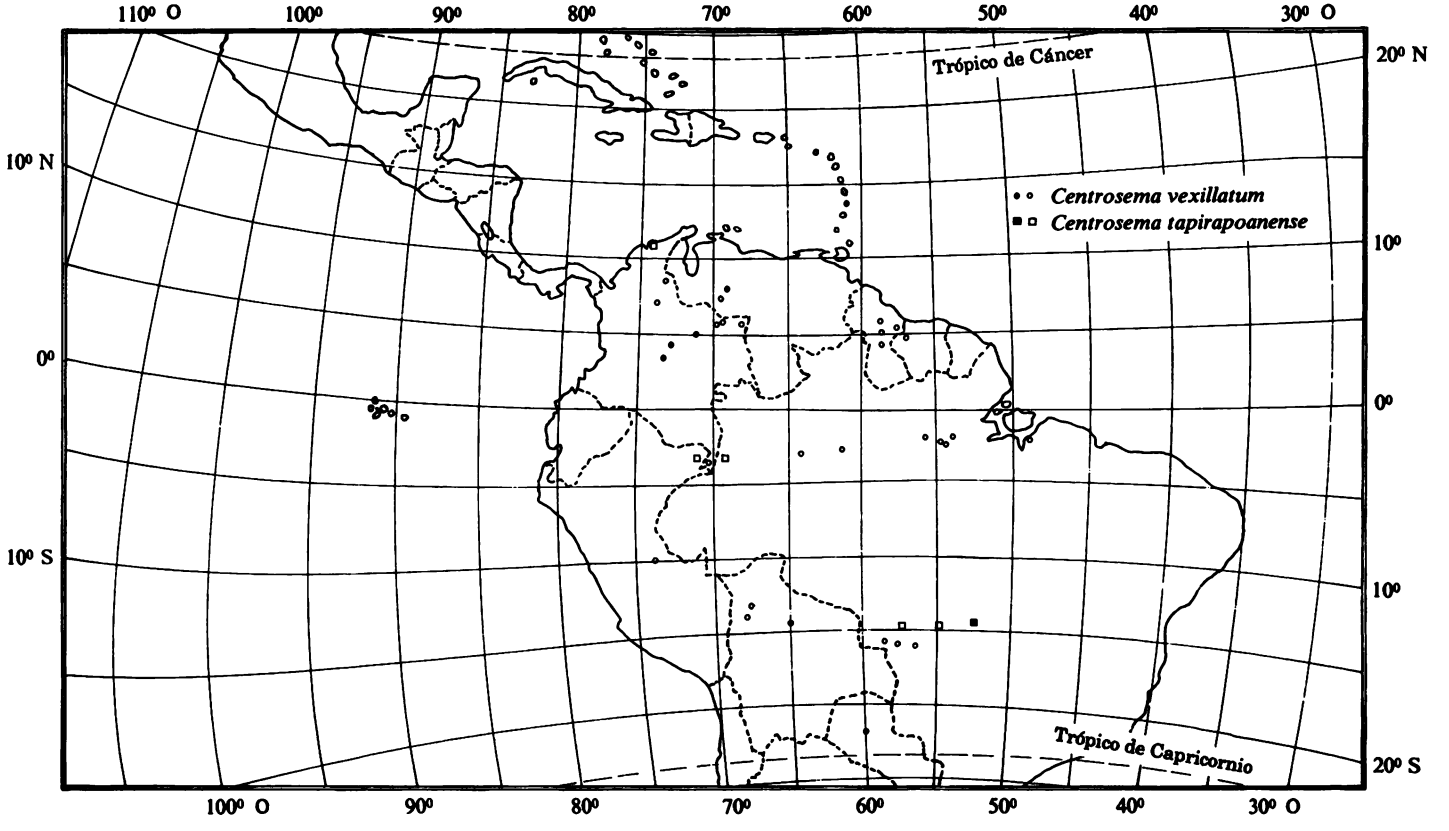
Mapa 15. Distribución natural de *Centrosema angustifolium*.

Digitized by Google



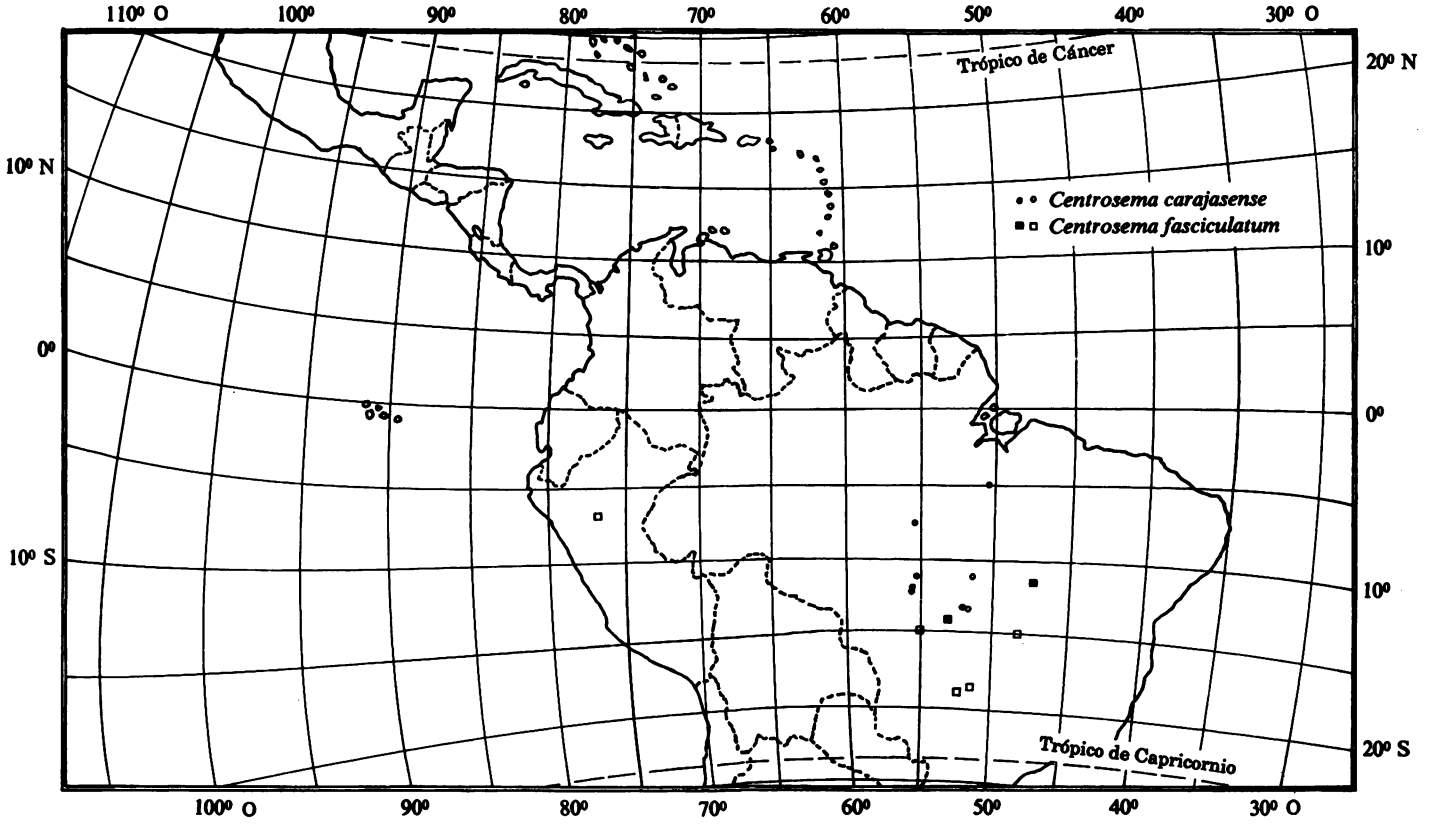
Mapa 16. Distribución natural de *Centrosema bifidum* y *C. tetragonolobum*.

Digitized by Google



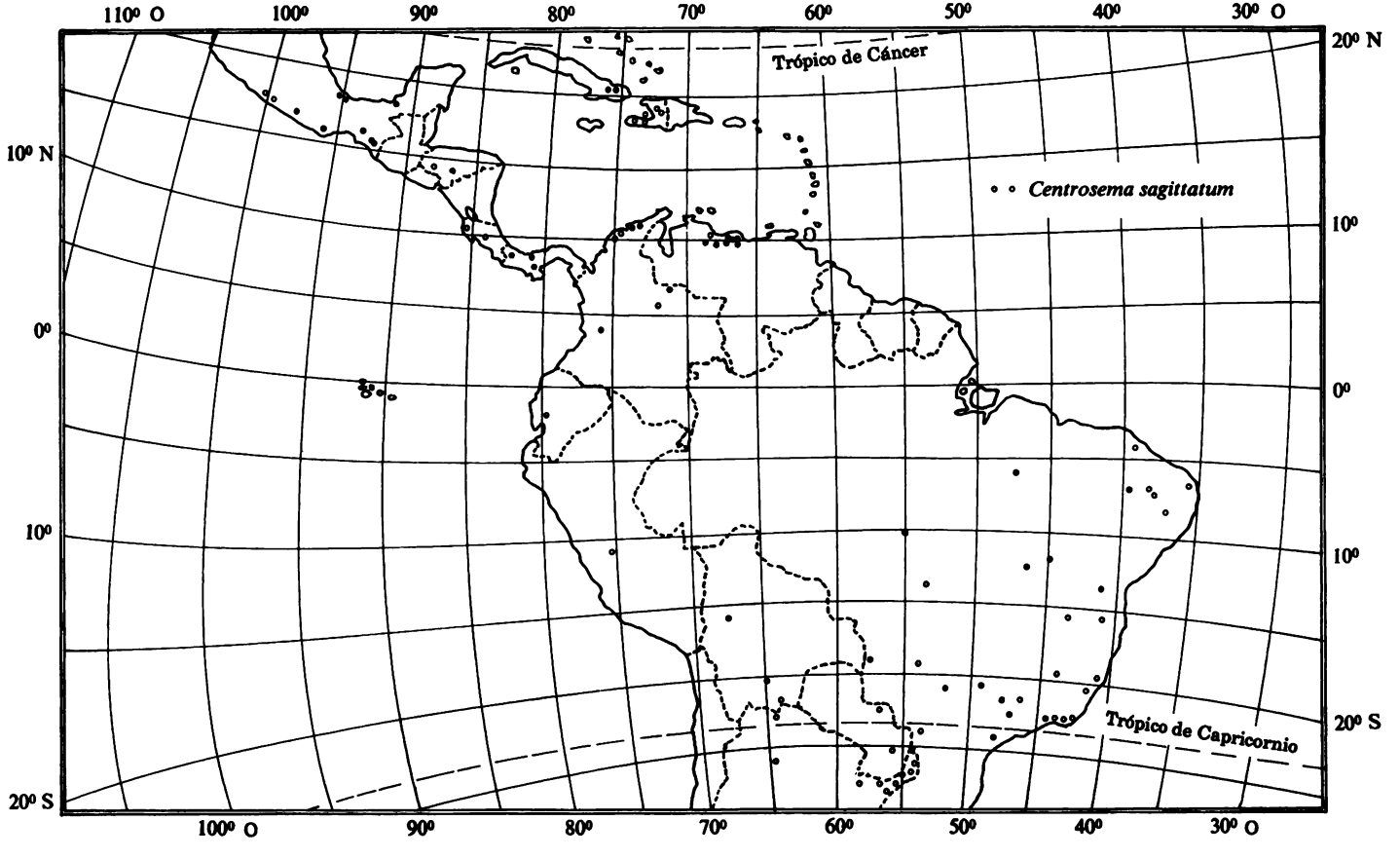
Mapa 17. Distribución natural de *Centrosema vexillatum* y *C. tapirapoanense*.

Digitized by Google



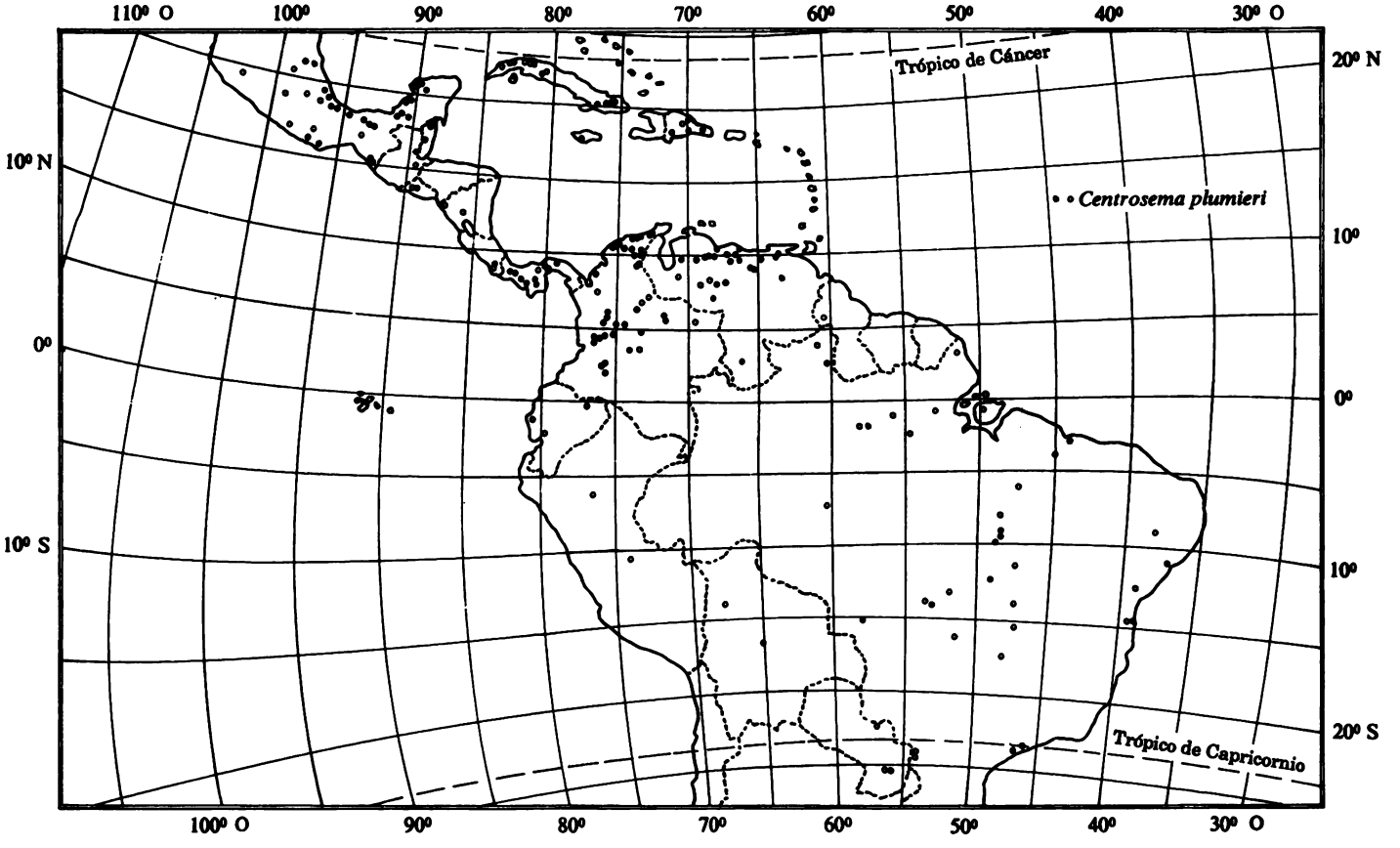
Mapa 18. Distribución natural de *Centrosema carajasense* y *C. fasciculatum*.

Digitized by Google



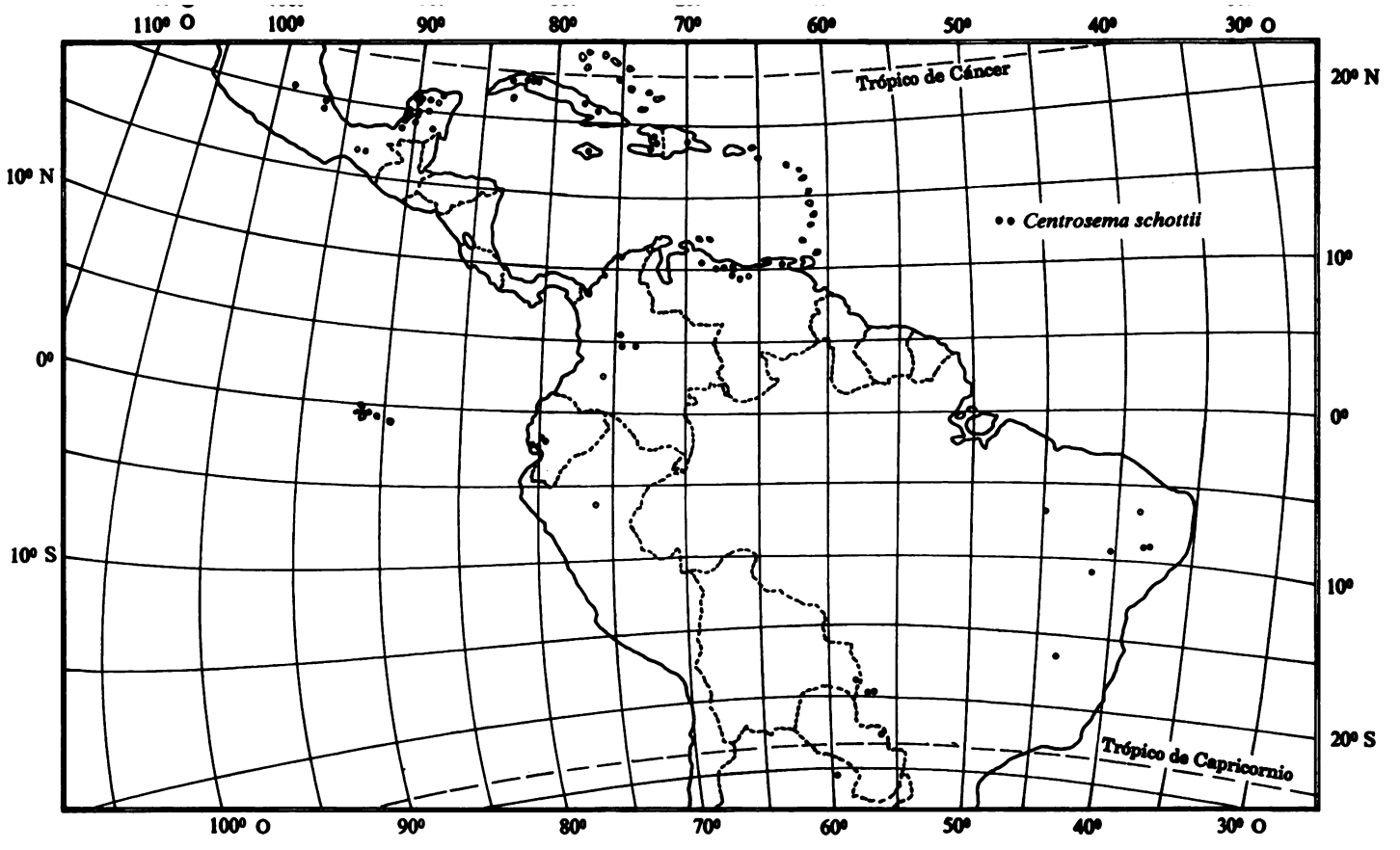
Mapa 19. Distribución natural de *Centrosema sagittatum*.

Digitized by Google



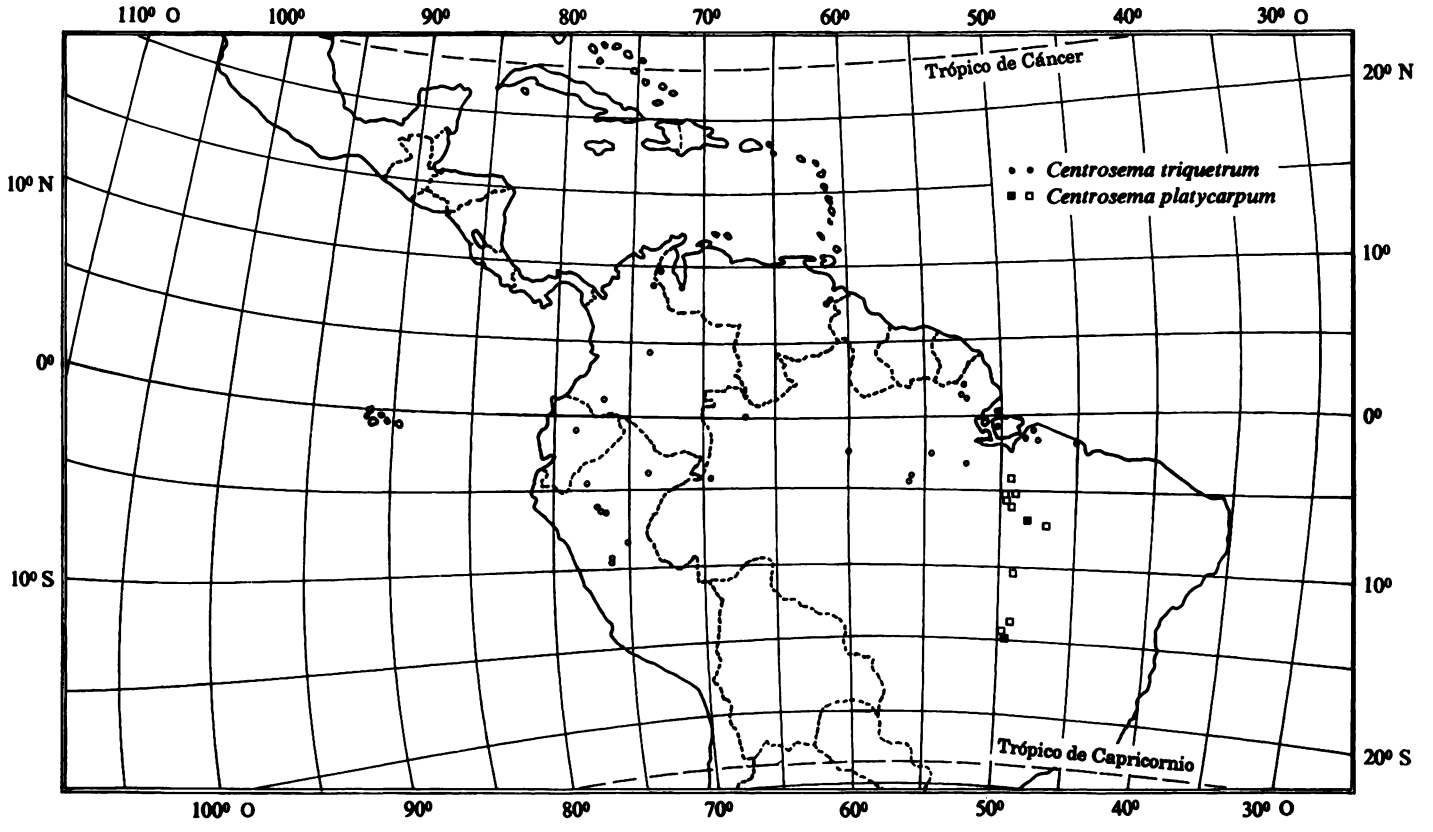
Mapa 20. Distribución natural de *Centrosema plumieri*.

Digitized by Google



Mapa 21. Distribución natural de *Centrosema schottii*.

Digitized by Google



Mapa 22. Distribución natural de *Centrosema triquetrum* y *C. platycarpum*.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 87-111).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 3

Especies de *Centrosema* para Regiones Semiáridas y Subtropicales

R. J. Clements*

Resumen

Por lo menos seis especies de *Centrosema* se encuentran naturalmente en las regiones tropicales semiáridas. Se describen aquí sus características adaptativas. Dos cultivares de *C. pascuorum* se han desarrollado para usarlas comercialmente en pasturas. Uno fue mejorado para regiones tropicales semiáridas en donde la estación seca dura de 5 a 8 meses; el otro es un cultivar de floración tardía adecuado para las regiones tropicales húmedo-secas en que las inundaciones estacionales duran temporadas largas. Ambos cultivares proporcionan un forraje de estación seca muy útil para el ganado bovino. *Centrosema pascuorum* se está evaluando también como una leguminosa de cobertura que entra en rotación en los sistemas de cultivo.

Una especie de *Centrosema*, *C. arenicola*, está restringida a las zonas subtropicales. Otra, *C. virginianum*, se extiende hasta latitudes mucho más altas y posee mecanismos para evitar las

* Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia.

Digitized by Google

heladas, los cuales se describirán detalladamente. Hay por lo menos ocho especies en las regiones subtropicales sudamericanas; y algunas especies y ecotipos se hallan en regiones tropicales elevadas (zona cafetera). Se describen aquí algunos intentos de desarrollar a *C. virginianum* para las pasturas subtropicales de Australia. Las líneas mejoradas han persistido durante 8 años pastoreadas a una carga animal de 1.5 novillos/ha.

Introducción

La distribución natural de las especies de *Centrosema* en las tierras americanas es una guía inmediata para su adaptación climática. El punto de partida para esta revisión es, en consecuencia, la biogeografía de *Centrosema* en América, haciendo énfasis en las regiones semiáridas y subtropicales (Schultze-Kraft et al., esta obra). Por lo tanto, se revisará el conocimiento actual sobre las características adaptativas de las especies de *Centrosema* de estas regiones, y se resumirán los intentos de desarrollar y comercializar estas especies.

Uno de los tropiezos de la discusión sobre la adaptación al estrés ambiental consiste en relacionar sin ambigüedad causas y efectos. Esto se debe a que una adaptación específica puede permitirle a una planta resistir diferentes clases de estrés, en tanto que un solo estrés puede ser contrarrestado por muchas adaptaciones diferentes (Clements et al., 1983a). Además, aún no se comprenden bien algunos tipos de adaptación. Por ejemplo, la pubescencia foliar es común en las especies de *Centrosema* de ambientes tropicales tanto semiáridos como de gran altitud. ¿Es la pubescencia, principalmente, un mecanismo de reflectancia para contrarrestar los altos niveles de radiación solar presentes en ambas clases de ambiente? ¿Es una adaptación a las bajas temperaturas de las altas montañas tropicales, que aumenta la resistencia a la trasferencia de calor en la capa gaseosa intermedia entre la hoja y el aire? ¿Es principalmente un medio de reducir la pérdida de agua por traspiración en ambientes semiáridos? ¿Tienen las diferentes clases de pubescencia distintas funciones? Las respuestas a todos estos interrogantes no son claras, y esta incertidumbre debe tenerse en cuenta en toda discusión sobre la adaptación, aun cuando las respuestas parezcan obvias.

Digitized by Google

Climas y Especies

El término 'zonas tropicales semiáridas' no tiene un significado preciso. En este capítulo se usan las categorías climáticas V3 y V4 de Troll y Paffen (Troll, 1966) para definir las zonas tropicales semiáridas. Los climas V3 (climas tropicales secos y húmedos) tienen de 4 a 7 meses húmedos, mientras que los climas V4 (climas tropicales secos) tienen de 2 a 4 meses húmedos. Un mes húmedo se define como uno en el cual la precipitación media supera la evaporación potencial.

Se incluyen específicamente siete regiones americanas en las zonas tropicales semiáridas según esa definición: la mayor parte del nordeste de Brasil subcostero; una estrecha franja de tierra en la costa pacífica de Ecuador y Perú; las planicies meridionales de Guyana; varias regiones de Venezuela dentro de los 200 km de la costa del Caribe y del Golfo de Venezuela (incluyendo algunas islas alejadas de la costa); la península de la Guajira y otras partes del norte de Colombia; algunas áreas en varios países centroamericanos, particularmente en Guatemala, Honduras y El Salvador; y partes del sur de México. Hay también dos importantes regiones subtropicales semiáridas en América: el Chaco paraguayo y argentino, y el norte de México, incluyendo Baja California. Los climas semiáridos tropicales y subtropicales son también muy comunes en otras partes del mundo, especialmente en Africa, India y Australia.

Las siguientes especies de *Centrosema* se encuentran naturalmente en regiones tropicales semiáridas americanas: *C. arenarium*, *C. brasilianum*, *C. pascuorum*, *C. rotundifolium*, *C. schottii* y *C. virginianum*. Dos de estas especies, *C. pascuorum* y *C. rotundifolium*, se hallan más comúnmente en las zonas tropicales semiáridas que en otros sitios, mientras que las restantes están menos estrechamente adaptadas al clima. Otro grupo de especies se adapta principalmente a los ambientes de alta precipitación, aunque incluye accesiones raras de las zonas tropicales semiáridas. Están en este grupo *C. macrocarpum*, *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. sagittatum* y *C. brachypodum*.

El término 'zonas subtropicales' incluye literalmente aquellas regiones que limitan con las zonas tropicales, en las cuales las heladas son una importante limitación ambiental. Hay, sin

Digitized by Google

embargo, regiones elevadas dentro de las latitudes tropicales que tienen por ello climas tropicales montañosos, y de muchas maneras son comparables con la zona subtropical. Cerca del ecuador, la temperatura media desciende, aproximadamente, 6 °C por cada 1000 m de aumento de altitud, de manera que las condiciones tropicales de montaña se presentan cuando la altitud está entre 1000 y 2000 m (Johnson, 1976; Snow, 1976). A dichas latitudes no hay heladas y la zona se llama "tierra templada" o "zona cafetera"; ésta se caracteriza por las bajas temperaturas nocturnas de 8 a 18 °C como media de mínima en el mes más frío (Papadakis, 1966). A mayores latitudes, las condiciones de montaña tropical se alcanzan a elevaciones inferiores, y se presentan heladas durante el invierno.

Los climatólogos brasileños, como Ratisbona (1976), usan una temperatura promedio de menos de 18 °C en el mes más frío para distinguir los climas subtropicales de los tropicales. Con base en esto, la mayor parte de la región meridional del escudo brasileño, que se extiende hacia el norte hasta aproximadamente 18° S en Minas Gerais y 21° S en Mato Grosso do Sul, se podría llamar subtropical. Aunque esta zona experimenta actualmente, en promedio, sólo de 0 a 10 heladas por año (Ratisbona, 1976), las temperaturas medias pueden haber sido de 5 a 6 °C más bajas durante la reciente edad de hielo, o sea, hace sólo unos 14,000 años. Vale la pena considerar este punto, porque la meseta central brasileña es un importante centro de diversidad de especies de *Centrosema*, que contiene más de la mitad de esas especies (Clements y Williams, 1980). Otra región de diversidad de especies de este género en América Central y México también contiene importantes áreas de tierras cafeteras altas.

Sólo una especie, *C. arenicola*, está restringida a las zonas subtropicales (centro de Florida, E.U.). Sin embargo, *C. virginianum*, que tiene la distribución natural más amplia de las especies de *Centrosema*, se extiende a latitudes mucho mayores que *C. arenicola* (40° N en las planicies costeras del Atlántico en E.U. y 35° S en Argentina y Uruguay). Estas son las únicas dos especies que se extienden hacia el norte del Trópico de Cáncer en América del Norte.

Las siguientes especies presentan una distribución que se extiende hacia el sur del Trópico de Capricornio en América del

Digitized by Google

Sur: *C. virginianum*, *C. plumieri*, *C. angustifolium*, *C. grandiflorum*, *C. schottii*, *C. brachypodum*, *C. bracteosum*, *C. sagittatum* y quizás *C. acutifolium*. Además, como ya se ha observado, se hallan muchas especies en aquellas partes de Minas Gerais que tienen una fuerte influencia subtropical. Entre estas especies hay varias ya indicadas y un pequeño conjunto de grupos taxonómicos mal recogidos (*C. coriaceum*, *C. dasyanthum*, y *C. vetulum*) que están más o menos restringidos a esta región.

Finalmente, hay especies y ecotipos que se hallan en microclimas montañosos tropicales. Por ejemplo, se han recogido ecotipos de *C. macrocarpum* (Schultze-Kraft, 1986), *C. virginianum* y *C. pubescens* en climas tropicales de montaña. *Centrosema schiedeanum* es una planta de zona cafetera en México y América Central, aunque también se halla en climas de tierras bajas en Colombia. Sin embargo, no se encuentra en las zonas de latitud subtropical.

Adaptación a los Ambientes Semiáridos

Las limitaciones ambientales críticas de las zonas tropicales semiáridas incluyen estrés de sequía durante la estación seca larga, temperaturas altas, altos niveles de radiación, quemas y bajos niveles de nutrimentos minerales. Se han observado diversas combinaciones de caracteres en las especies de *Centrosema* provenientes de estos ambientes.

Una de estas combinaciones o patrones se encuentra así en *C. pascuorum*: ciclo de vida anual, tasa de crecimiento rápida, tallos volubles o rastreras que producen raíces adventicias, tiempo de floración estrechamente armonizado con el ambiente (Figura 1), auto-polinización, floración y producción de semilla masivas (Figura 1), tolerancia a potenciales hídricos foliares extremadamente bajos (Cuadro 1), movimientos de la hoja que reducen la intercepción de la luz, folíolos angostos para reducir la carga de radiación y aumentar la pérdida de calor, y un alto nivel de semilla dura acoplado a una tasa de ablandamiento que varía entre las accesiones y que probablemente se correlaciona con el ambiente. Otra especie, *C. schottii*, es también anual pero difiere de *C. pascuorum* en varios aspectos (por ejemplo, tiene folíolos anchos).

Digitized by Google

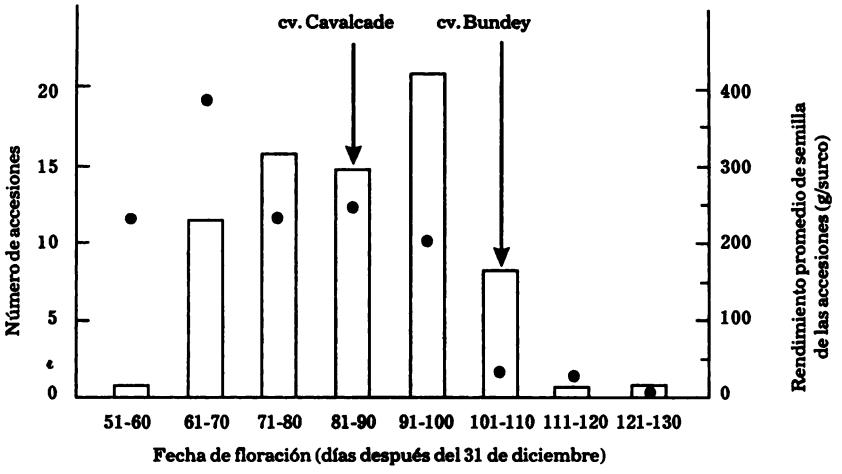


Figura 1. Variación de la fecha de floración de 71 accesiones (66 introducciones y 5 líneas mejoradas) de *Centrosema pascuorum* cultivadas en Katherine, Territorio Norte, Australia. Las fechas de floración de los dos cultivares comerciales, Cavalcade y Bundey, se indican con flechas. Los rendimientos promedio de semilla de las accesiones en cada clase de floración se indican con puntos. Los surcos contenían 10 plantas a 0.5 m una de otra. (Tomado de Thomson et al., s.f.)

Cuadro 1. Tolerancia de las especies de *Centrosema* y de *Macroptilium atropurpureum* al estrés de agua, y potencial hídrico foliar al cual los estomas se hallan bien cerrados.

Especie	Tolerancia al estrés de agua[a] (MPa)	Potencial hídrico foliar a cero conductancia (MPa)
M. atropurpureum	-2.4	-1.9
C. pubescens	-8.0	-5.9
C. brasilianum	-8.3	-4.2
C. pascuorum	-12.1	-8.0

a. La tolerancia al estrés de agua es el potencial hídrico de la hoja medido justo antes de morir la última hoja en las plantas debilitadas por la sequía.

FUENTE: Ludlow et al., 1983.

Una tercera especie, *C. virginianum*, es perenne en la mayor parte de su distribución, pero puede funcionar como planta anual en las zonas tropicales semiáridas. De las accesiones recogidas en el nordeste de Brasil, algunas se comportan como anuales aun cuando hayan crecido en ambientes húmedos (Clements, 1977 y 1983a; Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985), mientras que otras no

Digitized by Google

presentan, en su mayoría, una adaptación obvia a la aridez y son probablemente de vida corta. En efecto, muchas de las clases de adaptación que se pueden esperar en las zonas tropicales semiáridas, como la pubescencia foliar, los folíolos angostos o las yemas subterráneas, se hallan en accesiones de *C. virginianum* de otros ambientes, lo que ilustra de nuevo el problema de determinar causas y efectos.

Hay una combinación de caracteres contrastantes en *C. rotundifolium*: ciclo de vida perenne, tasa de crecimiento lenta, voluminosos órganos de almacenamiento subterráneo, yemas subterráneas, hábito de crecimiento postrado (no voluble), anficarpia (producción de semillas encima y debajo de la superficie del suelo), producción escasa de las semillas, y folíolos anchos y engrosados. Esta especie ha sido poco recolectada y, puesto que produce poca semilla en Australia, ha sido poco estudiada. Sin embargo, considerando las estrategias adaptativas definidas por MacArthur y Wilson (1967), parece ser una especie seleccionada de tipo K en contraposición con la especie seleccionada de tipo r, *C. pascuorum*[1].

Centrosema brasilianum posee mecanismos para evitar o tolerar el estrés de agua los cuales, aunque mal comprendidos, parecen diferir de aquéllos descritos para *C. pascuorum* y *C. rotundifolium*. *Centrosema brasilianum* puede permanecer verde y aun crecer lentamente durante las sequías. Este fenómeno se explica, en parte, por su mayor control estomatal de la pérdida de agua, en comparación con algunas otras especies de *Centrosema* (Cuadro 1), lo que probablemente prolonga la vida de las hojas individuales. Sin embargo, su tolerancia al déficit de agua de la hoja es inferior a la de *C. pascuorum* y no supera la de *C. pubescens*, mientras que su control estomatal de la pérdida de agua es inferior al de siratro (*Macroptilium atropurpureum*). Parece probable, en consecuencia, que *C. brasilianum* tenga un sistema radical profundo capaz de absorber aquella humedad del suelo que resulta inaccesible para otras especies.

---

1. K y r se refieren al ajuste a ambientes sobrepoblados y poco poblados, respectivamente. Donde alternan las condiciones ambientales favorables y desfavorables, la selección r conducirá al rápido crecimiento poblacional y al uso extravagante de los recursos, mientras que la selección K llevará a estrategias conservadoras de remplazo y uso eficiente de los recursos durante períodos de estrés.

Digitized by Google

En las zonas semiáridas tropicales, la morfología del folíolo de *C. brasilianum* no parece tener un significado adaptativo. *Centrosema brasilianum* es una especie en que predominan los folíolos angostos, aunque rara vez tan angostos como aquellos de *C. pascuorum*. En las zonas semiáridas tropicales se dan formas con folíolos anchos, al lado de formas con folíolos angostos (Schultze-Kraft y Belalcázar, 1988). Los folíolos de *C. brasilianum* no son pubescentes ni están engrosados, y tampoco hay mucha evidencia sobre movimientos de la hoja que reduzcan la carga de radiación. Además, las accesiones de las zonas semiáridas tropicales varían enormemente en la producción de semilla (Clements et al., 1984); esto sugiere que el rápido cambio en la población quizás no sea un mecanismo crítico de escape a la sequía.

Se sabe muy poco acerca de las características adaptativas de *C. arenarium* y de *C. schottii* en las zonas semiáridas tropicales. En efecto, la distribución natural de ambas especies no se comprende bien. Es posible que ambas especies se adapten a suelos específicos. *Centrosema schottii* parece tener semillas particularmente duras. ¿Es éste un factor que contribuye a su éxito en las zonas semiáridas tropicales?

La anficarpia es común en *Centrosema* y en la tribu Phaseoleae; *C. rotundifolium*, *C. grazielae*, *C. venosum* y *C. bracteosum* poseen esta adaptación. No es fácil explicar la existencia de anficarpia en estas cuatro especies de *Centrosema* (por lo menos en función de su actual distribución) simplemente como un mecanismo de adaptación a la sequía o al estrés de temperatura. *Centrosema grazielae*, por ejemplo, se distribuye en un rango de ambientes que comprende los húmedos y los relativamente benignos. La naturaleza y el significado adaptativo de la anficarpia y la geocarpia merecen más estudio, no sólo en *Centrosema* sino también en otros géneros. ¿Es la anficarpia una adaptación a los bajos niveles de calcio del suelo? ¿Es una adaptación a la quema?

La adaptación a la quema es un tema que merece especial atención. Según Sarmiento (1984) y otros ecólogos, la quema ha sido un factor normal en la evolución de las sabanas neotropicales. El entierro de biomasa en forma de órganos subterráneos agrandados, como rizomas y xilopodios, es una adaptación común a la quema. *Centrosema rotundifolium*, *C. bracteosum* y *C. venosum* poseen xilopodios o raíces enormemente engrosadas.
R. Schultze-Kraft (comunicación personal) ha recolectado una

Digitized by Google

accesión de *C. brasilianum* que posee un órgano subterráneo de almacenamiento, aunque no es ésta una característica común de la especie. También se ha hallado una accesión de *C. angustifolium* que posee dicho órgano. *Centrosema arenarium*, aparentemente, no posee xilopodios.

Adaptación a los Ambientes Subtropicales

Los principales estreses ambientales que tienen que ser superados por las 'plantas tropicales' que crecen en climas subtropicales son las bajas temperaturas (especialmente en la noche) junto con las heladas, y los grandes cambios cíclicos en la duración del día. Las temperaturas nocturnas inferiores al rango de 10-15 °C causan daños por enfriamiento a los cloroplastos de muchas gramíneas y leguminosas tropicales (Lyons, 1973) y limitan gravemente su crecimiento, mientras que las temperaturas propias de una helada matan sus tejidos. En el caso de *Centrosema*, los tejidos expuestos a heladas de -2 a -5 °C mueren.

El mecanismo de adaptación a las temperaturas moderadamente bajas no ha sido estudiado en *Centrosema*, pero se pueden hacer algunos comentarios generales. Las accesiones tropicales de *C. pubescens* son notoriamente susceptibles al enfriamiento. Sus hojas se tornan amarillas y se marchitan, y el crecimiento cesa cuando las temperaturas nocturnas son inferiores a 13 °C (Bowen, 1959). Las accesiones de las regiones tropicales elevadas y de las zonas meridionales de su área de distribución son mucho más resistentes (Clements y Williams, 1980; R. J. Clements, información no publicada). En las zonas subtropicales australianas, estas accesiones empiezan a crecer muy temprano durante la época de crecimiento, continúan creciendo lentamente a finales del otoño, y a menudo permanecen verdes aun cuando estén a temperaturas de helada.

Existe un patrón similar de adaptación intraespecífica en otras especies, incluyendo a *C. virginianum*, aunque el potencial para el crecimiento de otoño puede ser modificado por el comienzo de la latencia o por una prolífica producción de semillas (Figura 2). Las accesiones de *C. schiedeanum* de las zonas elevadas de México y América Central, *C. macrocarpum* de los Andes colombianos (Schultze-Kraft, 1986), y *C. brachypodum* y *C. acutifolium* de la

Digitized by Google

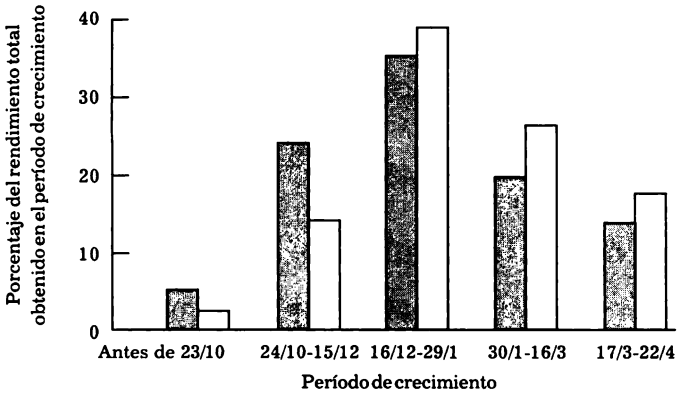


Figura 2. Distribución del rendimiento de forraje de accesiones subtropicales y tropicales de *Centrosema virginianum* durante la época de crecimiento (octubre a abril) en Queensland subtropical. Los datos son promedios de surcos tomados en dos sitios, cortados a intervalos de 6 semanas. ▒ Promedio de 5 accesiones subtropicales (latitudes 23° a 31°); ▭ Promedio de 11 accesiones tropicales (latitudes 10° a 14°). (Tomado de datos no publicados del experimento descrito por Clements, 1977.)

parte sur del escudo brasileño poseen, aparentemente, buena resistencia al enfriamiento, es decir, a temperaturas moderadamente bajas (R. J. Clements, información no publicada). Los estudios hechos con *C. virginianum* (Clements y Ludlow, 1977) han demostrado que las temperaturas moderadamente bajas con que se induce el 'endurecimiento de las hojas' ejercen poco o ningún efecto en la resistencia de las hojas a las heladas o en la supervivencia de las plantas después de haberse helado. La experiencia hecha en Australia con esta y otras especies indica que las accesiones con buena tolerancia al enfriamiento tienen muy pocas ventajas para tolerar las heladas, si las comparamos con aquéllas que no poseen este mecanismo.

La supervivencia invernal de *C. virginianum* en las zonas subtropicales se apoya en un eficiente mecanismo para evitar las heladas (Clements y Ludlow, 1977; R. J. Clements, información no publicada). Las yemas y hojas expuestas a temperaturas de congelación (-2 a -3 °C) mueren. La muerte de una planta en particular depende de la exposición de sus yemas más bajas a estas temperaturas letales. Esas yemas se hallan, en la mayoría de las plantas, en el nudo cotiledonar. En las accesiones tropicales, los cotiledones quedan de 1 a 3 cm sobre el suelo. A medida que aumenta la latitud del sitio de origen, decrece la altura a la cual se

Digitized by Google

elevan los cotiledones (Figura 3); las plantas pueden, por tanto, sobrevivir a heladas de radiación progresivamente más frías porque sus yemas más bajas están ubicadas en el aire más caliente próximo al suelo. Cerca de latitudes entre 22° y 25° N en Cuba y E.U., la especie cambia de germinación epigea a hipogea, y produce una corona subterránea. Todavía más al norte, donde hay heladas de convección y el suelo se congela, se desarrolla un profuso sistema radical tuberoso, con yemas subterráneas que se hallan protegidas a profundidades de 1 a 10 cm. Antes de principiar el invierno o durante él, las hojas de estas plantas mueren. Las plantas se tornan latentes, y el rebrote primaveral se nutre de las reservas de hidratos de carbono de las raíces. Estos mecanismos están sometidos a un estricto control genético.

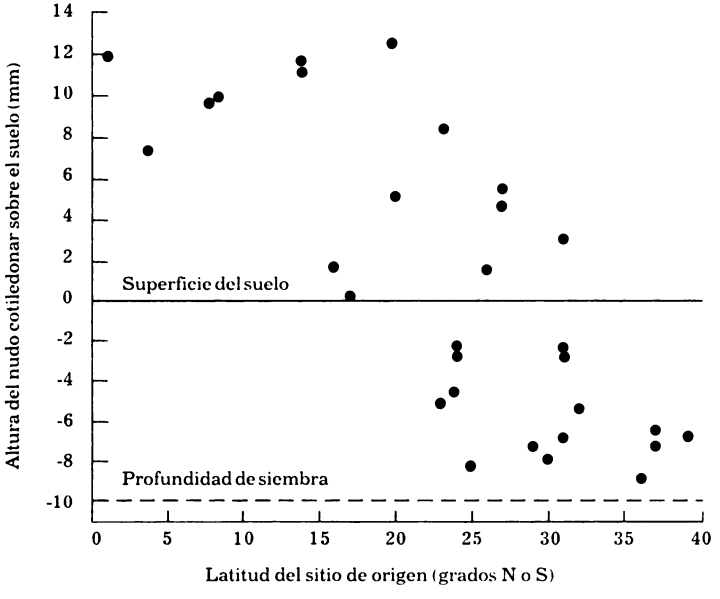


Figura 3. Relación entre la altura del nudo cotiledonar y la latitud del sitio de origen de las accesiones de *Centrosema virginianum*. Las semillas se sembraron en arena a una profundidad de 1 cm. Las condiciones de crecimiento fueron temperatura de 28 °C, fotoperíodo de 14 horas, intensidad de la luz de 450 micronewtons, y humedad relativa de 44%. (R. J. Clements, información no publicada.)

Digitized by Google

Centrosema arenicola posee también un mecanismo para evitar las heladas. Aunque la especie produce tallos rastreros que se enroscan y trepan, también produce estolones que desarrollan raíces centrales engrosadas con coronas subterráneas y que se convierten finalmente en plantas nuevas. Las hojas y los tallos volubles mueren, por lo regular, durante el invierno o antes del comienzo de éste. *Centrosema arenicola* produce muy poca semilla, y la anterior estrategia de reproducción asexual puede compensar en parte su reducida capacidad para reproducirse sexualmente. No está claro si este mecanismo evolucionó como un medio de combatir las heladas o las temperaturas bajas, la quema, la sequía, los suelos infértiles, los depredadores de semilla o de follaje, y algún otro estrés o combinación de estreses.

Los mecanismos de adaptación a la duración del día no se han estudiado cuidadosamente en *C. arenicola* ni en *C. virginianum*. Cerca de Brisbane (27°30' S, 153°00' E), cuya latitud es similar a la de la zona de distribución natural de *C. arenicola*, esta especie empieza la floración en los días más largos del año y florece sólo durante 2 a 3 meses. Este comportamiento sugiere una respuesta fotoperiódica de día largo. Las accesiones de *C. virginianum* de E.U., al norte de la latitud 32° N, aproximadamente, se comportan en forma similar (Clements, 1977, e información no publicada). Este patrón de floración se mantiene entre las latitudes 28° y 32° N, con un aparente aumento en la duración de la floración. En el sur de Florida (24°-28° N), se han recogido especímenes en floración durante todos los meses del año, fenómeno que sugiere que la especie puede ser neutral al día en esas latitudes. La neutralidad al día puede ser característica de las razas tropicales y subtropicales meridionales de *C. virginianum*, a juzgar por los patrones de floración descritos por Clements (1977); no obstante, hay máximos y mínimos estacionales que deben estudiarse más.

Potencial Agronómico de *Centrosema* en las Regiones Tropicales Semiáridas

Las observaciones realizadas en Katherine, Territorio Norte (14°28' S, 131°19' E, clima V3 según Troll, 1966) suscitaron interés en el desarrollo de especies de *Centrosema* para las regiones tropicales semiáridas de Australia a mediados de los años 70. Una accesión de *C. pascuorum*, una de *C. schottii* y tres de

Digitized by Google

C. brasilianum habían mostrado un crecimiento vigoroso, y persistieron durante 3 años en experimentos de parcela (Winter, 1978). Una evaluación anterior de estas especies en otros sitios del norte de Australia había dado resultados confusos. Se hicieron grandes esfuerzos para multiplicar la semilla de otras accesiones y para obtener nuevas accesiones mediante la introducción de plantas y el intercambio de semilla. A finales de la década de los 70, se evaluaron pequeñas colecciones de cada especie en parcelas pequeñas situadas en Katherine (Clements et al., 1984). Los resultados (Cuadro 2) confirmaron el valor potencial de *C. pascuorum* en este ambiente. Dos accesiones dieron rendimientos de forraje que excedieron 6 t/ha y reservas de semilla que sobrepasaron 1 t/ha en el tercer año. Las tres especies de *Centrosema* fueron más frondosas que *Stylosanthes hamata* cv. Verano. Aunque su rendimiento fue relativamente bajo, se consideró que *C. brasilianum* era una fuente potencial de forraje de alta calidad durante la estación seca. Sin embargo, su capacidad para mantener una población de plantas mediante la regeneración de plántulas es incierta.

De 1976 a 1981 se llevó a cabo un programa de fitomejoramiento de *C. pascuorum* para intentar elevar su producción de forraje y de semilla (Clements et al., 1986; Miles et

Cuadro 2. Rendimiento de forraje, reserva de semilla en el suelo, y relaciones hoja tallo de especies de *Centrosema* y de otras leguminosas sembradas en parcelas pequeñas, en Katherine Research Station, Territorio Norte, Australia.

Especie	Rend. de forraje de leguminosa (t/ha)[a]	Reserva de semilla en el suelo (kg/ha)[a]	Relación hoja-tallo[a]
C. pascuorum[b]	4.3	344	0.92
C. brasilianum[b]	1.8	97	1.04
C. schottii[c]	2.7	296	0.94
M. atropurpureum[d]	2.8	65	0.99
S. hamata[e]	3.7	104	0.51

a. Promedio de 3 años sucesivos (1977/78 a 1979/80); Rend. = rendimiento.
b. Promedio de ocho accesiones.
c. Promedio de dos accesiones.
d. *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro.
e. *Stylosanthes hamata* cv. Verano.

FUENTE: Clements et al., 1984.

Digitized by Google

al., esta obra). La línea mejorada más destacada se liberó como la variedad Cavalcade en 1984 (New releases..., 1985) después de demostrarse que producía más forraje y semilla que su mejor progenitor (Stockwell et al., 1986).

Durante 1979-1984, la investigación realizada en Australia por el personal de Mt. Bundey Station (13°05' S, 131°00' E), en colaboración con el Northern Territory Department of Primary Production demostró que *C. pascuorum* pudo sobrevivir a una inundación prolongada y crecer vigorosamente a medida que se secaba el suelo (Cameron y McCosker, 1986; McCosker, 1987). Hay inundación estacional en zonas importantes del extremo superior (Top End) del Territorio Norte. Las líneas de floración tardía de *C. pascuorum* son más apropiadas para esta función porque aprovechan mejor las condiciones para el crecimiento de forraje a medida que las aguas de inundación retroceden al finalizar la estación húmeda. Por otra parte, pueden producir un gran volumen de forraje antes de la floración y de la formación de semilla. Se evaluaron las tres accesiones de floración más tardía que estaban disponibles en 1979 (McCosker, 1987), y una de ellas se liberó en 1984 como el cultivar Bundey. La evaluación reciente del conjunto completo de 66 introducciones disponibles en 1984 (Figura 1) ha revelado que Bundey se encuentra entre las accesiones de floración más tardía obtenidas hasta el presente en la recolección de plantas (Thomson et al., 1997). (En el otro extremo, algunas accesiones florecen hasta un mes antes que Cavalcade (Figura 1), lo que sugiere que se podrían desarrollar variedades para regiones que tengan estaciones lluviosas más cortas que Katherine.)

Existe cierta información sobre la producción animal obtenida en pasturas de *C. pascuorum*. Se espera que esta especie sea muy útil en Australia como un alimento animal de alta calidad durante la estación seca. En Katherine, una pastura que contenía una mezcla de accesiones de *C. pascuorum* y gramíneas espontáneas fue pastoreada durante la estación seca (de junio a noviembre) con una carga animal de 3.3 novillos/ha durante 6 años (W. H. Winter, información no publicada). El contenido de leguminosa de la pastura permaneció alto y se obtuvieron con regularidad ganancias de peso de 20 a 50 kg/animal durante la estación seca. Los novillos que pastorearon pasturas nativas, con cargas animales mucho menores durante la estación seca, perdieron peso. También se han obtenido buenas ganancias de peso con ganado bovino mantenido

Digitized by Google

en pasturas de *C. pascuorum* más residuos de cultivo en la estación seca (Winter et al., 1984). Otra pastura compuesta por una mezcla de líneas mejoradas fue pastoreada durante 9 meses (finales de diciembre a finales de septiembre) con 3.3 novillos/ha. Los animales ganaron más de 150 kg por cabeza durante ese tiempo (W. H. Winter, información no publicada). Las ganancias de peso obtenidas en pasturas inundables sembradas con *C. pascuorum* y *Setaria sphacelata* y pastoreadas durante la estación seca con cargas animales de 1 y de 3 novillas por hectárea fueron, en promedio, de 18 kg por animal a los 5 meses de iniciado el pastoreo (McCosker, 1987).

Hay menos información disponible sobre la producción animal obtenida en las pasturas de *C. brasilianum* de las zonas semiáridas tropicales. En Katherine, una pastura sembrada con una mezcla de accesiones se pastoreó con 3.3 novillos/ha durante la estación seca (junio a noviembre) durante 7 años, con períodos de descanso en algunos años para permitir que la leguminosa se recuperara del intenso pastoreo selectivo. Las ganancias de peso fueron similares a aquéllas obtenidas en las pasturas de *C. pascuorum*; desafortunadamente, el número de plantas de *C. brasilianum* que había en la pastura ha disminuido en forma constante, a pesar de que hubo una producción razonable de semilla en casi todos los años (W. H. Winter, comunicación personal).

Centrosema pascuorum tiene una función potencial en las zonas tropicales semiáridas dado que es una leguminosa de cobertura autoregenerativa que entra en rotación en los sistemas de cultivo. McCown et al. (1985) han hecho investigaciones sobre este asunto y han revisado las realizadas por otros. Varias leguminosas se están evaluando para este sistema de producción aquí propuesto. Algunos resultados importantes relacionados con *C. pascuorum* son los siguientes:

Fija cantidades relativamente grandes de nitrógeno atmosférico (Jones et al., 1982).

Como componente de la asociación, compite con el cultivo por la luz y el nitrógeno y causa por ello una reducción inadmisible en el rendimiento de grano (Chamberlin et al., 1986; McCown et al., 1983).

Digitized by Google

A veces se recupera mal, particularmente en un suelo desnudo, propiciando así una invasión de gramíneas (McCown et al., 1985 y 1986).

El ganado bovino que pastorea en pasturas nativas durante la estación húmeda, y que pastorea *C. pascuorum* usado como cobertura junto con residuos del cultivo durante la estación seca, gana mucho más peso que el que pastorea solamente en las pasturas nativas. Sin embargo, quizás no gane más peso que el ganado que pastorea en coberturas de *Stylosanthes hamata* cv. Verano y en residuos de cultivo durante la estación seca (McCown et al., 1986; Winter et al., 1984).

El requerimiento de fósforo de *C. pascuorum* en estos sistemas es similar al de *S. hamata* cv. Verano y al de *Alysicarpus vaginalis* (Probert y McCown, 1985). Otros resultados obtenidos en pruebas de maceta (R. M. Schunke, información no publicada; W. H. Winter, información no publicada) y en parcelas con pasturas (McCosker, 1987) indican siempre que *C. pascuorum* no tiene un alto requerimiento de P.

Centrosema pascuorum ha dado resultados promisorios en Tailandia (Topark-Ngarm y Moolsiri, 1983; Topark-Ngarm et al., 1980), en Nusa Tenggara, Indonesia (Nulik et al., 1986), en Laos, y en Timor, Indonesia (Humphreys et al., esta obra). Los requerimientos específicos para que esta leguminosa tenga éxito todavía no se comprenden bien. Por ejemplo, en Australia, no se ha hallado aún un nicho agrícola fuera de Top End, en el Territorio Norte (Anning, 1982; Clements et al., 1984; Jones, 1979; Teitzel et al., esta obra). A veces, aun en localidades favorables, ha fracasado el establecimiento o la regeneración por razones desconocidas (Clements et al., 1986; McCown et al., 1985 y 1986; Wilaipon, 1981). La escasa supervivencia de la semilla después de la quema, durante la estación seca, fue reportada por Stockwell et al. (1986). El daño causado por los nematodos del nudo de la raíz (*Meloidogyne* sp.) ha sido reportado por Kretschmer et al. (1980) y Clements et al. (1986). Anning (1982) comentó sobre la incapacidad de *C. pascuorum* para resistir la competencia de las gramíneas nativas en el norte de Queensland. En cambio, McCosker (1987) halló que las líneas de floración tardía suprimían las gramíneas nativas en los sitios estacionalmente inundados.

Digitized by Google

Poco se sabe de los requerimientos que tiene *C. pascuorum* de nutrimentos minerales, a excepción del fósforo. McCosker (1987) obtuvo respuesta al azufre en un suelo, pero no en otro, y no obtuvo respuesta al potasio, al cobre o al molibdeno. La especificidad de *C. pascuorum* por *Rhizobium* no ha sido estudiada. Se sabe que *C. brasilianum* posee un requerimiento específico de *Rhizobium* (Clements et al., 1983b).

Potencial Agronómico de *Centrosema* en las Regiones Subtropicales

La idea de desarrollar especies de *Centrosema* para pasturas subtropicales no es nueva. En Australia, *C. pubescens* se cultivó primero en viveros en Lawes (27°34' S, 152°20' E), cerca de Brisbane, en 1930 (CSIRO, información no publicada). Durante los siguientes 10 años, varias accesiones de *C. pubescens*, *C. plumieri* y *C. virginianum* se cultivaron en Lawes, Fitzroyvale (28°28' S, 150°39' E) y Brisbane (CSIRO, información no publicada; Miles, 1949; Schofield, 1945). Esto ocurrió varios años antes de que las especies de *Centrosema* fueran evaluadas por primera vez en las zonas tropicales australianas (Schofield, 1941). Estos primeros intentos, hechos en Australia y en otros países, para comercializar tales especies en las zonas subtropicales se realizaron con un estrecho rango de material tropical y fueron infructuosos. En vista de la variación existente en *C. pubescens* y en las especies estrechamente relacionadas, un moderno programa de fitomejoramiento podría producir con éxito un cultivar subtropical. Otras especies 'tropicales' de *Centrosema* han sido ensayadas sin éxito en las zonas subtropicales en años recientes.

No se ha probado extensamente la especie subtropical *C. arenicola*. De ella se han hecho muy pocas colecciones. Dos de las accesiones no fueron productivas y no persistieron en los viveros de introducción de plantas cerca de Brisbane.

Las accesiones de *C. virginianum* han sido sometidas a selección en las zonas subtropicales americanas (Vorano et al., esta obra) y en Africa subtropical. En Australia se ha hecho un esfuerzo sostenido para desarrollar a *C. virginianum* para pasturas subtropicales. La especie se introdujo por primera vez en 1931. Para 1986, más de 100 introducciones se habían examinado en

Digitized by Google

Australia subtropical (Clements, 1977 y 1983a; Teitzel et al., esta obra). Las conclusiones de este trabajo fueron las siguientes: primera, todas estas accesiones presentaron, excepto en los ambientes suaves cerca de la costa, ausencia de vigor después de los primeros años y no pudieron persistir durante el invierno o en períodos secos; segunda, existe variación genética adaptativa útil sobre la cual podría apoyarse un programa de fitomejoramiento (Clements, 1977 y 1983b). De 1973 a 1981, se hizo trabajo de mejoramiento en una serie de sitios subtropicales, principalmente en la Estación de Investigación de Narayen (25°41' S, 150°52' E, precipitación anual promedio 720 mm, 19-45 heladas por año) (Clements, 1983a; Clements y Thomson, 1983). Las líneas mejoradas más sobresalientes de este programa dieron un rendimiento tan alto como Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) en parcelas pequeñas en Narayen, durante dos períodos de crecimiento sucesivos. La supervivencia invernal de estas líneas fue excelente en el primer año, pero inferior a Siratro en el segundo. Una mezcla de estas líneas, designadas 'cruzamiento 31', se está evaluando ahora bajo pastoreo en el sudeste de Queensland.

Se dispone de datos de persistencia a largo plazo para algunos de los primeros productos del programa de mejoramiento y para sus líneas progenitoras (Jones y Clements, 1987). Puesto que este material temprano no se adapta bien al ambiente de Narayen, se evaluó en la Estación Experimental de Beerwah (26°50' S, 153°03' E, precipitación anual promedio 1630 mm, 2 a 10 heladas por año). La mejor línea, después de un lento establecimiento, ha persistido durante 8 años bajo pastoreo en rotación, con una carga animal de 1.5 novillos/ha, contribuyendo con 17% a 32% del forraje en oferta al finalizar la época de crecimiento. Otras líneas persistieron bien con esta carga animal hasta el verano excepcionalmente seco de 1985-1986, cuando su comportamiento decayó (Figura 4). Siratro persistió solamente 3 ó 4 años, y Belalto (*C. schiedeanum*) también fracasó durante un verano seco. A una carga animal mayor de 2.3 novillos/ha, ninguna de las líneas de *C. virginianum* persistió.

La escasa información disponible sobre los requerimientos de manejo de las pasturas de *C. virginianum* indica que se debe permitir que la especie forme semilla (Jones y Clements, 1987). No se han estudiado sus requerimientos de fertilización.

Digitized by Google

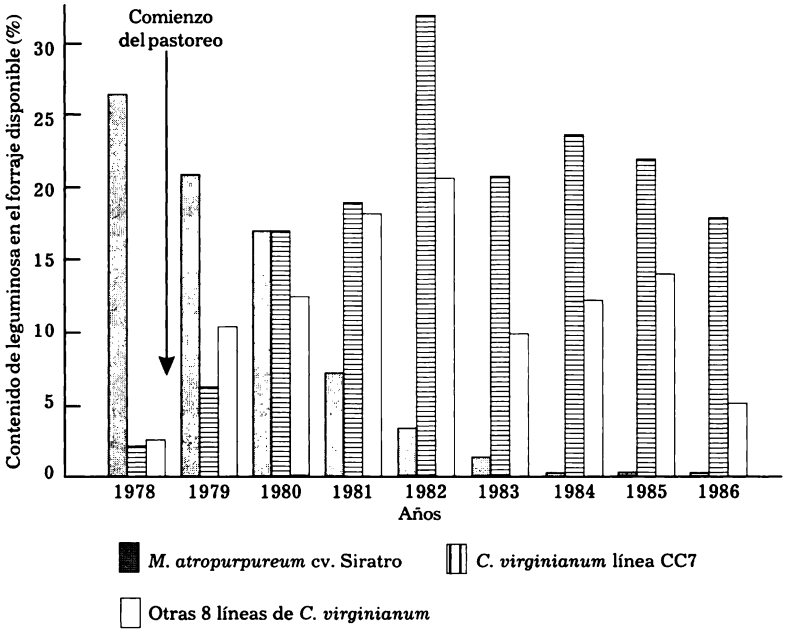


Figura 4. Contenido de leguminosa del forraje a finales del otoño, para pasturas con pastoreo en rotación (1.5 novillos/ha al año) en la costa subtropical de Queensland durante 8 años. Las parcelas se sembraron con *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, o con una línea de *Centrosema virginianum*, y con *Setaria sphacelata* cv. Nandi como gramínea común. (Tomado de Jones y Clements, 1987.)

Centrosema virginianum es sensible a la competencia de las gramíneas durante su establecimiento y es lenta para establecerse (Figura 4); parece que este factor es importante para explicar los resultados variables obtenidos en estudios de parcelas pequeñas. Los nematodos del nudo de la raíz han atacado esta especie en el sudeste de Queensland.

Prioridades de Investigación

El desarrollo de las especies de *Centrosema* para las zonas subtropicales y las zonas tropicales semiáridas ha llegado al estado en que la producción animal, el establecimiento de las pasturas y los estudios de manejo deben tener la más alta prioridad. También se deben buscar formas de aprovechar la gran capacidad de *C. pascuorum* para fijar nitrógeno en los sistemas de cultivo.

Digitized by Google

Se pueden aplazar la recolección y el mejoramiento de las especies más promisorias hasta definir las deficiencias del material existente (incluyendo aquí las líneas mejoradas). Se necesitan algunas pruebas selectivas simples de *C. brasilianum*, de *C. arenarium* y de *C. rotundifolium* en las zonas tropicales semiáridas de Australia. En otros países se deben comparar las especies de *Centrosema* con otras leguminosas adaptadas a las zonas tropicales semiáridas, empleando pequeñas colecciones representativas. Es necesario estudiar la competencia que se establece entre *C. pascuorum* y las especies de gramíneas asociadas.

Se necesita además que los especialistas investiguen más la rizobiología, la nutrición mineral, las enfermedades y las plagas del género *Centrosema*. La importancia de estos temas se extiende más allá de las regiones consideradas aquí, y los lectores deben consultar las revisiones presentadas en otros capítulos de esta obra.

Referencias

Anning, P. 1982. Evaluation of introduced legumes for pastures in the dry tropics of north Queensland. Trop. Grassl. 16(3):146-155.

Bowen, G. D. 1959. Field studies on nodulation and growth of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 16(4):253-265.

Cameron, A. G. y McCosker, T. H. 1986. Introduced pasture species screening on Mount Bundey Station, N.T., 1979-1983. Technical bulletin no. 97. Northern Territory Department of Primary Production, Darwin, N.T., Australia. 55 p.

Chamberlin, R. J.; Peake, D. C. I.; McCown, R. L.; Vallis, I.; y Jones, R. K. 1986. Competition for nitrogen between a maize crop and forage legume intercrops in a wet-dry tropical environment. En: Haque, I.; Jutzi, S.; y Neate, P. J. H. (eds.). Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa: Proceedings of a workshop held at Addis-Ababa, Ethiopía. International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis-Abeba, Etiopía. p. 82-99.

Digitized by Google

Clements, R. J. 1977. Agronomic variation in *Centrosema virginianum* in relation to its use as a sub-tropical pasture plant. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17(85):435-444.

_____ . 1983a. Preliminary evaluation of accessions of *Centrosema virginianum* in sub-humid south-east Queensland. Genetic resources communication no. 4. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. 8 p.

_____ . 1983b. Quantitative genetic analysis of herbage yield in *Centrosema virginianum*. Trop. Agric. (Trinidad) 60(4):257-261.

_____ ; Hayward, M. D.; y Byth, D. E. 1983a. Genetic adaptation in pasture plants. En: McIvor, J. G. y Bray, R. A. (eds.). Genetic resources of forage plants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 101-115.

_____ y Ludlow, M. M. 1977. Frost avoidance and frost resistance in *Centrosema virginianum*. J. Appl. Ecol. 14(2):551-566.

_____ y Thomson, C. J. 1983. Breeding *Centrosema virginianum* in subtropical Queensland. Technical paper no. 26. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. 25 p.

_____ y Williams, R. J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, 31 julio-4 agosto 1978, 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 1, p. 559-567.

_____ ; _____ ; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983b. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

_____ ; Winter, W. H.; y Reid, R. 1984. Evaluation of some *Centrosema* species in small plots in northern Australia. Trop. Grassl. 18(2):83-91.

_____ ; _____ ; y Thomson, C. J. 1986. Breeding *Centrosema pascuorum* for northern Australia. Trop. Grassl. 20(2):59-65.

Digitized by Google

Johnson, A. M. 1976. The climate of Peru, Bolivia and Ecuador. En: Schwerdtfeger, W. (ed.). World survey of climatology; climates of Central and South America. Elsevier, Amsterdam, Holanda. Vol. 12, p. 147-218.

Jones, R. J. 1979. Comparison of legumes on different soils. En: Thompson, P. A. C. (ed.). Divisional report 1978-1979. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. p. 20.

Jones, R. K.; Peake, D. C. I.; y Winter, W. H. 1982. The effect of various tropical legumes on nitrogen supply. En: Adams, G. T. (ed.). Annual report 1981-82. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. p. 127.

Jones, R. M. y Clements, R. J. 1987. Persistence and productivity of *Centrosema virginianum* and *Vigna parkeri* cv. Shaw under grazing on the coastal lowlands of south-east Queensland. Trop. Grassl. 21(2):55-64.

Kretschmer, A. E., Jr.; Sonoda, R. M.; y Snyder, G. H. 1980. Resistance of *Desmodium heterocarpon* and other tropical legumes to root-knot nematodes. Trop. Grassl. 14(2):115-120.

Ludlow, M. M.; Chu, A. C. P.; Clements, R. J.; y Kerslake, R. G. 1983. Adaptation of species of *Centrosema* to water stress. Aust. J. Plant Physiol. 10(2):119-130.

Lyons, J. M. 1973. Chilling injury in plants. Ann. Rev. Plant Physiol. 24:445-466.

MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. 1967. The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, NJ, E.U.

McCosker, T. H. 1987. Agronomic and grazing evaluation of 3 lines of *Centrosema pascuorum* under seasonally flooded conditions in the Northern Territory. Trop. Grassl. 21(2):81-91.

McCown, R. L.; Chamberlin, R. J.; Jones, R. K.; y Vallis, I. 1983. Crop-intercrop interactions; II: Competition for nitrogen. En: Adams, G. T. (ed.). Annual report 1982-1983. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. p. 140-141.

Digitized by Google

_____ ; Jones, R. K.; y Peake, D. C. I. 1985. Evaluation of a no-till, tropical legume ley-farming strategy. En: Muchow, R. C. (ed.). Agro-research for the semi-arid tropics; North-west Australia. University of Queensland Press, St. Lucia, Qld., Australia. p. 450-469.

_____ ; Winter, W. H.; Andrew, M. H.; Jones, R. K.; y Peake, D. C. I. 1986. A preliminary evaluation of legume ley farming in the Australian semi-arid tropics. En: Haque, I.; Jutzi, S.; y Neate, P. J. H. (eds.). Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa: Proceedings of a workshop held at Addis Ababa, Ethiopia. International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis-Abeba, Etiopía. p. 397-419.

Miles, J. F. 1949. Plant introduction trials in central coastal Queensland 1936-1946. En: Divisional report no. 6. Division of Plant Industry, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia. 134 p.

New releases of pasture plants; Legumes: *Centrosema pascuorum* Mart. ex Benth. (centurion) cv. Cavalcade (Reg. No. B-15b-1). 1985. Trop. Grassl. 19(3):141-142.

Nulik, J.; Andrews, A.; y Jacobsen, C. N. 1986. Evaluation of grass and legume species in swards in Nusa Tenggara. En: Annual report of the Forage Research Project. Balai Penelitian Ternak (Research Institute for Animal Production), Bogor, Java Occidental, Indonesia. p. 28-31.

Papadakis, J. 1966. Climates of the world and their agricultural potentialities. J. Papadakis, Buenos Aires, Argentina.

Probert, M. E. y McCown, R. L. 1985. The phosphorus requirements of legumes in relation to the nitrogen contribution to following cereal crops. En: Adams, G. T. (ed.). Annual report 1984-1985. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. p. 123.

Ratisbona, L. R. 1976. The climate of Brazil. En: Schwerdtfeger, W. (ed.). World survey of climatology; climates of Central and South America. Elsevier, Amsterdam, Holanda. Vol. 12, p. 219-293.

Sarmiento, G. 1984. Estructura y funcionamiento de sabanas neotropicales. Harvard University Press, Cambridge, MA, E.U. 246 p.

Digitized by Google

Schofield, J. L. 1941. Introduced legumes in north Queensland. Queensl. Agric. J. 56:378-388.

_____ . 1945. Tropical legumes in south-eastern Queensland. Queensl. Agric. J. 61:133-143.

Schultze-Kraft, R. 1986. Natural distribution and germplasm collection of the tropical pasture legume *Centrosema macrocarpum* Benth. Angew. Bot. 60(5-6):407-419.

_____ y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.

_____ y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

Snow, J. W. 1976. The climate of northern South America. En: Schwerdtfeger, W. (ed.). World survey of climatology; climates of Central and South America. Elsevier, Amsterdam, Holanda. Vol. 12, p. 295-403.

Stockwell, T. G. H.; Clements, R. J.; Calder, G. J.; y Winter, W. H. 1986. Evaluation of bred lines of *Centrosema pascuorum* in small plots in north-west Australia. Trop. Grassl. 20(2):65-69.

Thomson, C. J.; Clements, R. J.; y Schultze-Kraft, R. 1997. An evaluation of seventy-one accessions of *Centrosema pascuorum* at Katherine, Northern Australia. Genetic Resources Communication No. 25, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Tropical Agriculture, St. Lucia, Qld., Australia. 14 p.

Topark-Ngarm, A. y Moolsiri, A. [1983]. Forage yield and perenniality of new introduced twining pasture legumes; II: Performance in the second year. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1981-1982 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 13-16.

_____ ; Waranyuwat, A.; Akkasaeng, R.; Lowilai, P.; Srinaka, C.; y Srisawat, P. [1980]. Forage legume regional yield trial. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1979 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 12-14. (Mecanografiado.)

Digitized by Google

Troll, C. 1966. Seasonal climates of the earth: The seasonal course of natural phenomena in the different climatic zones of the earth. En: Landsberg, H. E.; Lippmann, H.; Paffen, Kh.; y Troll, C. World maps of climatology (Weltkarten zur Klimakunde). 3a ed., editada por E. Rodenwaldt y H. J. Jusatz. Springer-Verlag, Berlin. p. 19-28. (Edición bilingüe inglés-alemán.)

Wilaipon, B. [1981]. Effect of fencing and cultivation on the establishment and growth of five forage legumes on private and communal grazing areas in northeast Thailand. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1980 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 34-37.

Winter, W. H. 1978. Legume evaluation in N.W. Australia. En: Thompson, P. A. C. (ed.). Divisional report 1977-1978. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. p. 38.

_____ ; McCown, R. L.; y Jones, R. K. 1984. Cattle production in a ley farming system. En: Adams, G. T. (ed.). Annual report 1983-1984. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. p. 135.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 113-133).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 4

Especies de *Centrosema* para Suelos Acidos

R. Schultze-Kraft*

Resumen

Vastas zonas de tierras tropicales están formadas por suelos muy ácidos con alta saturación de aluminio que limitan el potencial agrícola. El desarrollo de pasturas a base de especies adaptadas, tolerantes a los suelos ácidos, es una estrategia promisoria para aprovechar eficientemente estas zonas marginales.

Se presentan aquí 17 especies de *Centrosema* consideradas tolerantes a suelos ácidos. En su hábitat nativo, casi todas ellas se encuentran predominantemente en suelos ácidos. Entre éstas, *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* han sido identificadas como especies cuyo potencial como leguminosas aptas para pastura es alto. Otras especies tolerantes a suelos ácidos, aunque con un potencial agronómico menos conocido, son *C. arenarium*, *C. brachypodum*, y una especie nueva, descrita recientemente como *C. tetragonolobum*. La muy conocida especie *C. pubescens* también parece poseer germoplasma potencialmente valioso para suelos ácidos, y se justifica por ello la realización de

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en la Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania).

Digitized by Google

pruebas y evaluaciones sistemáticas de todo el germoplasma disponible de esta especie.

Entre las prioridades de investigación se cuentan: aumentar la base de germoplasma de especies promisorias que se han recolectado poco, como *C. arenarium* y *C. brachypodum*; determinar el potencial agronómico y forrajero de especies poco conocidas como *C. bifidum* y *C. capitatum*; hacer sin demora un análisis de los efectos individuales de los factores químicos del suelo que afectan el crecimiento de estas plantas, y que están relacionados con un pH bajo; e investigar el mecanismo de tolerancia a los suelos ácidos que posean las especies de *Centrosema*.

El Problema de los Suelos Acidos

Los suelos ácidos de baja fertilidad nativa cubren extensiones considerables en las zonas tropicales. Cochrane et al. (1985) estiman que las tierras bajas centrales de América del Sur tropical contienen una zona de 570 millones de hectáreas de suelos cuyo pH es inferior a 5.3 (horizonte de 0 a 20 cm); casi todos estos suelos son Oxisoles o Ultisoles. Según una estimación no publicada para el Caribe, América Central y México tropical hay 26 millones de hectáreas compuestas casi exclusivamente por Ultisoles (J. G. Salinas, comunicación personal). Para Africa tropical, Sánchez y Salinas (1981) registran 316 y 136 millones de hectáreas de Oxisoles y Ultisoles, respectivamente. Para el sudeste asiático y las islas del Pacífico sur, Blair et al. (1986) informan que los Ultisoles cubren el 51% y el 19% de estas zonas, respectivamente, y los Oxisoles el 4% y el 3%, respectivamente.

El potencial agrícola de los Oxisoles y Ultisoles está limitado por su acidez: los valores de pH inferiores al rango 5.3-5.5 se asocian normalmente con altos niveles de aluminio intercambiable. Cuando estos niveles de aluminio llegan a saturar en un 70% la capacidad efectiva de intercambio catiónico en la capa superior del suelo, éste se considera, en general, tóxico por el Al y, a menos que se enmiende con altas dosis de cal, no es apropiado para la mayoría de los cultivos. Según Cochrane et al. (1985), los suelos de 358 millones de hectáreas en las tierras bajas centrales de América del Sur tropical, o sea, el 44% de toda esa región, tienen bajos valores de pH y se consideran potencialmente tóxicos por el Al.

Digitized by Google

Además de los altos niveles de Al, que son la consecuencia principal del bajo pH del suelo, hay otros factores que contribuyen frecuentemente a un complejo general de baja fertilidad en los suelos ácidos de las zonas tropicales. Dichos factores son la baja capacidad de intercambio catiónico; el bajo contenido de bases intercambiables y de fósforo disponible (a menudo asociado con una alta capacidad fijadora de P); la presencia de manganeso tóxico; el bajo contenido de materia orgánica; y las deficiencias de azufre y micronutrimentos como boro, cobre, molibdeno y zinc (Cochrane et al., 1980). En la mayoría de los casos, el efecto de estos factores es ocultado por el efecto del bajo pH combinado con una alta saturación de Al, y viceversa. En consecuencia, autores como Hutton (1983), al discutir el desarrollo de plantas en Oxisoles y Ultisoles, evitan frecuentemente la difícil separación de estos efectos individuales y usan el término "suelos ácidos infértiles."

En estos suelos marginales, el desarrollo de pasturas con especies que sean tolerantes a suelos ácidos y que tengan bajos requerimientos nutricionales parece ser una posibilidad económica y ecológicamente recomendable, porque permite usar más eficientemente los vastos recursos de tierra de las zonas tropicales. Se está generando una tecnología relevante en las instituciones de investigación de América tropical, entre ellas, en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Cali, Colombia. Un componente esencial de esta estrategia de investigación es el desarrollo de germoplasma adaptado. Para esto se requiere reunir grandes colecciones de especies con potencial forrajero, especialmente de leguminosas, cuya base genética sea amplia. Estas colecciones se obtienen principalmente mediante la recolección de plantas en las regiones tropicales.

Búsqueda de Especies de *Centrosema* Tolerantes a Suelos Acidos

En comparación con *Stylosanthes*, que es el género de las leguminosas forrajeras tropicales más investigado (Stace y Edye, 1984), la investigación sobre *Centrosema*, como posible fuente de germoplasma tolerante a suelos ácidos, es apenas reciente. Esto ocurre probablemente por una simple falta de germoplasma; en efecto, las primeras colecciones de *Centrosema* incluían un rango

Digitized by Google

muy limitado de especies (Clements et al., 1983) que no se adaptaron muy bien a suelos ácidos.

Como resultado de las misiones sistemáticas de recolección de germoplasma que el CIAT y las instituciones colaboradoras han llevado a cabo desde 1974 (Schultze-Kraft, 1985), se dispone actualmente de una amplia base de germoplasma de *Centrosema*. Estos viajes de recolección se dedicaron, en gran medida, a las regiones de Oxisoles y Ultisoles de América tropical; por ello se esperaba que gran parte del germoplasma recogido fuera tolerante a suelos ácidos. Esta expectativa se justificó cuando el trabajo de evaluación preliminar realizado en 1978 en Colombia mostró que algunas de las nuevas accesiones de *Centrosema* se desarrollaban vigorosamente en un Ultisol de pH 4.1 y cuya saturación de Al era 89%, en la estación experimental de CIAT-Quilichao, en Colombia (CIAT, 1979). Estas accesiones fueron posteriormente identificadas como *C. macrocarpum* y *C. acutifolium* (R. J. Clements, comunicación personal).

Este resultado estimuló tres tipos de actividades investigativas sobre *Centrosema*: la iniciación de un programa de mejoramiento dirigido a transferir la adaptación a suelos ácidos de *C. macrocarpum* a *C. pubescens* (Hutton, 1983); la continuación de la recolección sistemática de germoplasma, haciendo énfasis en las regiones de suelos ácidos de América tropical; y la continuación de las evaluaciones y pruebas sistemáticas de nuevos materiales con respecto a la tolerancia a suelos ácidos. Se han obtenido continuamente resultados positivos en este trabajo de evaluación que han conducido a que el énfasis de la recolección de germoplasma de *Stylosanthes* cambie gradualmente hacia *Centrosema*.

Como consecuencia de lo anterior, las colecciones sudamericanas de *Centrosema* han aumentado considerablemente durante los últimos años. El Cuadro 1 presenta el desarrollo de la colección reunida por el CIAT, principalmente durante viajes de exploración de plantas hechos en conjunto con instituciones nacionales. Los nombres de las especies son aquéllos considerados como válidos por Williams y Clements (esta obra). El Cuadro 1 muestra que, desde 1975, se ha recogido un rango más amplio de especies de *Centrosema*, y que, dentro de algunas especies, numerosas accesiones están ya disponibles para las pruebas y evaluaciones sistemáticas. Partiendo de la información obtenida

Digitized by Google

Cuadro 1. Desarrollo de la colección de *Centrosema* del CIAT (1973-1986) excluyendo líneas mejoradas y material naturalizado del sudeste de Asia.

Especie	No. de accesiones en inventario a diciembre de:				
	1975	1978	1981	1984	1986
C. acutifolium	—	2	10	21	36
C. angustifolium	—	3	9	22	24
C. arenarium	—	1	2	2	2
C. arenicola	—	—	—	1	1
C. bifidum	—	—	2	8	10
C. brachypodum	—	—	9	10	10
C. bracteosum	—	—	—	1	1
C. brasilianum	3	16	119	135	203
C. capitatum	—	1	1	2	3
C. carajasense	—	—	—	6	6
C. coriaceum	—	—	4	4	4
C. fasciculatum	—	—	2	2	2
C. grandiflorum	—	—	—	2	3
C. grazielae	—	3	20	42	45
C. latidens	—	—	—	—	1
C. macrocarpum	—	2	63	179	312
C. pascuorum	1	10	52	63	67
C. platycarpum	—	—	1	1	2
C. plumieri	2	15	50	77	138
C. pubescens	54	118	277	430	611
C. rotundifolium	—	1	4	4	4
C. sagittatum	—	4	18	22	34
C. schiedeanum	—	6	7	19	35
C. schottii	3	25	33	35	50
C. tapirapoanense	—	—	—	1	1
C. tetragonolobum	—	—	—	2	12
C. triquetrum	—	—	—	2	4
C. venosum	—	7	7	7	8
C. vexillatum	—	—	2	5	5
C. virginianum	5	41	98	119	152
Centrosema sp. n. No. 4	—	1	4	6	6
Centrosema spp. (sin identif.)	—	—	—	2	2
Total accesiones	68	256	794	1232	1794
Total especies	6	17	23	30	32

FUENTES: R. Schultze-Kraft, información no publicada; Schultze-Kraft et al., 1986.

acerca de sus hábitat nativos (Schultze-Kraft et al., esta obra) y de los resultados de las evaluaciones hechas entre 1978 y 1986 en el Ultisol muy ácido, de baja fertilidad, de la estación experimental CIAT-Quilichao, se considera que las siguientes especies poseen

Digitized by Google

germoplasma adaptado a suelos ácidos de alta saturación de Al: *Centrosema acutifolium*, *C. angustifolium*, *C. arenarium*, *C. bifidum*, *C. brachypodum*, *C. bracteosum*, *C. brasilianum*, *C. capitatum*, *C. carajasense*, *C. coriaceum*, *C. grazielae*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *C. schiedeanum*, *C. tetragonolobum*, *C. venosum* y *Centrosema* sp. n. No. 4.

Especies de *Centrosema* Tolerantes a Suelos Acidos y su Potencial Agronómico

Reflexiones sobre el término 'especie tolerante a suelos ácidos'

En este capítulo, tolerancia a suelos ácidos significa la capacidad de una planta para crecer satisfactoriamente en suelos cuyo pH sea inferior a 5.5 y que no reciban aplicaciones de cal para elevar ese pH. El grupo de especies de *Centrosema* adaptadas a suelos moderadamente ácidos—o sea, aquéllos que tengan valores de pH mayores de 5.5—y que no sufran, por tanto, estrés significativo de Al intercambiable, es considerablemente más amplio que el discutido en esta sección.

El término 'especie tolerante a suelos ácidos' debe usarse con precaución, porque esa declaración se basa frecuentemente en observaciones de unas pocas poblaciones de plantas solamente, o de un pequeño número de accesiones de germoplasma, y no se funda en evaluaciones de muestras que representen el rango total de diversidad intraespecífica. Tales muestras representativas no existen en la mayoría de las especies de *Centrosema*; en cambio, ni la magnitud de las colecciones disponibles es adecuada ni tampoco el conocimiento acerca de la variabilidad incluida. En consecuencia, cuando en este documento se usa el término 'especie' en conexión con el atributo 'tolerancia a suelos ácidos', éste rige sólo para la totalidad de las accesiones que se han usado para llegar al actual conocimiento. El énfasis está en que dicha generalización, a nivel de la especie, se debe considerar siempre relacionada con el número disponible de accesiones realmente probadas.

Digitized by Google

Suelos ácidos y hábitat nativos de *Centrosema*

La información sobre las propiedades químicas del suelo en los sitios de recolección de material de herbario o de germoplasma de *Centrosema* es, en su mayor parte, escasa y a menudo muy general. A pesar de ésta y otras limitaciones, se justifica suficientemente la afirmación de que las antedichas especies tolerantes a suelos ácidos se encuentran, en sus hábitat nativos, en suelos ácidos, aunque de manera variable. Se propone pues una clasificación general en tres grupos:

Grupo A. Especies que se encuentran exclusivamente en suelos ácidos, o sea, *C. bifidum*, *C. bracteosum*, *C. coriaceum* y *C. venosum*.

Grupo B. Especies que se hallan predominantemente en suelos de bajo pH pero que se extienden hacia los hábitat en que hay suelos menos ácidos, o sea, *C. acutifolium*, *C. angustifolium*, *C. brasilianum*, *C. grazielae*, *C. macrocarpum* y *C. tetragonolobum*.

Grupo C. Especies que se encuentran predominantemente en suelos cuyo pH es más alto pero que se extienden hacia los hábitat de suelos ácidos, o sea, *C. pubescens* y *C. schiedeanum*.

La información disponible sobre *C. arenarium*, *C. brachypodum*, *C. carajasense* y *Centrosema* sp. n. No. 4 no es suficiente para clasificar estas especies sin ambigüedad en cualquiera de los tres grupos.

Para ilustrar el patrón de adaptación de las especies del Grupo B, la Figura 1A muestra la distribución de las frecuencias de valores de pH del suelo en los sitios de recolección original de una porción importante (119 accesiones) de la colección de *C. macrocarpum*. La mayoría de estas accesiones pertenece a un grupo especialmente promisorio que tiene una distribución geográfica bien definida: son ecotipos de baja altitud provenientes del norte de América del Sur (Schultze-Kraft, 1986). El rango de pH es muy amplio y el 69% de las accesiones proviene de suelos ácidos a muy ácidos. El resto se extiende a los hábitat con un pH del suelo mayor que 5.5 (Figura 1A). El mismo amplio rango de pH y una distribución similar de frecuencias se pueden observar en 102 accesiones de *C. macrocarpum* tolerantes a suelos ácidos (Figura 1B), las cuales

Digitized by Google

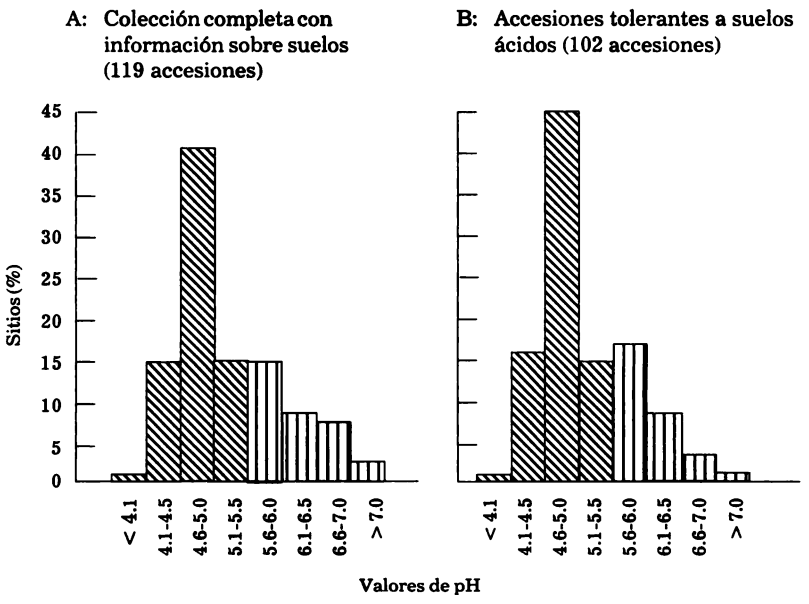


Figura 1. Distribución de la frecuencia del pH del suelo en los sitios originales de recolección de *Centrosema macrocarpum*.

mostraron un crecimiento vigoroso en el Ultisol muy ácido, altamente saturado de Al, de la estación experimental CIAT-Quilichao, en Colombia. De estas accesiones, el 27% proviene de suelos con un pH mayor que 5.5 y, en consecuencia, sin estrés de Al. Por lo tanto, para *C. macrocarpum*, el mayor pH del suelo en el sitio original de recolección no significa necesariamente falta de adaptación a suelos ácidos.

Evaluación del potencial agronómico: resumen

Además de la adaptación al suelo, se deben considerar otras características importantes de las plantas al evaluar el potencial agronómico de una leguminosa forrajera. Tales características son materia seca y potencial de producción de semilla, tolerancia a los estreses bióticos como plagas de insectos y enfermedades, comportamiento durante la estación seca, capacidad fijadora de nitrógeno, valor nutritivo, competitividad con las gramíneas, y otros caracteres relacionados con la persistencia de las plantas.

Digitized by Google

Las especies de *Centrosema* tolerantes a suelos ácidos se pueden clasificar según su potencial agronómico, conocido o sospechado, del siguiente modo:

Potencial agronómico conocido:

Alto	Intermedio	Bajo
C. acutifolium	*C. arenarium*	*C. bracteosum*
C. brasilianum	*C. brachypodum*	*C. venosum*
C. macrocarpum	*C. pubescens*	

Potencial agronómico desconocido, que es probablemente:

Intermedio a alto	Intermedio a bajo
C. capitatum	*C. angustifolium*
C. grazielae	*C. bifidum*
C. schiedeanum	*C. carajasense*
C. tetragonolobum	*C. coriaceum*
	Centrosema sp. n. No. 4

En su mayor parte, esta evaluación se basa en una labor de 9 años de introducción de plantas y de evaluación preliminar, llevado a cabo en un Ultisol de pH 4.1 y con una saturación de Al del 89% en la estación experimental CIAT-Quilichao, en Santander de Quilichao, Cauca, Colombia (CIAT, 1978 a 1987; Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985). La clasificación de algunas especies se basó en observaciones de sólo unas pocas accesiones, y puede ser una generalización inadecuada. El esquema se debe considerar, en consecuencia, como preliminar.

El germoplasma de *Centrosema* tolerante a suelos ácidos que se menciona en la p. 119 se subdivide en aquellas especies cuyo potencial agronómico se puede determinar con seguridad mediante experimentos de evaluación sistemática (*C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. arenarium*, *C. brachypodum*, *C. pubescens*, *C. bracteosum* y *C. venosum*); y aquéllas cuyo potencial es todavía desconocido pero que permiten hacer una suposición preliminar basada en algunas observaciones hechas a nivel de jardín de introducción: *C. capitatum*, *C. grazielae*, *C. schiedeanum*, *C. tetragonolobum*, *C. angustifolium*, *C. bifidum*, *C. carajasense*, *C. coriaceum* y *Centrosema* sp. n. No. 4.

Digitized by Google

El primer grupo se subdivide en tres, según el nivel conocido de potencial agronómico. Las especies con **alto potencial** son *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum*, y se tratarán brevemente en la próxima sección. Una característica especialmente positiva, común a estas especies, es su amplia adaptabilidad; en muchos sitios elegidos para pruebas regionales en América tropical han demostrado un comportamiento sobresaliente (Pizarro, 1986). También se han obtenido resultados alentadores con ellas en el sudeste asiático y en Africa tropical (Humphreys et al., esta obra; Lazier y Clatworthy, esta obra), aunque la prueba de estas especies se halla apenas en su fase inicial. Las especies con **potencial intermedio** son *C. arenarium*, *C. brachypodum* y *C. pubescens*, y aquéllas con **potencial bajo** son *C. bracteosum* y *C. venosum*.

Especies con alto potencial

Centrosema acutifolium. En publicaciones anteriores a 1987, como la de Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985), se referían a esta especie como a una especie nueva: "*Centrosema* sp. n.". Fue identificada recientemente por R. J. Williams y R. J. Clements, de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia, y se considera una leguminosa de pastura, muy promisoria para una amplia variedad de condiciones ecológicas (Dias Filho y Serrão, 1985; Pizarro, 1986; Thomas y Grof, 1986). Los resultados de experimentos de producción animal en los Llanos Orientales colombianos muestran altas ganancias de peso animal, junto con buena persistencia de la leguminosa en las pasturas de *Andropogon gayanus-C. acutifolium* (CIAT, 1987). Actualmente el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) está considerando la liberación de la accesión CIAT 5277 como cultivar en Colombia (P. Mendoza, comunicación personal).[1]

Bajos requerimientos nutricionales, hábito de crecimiento estolonífero, alto valor nutritivo, buen comportamiento en la estación seca, y buen potencial de producción de semilla son las características sobresalientes de las accesiones de *C. acutifolium* que han llegado a las etapas avanzadas de evaluación (CIAT, 1982, 1985 y 1987; Grof, 1986). Las enfermedades como el añublo

1. **Nota del editor**: CIAT 5277 fue liberado por el ICA el 9 de octubre de 1987 como el cultivar Vichada.

Digitized by Google

bacteriano, causado por *Pseudomonas*, y el añublo foliar, por *Rhizoctonia* (AFR), son las principales limitaciones al uso de *C. acutifolium* (Lenné et al., 1985).

Una evaluación preliminar llevada a cabo recientemente en la estación de CIAT-Quilichao, en Colombia, con materiales de una colección de germoplasma—pequeño hasta ese entonces—mostró claras diferencias entre el grupo de nueve accesiones de la región del Orinoco (var. "*orinocense*"), y las 19 accesiones originarias del centro de Brasil (var. "*matogrossense*"). En condiciones experimentales, las accesiones del último grupo florecieron siempre más temprano y presentaron un menor valor nutritivo en términos de contenido de proteína y digestibilidad in vitro de la materia seca (Schultze-Kraft et al., 1987).

Centrosema brasilianum. Partiendo de evaluaciones agronómicas bajo corte, así como de resultados de experimentos de producción animal, esta especie se considera promisoria en una amplia variedad de condiciones ecológicas (CIAT, 1987; Pizarro, 1986; Thomas y Grof, 1986). Entre sus caracteres especialmente valiosos se cuentan los bajos requerimientos de nutrimentos minerales (CIAT, 1981), el alto potencial de producción de semilla (CIAT, 1985) y un alto valor nutritivo; éste, combinado con el comportamiento sobresaliente de la leguminosa durante la estación seca, contribuye significativamente a la producción animal (CIAT, 1987). Las enfermedades, especialmente el AFR, son la principal limitación (Lenné et al., 1985) y restringen el uso de esta especie a los ambientes menos húmedos. Se ha reunido una colección de germoplasma de cerca de 200 accesiones, que contiene una variación considerable en varios caracteres de la planta, incluyendo tolerancia al AFR (Belalcázar y Schultze-Kraft, 1986; Schultze-Kraft y Belalcázar, 1988).

Centrosema macrocarpum. En general, *C. macrocarpum* también se considera promisoria para una amplia variedad de condiciones ecológicas en las zonas tropicales (Pizarro, 1986). Su vigoroso crecimiento y excelente comportamiento durante la estación seca (CIAT, 1987; Dias Filho y Serrão, 1985; Duque y Vargas, 1985; Thomas y Grof, 1986), su alto valor nutritivo (CIAT, 1987) y su tolerancia a las enfermedades (Lenné et al., 1985) se consideran características especialmente valiosas. Las principales limitaciones son la escasez de floración y de formación de semilla

Digitized by Google

en algunas localidades (Argel et al., esta obra; Thomas y Grof, 1986) y una falta de persistencia, bajo pastoreo, de algunas de las accesiones de floración temprana y no estoloníferas, especialmente cuando se asocian con gramíneas muy competitivas como *Andropogon gayanus* (da Veiga y Serrão, 1986; Thomas y Grof, 1986). El fotoperíodo afecta la floración (Schultze-Kraft, 1986), y la formación de semilla depende de que las flores sean visitadas por abejorros (Escobar et al., 1985).

La colección de germoplasma, que contiene más de 300 accesiones, representa a cinco grupos distintos, cada uno con una distribución geográfica bien definida. De éstos, los ecotipos de tierras bajas del norte de América del Sur tienen un potencial bastante alto para suelos ácidos. Varían considerablemente en precocidad, producción de materia seca (MS), potencial de producción de semilla, y hábito de crecimiento estolonífero (Keller-Grein, 1984; R. Schultze-Kraft, información no publicada). Cuando se cultivan en el Ultisol de Quilichao, la producción de MS de las accesiones de alto rendimiento de este grupo no es afectada por el grado de acidez del suelo en el sitio de recolección original (Schultze-Kraft et al., 1985; Figura 1).

Especies con potencial intermedio

Centrosema pubescens. Esta especie, que es la más común, se ha investigado bien y de ella se ha recogido el mayor número de accesiones de germoplasma. Se la considera, en general, intolerante a suelos ácidos, especialmente sus variedades comerciales (Clements et al., 1983; Hutton, 1983). Sin embargo, los resultados experimentales documentados que muestran el deficiente comportamiento de los materiales comerciales de *C. pubescens* en suelos ácidos son escasos y se limitan a los datos presentados por Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985). No obstante, las líneas comerciales de *C. pubescens*, aunque se han probado ampliamente en Oxisoles y Ultisoles en América tropical, no han tenido un impacto considerable y han suscitado especulaciones acerca de su falta de tolerancia a suelos ácidos, la cual se considera una razón de su fracaso.

Se han realizado algunas evaluaciones sistemáticas con líneas no comerciales de *C. pubescens*. Varias docenas de accesiones de germoplasma han sido evaluadas por su adaptación a suelos ácidos

Digitized by Google

en condiciones de invernadero y de campo durante el período 1978-1981 (CIAT, 1984b; Hutton, 1983; Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985). Este trabajo dio lugar a la identificación de una serie de accesiones tolerantes a suelos ácidos, como CIAT 5126, 5172 y 5189. En los años siguientes se sometieron a pruebas regionales en los trópicos americanos junto con la accesión híbrida CIAT 438 (Grof, 1982) que se mostró promisoria en un Ultisol ácido de Colombia en pruebas de pastoreo (Ramírez, 1983). Los informes regionales (Pizarro, 1986) indican, aunque de modo variable, que estas accesiones tienen potencial para sitios de suelos ácidos, pero en ambientes tropicales húmedos y no en ecosistemas de sabana. La susceptibilidad a las enfermedades, especialmente a la mancha foliar de *Cercospora* y a la antracnosis, es la principal limitación de estas accesiones.

En un grupo de menos de 75 accesiones evaluadas en las pruebas de 1978-1981, se halló considerable variación en su tolerancia a suelos ácidos. Dicha variación justifica una evaluación más intensa en la colección disponible de *C. pubescens* la cual, sólo en CIAT, comprende cerca de 600 accesiones.

Centrosema arenarium y *C. brachypodum*. Estas dos especies están tan estrechamente relacionadas taxonómicamente, que a veces son consideradas—por ejemplo, por Barbosa-Fevereiro (1977)—como una sola especie, o sea, como *C. arenarium*. Prescindiendo de los detalles morfológicos menores que tienen importancia sólo para el taxónomo, hay diferencias macromorfológicas y fisiológicas tan llamativas entre ambos grupos de plantas que el agrónomo no puede menos de considerarlos diferentes; para llegar, por tanto, a un mejor entendimiento entre los científicos, estos grupos requieren nombres diferentes. Mientras *C. arenarium* presenta, a latitudes de 3° a 4° N, un alto potencial de producción de semilla y un hábito de crecimiento erecto, arbustivo, y con un polimorfismo conspicuo de los folíolos dentro de la misma planta, la mayoría de los ecotipos de *C. brachypodum* tienen una capacidad extremadamente baja de producción de semilla a pesar de la profusa floración de algunas de las accesiones; su hábito de crecimiento es rastrero-trepador y, en algunos ecotipos, notablemente estolonífero.

Sólo dos accesiones de germoplasma de *C. arenarium* están disponibles y éstas tienen buena tolerancia a suelos ácidos (CIAT,

Digitized by Google

1986). Se informó que una de ellas manifestaba un extraordinario vigor en el Ultisol de Quilichao (Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985) pero era de baja palatabilidad (Keller-Grein, 1984). La colección de *C. brachypodum*, que consta de sólo 10 accesiones, tiene también una base genética inadecuada. Contiene, sin embargo, una variación muy amplia en tamaño y forma de la hoja, en el tiempo de floración y en el crecimiento en un suelo ácido (R. Schultze-Kraft, información no publicada). La principal limitación que tiene en cercanías del ecuador es su extremadamente bajo potencial de producción de semilla. Ni el germoplasma aún no probado de *C. arenarium*, que es tolerante a suelos ácidos, ni el de *C. brachypodum* parecen estar gravemente afectados por enfermedades.

Especies con bajo potencial

Estas son *C. bracteosum* y *C. venosum*, dos típicos representantes de la vegetación herbácea, sujeta a la quema, de la sabana. Tienen un potencial de producción de MS muy bajo, y parece imposible cultivarlas fuera de su hábitat nativo. Su excelente adaptación a suelos ácidos, extremadamente pobres y arenosos, y su resistencia a las quemas mediante su regeneración por semilla anficárpica y por raíces tuberosas son caracteres positivos que pueden resultar valiosos en programas de hibridación interespecífica.

Especies con potencial desconocido

Centrosema capitatum. Esta especie está estrechamente relacionada con *C. pubescens* y *C. macrocarpum*, pero su potencial agronómico es virtualmente desconocido. Sólo se dispone de tres accesiones, pero no crecen bien en la estación experimental CIAT-Quilichao, siendo susceptibles al añublo bacteriano causado por *Pseudomonas*.

Centrosema grazielae. Hasta que recientes estudios taxonómicos despejaron ciertas dudas (Williams y Clements, esta obra) sobre su identidad, en las pocas ocasiones en que esta especie se usó experimentalmente se la denominó *C. acutifolium*, como hizo, por ejemplo, Hutton (1983). Muy poco se sabe sobre su potencial, pero su presencia en los hábitat de sabana con Oxisoles

Digitized by Google

sugiere que se adapta a suelos ácidos. Sin embargo, ninguna de las accesiones probadas hasta ahora se considera especialmente tolerante a suelos ácidos (CIAT, 1984b; Hutton, 1983). Una característica especialmente valiosa de *C. grazielae* es la anficarpia, o sea, la capacidad de formar frutos tanto subterráneos como aéreos y la capacidad de producir frutos en pedúnculos cortos en la superficie del suelo. Su bajo potencial de producción de MS es su principal limitación. La actual colección comprende cerca de 50 accesiones de Brasil, Colombia y Venezuela. Se justifica una evaluación sistemática del potencial agronómico de esta especie.

Centrosema schiedeanum. Lo que se sabe acerca del potencial agronómico de esta especie no ha cambiado desde el breve resumen presentado por Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985). Sin embargo, la colección de germoplasma de esta especie ha aumentado y ahora comprende 36 accesiones. Estas comprenden ecotipos no tolerantes a suelos ácidos (todos los materiales mexicanos), así como germoplasma tolerante a esta limitación. La colección de material tolerante a suelos ácidos está compuesta por dos grupos de ecotipos morfológicamente distintos: el de Costa Rica y Panamá, y el de los Llanos colombianos. Esta colección también debe evaluarse agronómicamente para aclarar el potencial de *C. schiedeanum* en suelos ácidos.

Centrosema tetragonolobum. Esta nueva especie, recientemente descrita, está estrechamente relacionada con *C. brasilianum.* Sus características sobresalientes son su frondosidad, su vigoroso crecimiento en el Ultisol de Quilichao, y la tolerancia a *Rhizoctonia.*

Centrosema angustifolium. La muy baja producción de MS es la principal limitación de esta especie. Su potencial puede ser mayor en suelos mal drenados que en suelos con buen drenaje.

Centrosema bifidum y *C. coriaceum.* El potencial forrajero de estas especies parece estar seriamente limitado por su falta de frondosidad, sus hojas muy coriáceas y su desfavorable hábito de crecimiento, que no es rastrero.

Centrosema carajasense. Esta especie es muy tolerante a la sombra, una característica compartida con *C. fasciculatum* y *C. sagittatum*, las otras dos especies unifolioladas de *Centrosema*,

Digitized by Google

que no toleran suelos ácidos. El potencial de *C. carajasense* parece estar limitado por su escasa producción de MS y especialmente por su baja producción de semilla.

Centrosema **sp. n. No. 4.** Esta especie tiene un hábito de crecimiento más rastrero que trepador y es mediana productora de MS. Sus principales limitaciones son el bajo potencial de producción de semilla y la falta de tolerancia a la sequía.

Aunque no han sido incluidas en la lista de especies de *Centrosema* tolerantes a suelos ácidos, *C. pascuorum*, *C. plumieri*, *C. rotundifolium*, *C. sagittatum* y *C. triquetrum* pueden tener algún potencial para ciertos nichos ecológicos de suelos ácidos, que no sean demasiado marginales.

Naturaleza de la Adaptación de *Centrosema* a Suelos Acidos

Prácticamente no se sabe nada acerca de la naturaleza de la adaptación de *Centrosema* a suelos ácidos, lo que constituye una brecha seria en los conocimientos de ese género. Un primer paso para superar esta limitación debe ser identificar y comprender cuáles de los factores asociados con los suelos ácidos—como el bajo pH en sí mismo, las altas concentraciones de Al y Mn, y las deficiencias de Ca, Mg y micronutrimentos—son responsables del escaso crecimiento de las plantas. La investigación realizada hasta ahora sobre nutrición mineral y rizobiología se discute en los trabajos de Salinas et al. (esta obra) y de Sylvester-Bradley et al. (esta obra).

Ahora bien, la identificación y la comprensión de dichos factores es una tarea muy compleja a causa de las interacciones entre ellos, y de la poca correlación que se obtiene con frecuencia entre los resultados de los experimentos hechos en macetas y las pruebas de campo. Por ejemplo, Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985) informaron, basados en sus pruebas de campo en un Ultisol muy ácido y altamente saturado de Al de Quilichao, que la accesión comercial australiana de *Centrosema pubescens* (accesión CIAT 413) tuvo un mal desarrollo, en tanto que el híbrido *C. pubescens* CIAT 438 se desarrolló bien. En pruebas de macetas con un Oxisol muy ácido altamente saturado de Al de Carimagua, CIAT 438 se

Digitized by Google

desarrolló sólo después de recibir abundantes aplicaciones de cal (Grof et al., 1979). CIAT 413, sin embargo, tuvo un buen crecimiento, sin adición de cal, comparable al de otras accesiones de *C. pubescens* tolerantes a suelos ácidos, como CIAT 5126 y 5189 (Useche y Schultze-Kraft, 1984). Ninguna de estas accesiones tiene un desarrollo aceptable en las condiciones de campo de Carimagua (Grof et al., esta obra).

En estudios recientes se enfatizó la importancia de la eficiente absorción de Ca en *C. macrocarpum* y en sus híbridos con *C. pubescens* (Hutton, 1985). En realidad, se han hallado con frecuencia altas concentraciones de Ca, combinadas con altos rendimientos de MS, en plantas de *C. macrocarpum* que crecían en condiciones de campo en el Ultisol muy ácido, deficiente en Ca, de Quilichao (Schultze-Kraft et al., 1985). Esto apoya la hipótesis de que la absorción eficiente de Ca contribuye, en gran medida, a la tolerancia a suelos ácidos que presenta esta especie.

Prioridades de Investigación

Recolección de germoplasma

Quizás no sea posible aumentar el número de especies de *Centrosema* tolerantes a suelos ácidos. Considerando, sin embargo, la variación intraespecífica, y exceptuando tal vez a *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y a *C. pubescens*, la mayoría de las especies están mal representadas en el germoplasma disponible. Se necesita más recolección y una evaluación sistemática de estas especies.

Naturaleza de la tolerancia a suelos ácidos

Es necesario comprender mejor cuáles de las propiedades químicas del suelo asociadas con los bajos valores de pH limitan el crecimiento de *Centrosema*. Una vez separados los efectos individuales, que pueden diferir según la especie, se debe estudiar el mecanismo de tolerancia a suelos ácidos, a fin de desarrollar métodos de evaluación más eficientes y obtener una mejor caracterización del germoplasma evaluado.

Digitized by Google

Referencias

Barbosa-Fevereiro, V. P. 1977. *Centrosema* (A. P. de Candolle) Bentham do Brasil—Leguminosae—Faboideae. Rodriguésia 29(42):159-219.

Belalcázar, J. y Schultze-Kraft, R. 1986. *Centrosema brasilianum* (L.) Benth.: descripción de la especie y evaluación agronómica de siete ecotipos. Pasturas Tropicales Bol. 8(3):14-19.

Blair, G. J.; Orchard, P. W.; y McCaskill, M. 1986. Soil and climatic constraints to forage production. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asia and South Pacific agriculture; Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, August 1985. ACIAR proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 29-35.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Programa de Ganado de Carne. En: Informe anual 1977. Cali, Colombia. p. A-1 a A-124.

_____. 1979. Programa de Ganado de Carne. En: Informe anual 1978. Cali, Colombia. p. B-1 a B-188.

_____. 1980. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales 1979. Serie CIAT no. 02STP1-79. Cali, Colombia. 186 p.

_____. 1981. Programa de Pastos Tropicales: Informe 1980. Serie CIAT no. 02STP2-81. Cali, Colombia. 138 p.

_____. 1982. Informe anual: Programa de Pastos Tropicales 1981. Serie CIAT 02STP(2)82. Cali, Colombia. 302 p.

_____. 1984a. Programa de Pastos Tropicales: Informe anual 1982. Cali, Colombia. 362 p.

_____. [1984]b. Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 387 p.

_____. [1985]. Informe anual 1984: Programa de Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 5. Cali, Colombia. 279 p.

_____. 1986. Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. 408 p.

Digitized by Google

_____ . 1987. Informe anual 1986: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 24. Cali, Colombia. 348 p.

Clements, R. J.; Williams, R. J.; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

Cochrane, T. T.; Salinas, J. G.; y Sánchez, P. A. 1980. An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminium tolerance. Trop. Agric. (Trinidad) 57(2):133-140.

_____ ; Sánchez, L. G.; de Azevedo, L. Guimarães; Porras, J. A.; y Garver, C. L. 1985. La tierra en América tropical: Una guía del clima, el paisaje y los suelos para los agrónomos de la Amazonia, el piedemonte andino, la región central de Brasil, y el Orinoco. 3 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC), Planaltina, DF, Brasil. Vol. 1, 144 p. (Publicado en inglés, español y portugués.)

da Veiga, J. B. y Serrão, E. A. S. [1986]. Consorciação de *Andropogon gayanus* com *Centrosema macrocarpum* e quatro centrosemas sob pastejo, em Paragominas, Pará, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985. 3a. reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 1073-1077.

Dias Filho, M. B. y Serrão, E. A. S. 1985. Avaliação da adaptação de leguminosas forrageiras tropicais na Amazônia oriental brasileira. En: Memorias del primer simpósio do trópico úmido, Belém, 1984, Resúmenes. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (EMBRAPA-CPATU), Belém, PA, Brasil. p. 318.

Duque, O. y Vargas, E. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en El Ejido, Los Santos-Panamá. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985. 3a. reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 633-634.

Digitized by Google

Escobar, G.; Schultze-Kraft, R.; y González, R. 1985. Aspectos coevolutivos en la polinización de *Centrosema macrocarpum* Benth. (Leguminosae, Fabaceae). Trabajo presentado en el XII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología SOCOLEN, julio 1985, Medellín, Colombia.

Grof, B. 1982. Breeding *Centrosema pubescens* in tropical South America. Trop. Grassl. 16(2):80-83.

_____ . 1986. Forage potential of some *Centrosema* species in the Llanos Orientales of Colombia. Trop. Grassl. 20(3):107-112.

_____ ; Schultze-Kraft, R.; y Müller, F. 1979. *Stylosanthes capitata* Vog., some agronomic attributes, and resistance to anthracnose (*Colletotrichum gloeosporioides* Penz.). Trop. Grassl. 13(1):28-37.

Hutton, E. M. 1983. Breeding *Centrosema pubescens* better adapted to the acid infertile soils of South America. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 215-218.

_____ . 1985. *Centrosema* breeding for acid tropical soils, with emphasis on efficient Ca absorption. Trop. Agric. (Trinidad) 62(4):273-280.

Keller-Grein, G. 1984. Untersuchungen über die Eignung von Herkünften verschiedener wenig bekannter Leguminosenarten als Weidepflanzen für südamerikanische Savannengebiete. Tesis (Dr. sc. agr.). Göttinger Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, Heft 5, 236 p. (Resúmenes en inglés y en español.)

Lenné, J. M.; Pizarro, E. A.; y Toledo, J. M. 1985. Importance of diseases as constraints to pasture legume adaptation in the tropical American lowlands. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 810-812.

Pizarro, E. A. (ed.). [1986]. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985. 3a. reunión de la RIEPT, octubre 1985, 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 1228 p.

Ramírez, A. 1983. Mejores rendimientos en carne con andropogon asociado. Pastos Trop. Bol. Inf. 5(3):5-7.

Digitized by Google

Sánchez, P. A. y Salinas, J. G. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. Adv. Agron. 34:279-406.

Schultze-Kraft, R. 1985. Development of an international collection of tropical forage germplasm for acid soils. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 109-111.

_____ . 1986. Natural distribution and germplasm collection of the tropical pasture legume *Centrosema macrocarpum* Benth. Angew. Bot. 60(5-6):407-419.

_____ ; Arenas, J. A.; Franco, M. A.; Belalcázar, J.; y Ortiz, J. 1986. La colección de *Centrosema* de CIAT. Datos de pasaporte básicos y distribución geográfica del germoplasma en la colección de CIAT. Documento interno del Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 232 p.

_____ y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.

_____ ; Benavides, G.; y Arias, A. 1987. Recolección de germoplasma y evaluación preliminar de *Centrosema acutifolium*. Pasturas Tropicales. Bol. 9(1):13-20.

_____ y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

_____ ; _____ ; Belalcázar, J.; y Benavides, G. 1985. *Centrosema macrocarpum* Benth., a promising tropical forage legume for acid soils. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 152-154.

Stace, H. M. y Edye, L. A. (eds.). 1984. The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, Sydney, N.S.W., Australia. 636 p.

Thomas, D. y Grof, B. 1986. Some pasture species for the tropical savannas of South America; II: Species of *Centrosema*, *Desmodium* and *Zornia*. Herbage Abstr. 56:512-525.

Useche, A. y Schultze-Kraft, R. 1984. Tolerancia a la acidez del suelo y requerimientos de calcio de 15 variedades de *Centrosema* bajo condiciones de invernadero. Acta Agron. (Palmira) 34(1):32-38.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 135-170). 1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.). CIAT, Cali, Colombia.*

Capítulo 5

Nutrición Mineral de *Centrosema*

J. G. Salinas, P. C. Kerridge y R. M. Schunke*

Resumen

Se ha estudiado bien la nutrición de *Centrosema pubescens* (centro) y sólo recientemente se han hecho estudios sobre otras especies. Centro común es menos tolerante a la acidez del suelo que otras líneas de *C. pubescens*, mientras que las líneas de *C. macrocarpum*, *C. acutifolium* y *C. brasilianum* muestran la más alta tolerancia, y *C. pascuorum* y *C. schottii* la más baja. En algunas especies, la absorción eficiente de Ca por las raíces se relaciona con el vigor y la persistencia de la especie en suelos ácidos.

Se han obtenido respuestas de rendimiento con aplicaciones de 20 a 100 kg/ha de P. Además, la absorción del P mejora considerablemente por la acción de las micorrizas vesículo-arbusculares. El requerimiento interno de P es del 0.14% al 0.18%. En suelos con menos de 0.2 meq de K intercambiable por 100 g de suelo y menos de 8 ppm de S extractable por fosfato, se sugieren aplicaciones de 30 a 50 kg/ha de K y de 20 a 30 kg/ha de S. Se han obtenido también respuestas al Mo, al Zn y al Cu.

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Bolivia); Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia (actualmente en CIAT, Cali, Colombia); y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Campo Grande, MS, Brasil, respectivamente.

Digitized by Google

Especies de *Centrosema* adaptadas a suelos ácidos de baja fertilidad se han establecido con aplicaciones en franjas de 20 kg/ha de P, 100 kg/ha de Ca, 30 kg/ha de K y 20 kg/ha de S. La aplicación de fertilizantes en franjas y el uso de roca fosfórica, de S elemental o de otros fertilizantes baratos tienen una gran importancia práctica.

Se necesita investigar el mecanismo de tolerancia a suelos ácidos, la eficiencia de extracción de P y Mo del suelo, y los requerimientos de fertilización de mantenimiento de las asociaciones de especies de *Centrosema* con gramíneas.

Introducción

Los requerimientos de nutrimentos minerales se pueden considerar en función de la demanda nutricional de la planta y de la capacidad del suelo para responder a esta demanda. Por tanto, idealmente, los requerimientos nutricionales se pueden expresar como índices nutricionales internos y externos. Sin embargo, como estos índices son afectados por muchos factores y, en muchos casos, son difíciles de medir con precisión, los requerimientos nutricionales se expresan a menudo partiendo de medidas más empíricas de fertilidad del suelo o en términos de una respuesta comparativa.

La mayor parte de la información sobre la nutrición de especies de *Centrosema* se refiere a líneas comerciales de *C. pubescens* o de centro común. Recientemente se hicieron selecciones de otras especies de *Centrosema* para extender el uso de esta leguminosa a los Oxisoles y Ultisoles altamente meteorizados (Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985; Schultze-Kraft et al., 1985) y a zonas semiáridas (Clements et al., 1984). Se han realizado algunos estudios nutricionales sobre estas especies (CIAT, 1981, 1982, 1984, 1985 y 1987; Clements et al., 1983; Useche y Schultze-Kraft, 1984; R. M. Schunke, D. G. Edwards y C. J. Asher, información no publicada; W. H. Winter, información no publicada).

En este capítulo se revisan las principales limitaciones nutricionales de los suelos con respecto a *Centrosema*, los requerimientos comparativos dentro de las especies de *Centrosema* y entre ellas, los métodos más apropiados para diagnosticar los requerimientos nutricionales, las estrategias de fertilización y el

Digitized by Google

modo como éstas afectan la producción y la persistencia, y las prioridades de investigación.

Requerimientos y Limitaciones de Nutrimentos Minerales

La diferencia entre una planta y otra, en cuanto a los requerimientos internos de nutrimentos esenciales, no es generalmente muy grande cuando las plantas tienen tasas similares de crecimiento. Hay diferencias más grandes en la capacidad de las plantas para extraer nutrimentos del suelo y para regular la absorción de elementos necesarios o tóxicos. Por otra parte, el ecosistema de la rizosfera afecta estas interacciones del suelo y de la raíz.

Los nutrimentos están concentrados en la capa superfical del suelo; por ello, casi todos los estudios se concentran en las relaciones entre la disponibilidad de nutrimentos en esta capa superficial y el crecimiento de las plantas. Sin embargo, las raíces de algunas plantas logran penetrar en capas más profundas del suelo y pueden por tanto competir mejor por el agua y los nutrimentos.

En áreas a las cuales las especies de *Centrosema* están adaptadas, su respuesta más común a las enmiendas del suelo y a los fertilizantes se relaciona con la acidez del suelo (el pH bajo, las deficiencias de Ca, Mg y Mo, y la toxicidad del Al y del Mn), con P, S, K, y con los micronutrientes Cu y Zn.

Acidez del suelo: pH, Ca, Mg, Al y Mn

Los suelos ácidos tienen un pH bajo (< 5.3), deficiencias de Ca, Mg y Mo, causan toxicidad a la planta por el Al y el Mn, y generalmente su contenido de P es bajo. Estos factores afectan la supervivencia y el crecimiento de los rizobios, la nodulación, la fijación de N_2, y el crecimiento de la leguminosa hospedante. En este capítulo se tratan juntos el pH, el Ca, el Mg, el Al y el Mn porque están estrechamente relacionados, y porque el mejoramiento de la capa superficial no elimina sus efectos perjudiciales en el crecimiento de las raíces en el subsuelo.

Digitized by Google

pH. El efecto del pH como tal no se ha estudiado en *Centrosema*. Estudios realizados en otros géneros (Andrew, 1976), así como estudios sobre suelos en los cuales se han cultivado especies de *Centrosema* (CIAT, 1986; Schultze-Kraft et al., 1985), sugieren que las leguminosas tienen un buen crecimiento en el rango de pH 4.2-7.5. Sin embargo, la nodulación y la fijación de N_2 pueden verse afectadas por el pH en el rango de 4 a 6 (Andrew, 1976). Los suelos con un pH de 8.0 o mayor inducen deficiencia de Fe en *C. pubescens* (Gutteridge, 1978), pero no en *C. pascuorum* ni en *C. schottii* (P. C. Kerridge, información no publicada).

Calcio, magnesio y aluminio. El bajo contenido de Ca (Hutton, 1985; Spain et al., 1975) y el alto contenido de Al (CIAT, 1979; Hutton, 1983) afectan el crecimiento de varias especies de *Centrosema*. *Centrosema pubescens* común es menos tolerante a la acidez del suelo que otras líneas de *C. pubescens*. Las líneas de *C. macrocarpum* muestran la más alta tolerancia, y las líneas de *C. pascuorum* y *C. schottii* la más baja tolerancia (Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985) a este factor.

Los efectos individuales de la deficiencia de Ca y de la toxicidad de Al en la fijación de N_2 y en el crecimiento son difíciles de evaluar en plantas cultivadas en el suelo, aunque se pueden usar suelos con bajo contenido de Ca y Al para examinar los efectos de la deficiencia de Ca sin que interfieran los efectos de la toxicidad del Al. En un estudio hecho con un suelo en estas condiciones, en que el pH era de 5.5 y había 0.1 meq de Ca intercambiable por 100 g de suelo, *C. pubescens* presentó buena nodulación y dio el 52% de su rendimiento potencial máximo; en cambio, *Stylosanthes guianensis* llegó al 64% y *Desmodium uncinatum* se quedó en el 26% de ese rendimiento (Cuadro 1).

La toxicidad del aluminio ha sido estudiada en cultivos desarrollados en solución (Murphy et al., 1984). *Centrosema pubescens* mostró la misma tolerancia que *S. guianensis* cv. Schofield. El crecimiento de las plantas no fue afectado a 125 μM de Al. El trabajo con *Stylosanthes* sugiere que el Al afecta la nodulación, aunque no la fijación una vez que se hayan formado los nódulos (de Carvalho et al., 1981). Las altas concentraciones de Al inhiben la reducción de acetileno en *C. pubescens* y *S. humilis*, pero no en *Macroptilium atropurpureum* (Ogata et al., 1985). Sin embargo, no se sabe si esto es efecto de las alteraciones de la

Digitized by Google

Cuadro 1. Efecto de la saturación de calcio y del pH en el rendimiento, la nodulación, y la concentración de Ca y N en *Desmodium uncinatum* (D), *Centrosema pubescens* (C) y *Stylosanthes guianensis* (S).

Sat. Ca (%)	pH	Rendimiento (g/maceta)			Peso de nódulos (g/maceta)			Ca (%)			N (%)		
		D	C	S	D	C	S	D	C	S	D	C	S
3	5.5	4.2	5.9	6.1	0.01	0.34	0.13	0.34	0.37	0.77	2.1	1.9	2.4
14	5.5	6.1	6.7	7.8	0.22	0.56	0.14	0.77	0.93	1.29	1.6	2.5	2.5
26	5.8	9.7	8.1	8.5	0.76	0.81	0.16	1.08	1.11	1.58	2.6	3.3	2.5
37	6.4	10.8	9.9	9.1	0.94	1.04	0.18	1.20	1.35	1.75	2.2	3.2	2.4

FUENTE: Andrew y Norris, 1961.

nodulación. Hutton (1983) observó que, en un suelo con bajo nivel de Ca y alto nivel de Al, había menos Al en la parte aérea de la especie más tolerante a suelos ácidos, *C. macrocarpum* (53 ppm), que en la de la especie menos tolerante, *C. pubescens* (198 ppm), y en la de la especie no tolerante, *C. virginianum* (764 ppm). Los altos niveles de Al también pueden reducir la disponibilidad y la absorción de P (Ayarza y Salinas, 1982).

En la mayoría de los suelos ácidos, tanto el bajo nivel de Ca como el alto nivel de Al pueden limitar el crecimiento, aunque aplicaciones de $CaCO_3$ pueden corregir ambas limitaciones. En un Oxisol de Carimagua (pH 4.3; 0.5 meq de Ca intercambiable por 100 g de suelo; 80% de saturación de Al), *C. pubescens* respondió mejor al $CaCO_3$ que *C. acutifolium* o *C. macrocarpum* (Cuadro 2). El pH (y por tanto el Al disponible) cambió muy poco con la adición de $CaCO_3$.

En otro estudio de campo hecho en Oxisoles y Ultisoles de Malaysia (pH 4.5-5.0; 1 meq de Ca intercambiable por 100 g de suelo; 60%-80% de saturación de Al), hubo considerables aumentos en el rendimiento de *C. pubescens* como respuesta a la aplicación de 400 a 500 kg/ha de $CaCO_3$ (Tham y Kerridge, 1982). En el suelo donde se aplicaron 2000 kg/ha de $CaCO_3$ también hubo respuesta, una vez corregida la deficiencia de Mo (Cuadro 3). Esto puede ser el resultado de la aplicación de cal que superó la toxicidad del Al o de una mejor fijación de N_2. Sin embargo, aun con la adición de 2000 kg/ha de $CaCO_3$, el pH del suelo y las concentraciones de Ca

Digitized by Google

Cuadro 2. Tasas de aplicación de $CaCO_3$ y concentración de Ca en la planta asociada con un 80% del rendimiento máximo de algunas leguminosas forrajeras, en un Oxisol de Carimagua, Colombia.

Especie	Accesión CIAT no.	$CaCO_3$ aplicado (kg/ha)	Rendimiento de MS (t/ha)		Concentración de Ca (%)	
			Estación lluviosa	Estación seca	Estación lluviosa	Estación seca
Centrosema acutifolium	5277	125	3.2	1.2	0.75	0.58
C. macrocarpum	5065	250	2.5	0.7	0.72	0.57
C. pubescens	5053	1000	2.0	0.6	0.90	0.74
Stylosanthes capitata	1315	150	6.0	1.1	0.73	0.53
Pueraria phaseoloides	9900	250	4.4	0.9	1.00	0.57
Desmodium ovalifolium	350	250	4.9	1.3	0.74	0.64

FUENTE: CIAT, 1982.

Cuadro 3. Efecto comparativo del $CaCO_3$ y del Mo en el rendimiento y la composición química de *Centrosema pubescens* y *Stylosanthes guianensis*, y del $CaCO_3$ en el pH del suelo (serie Rengam), en 1977, en Malaysia.

Variable evaluada	Tratamiento con Mo	*C. pubescens* (kg/ha de $CaCO_3$)			*S. guianensis* (kg/ha de $CaCO_3$)		
		0	500	2000	0	500	2000
Rendimiento (kg/ha)	-Mo	70	100	170	770	1260	1080
	+Mo	120	360	830	960	830	1000
N (%)	-Mo	2.4	2.5	2.8	2.6	2.7	2.6
	+Mo	3.2	3.5	3.6	2.9	2.8	2.7
Ca (%)[a]		0.43	0.52	0.69	1.16	1.38	1.78
pH del suelo[a] (0.01 $CaCl_2$)			4.0[b]		4.0[b]	4.3[b]	

a. Promedio de los tratamientos con Mo.
b. Promedios para *C. pubescens* y *S. guianensis* juntos (para 0, 500 y 2000 kg/ha de $CaCO_3$).

FUENTE: Tham y Kerridge, 1982.

Digitized by Google

en las plantas todavía eran bajas. Estos estudios sugieren que *C. pubescens* tiene un alto requerimiento de Ca.

Por su parte, Spain et al. (1975) obtuvieron una respuesta máxima de *C. pubescens* con sólo 150 kg/ha de Ca + Mg, en un suelo similar al usado en el estudio del CIAT en 1982. Sin embargo, la concentración de N de la planta permaneció baja, lo que sugiere una limitación continua en la fijación de N_2. Los requerimientos nutricionales se deben evaluar en presencia de un inoculante efectivo de *Rhizobium* (Figura 1). Los requerimientos de *Rhizobium* para *Centrosema* son más específicos que para muchas otras especies tropicales (Sylvester-Bradley et al., esta obra).

Con frecuencia, el encalado ha resultado beneficioso para el crecimiento de *C. pubescens* (Colozza y Werner, 1984; de França y de Carvalho, 1970; Döbereiner y Aronovich, 1966; Jones y de Freitas, 1970). *Centrosema pubescens* es menos tolerante a suelos

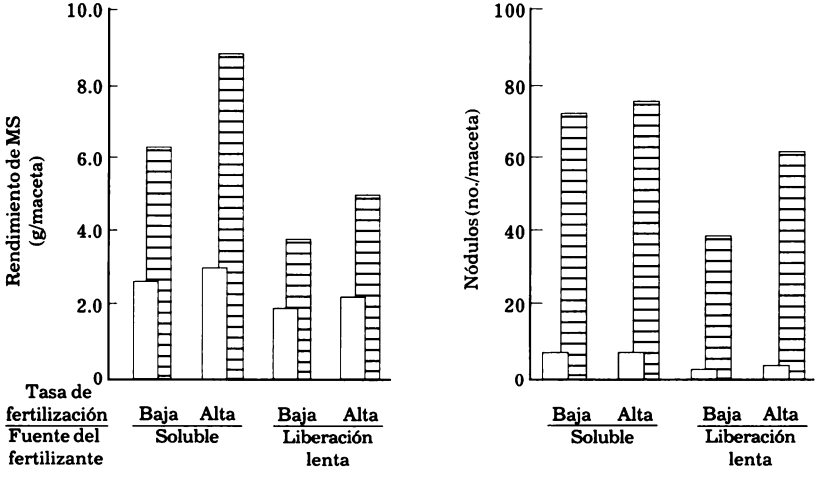


Figura 1. Efecto de la tasa de fertilización y de la solubilidad del fertilizante en el rendimiento y en el número de nódulos de *Centrosema macrocarpum* CIAT 5065, unas veces inoculada con *Rhizobium* y otras sin inocular. La tasa baja de fertilización (kg/ha) fue P = 20, K = 30, Ca = 100 y Mg = 38; la tasa alta (kg/ha) fue P = 50, K = 60, Ca = 500 y Mg = 75. Fertilización básica inicial con S, Zn, B y Mo en ambos tratamientos. Los fertilizantes de liberación lenta eran roca fosfórica, feldespato de K y serpentina de Mg. (▥ = inoculado; □ = sin inocular). (Adaptado de CIAT, 1985.)

Digitized by Google

ácidos que varias especies de *Stylosanthes*, pero más tolerante que *Neonotonia wightii*; existe además una variación considerable dentro de *C. pubescens* (EMBRAPA, 1981). Se han obtenido respuestas de rendimiento cuando *C. pubescens* se ha encalado con dosis considerablemente superiores a aquéllas requeridas para neutralizar el exceso de Al y proveer suficiente Ca (Snyder et al., 1978). Se han obtenido respuestas similares en varias leguminosas tropicales (Munns y Fox, 1977), probablemente porque el pH aumentó por encima del rango de 4-6 y no por el aumento del Ca (Andrew, 1976). Tanto el Ca como el pH afectan la nodulación y la fijación de N_2 (Cuadro 1). Las respuestas obtenidas en el campo con mayor aplicación de cal también podrían deberse parcialmente a un mayor movimiento de Ca hacia el subsuelo y del consiguiente alivio de la deficiencia de Ca en esta zona.

La eficiente absorción del Ca por las raíces se asocia con el vigor de *Centrosema* en los suelos ácidos (Hutton, 1985) y refleja probablemente la capacidad para superar la inhibición de la absorción de Ca causada por el Al. Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985) no hallaron relación entre el rendimiento de MS y la concentración de Ca en las hojas, pero sí hubo una relación entre el rendimiento y la concentración de P. Sin embargo, en este estudio de campo, las plantas no dependían de la fijación simbiótica del N_2 puesto que se aplicó N y había un alto contenido de materia orgánica en el suelo.

El magnesio puede limitar el crecimiento en suelos altamente meteorizados (Tham, 1976), aunque se han observado sólo unas pocas respuestas de campo. La ausencia de respuesta se debería a que el Mg está presente en muchos materiales usados para encalamiento. Se ha observado una interacción positiva entre el Mg y el S en *C. macrocarpum* y en *C. acutifolium* (CIAT, 1987). La deficiencia de magnesio reduce la concentración de N en *C. pubescens*, pero no afecta la nodulación (Andrew, 1977b).

Manganeso. *Centrosema pubescens* es más tolerante a altos niveles de Mn que *Stylosanthes humilis*, *Desmodium uncinatum*, *Neonotonia wightii*, *Macroptilium atropurpureum* y *Leucaena leucocephala* (Andrew y Hegarty, 1969; Souto y Döbereiner, 1969). En una solución nutritiva de flujo continuo, las concentraciones de Mn mayores que 1.7 μM fueron tóxicas para *Glycine max*, *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*, mientras que *C. pubescens* toleró hasta 42 μM (Asher y Edwards, 1978). Sin

Digitized by Google

embargo, aunque se han demostrado los efectos tóxicos del Mn en estudios con macetas (Döbereiner y Aronovich, 1966), se conocen pocos casos de toxicidad del Mn en condiciones de campo. En Quilichao, Colombia, en un suelo de alto contenido de Mn intercambiable (> 50 ppm) se obtuvieron menores rendimientos en *C. macrocarpum*, *C. brasilianum*, *C. acutifolium* y *C. pubescens*, que en un suelo de bajo contenido de Mn intercambiable (0 a 20 ppm) (CIAT, 1982).

Fósforo

Para *Centrosema*, una de las mayores limitaciones del suelo en las áreas tropicales es la deficiencia de P. Se han obtenido aumentos de rendimiento, en estudios con macetas y en pruebas de campo en una gran variedad de suelos, aplicando de 20 a 100 kg/ha de P (CIAT, 1985 y 1986; Javier y Marasigan, 1976; Kretschmer y Snyder, 1991; Snyder et al., 1978; Teitzel y Bruce, 1972; Werner y de Mattos, 1972). La cantidad de P necesaria para corregir una deficiencia de ese elemento varía con las características del suelo para la sorción del P.

Aunque las plantas absorben el P de una fuente común de P del suelo (Smith, 1983), hay diferencias entre las especies de *Centrosema* en cuanto a su capacidad para extraer y usar este fósforo. En una solución nutritiva fluyente, el requerimiento externo para el crecimiento de *C. pubescens* fue de 3.0 μM de P en comparación con 0.7 μM para *S. humilis* y 0.24 μM para *S. guianensis* (Chantkam et al., 1983). El requerimiento disminuyó con la edad; la máxima tasa relativa de crecimiento de *C. pubescens* entre las 6 y las 8 semanas de edad ocurrió a la concentración mínima usada de P: 0.6 μM. El poder de absorción de la raíz, o sea, la relación entre la tasa de absorción de nutrimentos y la concentración externa—en *C. pubescens*—fue la mitad del de *S. humilis*. Este, a la vez, fue la mitad del de *S. guianensis*, a una concentración externa de 0.6 μM de P (Chantkam et al., 1984). Sin embargo, la MS producida por unidad de P absorbido fue mayor en *C. pubescens* que en las dos especies de *Stylosanthes*. También se ha observado un efecto similar en la fijación de N_2: *C. pubescens* y *Desmodium heterophyllum* dieron mayor rendimiento de N por unidad de P absorbido que *Pueraria phaseoloides* o *S. guianensis*, para concentraciones de P inferiores al nivel crítico (Kerridge y Ratcliff, 1982).

Digitized by Google

Se ha estimado el requerimiento externo de P en el suelo observando la respuesta en rendimiento a diferentes concentraciones de solución de P del suelo, establecidas éstas según las mediciones de sorción de P. Las estimaciones obtenidas en diferentes experimentos fueron 1.5 μM para *C. pubescens*, 1.2 μM para *S. guianensis* (Moody y Standley, 1980) y 2.6 μM para *D. intortum* (Moody, 1979). Sin embargo, el requerimiento externo estimado de esta manera puede variar con la capacidad de sorción del suelo y con la edad de la planta.

Varios estudios comparativos hechos en suelo confirman que *C. pubescens* tiene un requerimiento mayor de P que *S. guianensis*, *P. phaseoloides* o *Desmodium ovalifolium* (Falade, 1973; Fenster y León, 1979; Kerridge y Ratcliff, 1982), y que ese requerimiento es similar al de *S. humilis* (Andrew y Robins, 1969a; Wilaipon, 1981).

El requerimiento de P de *C. pascuorum* CPI 55697 fue similar al de *S. hamata* y *Alysicarpus vaginalis* (Probert y McCown, 1985); hay además evidencia de que otras accesiones pueden tener un menor requerimiento de P (W. H. Winter, información no publicada). En Colombia, *C. macrocarpum* CIAT 5065 mostró un requerimiento de P menor que el de *C. pubescens* CIAT 5126 (CIAT, 1982), y se observó variación intraespecífica en *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* (Cuadro 4).

Se han obtenido datos de la respuesta al fósforo en varias especies y líneas de *Centrosema* (Cuadro 5, Figura 2). Las diferencias dentro de las especies, con respecto al requerimiento de P, se relacionaron con el rendimiento máximo (Cuadro 5). La capacidad de respuesta (el aumento de rendimiento a la aplicación de P) y la 'eficiencia' (el rendimiento a cero P) proporcionaron una división adicional de las accesiones (Figura 2). El término eficiencia, tal como se usa aquí, debe interpretarse con cuidado, ya que ésta se ve afectada por el tamaño de la semilla y, probablemente, por el contenido de P de la semilla; por lo tanto, las accesiones de *C. schottii*, que tienen semilla grande, dieron alto rendimiento a cero P. Además, no están bien adaptadas a suelos muy ácidos (Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985). La división arbitraria de la Figura 2 en cuatro cuadrantes destaca las diferencias entre las especies y dentro de ellas. Aunque hubo un amplio rango de respuesta dentro de *C. pubescens*, la eficiencia fue

Digitized by Google

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca (MS) de varias accesiones de tres especies de *Centrosema*, obtenido en el invernadero con tres tasas de P en un Oxisol arcilloso de Carimagua, Colombia. La aplicación basal (kg/ha) consistió en 100 de Ca, 30 de K, 20 de Mg y 20 de S.

Especie	Accesión CIAT no.	MS (g/maceta) si aplica P a tasas (kg/ha equiv./maceta):		
		0	20	40
C. macrocarpum	5452	2.16	5.80	6.40
	5713	2.03	6.53	7.13
C. acutifolium	5277	2.20	5.36	6.66
	5568	2.36	7.33	8.26
C. brasilianum	5810	1.73	3.73	6.43
	5671	1.53	6.93	7.56
	5234	2.26	5.86	7.46

FUENTE: CIAT, 1987.

baja. A su vez, las accesiones más eficientes de *C. pubescens* y *C. schottii* dieron una escasa respuesta.

La absorción de fósforo de *Centrosema* mejora enormemente por acción de las micorrizas vesículo-arbusculares (VA) en los suelos deficientes en P (Crush, 1974; Mosse et al., 1973; Saif, 1986). La actividad micorrízica puede ampliar la superficie de absorción y puede reducir el umbral requerido por *C. pubescens* para la absorción de P (Kretschmer y Snyder, 1991; Mosse et al., 1973). Esto resulta en una mayor nodulación y en mayor fijación de N_2 (CIAT, 1986; Mosse et al., 1976). Kretschmer y Snyder (1991) sugieren que se necesitan mayores tasas de P durante el establecimiento de la leguminosa, porque se requiere tiempo para que se desarrolle la micorriza. Aunque la infección natural con hongos de micorriza VA parece ser universal, hay ciertas situaciones de campo en que puede ocurrir una respuesta a la inoculación con hongos de micorriza (CIAT, 1985 y 1986).

El requerimiento interno de P que tiene *C. pubescens* para su rendimiento de MS va del 0.16% al 0.18% de P, medido en los brotes jóvenes (Andrew y Robins, 1969a y 1969b; CIAT, 1982; Jones et al., 1970), aunque la concentración de N continúe aumentando

Digitized by Google

Cuadro 5. Coeficientes[a] para los datos de respuesta al P en 24 accesiones de *Centrosema*, ajustados al modelo $y = a - be^{-cx}$, requerimiento de P para 80% del rendimiento máximo; y absorción de P a 40 kg/ha equivalente de P por maceta.

Especie	Accesión CPI no.[b]	a	b	c	P, requerimiento (kg/ha)	P, absorción (mg/maceta)
C. brasilianum	(1) 40065	13.6	11.0	0.026	53	11.7
	(2) 95520	14.5	10.9	0.036	37	14.4
	(3) 95544	13.5	9.2	0.031	40	12.8
	(4) 55698	16.4	11.6	0.023	55	14.6
C. pascuorum	(5) 55697	18.4	12.1	0.031	38	13.6
	(6) 65950	15.6	9.1	0.037	29	12.9
C. pubescens	(7) 95497	11.3	7.7	0.031	40	13.8
	(8) 95493	13.7	9.6	0.027	46	14.0
	(9) 95512	14.8	11.8	0.020	69	12.9
	(10) 95541	13.5	9.6	0.016	80	12.7
	(11) 58575	12.9	9.1	0.034	38	15.5
	(12) 43197	9.0	5.8	0.027	44	12.2
	(13) 46543	12.0	7.2	0.038	29	15.3
	(14) 79630	13.1	9.0	0.034	36	14.6
	(15) 95498	9.6	6.2	0.043	27	12.4
	(16) 95495	11.4	9.4	0.036	32	11.8
C. schottii	(17) 87954	14.4	8.9	0.050	23	17.6
	(18) 55705	14.3	6.8	0.042	21	14.3
	(19) 91975	17.1	11.4	0.024	50	16.8
	(20) 65967	16.6	10.1	0.032	34	15.8
C. virginianum	(21) 93065	12.9	8.9	0.031	40	12.3
	(22) 40057	11.6	6.7	0.037	29	14.0
	(23) 57979	14.7	11.5	0.032	43	14.6
	(24) 40556	15.3	9.9	0.027	43	15.9

a. $y = a - be^{-cx}$ se describe como y = rendimiento; x = fertilizante aplicado; a = rendimiento máximo; b = respuesta en rendimiento al fertilizante (así, a - b = respuesta a cero P); c = curvatura.

b. Los números entre paréntesis identifican las accesiones indicadas en la Figura 2.
CPI = Commonwealth Plant Introduction.

FUENTE: R. M. Schunke, D. G. Edwards y C. J. Asher, información no publicada.

Digitized by Google

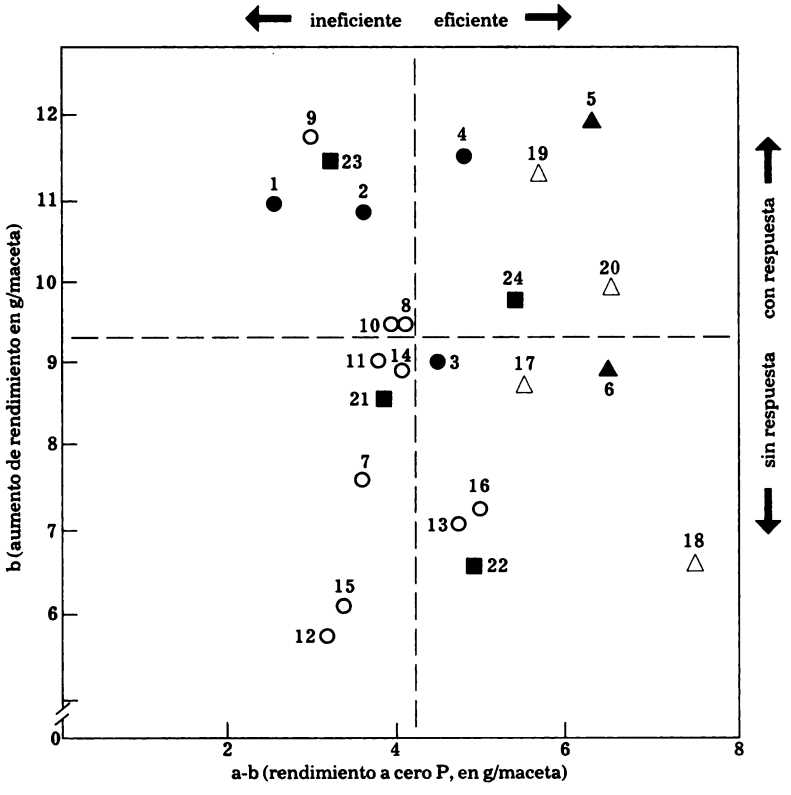


Figura 2. Diagrama de datos ajustados para medir la respuesta al fósforo de *Centrosema brasilianum* (●), *C. pascuorum* (▲), *C. virginianum* (■), *C. pubescens* (○) y *C. schottii* (△), especies relacionadas en el Cuadro 5. (R. M. Schunke, D. G. Edwards y C. J. Asher, información no publicada.)

hasta el rango del 0.19% al 0.22% de P. Los valores críticos para el rendimiento son similares a los de *S. humilis*, *S. hamata* y *S. guianensis*. Los requerimientos internos de P observados en otras especies de *Centrosema* para obtener un 80% del rendimiento máximo de MS son 0.16% para *C. macrocarpum*, 0.18% para *C. acutifolium* y 0.14% para *C. brasilianum* (CIAT, 1982).

Micronutrimentos

Molibdeno. *Centrosema pubescens* es más susceptible a la deficiencia de Mo que *S. guianensis* o *P. phaseoloides*. Se han

Digitized by Google

obtenido respuestas en sitios muy variados (Cuadro 3) (De-Polli et al., 1979; Tham y Kerridge, 1982) y a menudo cuando se aplica cal al suelo (de Oliveira et al., 1985; Tham y Kerridge, 1982; Werner y de Mattos, 1975). La deficiencia no es quizás evidente cuando los niveles de N disponible en el suelo son altos (Teitzel y Bruce, 1972). Las respuestas a las mezclas de oligoelementos pueden deberse a una deficiencia de Mo (De-Polli et al., 1979; Monteiro et al., 1983b).

Zinc. Hay evidencias contradictorias acerca del requerimiento relativo de Zn en *C. pubescens*. En un estudio se observó una respuesta mayor que la de *S. humilis* (Andrew et al., 1981), mientras en otro se redujo menos el crecimiento, en ausencia de Zn, que en *S. guianensis* (Jones et al., 1970). Se ha sugerido un nivel crítico de 20 ppm de Zn, cuando la concentración de P es menor que 0.35% (Andrew et al., 1981).

Cobre. *Centrosema pubescens* muestra una respuesta intermedia a la deficiencia de Cu (Bruce, 1978), siendo menos sensible que *S. guianensis* pero más sensible que *D. uncinatum* (Andrew y Thorne, 1962). Los valores de 4 a 5 ppm de Cu se consideran marginales.

Monteiro et al. (1980) recomendaron aplicaciones iniciales de 2 kg/ha de Cu, 100-200 g/ha de Mo, y 2 kg/ha de Zn para superar las deficiencias de estos elementos. Las aplicaciones iniciales de Cu y Zn han demostrado ser efectivas durante más de 15 años (Bryan, 1973), aunque en algunas situaciones se recomienda hacer una reaplicación cada 4 años (Teitzel et al., 1978). Sin embargo, el valor residual del Mo se puede reducir a 2 ó 3 años en los suelos que tienen alta capacidad para adsorber Mo (Little y Kerridge, 1978). Se requieren investigaciones adicionales para comparar los requerimientos de micronutrimentos en varias especies y accesiones de *Centrosema*.

Tolerancia a la sal

Centrosema pubescens es moderadamente tolerante a la alta concentración de NaCl, y lo es más que *S. humilis*, *N. wightii* o *D. intortum*, pero menos que *M. atropurpureum* (Hutton, 1971).

Digitized by Google

Regulación de la absorción nutricional

Centrosema pubescens parece controlar más estrechamente la absorción de nutrimentos que otras leguminosas. Por lo tanto, mientras en *S. guianensis* la concentración de P de la planta aumentó rápidamente con el incremento de la concentración externa de P, en *C. pubescens* aumentó poco el porcentaje de P después de alcanzar la planta su rendimiento máximo (Chantkam et al., 1983). *Centrosema pubescens* no acumuló concentraciones excesivas de Mg en su parte aérea como lo hizo *M. atropurpureum* (Andrew, 1977b). El aumento de la concentración de K en la planta no redujo la concentración de Mg como ocurrió en otras especies (Andrew y Robins, 1969d).

Métodos para el Diagnóstico de la Deficiencia de Nutrimentos Minerales

Las técnicas de diagnóstico usadas con *Centrosema* no difieren en principio de aquéllas usadas con otras plantas. Las técnicas de síntomas visuales, los análisis de tejidos vegetales, los análisis de suelos, y las pruebas de invernadero y de campo han sido todas aplicadas a *Centrosema*. Todas las técnicas tienen limitaciones, y se deben elegir por ello las que convienen al problema que se estudia, al nivel de conocimientos disponible, a las instalaciones disponibles, y a las habilidades del operador. Se necesitan procedimientos mejores y más rápidos. En el futuro pueden ser útiles las técnicas de simulación.

Potasio

Cuando una leguminosa se cultiva en mezcla con una gramínea, se requiere más K externo para mantener una adecuada concentración interna de K que cuando la leguminosa se cultiva pura. Esto sucede porque la leguminosa es, con respecto al K del suelo, un competidor más débil que las gramíneas (Hall, 1974), de las cuales algunas son más competitivas que otras (Braga y de Ramos, 1978; Hall, 1970) (Cuadro 6). Esta menor habilidad competitiva de las leguminosas se ha atribuido a la capacidad de intercambio catiónico de las raíces de las leguminosas, que es mayor que la de las gramíneas (Braga y de Ramos, 1978; CIAT, 1984). *Centrosema pubescens* y *S. guianensis* respondieron de igual

Digitized by Google

Cuadro 6. Concentración de K en la planta (%) en tres leguminosas forrajeras cultivadas en asociación con tres gramíneas.

Leguminosa	Gramínea		
	Panicum maximum	*Cenchrus ciliaris* cv. Gayndah	*Melinis minutiflora*
Centrosema pubescens	0.93	1.19	1.50
Neonotonia wightii	1.96	2.29	3.18
Calopogonium mucunoides	1.18	1.59	2.06

FUENTE: Braga y de Ramos, 1978.

modo al K cuando se cultivaron en asociación con *Panicum maximum* (Tham y Kerridge, 1982). Cuando se observa poco efecto aparente de la competencia de la gramínea en una leguminosa (Gutteridge y Whiteman, 1978), es posible que ésta esté extrayendo K del suelo a mayor profundidad que la gramínea.

Los resultados de pruebas de corte hechas con mezclas de leguminosas y gramíneas sugieren que la respuesta al K puede ocurrir a niveles inferiores a 0.20 meq de K intercambiable por 100 g de suelo, cuando se han corregido otras deficiencias nutricionales (Kerridge, 1978). Este nivel de respuesta es mayor que el observado en cultivos monoespecíficos. En pruebas de maceta, la aplicación de K a suelos que contenían de 0.07 a 0.16 meq de K intercambiable por 100 g de suelo no aumentó el rendimiento de *C. pubescens* (Jones y de Freitas, 1970; Werner y de Mattos, 1972; de Oliveira et al., 1985); sin embargo, hubo aumentos en la concentración de K (Jones et al., 1970), en la nodulación, y en la producción de N (Monteiro et al., 1983a; Werner et al., 1983). El requerimiento de K para el establecimiento de especies de *Centrosema* en suelos con 0.05 a 0.1 meq de K intercambiable por 100 g de suelo varía de 30 a 50 kg/ha de K (CIAT, 1982).

Azufre

Se han observado pocas respuestas de campo al S. El azufre es un componente de muchos fertilizantes de P, se obtiene del agua de

Digitized by Google

lluvia, y es adsorbido fuertemente por el suelo. Estos y otros factores pueden limitar la respuesta. Es más probable que se obtenga respuesta donde se usen fertilizantes de P de alta pureza que contienen poco S (Blair et al., 1978). El requerimiento de S en *C. pubescens* puede ser mayor para la fijación de N_2 que para la producción de MS (Watson y Whiteman, 1981); el nivel crítico para la producción de MS fue del 0.15% al 0.17% de S, mientras que la concentración de N aumentó hasta llegar el S a 0.19% (Watson y Whiteman, 1978). Estos valores son similares a los que se observan en otras leguminosas tropicales (Andrew, 1977a).

Probert y Jones (1977) tuvieron en cuenta el S disponible de las capas profundas del suelo cuando predijeron el requerimiento de S, y sugirieron un nivel crítico ponderado de 4 ppm de S extractable mediante fosfatos para el establecimiento de especies de *Stylosanthes*. Gualdrón y Salinas (1982) han sugerido un requerimiento de 20 kg/ha de S para suelos tropicales ácidos en que el S extractable mediante fosfato es menor que 8 ppm. Esta recomendación es similar a la de Watson y Whiteman (1981) y a la de Vitti y Novães (1986), o sea, aplicar 30 kg/ha de S cada 2 años a pasturas de *C. pubescens* que se hallen en suelos deficientes en S.

Síntomas visuales

Shorrocks (1964) describió los síntomas manifestados por *C. pubescens* a las deficiencias de los nutrimentos más esenciales. Hay también otras descripciones de las deficiencias de N, P, K, Ca y Mg (Souto y Franco, 1972), de la deficiencia de Cu (Andrew, 1963), de la deficiencia de K (Andrew y Pieters, 1970a), y de la toxicidad de Mn (Andrew y Pieters, 1970b; Souto y Döbereiner, 1969). Salinas et al. (1982) han hecho descripciones de deficiencias en otras especies de *Centrosema*. Los síntomas observados en el campo quizás no sean los mismos que se desarrollan en estudios de invernadero, porque aquí se presentan deficiencias múltiples o efectos del ataque de insectos o enfermedades.

Se ha criticado el diagnóstico de las deficiencias basado en los síntomas visuales porque, cuando éstos son evidentes, el crecimiento de la planta ya se ha reducido seriamente. Sin embargo, la aparición de síntomas en pequeñas zonas de un potrero puede indicar una deficiencia incipiente en toda la zona. Los

Digitized by Google

síntomas foliares son útiles para el diagnóstico de las deficiencias de N, S, Mo y K, y de la toxicidad de Mn.

Análisis de los tejidos de la planta

Concepto del "valor crítico". Los requerimientos nutricionales internos se pueden emplear para comparar los requerimientos de diferentes especies o líneas, siempre que las comparaciones se hagan con plantas de madurez similar, cultivadas en condiciones ambientales similares, y que pertenezcan por lo regular a un mismo experimento. Sin embargo, emplear las concentraciones nutricionales internas "críticas" para diagnosticar las deficiencias nutricionales es más difícil, porque a menudo se intenta hacer comparaciones entre análisis hechos en plantas cultivadas en diferentes épocas y en diferentes condiciones.

Las concentraciones de nutrimentos varían según el tejido muestreado, el estado de desarrollo fisiológico, el tratamiento dado a la muestra, y los factores ambientales que afectan el crecimiento de las plantas (Smith, 1978). La concentración crítica, definida como la concentración del nutrimento cuya deficiencia impide justamente el crecimiento máximo, debe explicar todos estos factores. La interpretación es difícil cuando las muestras no se han recogido en las condiciones prescritas. En particular, el crecimiento de las plantas no debe haber sido limitado por la humedad o la temperatura durante las semanas anteriores al muestreo. Es más útil considerar un rango crítico de concentraciones, debajo del cual la respuesta es probable y sobre el cual es improbable, en lugar de un valor crítico específico (Shaw y Andrew, 1979).

El Cuadro 7 contiene rangos críticos y valores críticos de elementos nutritivos en *Centrosema*, que han sido registrados o se pueden inferir partiendo de los resultados publicados. Es necesario hacer una validación ponderada de la utilidad de estos valores, como se ha hecho con *Stylosanthes* (Probert, 1984). Se puede hacer cierta evaluación con respecto al P. En cultivo de macetas, no se alcanzó el rendimiento máximo de *C. pubescens* cuando la concentración de P fue de 0.15% (Kerridge y Ratcliff, 1982). Bajo pastoreo, en Malaysia, se obtuvo el 80% del rendimiento máximo de *C. pubescens* con concentraciones de P de 0.17% en muestras de

Digitized by Google

Cuadro 7. Rangos críticos y valores críticos de elementos nutritivos en los tejidos de *Centrosema*.

Nutrimento	Especie	Detalles del experimento[a]	Rango o valor crítico (%)	Fuente
P	*C. pubescens*	I, T	0.16	Andrew y Robins, 1969a
		C, H	0.17-0.20	Andrew y Robins, 1969a
		I, T	0.17-0.19[b]	Jones et al., 1970
		C, T	0.18	CIAT, 1981
	C. brasilianum	C, T	0.14	CIAT, 1981
	C. macrocarpum	C, T	0.16	CIAT, 1981
K	*C. pubescens*	I, T	0.75	Andrew y Robins, 1969c
		C, T	1.40	CIAT, 1981
	C. brasilianum	C, T	1.12	CIAT, 1981
	C. macrocarpum	C, T	1.24	CIAT, 1981
Ca[c]	*C. pubescens*	C, T	1.1-1.3	Andrew y Norris, 1961
		I, T	0.6-1.0	Shorrocks, 1964
		C, T	1.0	CIAT, 1981
	C. macrocarpum	C, T	0.7	CIAT, 1981
Mg	*C. pubescens*	I, T	0.24-0.32	Andrew et al., 1974
		I, T	0.30-0.46	Shorrocks, 1964
S	*C. pubescens*	I, T	0.15	Andrew et al., 1974
		C, A	0.15-0.17	Watson y Whiteman, 1981
		C, A	0.19[d]	Watson y Whiteman, 1978
Zn	*C. pubescens*	I, T	20 ppm	Andrew et al., 1981
		I, H	20-25 ppm	Shorrocks, 1964
Cu	*C. pubescens*	I, T	4 ppm	Andrew y Thorne, 1962
Mn	*C. pubescens*	I, T	1600 ppm (umbral)	Andrew y Hegarty, 1969

a. I = invernadero; C = campo; T = parte aérea completa; A = tejido apical; H = hojas de la mitad terminal de los tallos.
b. El valor subrayado es la concentración a la máxima concentración de N.
c. Las concentraciones de Ca son aquéllas asociadas con el rendimiento máximo.
d. Concentración en tejidos sanos.

Digitized by Google

vástagos (hasta tres hojas extendidas) y de 0.20% en muestras de ápice (hasta la última hoja extendida) (P. C. Kerridge, información no publicada). En el norte de Queensland, los mayores rendimientos de *C. pubescens* (> 80% del máximo) se asociaron con concentraciones de P del 0.17% al 0.19% durante la principal época de crecimiento, cuando éste no era limitado por la humedad y la temperatura (Standley, 1980). Parece, por tanto, que un rango crítico del 0.17% al 0.20% de P es útil para diagnosticar el estado del P en *C. pubescens*.

Otros usos del análisis de plantas con fines de diagnóstico. Se puede identificar una posible deficiencia nutricional comparando el análisis de plantas sanas y enfermas, siempre y cuando se conozcan las concentraciones nutricionales normales.

La monitoría de las concentraciones de nutrimentos durante cierto tiempo permite observar las tendencias de las necesidades de fertilizante (Eng et al., 1978). Una concentración decreciente puede indicar que un requerimiento nutricional no ha sido satisfecho, en tanto que una concentración creciente sugiere un exceso de suministro.

Es indispensable tener en cuenta la concentración de N cuando se investiga si otros nutrimentos están presentes en una leguminosa en cantidades adecuadas, porque la nodulación y la fijación de N_2 son a menudo más sensibles a una deficiencia o toxicidad que la planta hospedante. Los extremos apicales de *C. pubescens* bien nodulada contienen generalmente hasta 3% de N, siempre que otros nutrimentos y ciertas condiciones ambientales no limiten su crecimiento. Al calcular los valores críticos o evaluar el requerimiento de un nutrimento o enmienda cuando las concentraciones de N están bajas, la interpretación de los resultados es dudosa (Falade, 1973; Spain et al., 1975).

Se halló que el cambio en la concentración de N cuando se aplicaba Mo era un método más sensible para detectar la deficiencia de Mo en *C. pubescens* que los cambios ocurridos en el rendimiento (Kerridge, 1981).

Digitized by Google

Análisis de suelos

En general, la variación causada por factores ambientales es menor en los análisis de suelos que en los de plantas, pero los errores que resultan de la variación del suelo en el espacio son grandes. Cuando los nutrimentos disponibles en el suelo son escasos, los análisis de suelos pueden ser menos sensibles que la planta a los pequeños aumentos de esos nutrimentos disponibles (Salinas, 1984; Standley, 1980). Es necesario calibrar los análisis de suelos respecto a las respuestas reales de las plantas y en diferentes tipos de suelo, antes de usarlos para predecir la deficiencia o el requerimiento de algún elemento; asimismo, es necesario indicar el método empleado para comunicar los resultados. Los análisis de suelos se usan comúnmente para hacer recomendaciones de fertilización con P, K y Ca o aplicaciones de cal.

Se han tabulado los niveles críticos de los parámetros del suelo que se usarán como guía en la interpretación de los datos de los análisis de suelos relacionados con las especies de *Centrosema* adaptadas a los Oxisoles (Cuadro 8). Se deben usar sólo cuando se tengan en cuenta los requisitos antes indicados.

Pruebas de invernadero y de campo

Andrew y Fergus (1976) han tratado el uso de estas pruebas. Las pruebas de invernadero son útiles para los estudios de suelos, aunque requieren buenas instalaciones. Las pruebas de campo son necesarias para establecer relaciones entre las respuestas de la planta y los parámetros analíticos de la planta y del suelo. Se usan franjas de prueba en el campo para hacer seguimiento a la necesidad de fertilización, y permitir un buen muestreo de la variación de las pasturas (Johansen, 1980).

Manejo de los Fertilizantes

El diagnóstico de una deficiencia nutricional es sólo un aspecto de la determinación del requerimiento de fertilizante para una situación particular. La cantidad de fertilizante que debe usarse depende de la magnitud de la deficiencia del suelo, del

Digitized by Google

Cuadro 8. Parámetros químicos del suelo para especies[a] de *Centrosema* adaptadas a los suelos tropicales ácidos.

Parámetro del suelo	Nivel			Método de análisis[b]	Fuente
	Bajo	Crítico (rango)	Alto		
pH	4.5	4.5-5.5	5.5	1:1, relación agua:suelo	Salinas y García, 1985
Saturación (toxicidad) de Al (%)	60	60-80	80	(Al/Al + Ca + Mg) x 100	Salinas y García, 1985
Saturación de Ca (%)	20	20-30	30	(Ca/Al + Ca + Mg) x 100	Salinas y García, 1985
Saturación de Mg (%)	5	5-15	15	(Mg/Al + Ca + Mg) x 100	Salinas y García, 1985
P (ppm)	3	3-5	5	Bray-II, extracto	Salinas y García, 1985
K (meq/100 g de suelo)	0.05	0.05-0.10	0.10	Bray-II, extracto	Salinas y García, 1985
S (ppm)	4	4-8	8	0.008 *M* fosfato de Ca	Gualdrón y Salinas, 1982
Zn (ppm)	0.5	0.5-0.8	0.8	Mehlich-2, extracto	Salinas y García, 1985
Cu (ppm)	0.2	0.2-0.4	0.4	DTPA, extracto	Standley et al., 1981
B (ppm)	0.3	0.3-0.8	0.8	Extracto con agua caliente	Standley et al., 1981
Toxicidad de Mn (ppm)	50	50-80	80	1 *N* KCl	Salinas y García, 1985

a. *C. macrocarpum, C. acutifolium* y *C. brasilianum*. Algunos datos corresponden a *C. pubescens*.
b. 1 *N* KCl como extractor para Al, Ca y Mg;
Bray-II = 0.1 *N* HCl + 0.03 *N* NH_4F;
Mehlich-2 = 0.05 *N* HCl + 0.025 *N* H_2SO_4;
DTPA = 0.005 *M* DTPA + 0.01 *M* $CaCl_2$ + 0.1 *M* trietanolamina.

Digitized by Google

requerimiento de una especie particular en ese suelo específico, del grado en que el administrador decide superar la deficiencia, de la forma en que viene el fertilizante, y de su modo de aplicación.

La selección de especies bien adaptadas puede reducir el efecto de una limitación nutricional particular. Este ha sido el objetivo de la selección y el mejoramiento de especies de *Centrosema* para suelos ácidos e infértiles (Hutton, 1985; Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985). Las especies bien adaptadas, como *C. acutifolium* y *C. brasilianum*, se han establecido con éxito en asociación con la gramínea competitiva *Andropogon gayanus*, aplicando a esa pastura 100 kg/ha de Ca, 30 kg/ha de K, y 20 kg/ha de P en franjas (CIAT, 1987). Por razones económicas, las pasturas se fertilizan generalmente a un nivel menor del que se necesita para un crecimiento máximo de las plantas. Esta es una estrategia razonable; donde existe una deficiencia nutricional o una toxicidad general, se pueden lograr respuestas considerables mediante una corrección parcial. Por ejemplo, el requerimiento—y por lo tanto, el costo—para lograr un 70% del rendimiento máximo puede ser sólo un tercio del que se requiere para lograr un 90% del rendimiento máximo (Kerridge et al., 1986; Sánchez y Salinas, 1981). Además, se requerirá posteriormente menos fertilizante para mantener el suelo con un nivel relativamente bajo de nutrimentos disponibles (Standley et al., 1982).

La aplicación de un fertilizante de P soluble, en franjas, proporciona una ventaja en comparación con la aplicación a voleo, donde la dosis aplicada, calculada según el área, es menor que la necesaria para lograr el crecimiento máximo aproximado (Salinas, 1984). Esto tiene un significado práctico porque el requerimiento de P durante la fase de establecimiento es mayor que el necesario en la fase de mantenimiento (Fox et al., 1974).

En suelos ácidos e infértiles, la roca fosfórica es una fuente obvia de P, siempre que tenga un grado de reactividad de medio a alto (León et al., 1986) porque suministra mayor cantidad de Ca por unidad de P aplicado que el superfosfato. Se ha demostrado que *C. pubescens* usa eficazmente la roca fosfórica (Bryan y Andrew, 1971; Kerridge y Ratcliff, 1982).

Las recomendaciones generalizadas de fertilizante (Kerridge, 1978) adolecen de imprecisión debido a la gran variación en la

Digitized by Google

fertilidad del suelo (Sánchez, 1976). Se pueden hacer recomendaciones específicas cuando ha sido muy intensa la experimentación en diferentes tipos de suelo y de vegetación (Teitzel, 1979). Deberían usarse más los modelos que definen los requerimientos de mantenimiento (Rayment y Helyar, 1980).

El método para determinar el requerimiento de Mo debe ser similar al usado para el P, porque la adsorción de Mo por los distintos suelos varía (Little y Kerridge, 1978), y porque hay grandes diferencias en el requerimiento externo entre especies (Johansen et al., 1977).

No se conocen los efectos del desequilibrio mineral que resulta de la aplicación de fertilizantes, a excepción del que causan las altas tasas de cal en situaciones experimentales (Snyder et al., 1978).

La importancia de la nutrición en el rendimiento y en la persistencia de *C. pubescens* en las pasturas ha sido bien documentada (Cuadro 2) (De-Polli et al., 1979; Kretschmer y Snyder, 1991; Standley, 1980; Tham y Kerridge, 1982). El lento establecimiento de *C. pubescens* puede deberse en parte a la nutrición: la proporción de la leguminosa en una pastura aumenta en el tiempo, con niveles moderados de fertilización (Eng et al., 1978). ¿En qué grado la disminución de *C. pubescens* en una pastura es el resultado de la retención del fertilizante? ¿Qué grado de recuperación se puede lograr al reaplicar el fertilizante? Estos son interrogantes que, hasta el presente, sólo se han respondido parcialmente. En el norte de Queensland, el porcentaje de *C. pubescens* en una pastura comercial de *Panicum maximum* aumentó de menos del 5% al 15% cuando se aplicó Mo (Teitzel y Bruce, 1972; Teitzel et al., esta obra); en este caso no manifestó la pastura un requerimiento de Mo durante el establecimiento a causa de la alta disponibiliad de N en el suelo.

Prioridades para la Investigación Futura

Aunque se han identificado especies y accesiones de *Centrosema* tolerantes a suelos ácidos, no se sabe cómo obtienen su Ca en presencia de un alto contenido de Al. ¿Cuál es la importancia relativa del Ca y del Al en las plantas que dependen de la fijación

Digitized by Google

simbiótica de N_2? ¿Por qué hay un notorio efecto de la cal en el rendimiento—que tal vez ocurre a través de la fijación de N_2—una vez que se han corregido tanto la deficiencia de Ca como la toxicidad de Al? Estos son temas importantes para las investigaciones futuras.

Centrosema pubescens común parece tener requerimientos relativamente altos de P y Mo, pero es probable que existan accesiones de *C. pubescens* o de otras especies—especialmente de aquéllas bien adaptadas a suelos ácidos e infértiles—que extraerían P y Mo más eficazmente que centro común. Esta posibilidad merece ser estudiada.

Se necesitan más ensayos de largo plazo en los cuales se recopilen datos apropiados para el desarrollo de modelos de requerimientos nutricionales, en diferentes tipos de suelo. Estos ensayos deben hacerse con mezclas de *Centrosema* y de gramínea. Se debe conceder importancia a los requerimientos de mantenimiento, y se debe tener en cuenta la competencia por nutrimentos.

Referencias

Andrew, C. S. 1963. Copper deficiency symptoms of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 14(5):654-659.

_____. 1976. Effect of calcium, pH and nitrogen on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes; I: Nodulation and growth. Aust. J. Agric. Res. 27(5): 611-623.

_____. 1977a. The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentrations and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 28(5):807-820.

_____. 1977b. Nutritional restraints on legume symbiosis. En: Vincent, J. M.; Whitney, A. S.; y Bose, J. (eds.). Proceedings of the workshop on exploiting the legume-rhizobium symbiosis in tropical agriculture held in Hawaii, 1976. College of Agriculture miscellaneous publication 145. Department of Agronomy and Soil Science, University of Hawaii, Honolulu, HI, E.U. p. 253-274.

Digitized by Google

_____ ; Crack, B. J; y Rayment, G. E. 1974. Queensland. En: McLachlan, K. D. (ed.). Handbook on sulphur in Australian agriculture. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 55-65.

_____ y Fergus, I. F. 1976. Plant nutrition and soil fertility. En: Shaw, N. H. y Bryan, W. W. (eds.). Tropical pasture research: Principles and methods. Bulletin 51 of the Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, Inglaterra. p. 101-133.

_____ y Hegarty, M. P. 1969. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 20(4):687-696.

_____ ; Johnson, A. D; y Haydock, K. P. 1981. The diagnosis of zinc deficiency and effect of zinc on the growth and chemical composition of some tropical and sub-tropical legumes. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 12(1):1-18.

_____ y Norris, D. O. 1961. Comparative responses to calcium of five tropical and four temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 12(1):40-55.

_____ y Pieters, W. H. J. 1970a. Effect of potassium on the growth and chemical composition of some pasture legumes; III: Deficiency symptoms of 10 tropical pasture legumes. Technical paper no. 5. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. 11 p.

_____ y _____ . 1970b. Manganese toxicity symptoms of one temperate and seven tropical pasture legumes. Technical paper no. 4. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. 8 p.

_____ y Robins, M. F. 1969a. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical pasture legumes; I: Growth and critical percentages of phosphorus. Aust. J. Agric. Res. 20(4):665-674.

_____ y _____ . 1969b. The effect of phosphorus on the growth and chemical composition of some tropical legumes; II: Nitrogen, calcium, magnesium, potassium and sodium contents. Aust. J. Agric. Res. 20(4):675-685.

Digitized by Google

_____ y _____ . 1969c. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes; I: Growth and critical percentages of potassium. Aust. J. Agric. Res. 20(6):999-1007.

_____ y _____ . 1969d. The effect of potassium on the growth and chemical composition of some tropical and temperate pasture legumes; II: Potassium, calcium, magnesium, sodium, nitrogen, phosphorus, and chloride. Aust. J. Agric. Res. 20(6):1009-1021.

_____ y Thorne, P. M. 1962. Comparative responses to copper of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 13(5):821-835.

Asher, C. J. y Edwards, D. G. 1978. Relevance of dilute solution culture studies to problems of low fertility tropical soils. En: Andrew, C. S. y Kamprath, E. J. (eds.). Proceedings of the workshop on mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils held at Brisbane, Australia. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 131-152.

Ayarza, M. A. y Salinas, J. G. 1982. Estudio comparativo de la tolerancia al aluminio en tres leguminosas forrajeras. Suelos Ecuat. 12(1):110-126.

Blair, G. J.; Pualillin, P.; y Somosir, S. 1978. Effect of fertilizers on the yield and botanical composition of pastures in South Sulawesi, Indonesia. Agron. J. 70(4):559-562.

Braga, J. M. y de Ramos, G. M. 1978. Competição por potássio entre gramíneas e leguminosas consorciadas, em função da capacidade de troca catiónica das raízes. Rev. Ceres 25(140):335-344.

Bruce, R. C. 1978. A review of the trace element nutrition of tropical pasture legumes in northern Australia. Trop. Grassl. 12(3):170-183.

Bryan, W. W. 1973. A review of research findings concerned with pastoral development on the wallum of south-eastern Queensland. Trop. Grassl. 7(2):175-194.

_____ y Andrew, C. S. 1971. The value of Nauru rock phosphate as a source of phosphorus for some tropical pasture legumes. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 11(52):532-535.

Digitized by Google

Chantkam, S.; Edwards, D. G.; y Asher, C. J. 1983. Response of selected tropical pasture legumes grown in flowing nutrient culture to constant solution phosphorus concentrations; I: Growth and phosphorus concentration. Thai J. Agric. Sci. 16(3):217-231.

_____ ; _____ ; y _____ . 1984. Response of selected tropical pasture legumes grown in flowing nutrient culture to constant solution phosphorus concentrations; II: The rate of P absorption and its relation to growth. Thai J. Agric. Sci. 17(1):29-40.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1979. Programa de Ganado de Carne. En: Informe anual 1978. Cali, Colombia. p. B-1 a B-188.

_____ . 1981. Programa de Pastos Tropicales: Informe 1980. Serie CIAT no. 02STP2-81. Cali, Colombia. 138 p.

_____ . 1982. Informe anual: Programa de Pastos Tropicales 1981. Serie CIAT 02STP(2)82. Cali, Colombia. 302 p.

_____ . [1984]. Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 387 p.

_____ . [1985]. Informe anual 1984: Programa de Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 5. Cali, Colombia. 279 p.

_____ . 1986. Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. 408 p.

_____ . 1987. Informe anual 1986: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 24. Cali, Colombia. 348 p.

Clements, R. J.; Williams, R. J.; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. M.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

_____ ; Winter, W. H.; y Reid, R. 1984. Evaluation of some *Centrosema* species in small plots in northern Australia. Trop. Grassl. 18(2):83-91.

Colozza, M. T. y Werner, J. C. 1984. Aplicação de nutrientes em tres leguminosas forrageiras cultivadas num solo da região do Vale do Ribeira. Zootecnia (São Paulo) 22(4):327-353.

Digitized by Google

Crush, J. R. 1974. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhizae; VII: Growth and nodulation of some herbage legumes. New Phytol. 73(4):743-752.

de Carvalho, M. M.; Edwards, D. G.; Andrew, C. S.; y Asher, C. J. 1981. Aluminium toxicity, nodulation and growth of *Stylosanthes* species. Agron. J. 73(2):261-265.

de França, G. E. y de Carvalho, M. M. 1970. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras. 5:147-153.

de Olveira, F. T. T.; Saraiva, O. F.; de Carvalho, M. M.; y Verneque, R. da S. 1985. Efeito da calagem, potássio, enxôfre e micronutrientes sôbre o crescimento de *Centrosema pubescens* em solo ácido. Pesqui. Agropecu. Bras. 20(7):755-759.

De-Polli, H.; de Carvalho, S. R.; Lemos, P. F.; y Franco, A. A. 1979. Efeito de micronutrientes no estabelecimento e persistência de leguminosas em pastagens de morro em solo Podzólico Vermelho-Amarelo. Rev. Bras. Cienc. Solo 3(3):154-157.

Döbereiner, J. y Aronovich, S. 1966. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação do nitrogênio de *Centrosema pubescens* Benth., em solo com toxidez de manganês. En: Proceedings of the IX International Grassland Congress, São Paulo, Brasil, 1965. 2 vols. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura do Estado de Sao Paulo, São Pãulo, SP, Brasil. Vol. 2, p. 1121-1124.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). 1981. Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, 1979. Campo Grande, MS, Brasil. 116 p.

Eng, P. K.; Kerridge, P. C.; y 't Mannetje, L. 1978. Effects of phosphorus and stocking rate on pasture and animal production from a guinea grass-legume pasture in Johore, Malaysia; 1: Dry matter yields, botanical and chemical composition. Trop. Grassl. 12(3):188-197.

Falade, J. A. 1973. Effect of phosphorus on the growth and mineral composition of four tropical forage legumes. J. Sci. Food Agric. 24(7):795-802.

Digitized by Google

Fenster, W. E. y León, L. A. 1979. Manejo de la fertilización con fósforo para el establecimiento y mantenimiento de pastos mejorados en suelos ácidos e infértiles de América tropical. En: Sánchez, P. A. y Tergas, L. E. (eds.). Producción de pastos en los suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 119-133.

Fox, R. L.; Hashimoto, R. K.; Thompson, J. R.; y de Peña, R. S. 1974. Comparative external phosphorus requirements of plants growing in tropical soils. En: Proceedings of the X International Congress of Soil Science, Moscú (URSS), 4 vols. Vol. 4, p. 232-239.

Gualdrón, R. y Salinas, J. G. 1982. El azufre en suelos de los Llanos Orientales de Colombia. Suelos Ecuat. 12(2):221-230.

Gutteridge, R. C. 1978. Iron deficiency in pasture species on coralline rubble soils. Plant Soil 50(2):489-492.

_____ y Whiteman, P. C. 1978. Potassium fertilizer studies on *Brachiaria mutica/Centrosema pubescens* pastures grown on soils derived from coral limestone, Malaita, Solomon Islands; I: Effect of rates of potassium on yield and botanical composition. Trop. Agric. (Trinidad) 55:215-224.

Hall, R. L. 1970. Pasture development in the spear grass region at Westwood in the Fitzroy Basin. Trop. Grassl. 4(1):77-84.

_____. 1974. Analysis of the nature of interference between plants of different species; II: Nutrient relations in a Nandi *Setaria* and greenleaf *Desmodium* association with particular reference to potassium. Aust. J. Agric. Res. 25(5):749-756.

Hutton, E. M. 1971. Variation in salt response between tropical pasture legumes. Sabrao Newsl. 3(2):75-81.

_____. 1983. Breeding *Centrosema pubescens* better adapted to the acid infertile soils of South America. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 215-218.

_____. 1985. *Centrosema* breeding for acid tropical soils with emphasis on efficient Ca absorption. Trop. Agric. (Trinidad) 62(4):273-290.

Digitized by Google

Javier, G. Q. y Marasigan, N. M. 1976. Overseeding of legumes on *Imperata* grassland. Philipp. J. Crop Sci. 1(2):81-86.

Johansen, C. 1980. Determining the maintenance fertilizer requirements of Siratro/green panic pastures at Narayen. Tech. Mem. no. 21. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia.

_____ ; Kerridge, P. C.; Luck, P. E.; Cook, B. G.; Lowe, K. F.; y Ostrowski, H. 1977. The residual effect of molybdenum fertilizer on growth of tropical pasture legumes in a sub-tropical environment. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17(89):961-968.

Jones, M. B. y de Freitas, L. M. M. 1970. Respostas de quatro leguminosas tropicais a fósforo, potássio e calcário num Latossolo Vermelho-Amarelo de campo cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras. 5:91-99.

_____ ; Quagliato, J. L.; y de Freitas, L. M. M. 1970. Respostas de alfalfa e algumas leguminosas tropicais a aplicações de nutrientes minerais, em três solos de campo cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras. 5:209-214.

Kerridge, P. C. 1978. Fertilization of acid tropical soils in relation to pasture legumes. En: Andrew, C. S. y Kamprath, E. J. (eds.). Proceedings of the workshop on mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils held at Brisbane, Australia. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 395-415.

_____ . 1981. Determination of molybdenum requirement on established legume-grass pasture, Malaysia. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 9(2):197-201.

_____ ; Edwards, D. G.; y Sale, P. W. G. 1986. Soil fertility constraints: Amelioration and plant adaptation. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific Agriculture: Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, 1985. Proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 179-187.

_____ y Ratcliff, D. 1982. Comparative growth of four tropical pasture legumes and guinea grass with different phosphorus sources. Trop. Grassl. 16(1):33-40.

Digitized by Google

Kretschmer, A. E., Jr. y Snyder, G. H. 1991. *Centrosema*. AgricultResearch Center (ARC), University of Florida, Ft. Pierce, FL, E.U. 18p.

León, L. A.; Fenster, W. E.; y Hammond, L. L. 1986. Agronomic potential of eleven phosphate rocks from Brazil, Colombia, Peru, and Venezuela. Soil Sci. Soc. Am. J. 50(3):798-802.

Little, I. P. y Kerridge, P. C. 1978. A laboratory assessment of the molybdenum status of nine Queensland soils. Soil Sci. 125(2): 102-106.

Monteiro, F. A.; de Lima, S. A. A.; Werner, J. C.; y de Mattos, H. Barbosa. 1980. Adubação potássica em leguminosas e em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consociado com leguminosas. Bol. Ind. Anim. 37(1):127-147.

_____ ; Carriel, J. M.; Martins, L.; de Castro, J. V.; y Liem, T. H. 1983a. Aplicação de níveis de enxôfre, na forma de gesso, para cultivo de leguminosas forrageiras. Bol. Ind. Anim. 40(2):229-240.

_____ ; Werner, J. C.; Fancelli, A. L.; y dos Santos, N. A. 1983b. Efeitos da aplicação de quatro micronutrientes em centrosema cultivada em solos de Andradina e São José do Rio Preto. Zootecnia (São Paulo) 21(3):227-249.

Moody, P. W. 1979. Prediction of phosphorus requirement of *Desmodium intortum* cv. Greenleaf using a phosphorus sorption index and extractable phosphorus. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 10(8):1127-1139.

_____ y Standley, J. 1980. Supernatant solution phosphorus concentrations required by some tropical pasture species. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 11(9):851-860.

Mosse, B.; Hayman, D. S.; y Arnold, D. J. 1973. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza; V: Phosphate uptake by three plant species from P-deficient soils labelled with ^{32}P. New Phytol. 72(4):809-815.

_____ ; Powell, C. Ll.; y Hayman, D. S. 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza; IX: Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol. 76(2):331-342.

Digitized by Google

Munns, D. N. y Fox, R. L. 1977. Comparative lime requirements of tropical and temperate legumes. Plant Soil 46(3):533-548.

Murphy, H. E.; Edwards, D. G.; y Asher, C. J. 1984. Effects of aluminium on nodulation and early growth of four tropical pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 35(5):663-673.

Ogata, S.; Fujita, K.; Morishima, K.; y Kazari, T. 1985. Effects of Al concentration in culture solution on the growth and N_2-fixation of some tropical pasture legumes. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, Japón, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 492-494.

Probert, M. E. 1984. The mineral nutrition of *Stylosanthes*. En: Stace, H. M. y Edye, L. A. (eds.). The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, North Ryde, N.S.W., Australia. p. 203-226.

_____ y Jones, R. K. 1977. The use of soil analysis for predicting the response to sulfur of pasture legumes in he Australian tropics. Aust. J. Soil Res. 15(2):137-146.

_____ y McCown, R. L. 1985. The phosphorus requirements of legumes in relation to the nitrogen contribution to following cereal crops. En: Adams, G. T. (ed.). Division of Tropical Crops and Pastures annual report 1984-85. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. p. 123-124.

Rayment, G. E. y Helyar, K. R. 1980. Estimation of maintenance fertilizer needs. Trop. Grassl. 14(3):210-217.

Saif, S. ur R. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in tropical forage species as influenced by season, soil texture, fertilizers, host species and ecotypes. Angew. Bot. 60(1-2):125-139.

Salinas, J. G. 1984. Necesidad de mejorar los procedimientos de evaluación del fósforo en suelos ácidos e infértiles de América tropical. En: Ricaldi, V. y Escalera, S. (eds.). El fosfato mineral: Un fertilizante de bajo costo. Memorias de la Primera Conferencia Latinoamericana sobre Fosfato Mineral, Cochabamba, Bolivia, octubre 1983. Imprenta de la Universidad de San Simón, Cochabamba, Bolivia. p. 395-420.

_____ y García, R. 1985. Métodos químicos para el análisis de suelos ácidos y plantas forrajeras. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 87 p.

Digitized by Google

_____ ; Sanz, J. I.; y García, R. 1982. Síntomas foliares de deficiencias y toxicidades minerales en pastos tropicales. En: Toledo, J. M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 73-81.

Sánchez, P. A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley, Nueva York, NY, E.U. 618 p.

_____ y Salinas, J. G. 1981. Low-input technology for managing Oxisols and Ultisols in tropical America. Adv. Agron. 34:279-406.

Schultze-Kraft, R. y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

_____ ; _____ ; Belalcázar, J.; y Benavides, G. 1985. *Centrosema macrocarpum* Benth., a promising tropical forage legume for acid soils. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, Japón, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 152-154.

Shaw, N. H. y Andrew, C. S. 1979. Superphosphate and stocking rate effects on a native pasture oversown with *Stylosanthes humilis* in central coastal Queensland; IV: Phosphate and potassium sufficiency. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 19(99):426-436.

Shorrocks, V. M. 1964. Mineral deficiencies in *Hevea* and associated cover plants. J. Rubber Res. Inst. Malays. 18:75.

Smith, F. W. 1978. Role of plant chemistry in the diagnosis of nutrient disorders in tropical legumes. En: Andrew, C. S. y Kamprath, E. J. (eds.). Proceedings of the workshop on mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils held at Brisbane, Australia. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 329-346.

_____ . 1983. Availability of soil phosphate to tropical pasture species. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 282-285.

Snyder, G. H.; Kretschmer, A. E., Jr.; y Sartain, J. B. 1978. Field response of four tropical legumes to lime and superphosphate. Agron. J. 70(2):269-273.

Digitized by Google

Souto, S. M. y Döbereiner, J. 1969. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesqui. Agropecu. Bras. 4:129-138.

_____ y Franco, A. A. 1972. Sintomalogia de deficiência de macronutrientes em *Centrosema pubescens* e *Phaseolus atropurpureus*. Pesqui. Agropecu. Bras. Ser. Zootec. 7:23-27.

Spain, J. M.; Francis, C. A.; Howeler, R. H.; y Calvo, F. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pastures. En: Bornemisza, E. y Alvarado, A. (eds.). Soil management in tropical America. Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, NC, E.U. p. 308-329.

Standley, J. 1980. Phosphorus retention by a krasnozem soil and response by a guinea-centro pasture in the wet tropics. Trop. Grassl. 14(2):69-77.

_____ ; Giles, J. E.; y Price, G. H. 1981. Commercial soil test results from pasture areas on the wet tropical coast of Queensland. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 47(2):113-117.

_____ ; Teitzel, J. K.; O'Rourke, P. K.; Abbott, R. A.; Stephenson, H. P.; y Wilson, R. J. 1982. Changes in soil phosphorus and potassium under pastures on the wet tropical coast of Queensland. En: Pushparagh, E. y Sharifuddin, H. A. H. (eds.). Phosphorus and potassium in the tropics. Malaysian Society of Soil Science, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 91-100.

Teitzel, J. K. 1979. Formulación de programas de fertilización de praderas para la costa húmeda tropical de Australia. En: Sánchez, P. A. y Tergas, L. E. (eds.). Producción de pastos en los suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 103-118.

_____ y Bruce, R. C. 1972. Fertility studies of pasture soils in the wet tropical coast of Queensland; 3: Basaltic soils. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 12(54):49-54.

_____ ; Standley, J.; y Wilson, R. J. 1978. Maintenance fertilizer strategies for wet tropics pastures. Queensl. Agric. J. 104(2):126-130.

Tham, K. C. 1976. Nutrient responses by pasture legumes on old rubber land soil of the Serdang Series. Malays. Agric. J. 50(4):452-461.

Digitized by Google

_____ y Kerridge, P. C. 1982. Responses to lime, K, Mo and Cu by grass-legume pasture on some Ultisols and Oxisols of Peninsular Malaysia. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 10(3):350-369.

Useche, A. y Schultze-Kraft, R. 1984. Tolerancia a la acidez del suelo y requerimientos de calcio de 15 variedades de *Centrosema* bajo condiciones de invernadero. Acta Agron. (Palmira) 34(1):32-38.

Vitti, G. C. y Novães, N. J. 1986. Adubação com enxôfre. En: de Mattos, H. B.; Werner, J. C.; Yamada, T.; y Malavolta, E. (eds.). Calagem e adubação de pastagens. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, SP, Brasil. p. 191-231.

Watson, S. E. y Whiteman, P. C. 1978. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands, 1973-1978. Informe técnico. Department of Agriculture, University of Queensland, St. Lucia, Qld., Australia.

_____ y _____ . 1981. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands; I: Climate, soils and soil fertility assessment. J. Agric. Sci. 97(2):341-351.

Werner, J. C. y de Mattos, H. B. 1972. Estudos de nutrição da centrosema, *Centrosema pubescens* Benth. Bol. Ind. Anim. 29(2):375-391.

_____ y _____ . 1975. Ensaio de fertilização com quatro micronutrientes em *Centrosema pubescens* Benth. Bol. Ind. Anim. 32(1):123-135.

_____ ; Monteiro, F. A.; y Meirelles, N. M. F. 1983. Efeito das adubações com fósforo, potássio e molibdénio mais cobre na consorciação de capim-gordura com centrosema. Zootecnia (São Paulo) 21(2): 109-134.

Wilaipon, N. [1981]. Response of Siratro, *Centrosema* and *Stylosanthes humilis* to phosphorus fertilizer. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1980 annual report. Khon Kaen University, Khon Kaen, Tailandia. p. 48-49.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 171-199).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 6

Biología de la Rizosfera y Fijación del Nitrógeno en *Centrosema*

R. Sylvester-Bradley, S. M. Souto y R. A. Date*

Resumen

Las especies de *Centrosema* establecen simbiosis con las bacterias de los nódulos radicales del género *Bradyrhizobium* para fijar el nitrógeno. Existen aproximadamente 500 cepas de *Bradyrhizobium* útiles para *Centrosema*, en cuatro colecciones mantenidas en CIAT, CSIRO, EMBRAPA-UAPNPBS y NifTAL. En varios países se han hecho recomendaciones para inocular especies de *Centrosema* con cepas apropiadas. En experimentos de campo y de invernadero, *C. pubescens*, *C. schiedeanum*, *C. macrocarpum*, *C. brasilianum*, *C. acutifolium*, *C. virginianum* y *C. pascuorum* responden a la inoculación en suelos no esterilizados aumentando sus rendimientos.

Las cepas usadas difieren en su rango de hospedantes, y los genotipos de las leguminosas, a su vez, difieren en la especificidad de su cepa. De otra parte, el número de nódulos formado por las diferentes cepas no se correlaciona con el rendimiento de nitrógeno. Las cantidades de N_2 fijado en las pasturas asociadas de

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Costa Rica); Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa de Biologia do Solo (UAPNPBS), Seropédica, RJ, Brasil; y Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia, respectivamente.

Digitized by Google

Centrosema y gramínea se han estimado entre 72 y 280 kg/ha de N al año. Otros factores, como los métodos de inoculación, las toxinas de la testa de la semilla, la humedad del suelo y las asociaciones micorrízicas también afectan la fijación de N_2 por *Centrosema*.

Introducción

Centrosema puede usarse como forraje, sembrarse junto con gramíneas para obtener pasturas en que hay mezcla de especies, o sembrarse en praderas ya existentes de gramíneas. También puede usarse como cobertura del suelo en las plantaciones de especies arbóreas. Su éxito depende, en gran parte, de su capacidad para producir su propio nitrógeno para el crecimiento. Este nitrógeno se hace disponible mediante su fijación, es decir, la reducción del nitrógeno atmosférico ocurrida cuando la leguminosa se halla en simbiosis con las apropiadas bacterias noduladoras de las raíces. La formación de nódulos en las raíces de las leguminosas y su consiguiente actividad en la fijación de N_2, son afectadas por varios factores edáficos; entre éstos están el suministro de P proveniente de las micorrizas, y la especificidad genotípica presente entre los simbiontes.

Centrosema tiene muchas características deseables, como el aumento de la ganancia de peso en el ganado bovino (Aronovich et al., 1970 y 1971; Garza et al., 1978; Gutteridge y Boonklinkajorn, 1979; Lascano et al., 1981; Reynolds, 1977; Reynolds y Lovang, 1977; Rika et al., 1981; Sartini et al., 1970-71; Smith y Whiteman, 1985) y la producción invernal de leche (Serpa et al., 1973), cuando se introduce en praderas de gramíneas. Además, la leguminosa persiste bajo pastoreo (Primo, 1979). Cuando se usa como cultivo de cobertura en plantaciones de especies arbóreas, la producción de caucho y coco aumenta (Broughton, 1977; Clements et al., 1983; Waidyanatha et al., 1984; Watson, 1963). Es relativamente tolerante a la sequía, a la acidez del suelo y a la toxicidad causada por el Al y por el Mn (Andrew y Hegarty, 1969; Ara et al., 1981; Kitamura y Abe, 1984; Kitamura et al., 1983; Murphy et al., 1984; Souto y Döbereiner, 1969; Souto y de Lucas, 1973; Useche y Schultze-Kraft, 1984). *Centrosema* tiene mayor contenido de proteína que otras leguminosas tropicales (de Mattos y Werner, 1975). Todas estas características han estimulado el interés de conocer mejor los requerimientos de *Centrosema* para la fijación del N_2 y por manejar los factores que la afectan.

Digitized by Google

Bacterias de los Nódulos Radicales de *Centrosema* (Características y Colecciones) y Cepas Recomendadas para la Inoculación

En varias colecciones de bacterias de los nódulos radicales hay cepas apropiadas para *Centrosema*. Algunas de estas cepas, que se mantienen en diferentes instituciones, son idénticas entre sí; sin embargo, se han confirmado por lo menos 500 aislamientos de rizobios que provienen de *Centrosema*. Los informes indican que la mayoría de los aislamientos provenientes de nódulos de *Centrosema* son del género *Bradyrhizobium*, que es de crecimiento lento. Sin embargo, en un estudio se presentó nodulación —aunque ineficaz—después de inocular con un aislamiento de *Rhizobium* de crecimiento rápido tomado de *Lablab purpureus* (Trinick, 1980).

La colección de bacterias que forman nódulos en la raíz de las leguminosas forrajeras tropicales, mantenida en el CIAT, contiene un total de 3300 cepas, de las cuales 351 aislamientos provienen de 13 especies identificadas y 87 aislamientos de especies aún no identificadas de *Centrosema*. De estas cepas, la mayoría proviene de *C. macrocarpum* y a *C. pubescens*. Entre las más efectivas hay por lo menos cinco serogrupos, uno de los cuales (CIAT 590) contiene muchas más cepas que los otros (CIAT, información no publicada). Las evaluaciones de efectividad de cepas, basadas en el rendimiento de tratamientos inoculados y sin inocular en cilindros con suelo no perturbado, o en el campo, han sido resumidas en un catálogo de cepas por Franco D. et al. (1986). El sitio y la especie en que se originaron las cepas no se relacionaron con su efectividad. Partiendo de los datos de rendimiento, se recomiendan las cepas CIAT 1780, CIAT 1670 (serológicamente idénticas a CIAT 590) y CIAT 3101 para inocular diversas especies de *Centrosema*.

Una colección similar de cepas, aunque más pequeña, se encuentra en la Division of Tropical Crops and Pastures de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Australia. Posee 110 cepas de seis especies identificadas de *Centrosema* y 56 cepas de especies no identificadas (las cuales probablemente son *C. pubescens* y *C. brasilianum*). Varias cepas como CB 1923, forman nódulos negros en

Digitized by Google

C. schiedeanum y *C. pubescens*, una característica que se puede explotar como técnica de identificación cuando se estudia la necesidad de inoculación y la competencia entre las cepas. La mayoría de las cepas son de crecimiento lento (5 a 7 días) o muy lento (más de 10 días), formando colonias moderadamente pegajosas y opacas, en un medio estándar de levadura—manitol—agar. La cepa recomendada en Australia para la inoculación de *C. schiedeanum* cv. Belalto y de *C. pubescens* importado es CB 1923. Esta cepa es originaria de Brasil (C 101a, BR 1805). Sin embargo, no es efectiva para *C. brasilianum* (ver p. 176-178).

La Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa de Biologia do Solo (UAPNPBS) de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA) mantiene 34 cepas de *Rhizobium*, aisladas de nódulos de *Centrosema* spp., en el km 47, cerca de Rio de Janeiro, Brasil. Estas cepas pertenecen a la serie BR, desde BR 1801 hasta BR 1834. BR 1808 también se encuentra en el Centro de Recursos Microbiológicos, Porto Alegre, Brasil, como la cepa SEMIA 6146, y se recomienda para la inoculación de *C. pubescens* en Brasil.

El proyecto NifTAL (Fijación de Nitrógeno en Leguminosas Tropicales de Uso Agropecuario) de la Universidad de Hawaii, mantiene 24 cepas de *Centrosema* spp., dos de las cuales se recomiendan para inocular *C. pubescens*. Estas dos cepas, conocidas como UMKL 44 y UMKL 09, o como TAL 651 y TAL 655, respectivamente, se aislaron, en Malaysia, de *Calopogonium mucunoides* y *Centrosema pubescens*, respectivamente. NifTAL también recomienda TAL 1146, o sea, CIAT 590.

Otros laboratorios, como los del Departamento de Agricultura de Estados Unidos, en Beltsville; Nitragin, en Wisconsin; Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, en México; y Balai Penelitian Ternak, Bogor, Indonesia, mantienen también cepas de bacterias de los nódulos radicales para *Centrosema* spp.

Digitized by Google

Compatibilidad *Rhizobium*-Planta, Selección de Cepas y Respuestas a la Inoculación

Es importante evaluar la compatibilidad (especificidad) de las leguminosas y las bacterias de los nódulos radicales respecto a la nodulación y a la fijación de nitrógeno, en programas de selección de plantas y de fitomejoramiento (Serpa, 1972a). Anteriormente se consideraba que muchos cultivares de leguminosas tropicales no necesitaban inoculación porque carecían de especificidad para la formación de nódulos y nodulaban libremente con las cepas existentes en el suelo. Por ejemplo, *C. pubescens* nodula eficazmente con las cepas nativas en el campo (Broughton et al., 1975; López et al., 1983; Pahwa y Patil, 1983; Tang et al., 1982). Sin embargo, esto no significa necesariamente que no responderá a la inoculación con cepas más efectivas o competitivas. De hecho, varias leguminosas tropicales responden a la inoculación; por ejemplo, especies de *Desmodium*, *Stylosanthes*, *Centrosema*, *Macroptilium* y *Pueraria* (Date, 1977b; Döbereiner, 1978; Halliday, 1979; Sylvester-Bradley et al., 1983).

Se halló poca compatibilidad cruzada para la nodulación y la fijación de N_2 entre las cepas aisladas de algunos cultivares de *Centrosema* (Bowen, 1959b; Bowen y Kennedy, 1961; Döbereiner, 1971). Guzmán y Döbereiner (1969) notaron que las cepas homólogas de *C. pubescens* eran superiores a las cepas de otras especies. Halliday (1979) halló respuestas en CIAT 438, un híbrido de *Centrosema*, a la inoculación con las cepas de rizobios CIAT 590 y CIAT 594; la última dio una respuesta más notoria en el campo que CIAT 590. Vargas y Suhet (1981) observaron una respuesta de *C. pubescens* a la inoculación en un suelo del Cerrado (Brasil); en cambio, no hubo respuesta en otras leguminosas probadas.

Las accesiones de *C. macrocarpum* CIAT 5062 y CIAT 5065, y las de *C. acutifolium* CIAT 5112 y CIAT 5568, cultivadas en cilindros con suelo no perturbado de Carimagua, Colombia, mostraron notorios aumentos (200%-300%) en el rendimiento de nitrógeno después de la inoculación con cepas aisladas de varias especies de *Centrosema*. Las respuestas de *C. brasilianum* CIAT 5234 y *C. acutifolium* CIAT 5277 fueron significativas pero menos notorias: el aumento en el rendimiento de nitrógeno de la cepa más

Digitized by Google

efectiva fue de 40% a 60% (Franco D. et al., 1986; Sylvester-Bradley et al., 1983).

En experimentos de cultivo en arena en el invernadero, la cepa CB 1923 (syn. C 101a) fue ineficaz para fijar N_2 con las accesiones de *C. brasilianum* CPI 40061, CPI 40065, CPI 55698 y CQ 1320 (el promedio para esas accesiones fue sólo un 8% del control +N); en el suelo, en cambio, fue muy efectiva en *C. schiedeanum* cv. Belalto, *C. pubescens* CPI 46543, *C. virginianum* CPI 40057 y *C. pascuorum* CPI 65950 (Cuadro 1). Las cepas CB 2947 y CB 2949, que se aislaron de *C. brasilianum* CPI 55698 y CPI 55696, respectivamente, cultivadas en Katherine, Territorio Norte (Australia), fueron efectivas tanto en CPI 55698 como en *C. schiedeanum* cv. Belalto (Cuadro 2).

Un experimento en que se comparaban seis accesiones de *C. macrocarpum* inoculadas con 15 cepas de *Bradyrhizobium*, o sin inocular, en cilindros con suelo no perturbado de Carimagua mostró que las cepas nativas formaban relativamente pocos nódulos a excepción de la accesión CIAT 5713 (Cuadro 3). Se observaron grandes aumentos en la nodulación como efecto de la inoculación. El análisis de varianza mostró una interacción altamente significativa entre las accesiones de *C. macrocarpum* y las cepas de *Bradyrhizobium*. La cepa CIAT 3111 formó más nódulos en todas las accesiones que las otras cepas (Cuadro 3). Los datos de rendimiento de nitrógeno indicaron que la cepa más efectiva, en todos los ecotipos, fue CIAT 3101 (Franco D. et al., 1986). Las cepas CIAT 3773 y CIAT 3774 se obtuvieron de Brasil

Cuadro 1. Efectividad de los aislamientos de *Bradyrhizobium* de Brasil (CB 1923, syn. C 101a) y de Australia (CB 2947) en cuatro especies de *Centrosema* cultivadas en macetas con un suelo Gley Podzol de Beerwah, Australia.

Leguminosa	N total (mg/maceta)			
	CB 1923	CB 2947	No inoculado	
			Con N	Sin N
C. schiedeanum cv. Belalto	278	299	182	74
C. pubescens CPI 46543	263	276	157	67
C. virginianum CPI 40057	232	155	148	53
C. pascuorum CPI 65950	204	147	168	75

FUENTE: R. A. Date, información no publicada.

Digitized by Google

Cuadro 2. Efectividad, en cultivo de arena, de *Bradyrhizobium* cepa CB 1923 (syn. C 101a) y de otros seis aislamientos en *Centrosema schiedeanum* cv. Belalto y en *C. brasilianum* CPI 55698.

Cepa no.	Hospedante original	Peso seco de plantas enteras (g/maceta)	
		C. schiedeanum cv. Belalto	*C. brasilianum* CPI 55698
CB 1923	*C. pubescens*	0.99	0.24
CB 1945	*C. brasilianum* CPI 55698	0.89	0.35
CB 1948	CPI 55698	1.05	0.62
CB 2947	CPI 55698	1.21	2.00
CB 2949	CPI 55696	0.71	1.62
CB 2950	CPI 55696	0.49	1.07
CB 2951	CPI 40062	0.38	1.94
Sin inocular, con N		2.10	2.17
Sin inocular, sin N		0.20	0.25

FUENTE: R. A. Date, información no publicada.

como C 101a y C 102, respectivamente, pero en este experimento no fueron efectivas. Las cepas más efectivas (CIAT 3101, 2348, 1780) no fueron aquéllas que formaron el mayor número de nódulos (CIAT 3111, 3334, 590). La falta de correlación entre el número de nódulos y la efectividad de la cepa ya había sido observada por Souto y Döbereiner (1968), Serpa (1972b) y Franco D. et al. (1973). Algunas cepas se pueden caracterizar por su capacidad para formar nódulos más numerosos y pequeños, o menos nódulos de mayor tamaño.

En un experimento de campo hecho posteriormente (CIAT, 1986; R. Sylvester-Bradley, información no publicada) hubo grandes aumentos (de cuatro a ocho veces) a causa de la inoculación, en el rendimiento de materia seca durante el establecimiento de *C. macrocarpum* CIAT 5713, CIAT 5744 y CIAT 5452, y de *C. acutifolium* CIAT 5568. Menores aumentos de

Digitized by Google

Cuadro 3. Nodulación de seis accesiones de *Centrosema macrocarpum* por la acción de 15 cepas de *Bradyrhizobium* en cilindros con suelo no disturbado (Oxisol, pH 4.5) de Carimagua, Colombia.

Cepa de *Bradyrhizobium*		No. de nódulos/cilindro en accesión CIAT no.:						Media
CIAT no.	Sinónimo	5065	5713	5737	5740	5744	5887	
3111		65	62	55	68	69	82	67
3334		64	67	47	48	51	68	58
590		56	55	47	57	57	68	57
1780		53	54	42	62	48	56	53
2348		55	55	42	41	57	61	52
49	CB 1923 (C 101a)	53	45	47	51	46	61	50
3694		51	55	37	41	51	52	48
2290		51	47	33	70	41	45	48
3101		45	51	30	45	51	58	46
1670		48	47	41	47	49	45	46
3196		50	25	23	33	30	71	39
3773	C 101a	23	43	25	15	28	18	25
3714		7	16	18	35	33	37	25
3174		27	18	19	17	30	15	21
3774	C 102	13	19	26	15	21	13	18
Sin inocular		13	39	12	10	14	10	16

FUENTE: CIAT, información no publicada.

rendimiento (cerca del 30%) se observaron en *C. acutifolium* CIAT 5277 y *C. brasilianum* CIAT 5234, porque estas dos accesiones nodularon más eficazmente con las cepas nativas. La cepa que dio los mayores rendimientos de nitrógeno en todos los ecotipos fue CIAT 3101. Esta cepa fue aislada de *C. plumieri* nativa (CIAT 5750) que había sido recolectada en la Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia (R. Schultze-Kraft, comunicación personal). Esta cepa es también efectiva en *Arachis pintoi*, y es parcialmente efectiva en *Pueraria phaseoloides* y en *Desmodium ovalifolium* (R. Sylvester-Bradley, información no publicada). La cepa CIAT 49 (CB 1923) mostró un comportamiento algo inferior, en este experimento de campo, al obtenido en el anterior experimento de invernadero hecho con cilindros de suelo.

Otros experimentos de campo en diversos sitios de Colombia, como aquéllos realizados por CIAT (1984), Sylvester-Bradley (1984) y Sylvester-Bradley y Mosquera P. (1985), han dado respuesta de rendimiento a la inoculación durante el establecimiento de *C. macrocarpum*. Han mostrado también que hay persistencia del

Digitized by Google

efecto de la inoculación en el rendimiento de *C. macrocarpum* CIAT 5065 y de *Pueraria phaseoloides* CIAT 9900, el segundo año después del establecimiento.

Diversos programas de fitomejoramiento han dado énfasis a los efectos de los genotipos de *Centrosema* en la nodulación. Se han observado diferencias genéticas en la nodulación de líneas de *C. pubescens* (Bowen y Kennedy, 1961; Franco et al., 1973; Serpa y De-Polli, 1976; Souto y Döbereiner, 1968). Se halló una baja heredabilidad del número de nódulos y de la característica de nodulación temprana o tardía de algunas líneas (Serpa y Cunha, 1970). Franco et al. (1973) compararon cuatro líneas de *C. pubescens* con el cultivar original Deodoro, pero sólo una línea dio mayor rendimiento de nitrógeno. Las cepas difirieron en su efectividad en las dos fechas de muestreo, y se sugirió que puede ser necesario mezclar cepas para superar este problema. Miranda et al. (1985) evaluaron *C. acutifolium* CNPGC 372/79, el híbrido interespecífico de *Centrosema* Itaguaí y *C. macrocarpum* CIAT 5065 inoculados con 11 cepas de rizobios. Se halló que la cepa C 106 era superior a las otras cepas, pero no era competitiva cuando se inoculaba en mezcla, en tanto que la cepa C 551 era ineficaz pero altamente competitiva.

Los híbridos de *C. pubescens* x *C. macrocarpum* y el progenitor *C. pubescens* CIAT 5052 nodularon más con rizobios nativos en el suelo de Carimagua que el progenitor *C. macrocarpum* CIAT 5062 (Cuadro 4). Sin embargo, una vez inoculado, *C. macrocarpum* presentó nodulación y rendimiento de nitrógeno similares a los de las otras accesiones (Cuadros 4 y 5). La interacción entre la accesión de leguminosa y la cepa de *Bradyrhizobium* fue significativa ($P < 0.05$) para la nodulación, y altamente significativa ($P < 0.01$) para el rendimiento de nitrógeno. La cepa CIAT 3101 estimuló la mayor respuesta de rendimiento en todos los híbridos y en sus progenitores, aunque las cepas CIAT 1780 y 1670 también fueron efectivas. Aunque los híbridos y *C. pubescens* formaron abundantes nódulos con las cepas nativas, se observaron también grandes aumentos en el rendimiento de nitrógeno después de la inoculación. Las cepas usadas en este experimento pueden superar los posibles problemas de nodulación que fueron observados en estos híbridos por J. R. Peres (comunicación personal) en los suelos del Cerrado de Brasil.

Digitized by Google

Cuadro 4. Nodulación de híbridos de *Centrosema pubescens* x *C. macrocarpum*, y de sus progenitores, en cilindros con suelo no disturbado de Carimagua, Colombia, sin inocular (o inoculados) con una de tres cepas de *Bradyrhizobium*.

Leguminosa	Accesión no.	No. de nódulos/cilindro cuando se inocula así:			
		Sin cepa	Cepa CIAT 3101	Cepa CIAT 1780	Cepa CIAT 1670
C. macrocarpum	CIAT 5062	19	53	35	48
C. pubescens	CIAT 5052	66	56	37	43
Híbrido	CPAC 2510	51	68	75	56
Híbrido	CPAC 2511	43	60	73	68
Híbrido	CPAC 2512	40	57	44	54
Híbrido	CPAC 2513	54	46	60	62

FUENTE: CIAT, información no publicada.

Cuadro 5. Rendimieno de nitrógeno de híbridos de *Centrosema pubescens* x *C. macrocarpum*, y de sus progenitores, en cilindros con suelo no disturbado de Carimagua, Colombia, sin inocular (o inoculando) con una de tres cepas de *Bradyrhizobium*.

Leguminosa	Accesión no.	Rend. N en follaje (mg/cilindro) al inocular con:			
		Sin cepa	Cepa CIAT 3101	Cepa CIAT 1780	Cepa CIAT 1670
C. macrocarpum	CIAT 5062	42	99	95	107
C. pubescens	CIAT 5052	75	123	97	99
Híbrido	CPAC 2510	70	131	124	102
Híbrido	CPAC 2511	77	117	116	120
Híbrido	CPAC 2512	87	113	98	106
Híbrido	CPAC 2513	85	124	109	117

FUENTE: CIAT, información no publicada.

De la inoculación de la semilla de *Centrosema* con cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* puede depender el éxito o el fracaso del establecimiento. También puede aumentar el vigor de las plantas aun en situaciones en que el crecimiento de éstas es adecuado sin inoculación. Cuando se estudian nuevos cultivares, o cuando se introduce *Centrosema* en regiones nuevas, se debe ensayar su respuesta a la inoculación con cepas conocidas por su efectividad. Será necesario además intensificar la recolección y

Digitized by Google

evaluación de cepas si éstas resultan inadecuadas, por ejemplo, por la presencia de factores limitativos específicos.

Cantidad de Nitrógeno Fijado

La cantidad de nitrógeno con que contribuye la leguminosa a una pradera de gramínea y *C. pubescens*, en comparación con una pastura de gramínea pura, varía de 72 a 108 kg/ha de N al año (de Mattos y Werner, 1979; Miller y van der List, 1977; Paulino et al., 1983). Se ha informado hasta de 280 kg/ha de N al año en pasturas con diversos sistemas de pastoreo (Bruce, 1965; de Carvalho, 1986; Gomide et al., 1984; Horrell y Newhouse, 1965; Moore, 1962; Stobbs, 1969; Vallis, 1972) y en cultivos de cobertura (Broughton, 1977). Las estimaciones hechas en experimentos de maceta varían de 90 a 140 kg/ha de N al año (Bowen, 1959a; Odu et al., 1971; Watson, 1957; Whitney et al., 1967). También se han observado aumentos de nitrógeno orgánico en las capas superficiales del suelo en pasturas de *Centrosema* (Bruce, 1967; Gumaste et al., 1982; Vallis, 1972).

Cadisch y Sylvester-Bradley (1986) usaron la técnica de dilución del ^{15}N para medir la fijación de N_2 por *C. acutifolium* y *C. macrocarpum* bajo un régimen de corte, cuando estaban asociadas con sabana nativa en Carimagua, Colombia. Durante el período de crecimiento más vigoroso, de 55% a 75% del nitrógeno—porcentaje que representa de 7 a 25 kg/ha de N en 38 días—en las dos especies de *Centrosema* provino de la fijación. El porcentaje de nitrógeno fijado por las dos especies de *Centrosema* aumentó con la fertilización de P y K, pero fue menor al observado en *Pueraria phaseoloides*, *Stylosanthes macrocephala* y *S. capitata*; mayor que en *S. guianensis* y *Desmodium ovalifolium*; e igual que en *Zornia glabra*.

Aunque la cantidad de nitrógeno medido en la parte aérea de la planta es un buen índice de la cantidad de N_2 fijado por una leguminosa nodulada en pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas, importa comprender que sólo una parte de este nitrógeno es consumido por los animales. Henzell (1968) ha calculado que la leguminosa de una pastura tropical de gramínea-leguminosa, en que la leguminosa tiene un crecimiento de nivel promedio, producirá un total anual de 40 a 200 kg/ha de N.

Digitized by Google

Sin embargo, no todo este nitrógeno proviene de la fijación de N_2; además, tan sólo la mitad del nitrógeno de la leguminosa, aproximadamente, se encuentra disponible como nitrógeno mineral. Se calcula que, en dichas pasturas, hay cada año de 60 a 180 kg/ha de N disponible para las gramíneas y las malezas, cantidad que quizás no sea suficiente para sostener el rendimiento máximo de las gramíneas tropicales.

Factores que Afectan la Nodulación y la Fijación de Nitrógeno en *Centrosema*

La respuesta general de la nodulación y de la fijación de N_2 de las leguminosas a los factores ambientales y biológicos se aplica también a *Centrosema* (Bushby, 1982; Gibson, 1971; Munns, 1978; Robson, 1978; Roughley, 1985). La mayor parte de la información disponible sobre *Centrosema* se refiere a *C. pubescens*. Es importante que los métodos de inoculación tengan en cuenta cualquier problema especial asociado con *Centrosema*, así como las consideraciones tradicionales sobre disponibilidad de materiales y experiencia del agricultor cuando se requiera "peletizar" (recubrir) las semillas o cuando la inoculación de éstas sea una tecnología nueva.

Inoculación y supervivencia de rizobios en semilla inoculada

Las semillas inoculadas se almacenan o siembran a veces en condiciones desfavorables para la supervivencia del inóculo. Esta supervivencia se puede elevar, en ciertos casos, peletizando la semilla.

La baja supervivencia de los rizobios en las semillas de *Centrosema* puede deberse a sustancias tóxicas que hay en la testa de esas semillas. Bowen (1961) indicó que un recubrimiento doble, cuya capa interna tenía materiales absorbentes, protegía las cepas inoculadas de las toxinas de la testa seminal de *C. pubescens*, que son solubles en agua. Souto y Döbereiner (1968) observaron un aumento en el peso de los nódulos de líneas de *C. pubescens* cuando usaron un recubrimiento doble en el que se remplazaba la turba por carbón vegetal en la capa interna. Cada uno de estos

Digitized by Google

revestimientos contenía cal dolomítica, roca fosfórica de Olinda y goma arábiga. Sin embargo, el número de nódulos no varió, lo que indica que el efecto pudo haber sido producido por una mejor nutrición derivada del revestimiento y no por las toxinas que éste absorbía.

Se han observado efectos positivos de la peletización con cal en la nodulación de *C. pubescens* (Döbereiner y Aronovich, 1966); Ahmed y Quilt (1981), en cambio, no observaron ningún efecto positivo de esta peletización en *C. virginianum*. Sylvester-Bradley et al. (1983) mostraron que no había ninguna diferencia estadística en el rendimiento de *C. macrocarpum* cuando su semilla inoculada era recubierta con cal o con roca fosfórica (pellets), en un suelo ácido. Paterno y Espíritu (1978) registraron un efecto negativo de la peletización con cal en *C. pubescens*, pero el fosfato de calcio o el superfosfato, junto con la cal, fueron beneficiosos. Colozza y Werner (1982) mostraron una interacción positiva entre el Mo contenido en la peletización de las semillas y la inoculación de éstas en *C. pubescens*. Las deficiencias de los micronutrimentos B, Mo, Fe, Mn y Zn en *C. pubescens* cultivada en suelos Podzoles Rojo-Amarillos (De-Polli et al., 1976) se podrían corregir por peletización con oligoelementos o mezclas de oligoelementos y de cal (De-Polli y Döbereiner, 1974; Nery et al., 1976). Halliday (1979) indicó una interacción entre la cepa y el recubrimiento de las semillas para el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 cultivado en suelo ácido.

Estudios recientes de R. Sylvester-Bradley et al. (información no publicada) y de Eaglesham y Goldman (1987, e información no publicada) han mostrado que *C. macrocarpum* y *C. acutifolium* se pueden inocular con la cepa *Bradyrhizobium* CIAT 1780, deshidratada por congelamiento o por la cepa *Bradyrhizobium* CIAT 3101, previamente suspendida en aceite o agua. Sin embargo, la supervivencia de la cepa en las semillas no fue tan buena como cuando se usó inoculante a base de turba, a menos que las semillas inoculadas fueran desecadas. Estos datos implican que la muerte de los rizobios deshidratados por congelamiento en las semillas, observada también por Vincent (1965) y Date (1977a), podría haber sido causada por las toxinas de la testa de la semilla, que son solubles en agua, o por la toxicidad del oxígeno a humedades relativas superiores a 15% (Bushby, 1982). Desecar las semillas inoculadas no es una recomendación práctica; no obstante, la supervivencia de las células de rizobios deshidratadas por

Digitized by Google

congelamiento puede mejorar si se cubren las semillas con sustancias apropiadas. El desarrollo de la tecnología de inoculantes deshidratados por congelamiento es importante, porque los inoculantes tendrán así un período de almacenamiento más prolongado; de este modo habrá más variedad de inoculantes disponibles para los agricultores (McLeod y Roughley, 1961).

El método que se recomienda con más frecuencia para inocular semillas de *Centrosema* y de otras leguminosas forrajeras tropicales (Roughley et al., 1966; Sylvester-Bradley y Kipe-Nolt, 1990) consiste en mezclar 50 g de inoculante a base de turba con 30 ml, aproximadamente, de un adhesivo como celulosa metílica al 4% o solución de goma arábiga al 40%. Si el inoculante es de buena calidad (cerca de 10^9 células/g), la cantidad indicada es suficiente para inocular 1 kg de semillas, las cuales se mezclan bien con el inoculante en un balde. Luego se toman de 200 a 400 g de roca fosfórica molida, que se pueden complementar con 5 a 100 g de óxido de molibdeno o molibdato de amonio (no usar molibdato de sodio porque es tóxico); con esta mezcla se cubren las semillas inoculadas haciendo girar suavemente el contenedor. Se pueden mezclar cantidades más grandes de semilla en tambores o en un mezclador de cemento. Dada la rápida mortalidad de las bacterias en las semillas, se recomienda, en general, sembrarlas poco después de la inoculación. Algunos productos ofrecen dar larga duración a las células de los rizobios en las semillas preinoculadas, pero no se dispone de ellos usualmente en las regiones tropicales.

Humedad del suelo

Los suelos inundados son importantes para la producción pecuaria en zonas que poseen estaciones secas bien definidas. De-Polli et al. (1971) señalaron que las cepas de *Bradyrhizobium* introducidas en semillas inoculadas eran más sensibles a la inundación que las cepas nativas, pero que el número de nódulos producido por ambas disminuía rápidamente con la inundación.

Además, los efectos de la inundación sobre los rizobios difieren según el tipo de suelo. En un experimento de invernadero, *Stylosanthes guianensis* toleró hasta 45 días de inundación, mientras que en *C. pubescens*, la leguminosa más sensible, se presentó una completa descomposición de las raíces y de los nódulos en un suelo inundado durante más de 30 días

Digitized by Google

(De-Polli et al., 1973). Whiteman et al. (1983) registraron resultados similares, en los que *Macroptilium atropurpureum* ocupó una posición intermedia entre *S. guianensis* y *C. pubescens*; aunque las raíces y los nódulos se pudrieron en el suelo, se formaron raíces y nódulos nuevos en la capa de agua y ninguna de las tres especies murió durante los 45 días de la inundación.

En otro experimento, De-Polli et al. (1973) mostraron que *C. pubescens* fue menos afectada por la deficiencia de agua, y más por el exceso de agua, que *Glycine max* cv. Santa María. En vermiculita—un sustrato que absorbe mucha agua—la soya pudo nodular aun cuando el sustrato estaba embebido hasta 135% de su capacidad de retención de agua; *C. pubescens*, por su parte, alcanzó una nodulación máxima a 65% de imbibición. Algunas especies de *Centrosema*, como *C. vexillatum*, se hallan naturalmente en hábitats que se inundan en forma estacional (Schultze-Kraft et al., esta obra), pero nada se sabe acerca de la formación de sus nódulos en suelo inundado, o si fijan más nitrógeno que otras especies menos adaptadas a estas condiciones.

El efecto de la sequía en la fijación de N_2 no ha sido evaluado todavía en *Centrosema*. Es posible que las líneas difieran en la persistencia de los nódulos activos después de la estación lluviosa. También puede haber diferencias entre las cepas de rizobios por su capacidad para formar nuevos nódulos después de la estación seca.

Otros factores

Tal como explican Salinas et al. (esta obra), la acidez del suelo y los factores relacionados (deficiencias de Ca, Mg y Mo y toxicidad causada por Mn y Al) afectan la fijación de N_2 en las especies de *Centrosema*. Se han observado diferencias interespecíficas e intraespecíficas en la tolerancia a un bajo pH del suelo. Algunos de los efectos negativos de la acidez del suelo en la fijación de N_2 pueden ser superados cuando se peletiza con cal, aunque esto no siempre sucede (ver p. 183). Para aumentar la fijación de N_2 en especies de *Centrosema* cultivadas en suelos ácidos, se necesitan más estudios sobre el efecto de algunos factores relacionados con la acidez del suelo y con los niveles de fósforo en la fijación de N_2 por diversas especies y líneas de la leguminosa.

Digitized by Google

El nivel del nitrógeno mineral en el suelo también puede ser importante. Por ejemplo, cuando *C. macrocarpum* se estableció en surcos en la sabana nativa, dio mayor respuesta a la inoculación que cuando se aró la tierra (Sylvester-Bradley y Mosquera P., 1985), probablemente porque había más nitrógeno disponible en el suelo arado, que estaba más perturbado. Mayor rendimiento y menores niveles de nodulación se observaron en *C. pubescens* —cuando la leguminosa crecía en un suelo franco arenoso, en macetas—a medida que aumentaban los niveles de nitrógeno (Fayemi et al., 1970).

Micorrizas y Otros Microorganismos

La absorción de fósforo mejora cuando hay infección de micorriza en las leguminosas forrajeras tropicales (Cabala-Rosand y Wild, 1982; Huang et al., 1985; Mosse, 1977). Crush (1974) mostró que *C. pubescens* y *Stylosanthes guianensis* tenían un grado mayor de dependencia micorrízica que *Trifolium repens* o *Lotus pedunculatus*. Esta dependencia estaba relacionada con el grado de desarrollo de los pelos radicales. Esta relación ha sido observada también por Baylis (1975). Niveles relativamente altos de P disponible inhiben el desarrollo de micorrizas, mientras que los niveles más bajos lo estimulan (Barea y Azcón-Aguilar, 1983; Barea et al., 1983; Crush, 1976). Estas respuestas se relacionan con las características del suelo y con las especies de leguminosas y hongos (Crush, 1974; Munns y Mosse, 1980; Powell, 1977). Mosse et al. (1976) mostraron que la inoculación de *C. pubescens* con hongos de micorriza aumentó el rendimiento de plantas cultivadas en suelo cuando los tejidos de las plantas no inoculadas contenían menos de 0.15% de P. En suelos con muy bajo contenido de P, la nodulación ocurrió sólo en presencia de la micorriza; la aplicación de roca fosfórica también aumentó aquí la nodulación y la fijación de N_2. Saif (1986) observó un rango de infección con hongos de micorriza nativos entre accesiones de *C. brasilianum*, *C. acutifolium* y *C. macrocarpum*. Además, se ha observado en *Centrosema* spp. un alto grado de dependencia de la micorriza (CIAT, 1986).

Paulino et al. (1986) demostraron que el crecimiento y la absorción de P aumentaban en *C. pubescens* como respuesta a la inoculación con el hongo micorrízico *Glomus fasciculatus*, aunque

Digitized by Google

la absorción de nitrógeno no aumentó. En otro estudio (Paulino y Azcón, 1987), se observó una mejor absorción de nutrimentos en *C. pubescens* cuando ésta se inoculó con la cepa de rizobios apropiada, con *G. fasciculatus*, y con solubilizadores de fosfato de tipo fungoso o bacteriano. Los resultados indicaron una mejoría en el crecimiento de *C. pubescens*, en su nutrición, en su nodulación y en la actividad de su nitrogenasa, gracias a la colonización de las raíces por *G. fasciculatus*, y mostraron también que la bacteria que solubiliza el fosfato mejoró la eficiencia de la micorriza.

Trabajo Futuro

Hay tres áreas prioritarias: investigación para desarrollar inoculantes; pruebas regionales para evaluar la efectividad de las poblaciones nativas de rizobios; e investigación sobre el manejo del nitrógeno.

Las especies de *Centrosema* dan respuestas más definidas a la inoculación que muchas otras especies de leguminosas forrajeras tropicales. Maximizar la fijación de N_2 en este género depende, por tanto, de que los agricultores dispongan de inoculantes apropiados. En muchos países tropicales, la producción y distribución de inoculantes, aun para leguminosas como la soya, son inadecuadas. La investigación destinada a mejorar la disponibilidad y el uso de los inoculantes de alta calidad para un rango más amplio de leguminosas ayudaría a superar una de las principales limitaciones que encuentra la tarea de maximizar la fijación de N_2 en *Centrosema* spp.

No se conoce la intensidad con que las poblaciones nativas de rizobios que hacen nodular a *Centrosema* spp. varían dentro de los tipos de suelo y de los ecosistemas, y entre ellos. Dicha información permitiría evaluar el grado en que pueden generalizarse las recomendaciones de inoculación. El CIAT está coordinando una red de científicos que hacen pruebas agronómicas diseñadas para evaluar la necesidad de inocular en diferentes sitios. Hasta cierto punto, esta red logrará su objetivo. Hay que hacer más evaluaciones de este tipo y también de las respuestas a la inoculación en un rango de sitios tan amplio como sea posible.

Se sabe que varios factores nutricionales y climáticos afectan la fijación de N_2 en *Centrosema* spp. Se necesitan estudios

Digitized by Google

adicionales para que las prácticas de manejo recomendadas consideren estos efectos, y para garantizar que, en pasturas a base de *Centrosema*, se obtenga la máxima captación de nitrógeno. Dichos estudios requerirían una evaluación del ciclo del nitrógeno en diferentes condiciones de manejo.

Otros estudios como, por ejemplo, la persistencia y la competitividad de las cepas inoculadas, el manejo de las micorrizas, de otros microorganismos del suelo, y de la fauna del suelo podrían llevarse a cabo paralelamente a esas tres áreas prioritarias de investigación.

Referencias

Ahmed, B. y Quilt, P. 1981. Effect of inoculum concentration and seed pelleting on growth and nitrogenase activity of *Centrosema virginianum* cv. Antigua. Trop. Agric. (Trinidad) 58(4):349-355.

Andrew, C. S. y Hegarty, M. P. 1969. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate legume species. Aust. J. Agric. Res. 20(4):687-696.

Ara, M. A.; Sánchez, P. A.; Bandy, D. E.; y Toledo, J. M. 1981. Adaptation of acid-tolerant grass and legume pasture ecotypes in the Upper Amazon basin. Agron. Abstr. nov. 29-dic. 4, 1981. p. 38.

Aronovich, S.; Serpa, A.; y Ribeiro, H. 1970. Effect of nitrogen fertilizer and legume upon beef production of pangola grass pasture. En: Norman, M. J. T. (ed.). Proceedings of the XI International Grassland Congress, Surfers Paradise, Queensland, Australia, abril 1970. University of Queensland Press, St. Lucia, Qld., Australia. p. 796-800.

_____ ; _____ ; y _____ . 1971. Aproveitamento do bezerro leiteiro mestiço para produção de carne, apos a desmama, em pastagens de capim-pangola. Pesqui. Agropecu. Bras. Ser. Vet. 6:151-156.

Barea, J. M. y Azcón-Aguilar, C. 1983. Mycorrhizas and their significance in nodulating nitrogen-fixing plants. Adv. Agron. 36:1-54.

_____ ; _____ ; y Azcón, R. 1983. Efecto de la interacción de fertilizantes solubles de P y micorrizas sobre la nodulación, micorrización y nutrición de la alfalfa (*Medicago sativa* L.). Cien. Suelo (Madrid) 1(1):39-43.

Digitized by Google

Baylis, G. T. S. 1975. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. En: Sanders, F. E.; Mosse, B.; y Tinker, P. B. (eds.). Endomycorrhizas. Academic Press, Londres, Inglaterra. p. 378-389.

Bowen, C. D. 1959a. Field studies on nodulation and growth of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 16(4):253-265.

_____ . 1959b. Specificity and nitrogen fixation in the *Rhizobium* symbiosis of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 16:267-282.

_____ . 1961. The toxicity of legume seed diffusates towards rhizobia and other bacteria. Plant Soil 15:155-165.

_____ y Kennedy, M. M. 1961. Heritable variation in nodulation of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 18:161-170.

Broughton, W. J. 1977. Effect of various covers on soil fertility under *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. and on growth of the tree. Agro-ecosystems 3(2):147-170.

_____ ; Ikram, A.; y Padmanabhan, S. 1975. Rhizobia in tropical legumes; 2: Efficacy of different isolates on *Centrosema pubescens* Benth. Malays. Agric. Res. 4(3):181-191.

Bruce, R. C. 1965. Effect of *Centrosema pubescens* Benth. on soil fertility in the humid tropics. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 22:221-226.

_____ . 1967. Tropical legumes lift soil nitrogen. Queensl. Agric. J. 93:221-226.

Bushby, H. V. A. 1982. Ecology. En: Broughton, W. J. (ed.). Nitrogen fixation; vol. 2: *Rhizobium*. Clarendon Press, Oxford, Inglaterra. p. 35-75.

Cabala-Rosand, P. y Wild, A. 1982. Direct use of low-grade phosphate rock from Brazil as fertilizer; II: Effects of mycorrhizal inoculation and nitrogen source. Plant Soil 65(3):363-373.

Cadisch, G. y Sylvester-Bradley, R. 1986. Growth and symbiotic nitrogen fixation of eight preestablished tropical forage legumes at two levels of PK supply. Informe presentado en la Tercera Reunión FAO/IAEA/IG de Coordinación de la Investigación sobre el uso de técnicas nucleares para mejorar el manejo de los pastos. International Atomic Energy Agency (IAEA), Viena, Austria.

Digitized by Google

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). [1984]. Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. p. 205-239.

_____. 1986. Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. p. 216-250.

Clemens, R. J.; Williams, R. J.; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

Colozza, M. T. y Werner, J. C. 1982. Peletização com inoculante, molibdénio e hiperfosfato combinados com adubação fosfatada, no estabelecimento da centrosema em solo de cerrado. Bol. Ind. Anim. 39(2):117-130.

Crush, J. R. 1974. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza; VII: Growth and nodulation of some herbage legumes. New Phytol. 73(4):743-752.

_____. 1976. Endomycorrhizas and legumes growth in some soils of Mackenzie Basin, Canterbury, New Zealand. N. Z. J. Agric. Res. 19:473-476.

Date, R. A. 1977a. The development and use of legume inoculants. En: Ayanaba, A. A. y Dart, P. J. (eds.). Biological nitrogen fixation in farming systems of the tropics. Wiley, Chichester, Reino Unido. p. 169-180.

_____. 1977b. Inoculation of tropical pasture legumes. En: Vincent, J. M.; Whitney, A. S.; y Bose, J. (eds.). Exploiting the legume-*Rhizobium* symbiosis in tropical agriculture: Proceedings of a workshop held in Maui, Hawaii, 1976. Miscellaneous publication no. 145. Department of Agronomy and Soil Science, College of Tropical Agriculture, University of Hawaii, Honolulu, HI, E.U. p. 293-311.

de Carvalho, M. M. 1986. Fixação biológica como fonte de nitrogênio para pastagens. En: de Mattos, H. B.; Werner, J. C.; Yamada, T.; y Malavolta, E. (eds.). Calagem e adubação de pastagens: Memorias de un simposio celebrado en Nova Odessa, Brasil, 1985. Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, Piracicaba, SP, Brasil. p. 125-143.

Digitized by Google

de Mattos, H. Barbosa y Werner, J. C. 1975. Competição entre cinco leguminosas de clima tropical. Bol. Ind. Anim. 32(2):293-305.

_____ y _____ . 1979. Efeitos do nitrogénio mineral e de leguminosas sobre a produção do capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.). Bol. Ind. Anim. 36(1):147-156.

De-Polli, H. y Döbereiner, J. 1974. Deficiência de micronutrientes em solo Podzólico Vermelho-amarelo e sua correção com "pellet" de FTE. Pesqui. Agropecu. Bras. Sér. Agron. 9(10):93-99.

_____ ; Franco, A. A.; y Döbereiner, J. 1971. Sobrevivência de *Rhizobium* em solos de baixada sujeitos a inundação. En: Anais do XIII Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Vitória, ES, Brasil. p. 46.

_____ ; Suhet, A. R.; y Franco, A. A. 1976. Micronutrientes limitando a fixação de nitrogénio atmosférico e produção de centrosema em solos Podzólico Vermelho-amarelo. En: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, SP, 1975. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, Brasil, p. 151-156.

_____ ; Vargas, M. A. T.; Franco, A. A.; y Döbereiner, J. 1973. Efeitos da inundação na nodulação e desenvolvimento de leguminosas forrageiras tropicais. Pesqui. Agropecu. Bras. Sér. Zootec. 8(2):27-34.

Döbereiner, J. 1971. Inoculação cruzada e eficiência na simbiose de leguminosas tropicais. En: Döbereiner, J.; da Eira, P. A.; Franco, A. A.; y Campelo, A. B. (eds.). As leguminosas na agricultura tropical. Anais do Seminário sobre Metodologia e Planejamento de Pesquisa com Leguminosas Tropicais celebrado en el Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul, julio 1970. Departamento Nacional de Pesquisa Agropecuária (DNPEA), Rio de Janeiro, RJ, Brasil. p. 181-192.

_____ . 1978. Potential for nitrogen fixation in tropical legumes. En: Döbereiner, J.; Burris, R H.; y Hollaender, A. (eds.). Limitations and potentials for biological nitrogen fixation in the tropics: Memorias del Décimoquinto Simposio Internacional Latinoamericano sobre Fijación de Nitrógeno celebrado en Brasília, Brasil, 1977. Plenum Press, Nueva York, NY, E.U. p. 13-21.

Digitized by Google

_____ y Aronovich, S. 1966. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação do nitrogénio de *Centrosema pubescens* Benth., em solo com toxidez de manganês. Proceedings of the IX International Grassland Congress, São Paulo, Brasil, 1965. 2 vols. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Vol. 2, p. 1121-1124.

Eaglesham, A. R. J. y Goldman, B. J. 1987. Oil-based inoculants for preinoculation of *Centrosema macrocarpum*. En: Memorias del taller de UNEP (United Nations Environmental Programme) sobre los rizobios y los inoculantes de leguminosas celebrado en Porto Alegre, Brasil, 1985.

Fayemi, A. A.; Odu, C. T. I.; y Fagbami, A. 1970. Nutrient requirements of tropical pasture legumes; I: Influence of soil type and nitrogen levels on the growth, nodulation and nitrogen fixation of *Centrosema pubescens* Benth. and *Stylosanthes gracilis* L. Nigerian J. Sci. 4(1):67-75.

Franco, A. A.; Serpa, A.; y Souto, S. M. 1973. Simbiose de estirpes homólogas com linhagens de *Centrosema pubescens*. Pesqui. Agropecu. Bras. Sér. Zootec. 8(2):13-17.

Franco D., M. A.; Mosquera P., D.; Campuzano de Ramírez, F.; y Sylvester-Bradley, R. (comps.). 1986. Catalogue of rhizobium strains for tropical forage legumes. 4a. ed. Documento de trabajo no. 13. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 86 p.

Garza T., R.; Portugal, G. A.; y Aluja, S. A. 1978. Producción de carne con pasto pangola (*Digitaria decumbens*) solo o asociado con leguminosas tropicales. Téc. Pecu. Méx. 35:17-22.

Gibson, A. H. 1971. Factors in the physical and biological environment affecting nodulation and nitrogen fixation by legumes. En: Lie, T. A. y Mulder, E. G. (eds.). Biological nitrogen fixation in natural and agricultural habitats. Memorias de las reuniones técnicas sobre fijación biológica del nitrógeno del International Biological Programme (Section PP.N) celebradas en Praga y Wageningen, 1970. Plant and Soil, edición especial, p. 139-152.

Gomide, J. A.; Costa, G. G.; Silva, M. A. M. M.; y Zago, C. P. 1984. Adubação nitrogenada e consorciação de capim-colonião e capim-jaraguá com leguminosas; I: Produtividade e teor de nitrogénio das gramíneas e das misturas. Rev. Soc. Bras. Zootec. 13(1):10-21.

Digitized by Google

Gumaste, S. K.; Palled, Y. B.; y Jayanna, M. 1982. Nodulation and soil nitrogen enrichment by some tropical legumes. Res. Bull. Marathwada Agric. Univ. 6(1-12):39-40.

Gutteridge, R. C. y Boonklinkajorn, P. 1979. Improved pasture under coconuts: An important concept for southern Thailand. Thai J. Agric. Sci. 12(4):323-334.

Guzmán, I. y Döbereiner, J. 1969. Effectiveness and efficiency in the symbiosis of four cross-inoculated tropical legumes. Rev. Latinoam. Microbiol. Parasitol. 11:137-140.

Halliday, J. 1979. Respuesta dada en el campo por algunas leguminosas tropicales a la inoculación con rizobios. En: Sánchez, P. A. y Tergas, L. E. (eds.). Producción de pastos en los suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 135-150.

Henzell, E. F. 1968. Sources of nitrogen for Queensland pastures. Trop. Grassl. 2(1):1-17.

Horrell, C. R. y Newhouse, P. W. 1965. Yields of sown pastures in Uganda, as influenced by legumes and by fertilizers. En: Proceedings of the IX International Grassland Congress, São Paulo, Brasil, 1965. 2 vols. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Vol. 2, p. 1133-1136.

Huang, R.-S.; Smith, W. K.; y Yost, R. S. 1985. Influence of vesicular-arbuscular mycorrhiza on growth, water relations, and leaf orientation in *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. New Phytol. 99(2):229-243.

Kitamura, Y. y Abe, J. 1984. Relative drought sensitivity of tropical pasture legumes. J. Jpn. Soc. Grassl. Sci. 30(2):122-130.

_____ ; _____ ; y Nishimura, Y. 1983. The comparative dry matter production and leaf diffusion resistance of five tropical pasture legumes grown under five soil water levels. J. Jpn. Soc. Grassl. Sci. 29(2):122-130.

Lascano, C.; Huamán, H.; y Villela, E. 1981. Efecto de frecuencia e intensidad de pastoreo en una asociación gramínea + leguminosa sobre la selectividad animal. Agron. Trop. (Maracay) 31(1-6): 171-188.

Digitized by Google

López, M.; Martínez, J.; y Paretas, J. J. 1983. Nodulación en leguminosas tropicales. Pastos Forrajes 6:185-194.

McLeod, R. W. y Roughley, R. J. 1961. Freeze-dried cultures as commercial legume inoculants. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 1(1):29-33.

Miller, C. P. y van der List, J. T. 1977. Yield, nitrogen uptake, and liveweight gains from irrigated grass-legume pasture on a Queensland tropical highland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17(89):949-960.

Miranda, C. H. B.; Seiffert, N. F.; y Souto, S. M. 1985. Especificidade e competitividade de estirpes de *Rhizobium* em *Centrosema* sob condições controladas. Pesqui. Agropecu. Bras. 20(10):1157-1161.

Moore, A. W. 1962. The influence of a legume on soil fertility under a grazed tropical pasture. Emp. J. Exp. Agric. 30:239-249.

Mosse, B. 1977. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza; X: Responses of *Stylosanthes* and maize to inoculation in unsterile soils. New Phytol. 78(2):277-288.

_____ ; Powell, C. L.; y Hayman, D. S. 1976. Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza; IX: Interactions between VA mycorrhiza, rock phosphate and symbiotic nitrogen fixation. New Phytol. 76(2):331-342.

Munns, D. N. 1978. Soil acidity and nodulation. En: Andrew, C. S. y Kamprath, E. J. (eds.). Proceedings of the workshop on mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils held at Brisbane, Australia, 1978. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 247-263.

_____ y Mosse, B. 1980. Mineral nutrition of legume crops. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science. Memorias de la Conferencia Internacional de Leguminosas celebrada en Kew, julio-agosto 1978. 2 vols. Royal Botanical Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 1, p. 115-125.

Murphy, H. E.; Edwards, D. G.; y Asher, C. J. 1984. Effects of aluminium on nodulation and early growth of four tropical pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 35(5):663-673.

Digitized by Google

Nery, N.; Peres, J. R. R.; y Döbereiner, J. 1976. Efeito de micronutrientes na forma de FTE na produção de leguminosas forrageiras e fixação de N_2. En: Anais do XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, Campinas, SP, 1975. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, SP, Brasil. p. 157-162.

Odu, C. T. I.; Fayemi, A. A.; y Ogunwale, J. A. 1971. Effect of pH on the growth, nodulation and nitrogen fixation of *Centrosema pubescens* and *Stylosanthes gracilis*. J. Sci. Food Agric. 22(2):57-59.

Pahwa, M. R. y Patil, B. D. 1983. Response of some pasture legumes to cowpea-*Rhizobium* inoculation. Legume Res. 6(2):89-90.

Paterno, E. S. y Espíritu, B. M. 1978. Phosphate pelleting of *Centrosema pubescens* Benth. Philipp. J. Crop Sci. 3(1):46-52.

Paulino, V. T. y Azcón, R. 1987. Respostas de *Centrosema pubescens* Benth. à inoculação de micorriza vesículo-arbuscular e microorganismos solubilizadores de fosfato em meio com fosfatos de rocha. Rev. Bras. Cienc. Solo 11(3):263-267.

_____ ; da Cunha, P. G.; de Mattos, H. B.; y Bufarah, G. 1983. Estimativa do potencial de fornecimento de nitrogénio para a dieta animal através de leguminosas forrageiras; I: São José do Rio Preto. Zootecnia (São Paulo) 21(2):135-150.

_____ ; Piccini, D. F.; y Barea, J. M. 1986. Influência de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e fosfatos em leguminosas forrageiras tropicais. Rev. Bras. Cienc. Solo 10(2):103-108.

Powell, C. L. 1977. Mycorrhizas in hill country soils; II: Effects of several mycorrhizal fungi on clover growth in sterile soils. Nature (Londres) 264:436-438.

Primo, A. T. 1979. Beef production from pasture systems, with and without legumes, in the wet-dry tropics of Brazil. Diss. Abstr. Int. B. Sci. Eng. 39(12):5697. (Resumen.)

Reynolds, S. G. 1977. A report on phase 3 of the cattle under coconuts grazing trial at Vailele, Western Samoa, 20th May 1976-15th February 1977. Livestock and Pasture Agronomy report series no. 10. Department of Agriculture, Apia, Samoa Occidental. 27 p.

_____ y Lovang, T. 1977. A report on phase 2 of the cattle under coconuts grazing trial at Vailele, Western Samoa, May 1975-March 1976. Livestock and Pasture Agronomy report series no. 9. Department of Agriculture, Apia, Samoa Occidental. 25 p.

Digitized by Google

Rika, I. K.; Nitis, I. M.; y Humphreys, L. R. 1981. Effects of stocking rate on cattle growth, pasture production and coconut yield in Bali. Trop. Grassl. 15(3):149-157.

Robson, A. D. 1978. Mineral nutrients limiting nitrogen fixation in legumes. En: Andrew, C. S. y Kamprath, E. J. (eds.). Proceedings of the workshop on mineral nutrition of legumes in tropical and subtropical soils held at Brisbane, Australia, 1978. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. p. 277-293.

Roughley, R. J. 1985. Effect of soil environmental factors on rhizobia. En: Shibles, R. (ed.). Proceedings of the third World Soybean Conference. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 903-910.

_____ ; Date, R. A.; y Walter, M. H. 1966. Inoculating and lime pelleting legume seed. Agric. Gaz. N.S.W. 77:142-146.

Saif, S. ur R. 1986. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in tropical forage species as influenced by season, soil texture, fertilizers, host species and ecotypes. Angew. Bot. 60(1-2):125-139.

Sartini, H. J.; Martinelli, D.; Pares-Júnior, M. F.; y Biondi, P. 1970-71. Pastejo baixo comparado com pastejo alto visando a produção de carne em pastagem de elefante napier (*Pennisetum purpureum* Schum). Bol. Ind. Anim. 27-28:295-303.

Serpa, A. 1972a. Seleção de fatores essenciais em leguminosas tropicais para pastagens. Trabajo presentado en la IX Reunião do Sociedade Brasileira Zootecnica celebrada en Viçosa, MG, Brasil. 6 p. (Mecanografiado.)

_____ . 1972b. Seleção precoce para o nitrogénio total em *Centrosema pubescens*. Pesqui. Agropecu. Bras. Sér. Zootec. 7:29-31.

_____ y Cunha, L. A. 1970. Variação hereditária e ambiente dos caracteres, número de nódulos e comprimento da raíz principal em *Centrosema pubescens* Benth. En: Anais do V Reunião Latino-Americana de *Rhizobium*. Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. p. 1-10.

_____ y De-Polli, H. 1976. Variabilidade genética de simbiose *Centrosema-Rhizobium*. Pesqui. Agropecu. Bras. Sér. Zootec. 11:29-32.

Digitized by Google

_____ ; Ribeiro, H.; Matta, H.; de Lucas, E. Delgado; Mattos, S. da Cunha; y Aronovich, S. 1973. Influência da adubação nitrogenada e de leguminosas sobre a produção de leite no período seco, em pastagens de capim-pangola. Rev. Soc. Bras. Zootec. 2:227-244.

Smith, M. A. y Whiteman, P. C. 1985. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands; 3: Comparison of existing mixtures with koronivia (*Brachiaria humidicola*) and with natural pastures. J. Agric. Sci. 104(1):181-189.

Souto, S. M. y Döbereiner, J. 1968. Diferenças entre linhagens de *Centrosema pubescens* Benth. na nodulação e produção de forragem. En: Memorias de la IV Reunião Latino-Americana sobre Inoculantes para Leguminosas, octubre 1968, Porto Alegre. Porto Alegre, RS, Brasil. p. 381-393.

_____ y _____ . 1969. Toxidez de manganês em leguminosas forrageiras tropicais. Pesqui. Agropecu. Bras. 4:129-138.

_____ y de Lucas, E. Delgado. 1973. Avaliação preliminar, no período seco de leguminosas forrageiras tropicais. Pesqui. Agropecu. Bras. Sér. Zootec. 8:55-59.

Stobbs, T. H. 1969. The value of *Centrosema pubescens* (Benth.) for increasing animal production and improving soil fertility in northern Uganda. East Afr. Agric. For. J. 35:197-202.

Sylvester-Bradley, R. 1984. *Rhizobium* inoculation trials designed to support a tropical forage legume selection programme. Plant Soil 82(3):377-386.

_____ ; Ayarza, M. A.; Méndez, J. E.; y Moriones, R. 1983. Use of undisturbed soil cores for evaluation of *Rhizobium* strains and methods for inoculation of tropical forage legumes in a Colombian Oxisol. Plant Soil 74(2):237-247.

Sylvester-Bradley, R. y Kipe-Nolt, J. 1990. La simbiosis leguminosa-rizobio: actas de un taller sobre la evaluación, selección y manejo agronómico. Sept. 1987. Proyecto especial CIAT-PNUD (Centro Internacional de Agricultura Tropical-Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo). CIAT, Cali, Colombia. 3 vol., 349 p.

_____ y Mosquera P., D. 1985. Nitrification and responses to *Rhizobium* inoculation in tropical savanna as affected by land preparation. En: Kang, B. T. y van der Heide, T. (eds.). Nitrogen management in farming systems in humid and sub-humid tropics. Memorias. Institute for Soil Fertility (IB), Haren, Holanda. p. 167-183.

Digitized by Google

Tang, M.; Tamayo, E. V.; y Márquez, B. 1982. Estudio de la acción de siete cepas de *Rhizobium* sobre cuatro leguminosas. Pastos Forrajes 5:159-170.

Trinick, M. J. 1980. Relationships amongst the fast-growing rhizobia of *Lablab purpureus*, *Leucaena leucocephala*, *Mimosa* spp., *Acacia farnesiana* and *Sesbania grandiflora* and their affinities with other rhizobial groups. J. Appl. Bacteriol. 49(1):39-53.

Useche, G. A. y Schultze-Kraft, R. 1984. Tolerancia a la acidez del suelo y requerimientos de calcio de 15 variedades de *Centrosema* bajo condiciones de invernadero. Acta Agron. (Palmira) 34(1):32-38.

Vallis, I. 1972. Soil nitrogen changes under continuously grazed legume-grass pastures in subtropical coastal Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 12(58):495-501.

Vargas, M. A. T. y Suhet, A. R. 1981. Eficiência de inoculantes comerciais e estirpes nativas de *Rhizobium* para seis leguminosas forrageiras em um solo de cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras. 16(3):357-362.

Vincent, J. M. 1965. Environmental factors in the fixation of nitrogen by the legume. En: Bartholomew, W. V. y Clarke, F. E. (eds.). Soil nitrogen. American Society of Agronomy, Madison, WI, E.U. p. 384-435.

Waidyanatha, U. P. de S.; Wijesinghe, D. S.; y Stauss, R. 1984. Zero-grazed pasture under immature *Hevea* rubber: Productivity of some grasses and grass-legume mixtures and their competition with *Hevea*. Trop. Grassl. 18(1):21-26.

Watson, G. A. 1957. Nitrogen fixation by *Centrosema pubescens*. J. Rubber Res. Inst. Malays. 15:168-174.

_____. 1963. Cover plants and tree growth; part 1: The effect of leguminous and non-leguminous cover plants on the period of immaturity. Plant. Bull. Rubber Res. Inst. Malays. 6:123-129.

Whiteman, P. C.; Seitcheko, M.; y Siregar, M. E. 1983. Comparative flooding tolerance of pasture legumes. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 393-395.

Digitized by Google

Whitney, A. S.; Kanehiro, Y.; y Sherman, G. D. 1967. Nitrogen relationships of three tropical forage legumes in pure stands and in grass mixtures. Agron. J. 59(1):47-50.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 201-253).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 7

Enfermedades y Plagas de *Centrosema*

J. M. Lenné, R. M. Sonoda y S. L. Lapointe*

Resumen

Diversos hongos, virus y nematodos, una bacteria y un micoplasma atacan a las especies del género *Centrosema*. Las plagas potenciales de artrópodos incluyen insectos comedores de hojas, principalmente Chrysomelidae, otros coleópteros y el escarabajo *Epilachna indica*. Otras plagas son: trips, áfidos, saltahojas, crisomélidos, larvas de lepidópteros comedores de follaje, perforadores de las vainas, enrolladores de hojas, dípteros y ácaros. La importancia relativa de cada enfermedad o plaga varía según la especie de *Centrosema* y la localidad de que se trate.

El añublo foliar causado por *Rhizoctonia* es la principal enfermedad de *Centrosema* en América tropical; *C. brasilianum* es la especie más susceptible. Hay tres especies, por lo menos, de *Rhizoctonia* y los aislamientos varían en virulencia; esto hace que los estudios sobre la resistencia de los hospedantes sean complicados y lentos.

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Gran Bretaña); Universidad de Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), Agricultural Research and Education Center Ft. Pierce (ARECFP), Ft. Pierce, FL, E.U.; y CIAT (actualmente en Brasil), respectivamente.

Digitized by Google

Otras enfermedades de importancia secundaria o que ocurren en sitios específicos son: mancha foliar causada por *Pseudocercospora*, bacteriosis, y virus del mosaico de *Centrosema* (CeMV).

Entre las prioridades de investigación están el añublo foliar causado por *Rhizoctonia*, el CeMV, *Epilachna indica*, y la preferencia de algunas especies de insectos dañinos por determinados sitios.

Introducción

Se han registrado enfermedades e insectos dañinos en *Centrosema* spp., especialmente en *C. pubescens*, desde principios del siglo, pero no se ha evaluado su importancia. El aumento de la investigación agronómica y la dispersión del cultivo han despertado más la conciencia de que las enfermedades y plagas pueden ser importantes limitaciones para la productividad de *Centrosema*.

En este capítulo se compila información sobre enfermedades y plagas de *Centrosema*, se describe su distribución y su importancia relativa, y se discute el manejo de algunas de ellas.

Enfermedades de *Centrosema*

En *Centrosema* se han registrado enfermedades causadas por 38 géneros de hongos, un género de bacterias, un micoplasma, 13 virus y 6 géneros de nematodos. El caudal de información obtenido sobre las regiones tropicales de América (Apéndice 1 de este capítulo) y sobre otras regiones tropicales y subtropicales (Apéndice 2 de este capítulo) refleja la intensa actividad desplegada por los fitopatólogos. La aparente ausencia de enfermedades en algunas regiones y países refleja en parte la falta de interés o de conocimientos en fitopatología. Hacer comparaciones detalladas de la identidad de los organismos patógenos y de la gravedad de las enfermedades entre distintas regiones tiene, por tanto, poco valor, excepto dentro de América tropical. Además, hay muchos informes de enfermedades en las listas de hospedantes, en los registros inéditos del Commonwealth Mycological Institute, y en estudios hechos por los autores y sus

Digitized by Google

colegas. Por consiguiente, es difícil discutir la importancia relativa de muchas de las enfermedades. Sin embargo, más adelante se tratan las enfermedades de mayor incidencia o que causan más daño, y se ilustra su sintomatología en las láminas en color X y
XI del Apéndice I del libro.

Enfermedades causadas por hongos

Manchas foliares causadas por *Cercospora* y géneros relacionados. Se han registrado tres especies de *Cercospora* en los principales ecosistemas de América tropical. *Cercospora canescens* es la más común y la más difundida, pues se ha registrado en nueve especies de *Centrosema* en todos los ecosistemas, en más de ocho países. Causa lesiones foliares angulares de color pardo oscuro a negro, con halos cloróticos, que se extienden causando clorosis, necrosis y defoliación (Lenné et al., 1983). La alta humedad relativa y las temperaturas moderadamente altas favorecen la infección del hospedante y el desarrollo de la enfermedad. En *Centrosema pubescens* puede presentarse defoliación, pero otras especies, generalmente, han sido menos afectadas. Por tanto, *C. canescens* no es una enfermedad especialmente seria (CIAT, 1982 a 1986; Lenné et al., 1983). *Cercospora centrosemae* y *C. cylindrospora* han sido registradas en *C. virginianum* en Venezuela y México (Chupp, 1953), y otras seis especies de *Cercospora* han sido registradas en *Centrosema* en otras regiones.

Pseudocercospora bradburyae (syn. *Cercospora bradburyae*) es la mancha foliar más difundida. Se registra en nueve especies de *Centrosema* en los principales ecosistemas de América tropical, en más de siete países. Está presente en otras regiones (en 17 países) en *C. plumieri*, *C. pubescens* y *C. virginianum*. *Pseudocercospora bradburyae* forma manchas foliares pequeñas, redondeadas, de color crema a gris pálido, con bordes oscuros. La fusión de las lesiones causa defoliación, pero rara vez la muerte de la planta. En el norte de Queensland, las lesiones foliares causadas por *P. bradburyae*, junto con las de *Colletotrichum gloeosporioides*, pueden causar una grave defoliación en el invierno cuando *C. pubescens* no crece activamente (R. Davis, comunicación personal). Sin embargo, las plantas se recuperan cuando reanudan el crecimiento. En América tropical, la mancha foliar causada por

Digitized by Google

Pseudocercospora acarrea a veces daños graves a *C. brasilianum* cuando el medio presenta condiciones húmedas (CIAT, 1986).

Manchas foliares y antracnosis de la vaina causadas por *Colletotrichum* **spp.** *Colletotrichum gloeosporioides* y *C. truncatum* son comunes en las especies de *Centrosema* en América tropical. En las hojas se forman lesiones de redondeadas a irregulares, de color crema, mientras que en las vainas las lesiones tienen el aspecto de úlceras, y afectan las semillas en desarrollo (Lenné et al., 1983). A menudo, se pueden ver cuerpos fructíferos oscuros en estas lesiones, que se presentan unidos en la infección latente de las vainas (J. M. Lenné, información no publicada). *Colletotrichum gloeosporioides* se asocia frecuentemente con el añublo foliar por *Rhizoctonia*. Ambas especies de *Colletotrichum* son trasmitidas por la semilla (Lenné, 1981a).

También se ha hallado antracnosis en *C. pubescens* y *Centrosema* spp. en las regiones del pacífico y subtropical de los E.U. En Florida, la presencia de manchas foliares leves a moderadas causadas por *C. gloeosporioides* y por *C. truncatum* fue común en las hojas maduras de *C. pubescens* y de *C. virginianum* (Lenné y Sonoda, 1978).

Hongos de la mancha foliar ampliamente distribuidos. *Curvularia pallescens* y *Curvularia* spp. han sido hallados en manchas foliares de *C. plumieri*, *C. pubescens* y otras especies, en Guayana Francesa, Colombia, Malaysia y Florida (E.U.). En Colombia, las especies de *Curvularia* se han asociado comúnmente con lesiones pequeñas, redondeadas, de color pardusco, que rara vez han causado un daño serio. En Florida se hallaron lesiones foliares provocadas por *Curvularia* spp. en 42 de 86 accesiones de *Centrosema*, pero su incidencia fue baja (Sonoda y Lenné, 1979). Estas manchas foliares son enfermedades menores.

Phoma spp. y el estado *Phomopsis* de *Diaporthe phaseolorum* causan manchas foliares de moderadas a graves en *Centrosema* en varias regiones. *Phoma sorghina* y el estado *Phomopsis* de *D. phaseolorum* han sido aislados de lesiones grandes, redondeadas a irregulares, de color pardusco, en hojas de *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y *C. acutifolium* en Colombia y Brasil (CIAT, 1986; L. Nasser, comunicación personal). También se han registrado en

Digitized by Google

otras regiones manchas foliares y muerte descendente causadas por *D. phaseolorum* en *C. pubescens*. En Colombia, los aislamientos de *Phomopsis* spp. de Colombia y Brasil causaron lesiones similares en plántulas de las especies arriba mencionadas, en tanto que sólo el aislamiento colombiano de *P. sorghina* resultó patógeno.

El único hongo causante de mancha foliar hallado hasta ahora tanto en América tropical como en otras regiones es la "fumagina" (hongo de hollín), *Meliola*. *Meliola denticulata* ha sido registrado en *C. virginianum* en Brasil, en tanto que *M. bicornis* ha sido registrado en *C. pubescens* y *C. virginianum* en Trinidad y E.U., respectivamente. No se posee información sobre la importancia de estas enfermedades.

Hongos de mancha foliar localizada. La mancha foliar zonada causada por *Cylindrocladium colhounii* ocasiona una defoliación de moderada a grave en *C. pubescens* y *C. acutifolium* en los Llanos Orientales de Colombia (CIAT, 1985). Las lesiones aparecen primero como manchas pequeñas, irregulares, de color pardusco, que crecen hasta formar zonas pardas de diversas tonalidades. Las hojas afectadas se tornan cloróticas. Aunque actualmente esta enfermedad se considera localizada, es potencialmente grave en condiciones húmedas.

Se han registrado muchos otros hongos que causan manchas foliares en *Centrosema* spp., pero no se conocen su distribución ni su importancia.

Hongos[1] que causan enfermedades de la raíz y del cuello. En América tropical se han identificado solamente dos hongos que colonizan las raíces de *Centrosema*. Una especie de *Fusarium* fue hallada en lesiones radicales de *C. pubescens* en Carimagua, Colombia, pero no presentó posteriormente ningún problema. El marchitamiento y la muerte descendente causados por *Sclerotium rolfsii* han sido registrados en *C. brasilianum* en Santander de Quilichao, Colombia. Un aislamiento de *S. rolfsii* obtenido en *Stylosanthes capitata* fue patogénico en *C. pubescens* (Lenné, 1979). Estos hongos son actualmente problemas menores. En otras regiones del mundo se han registrado enfermedades causadas por varios hongos, que son trasmitidas por el suelo.

1. Sin incluir *Rhizoctonia* spp.

Digitized by Google

Royas. Se han registrado tres royas en *Centrosema* en América tropical. Estas son *Puccinia* sp. en *C. virginianum* en Venezuela (Standen, 1952), *Uromyces neurocarpi* en *C. pubescens* en El Salvador (Stevenson y Wellman, 1944), y la roya de la soya, *Phakopsora pachyrhizi*, en *C. pubescens* en Puerto Rico (Vakili y Bromfield, 1976).

Enfermedades causadas por *Rhizoctonia* **spp.** *Rhizoctonia solani* y los hongos binucleados similares a *Rhizoctonia* (BNR) se consideran los organismos patógenos más dañinos de *Centrosema*, especialmente de *C. brasilianum*, en América tropical. El añublo foliar causado por *Rhizoctonia* spp. se ha registrado en *C. acutifolium*, *C. arenarium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pascuorum*, *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. schiedeanum* y *C. virginianum* en toda América tropical (de Alvarez y Lenné, 1983 y 1986; Lenné et al., 1983). Los síntomas son pequeñas lesiones acuosas que se agrandan y se convierten en manchas de color crema a pardo claro, necróticas e irregularmente formadas, que pueden cubrir folíolos enteros. El profuso crecimiento del micelio fungoso forma una capa en las hojas, las cuales se adhieren unas a otras; esto explica el uso común del término "mustia hilachosa." Los esclerocios son comunes en las hojas que padecen el añublo. El añublo foliar a menudo empieza como focos que se agrandan cuando hay buena humedad, causando pérdidas considerables de forraje (de Alvarez y Lenné, 1986). Aunque el estado sexual, *Thanatephorus cucumeris*, no ha sido hallado todavía en *Centrosema*, el inicio de la enfermedad, generalmente en focos, al comienzo de la estación húmeda sugiere la presencia de ese estado.

El añublo foliar causado por *R. solani* se ha registrado en *C. plumieri* en Malaysia, Sierra Leona y Nueva Guinea; en *C. pubescens* en Malaysia, Nueva Guinea, Nuevas Hébridas, Islas Salomón y Australia; y en varias especies de *Centrosema* en Florida (A. Johnson, 1960; Sonoda y Lenné, 1979; Williams y Liu, 1976). No se ha informado si los BNR también estaban presentes. En Florida se halló añublo en muchas accesiones de *C. brasilianum*, *C. plumieri* (especialmente P.I. 330567) y de *C. pubescens* (Sonoda et al., 1971).

Las especies de *Rhizoctonia* pueden causar también pudrición del cuello y de la raíz. Los BNR causaron una pudrición grave del cuello en plantas aisladas de *C. macrocarpum* en Palmira,

Digitized by Google

Colombia, en 1985; esta enfermedad se asocia comúnmente con el añublo foliar de *Centrosema* (Olaya H. y Lenné, 1986). Cerca del 50% de los aislamientos recogidos de hojas de *Centrosema* correspondían a los BNR. En inoculaciones de plántulas de invernadero, muchos aislamientos de BNR fueron tan virulentos como *R. solani* (Olaya H. y Lenné, 1986). Además, se ha hallado *R. zeae* asociado con el suelo junto a plantas de *C. brasilianum* que sufrían añublo (de Alvarez y Lenné, 1986). Hay un complejo de tres especies de *Rhizoctonia* que contribuye al añublo foliar de *Centrosema* spp. en Colombia y posiblemente en otros sitios (de Alvarez y Lenné, 1986).

El comienzo del añublo foliar y su desarrollo, al iniciarse la estación húmeda, resultan favorecidos por la alta humedad relativa, las lluvias frecuentes y las temperaturas moderadamente altas. El inóculo primario inicial consiste probablemente en esclerocios o en esporas sexuales—o en ambas formas. En general, el añublo foliar es más grave durante los primeros meses de la estación húmeda, y suele disminuir en intensidad hacia mediados y finales de la estación húmeda. Los esclerocios sobreviven fácilmente en el suelo durante varios años, y son difundidos por el viento, la lluvia y los animales. El micelio fungoso también sobrevive en los residuos vegetales (Lenné et al., 1983).

Hongos con potencial para actuar como agentes de biocontrol contra especies de *Rhizoctonia* aislados de hojas de *Centrosema*. Se han aislado diversos hongos de las hojas de *Centrosema* spp., los cuales podrían tener importancia para el control biológico de diversos organismos patógenos. Entre ellos hay especies de *Gliocladium*, *Penicillium* y *Trichoderma*.

Altas poblaciones de *Gliocladium roseum*, *Penicillium* spp. (incluyendo *P. funiculosum*), *Trichoderma hamatum*, *T. harzianum* y *T. koningii* estaban asociadas con las hojas de plantas medianamente enfermas de *C. brasilianum* (CIAT, 1984a; de Alvarez y Lenné, 1983). Los estudios in vitro confirmaron el antagonismo de estos hongos frente al crecimiento del micelio de *R. solani*, indicando que ellos posiblemente controlen naturalmente a *R. solani* en *Centrosema* spp. Asociaciones de hongos como *Epicoccum nigrum*, *G. roseum*, *P. funiculosum*, *P. janthinellum*, *P. oxalicum* y *T. koningii* serían potencialmente valiosos para el control natural de *Rhizoctonia*.

Digitized by Google

Otros hongos. Se han hallado algunas especies de *Pithomyces*, así como *P. chartarum* y *P. maydicus*, en *C. pubescens* en Malaysia. El primero de éstos produce una toxina responsable de la fotosensibilización en los animales. Si la producción de esporas de *P. chartarum* es profusa en *Centrosema*, este hongo podría convertirse en un problema en las pasturas a base de esta leguminosa. Se han descrito diversos hongos en *Centrosema* spp., en varios países, pero son de importancia menor.

Enfermedades causadas por bacterias

Se halló que *Pseudomonas fluorescens* biotipo II causaba muerte descendente y marchitamiento en las partes juveniles de las plantas de *C. acutifolium*, *C. pubescens* y, en menor grado, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. schiedeanum* y *C. virginianum*, en Colombia (Guevara Gómez et al., 1983; Lenné et al., 1981). *Centrosema acutifolium* fue la especie más susceptible y Santander de Quilichao fue la localidad más favorable. La enfermedad se caracteriza por lesiones acuosas en las partes en crecimiento, que progresan hasta causar marchitamiento, pudrición, necrosis, muerte descendente y defoliación de la planta. Manchas necróticas se desarrollan en las hojas más viejas (Guevara Gómez, 1982; Lenné et al., 1983). El rendimiento de materia seca durante el establecimiento de *C. acutifolium* disminuyó drásticamente (Guevara Gómez et al., 1983). La enfermedad es favorecida por la humedad relativa alta y por las temperaturas moderadamente altas (Lenné et al., 1983). La bacteria puede sobrevivir períodos desfavorables en las plantas afectadas y en el suelo hasta 6 semanas (CIAT, 1982). La bacteria es trasmitida por la semilla; se han registrado niveles de infección hasta del 32% en algunos lotes de semilla (Guevara Gómez, 1982; Lenné et al., 1981).

Una mancha foliar causada por *Pseudomonas* ha sido registrada como una enfermedad menor de *C. pubescens* en el norte de Queensland (R. Davis, comunicación personal). Además de las especies de *Pseudomonas* que causan enfermedades, hay otras bacterias, antagonistas de *R. solani* in vitro, que residen en las hojas de *C. brasilianum* que sufren añublo foliar. Entre estas bacterias hay especies de *Acinetobacter*, *Chromobacterium*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Bacillus* y *Enterobacter* (de Alvarez y Lenné, 1983).

Digitized by Google

Enfermedades causadas por micoplasmas

La enfermedad de la hoja pequeña (escoba de bruja o filodia) causada por organismos similares a micoplasmas (OSM) ha sido observada en diversas especies de *Centrosema*, incluyendo *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *C. acutifolium*, *C. virginianum* y *C. pascuorum*, en América tropical y Australia. Los síntomas iniciales aparecen como clorosis marginal o intervenal—o de ambos tipos—acompañada por la deformación de las hojas. La proliferación de brotes y hojas ocurre a partir de las yemas axilares, y se presenta con acortamiento de los internodios y enanismo. La proliferación de yemas, hojas y ramas aumenta progresivamente, las plantas se vuelven cloróticas y se retarda su crecimiento. La producción de fruto se detiene en las partes afectadas. El trabajo realizado sobre la filodia del trébol en Irlanda (Joshi et al., 1967) indicó que los OSM interfieren con la capacidad de las plantas para crear relaciones simbióticas con rizobios, efecto que explica su apariencia clorótica.

Los OSM son difundidos por saltahojas de la familia Cicadellidae, en particular por *Orosius argentatus*, que ha sido registrado en Australia (Hutton y Grylls, 1956) e Indonesia (Iwaki, 1979); por *Scaphytopius fuliginosus* en Colombia (Granada, 1980); y por diversas especies de *Agallia*, *Empoasca*, *Hortensia* y *Acinopterus* en Florida (McCoy et al., 1983).

En años recientes, ha aumentado la incidencia de la enfermedad de la hoja pequeña en parcelas pequeñas de *C. brasilianum* en las zonas tropicales húmedas de Colombia, y en el ecosistema de sabana bien drenada (Cerrados) de Brasil en *C. macrocarpum*, *C. brasilianum* y en algunos híbridos. Se está investigando su incidencia en las praderas sometidas a pastoreo en ambos sitios.

Nematodos parasitarios de plantas

En diversos sitios de Colombia, M. R. Siddiqi (comunicación personal) halló cuatro géneros y ocho especies de nematodos parasitarios asociados con *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens* en el ecosistema de sabana bien drenada (Llanos) de Colombia.

Digitized by Google

En un estudio de invernadero, Lenné (1981b) halló que el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 era sólo ligeramente susceptible a *Meloidogyne javanica*. Charchar y Huang (1981) hallaron que *C. pubescens* comercial era un buen hospedante de *Pratylenchus brachyurus*. *Meloidogyne javanica* fue observado en *C. pubescens* en Australia (J. M. Lenné, información no publicada) y *Meloidogyne* sp. en *C. pubescens* en Camerún (Atu y Ogbuji, 1983) y Filipinas, aunque los rendimientos no se redujeron (Valdez, 1973). Se han registrado especies de *Meloidogyne* en *C. plumieri* y *C. pubescens* en Africa (Tapia, 1971). En Florida, *C. pubescens* mostró resistencia pero *C. pascuorum* presentó una grave formación de agallas de *Meloidogyne* spp. (Kretschmer et al., 1980).

Enfermedades causadas por virus

A nivel mundial, se han descrito 13 virus en *Centrosema* spp., principalmente en *C. pubescens* (Apéndice 3 de este capítulo). Estos comprenden los grupos de comovirus, potyvirus, cucumovirus, potexvirus, carlavirus y geminivirus.

El primer virus registrado fue el virus del mosaico de *Centrosema* (CenMV), un potexvirus con una longitud de partícula de 580 nm, hallado en Nueva Guinea (Crowley y Francki, 1963; Magee, 1954; Purcifull y Edwardson, 1981; van Velsen y Crowley, 1961 y 1962). El CenMV puede ser trasmitido tanto por áfidos como por míridos (van Velsen y Crowley, 1961), pero no es trasmitido por la semilla (Shaw, 1968). Otro mosaico de *Centrosema* causado por un potyvirus (CeMV), cuyas partículas tienen una longitud de 700 nm, fue aislado y caracterizado en Colombia en 1984 como una cepa del virus del mosaico de la soya, SMV (CIAT, 1985 y 1986; F. J. Morales, comunicación personal). Los hospedantes fueron *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pascuorum*, *C. pubescens*, *C. schottii* y *Glycine max*. Es trasmitido por áfidos y por la semilla en niveles bajos (CIAT, 1984a, 1984b y 1985; A. Niessen, comunicación personal).

En Colombia, el CeMV causa clorosis, mosaico, deformación de la hoja, retardo del crecimiento, y muerte de la planta (CIAT, 1985 y 1986). *Centrosema macrocarpum* y *C. brasilianum* son las especies más afectadas. El virus ha causado graves daños en sitios en que hay una intensa actividad de los áfidos. Los síntomas del CeMV rara vez se detectan en las pasturas grandes (5 a 20 ha) de

Digitized by Google

C. macrocarpum, *C. brasilianum* o *C. acutifolium* en los Llanos de Colombia, aunque estos mismos hospedantes, en zonas vecinas de gran actividad de áfidos, resultan gravemente afectados. Puesto que el virus es trasmitido por la semilla, aunque en niveles bajos, existe el riesgo de introducirlo a otras regiones.

Se ha observado que varios virus del caupí cuentan entre sus hospedantes a especies de *Centrosema*. Todos han sido registrados en América tropical. El virus de la leñosidad del maracuyá (PWV), un potyvirus con una longitud de partícula de 730 a 745 nm, descrito en Australia (Greber, 1971; Teakle y Wildermuth, 1967), ataca a *C. pubescens*. De este virus hay muchas cepas diferentes en Australia, incluyendo las variantes que atacan a *Centrosema* (Greber, 1971). Falta determinar si el PWV es trasmitido por la semilla. El PWV y el CeMV son virus diferentes (J. Thomas, comunicación personal). También se han hallado en *Centrosema* spp. varios virus que afectan el maní.

Aparte de las descripciones de los síntomas causados por estos virus y algunas observaciones sobre la función de *Centrosema* spp. como hospedante natural, no existe ninguna información acerca del efecto de los virus en *Centrosema*. Se requiere más investigación para caracterizarlos plenamente y para determinar su distribución y modo de trasmisión.

Artrópodos Plaga en *Centrosema*

Hay muchos trabajos que enumeran especies de insectos recogidas u observadas en *Centrosema*, pero se dispone de poca información en cuanto a la biología de las plagas, su distribución, la gravedad del daño que causan, la dinámica de su población o las medidas de control apropiadas. Alguna información útil, sin embargo, se puede obtener de las observaciones hechas en otros cultivos. Se presentan pues breves comentarios de la extensa literatura sobre el tema.

El complejo de plagas que causa daño a *Centrosema* varía según la localidad, especialmente en las pequeñas parcelas donde los cultivos vecinos o anteriores, las malezas u otras fuentes de infestación influyen en las poblaciones de plagas. Por ejemplo, algunos insectos que moran en el suelo, en particular los polífagos

Digitized by Google

que consumen las raíces, pueden presentar un problema temporal durante el establecimiento de las plantas, pero su número disminuye con el trascurso del tiempo si no pueden completar su ciclo de vida en *Centrosema*. Desde su introducción en las zonas tropicales húmedas del norte de Australia, en la década de los 40, se ha informado que *C. pubescens* se encuentra relativamente libre de importantes plagas de insectos (Cameron, 1984; Teitzel y Burt, 1976). Sin embargo, se ha observado que los insectos han hecho un daño significativo a la leguminosa en Asia y en América tropical. El siguiente catálogo es una lista de las plagas potenciales.

Thysanoptera

El trips *Taeniothrips sjöstedti* se presenta todo el año en *C. pubescens*, y su población máxima ocurre durante el principal período de floración. *Centrosema* es un refugio para los trips porque florece intermitentemente durante varios meses. Las poblaciones de *T. sjöstedti* en *C. pubescens* no alcanzan los niveles observados en el caupí porque las flores son menos suculentas y producen menos polen (Taylor, 1974). Los trips causan decoloración y deformación de las flores, y pérdida de polen; reducen también la producción de semilla (Taylor, 1965). Los trips han causado daños moderados en algunas especies de *Centrosema* en Perú (S. L. Lapointe, información no publicada).

Hemiptera y Homoptera

Insectos chupadores de plantas. Durante la estación seca de 1986-1987, las parcelas de introducción de *Centrosema* en los Llanos Orientales de Colombia sufrieron una intensa infestación de una pequeña chinche negra, *Cyrtocapsus* sp. (Miridae). Se ha recolectado el insecto de *Centrosema* spp. en Brasil (Felixlândia en Minas Gerais y Belém en Pará) y de *Stylosanthes* spp. en el sur de Colombia y en los Llanos Orientales. Hay un considerable rango de susceptibilidad en el género *Centrosema*. En *C. acutifolium* CIAT 5568 se presentó el menor daño (S. L. Lapointe, información no publicada).

Euschistus crenator **(Pentatomidae) (Chinche).** Las chinches hediondas se alimentan chupando las vainas, y pueden dañar la semilla y causar la abscisión de las vainas y el aborto de la semilla.

Digitized by Google

Se ha observado a *E. crenator* alimentándose de *Centrosema* en Brasil, Perú y Colombia (Calderón C. y Arango S., 1985).

Afidos. Aunque las intensas infestaciones de áfidos durante el crecimiento inicial pueden causar un daño significativo a muchas leguminosas tropicales, los áfidos tienen más importancia como vectores de virus patógenos. Cinco de los 13 virus hallados en *Centrosema* spp. son trasmitidos por áfidos.

Saltahojas. Se han observado diversos géneros y especies de Cicadellidae en *Centrosema* en América tropical (Calderón C. y Arango S., 1985). Las especies de *Empoasca* son muy comunes y causan daño al succionar la savia del follaje. El follaje gravemente atacado se torna amarillo o pardo y hay enrollamiento de las hojas, lo que produce la característica quemazón de las hojas.

Coleoptera

Los adultos de *Cerotoma* y *Colaspis* spp. (Chrysomelidae) (escarabajos de la hoja del frijol) son insectos comedores de hojas, cuyas larvas se alimentan de las raíces del frijol (King y Saunders, 1984). *Cerotoma salvini* y *C. facialis* han sido observados en Costa Rica, Panamá, Colombia, Perú y Brasil (Calderón C. y Arango S., 1985; King y Saunders, 1984; Nichols et al., 1974). En Brasil se ha observado que éstos atacan a *Centrosema*.

Diabrotica balteata (Chrysomelidae) (escarabajo estriado del cohombro) se alimenta de una amplia variedad de especies cultivadas (King y Saunders, 1984). Se le halla en Estados Unidos, América Central, Cuba, Colombia, Venezuela y Perú (Heyer y Cruz, 1983; King y Saunders, 1984; Pulido y López, 1973). Junto con *Cerotoma facialis*, *D. balteata* se considera la principal plaga del frijol común porque daña directamente todas las partes de la planta y además trasmite virus (González et al., 1982). Hay bastante información disponible sobre su biología y desarrollo (González et al., 1982; Heyer y Cruz, 1983), y sobre la influencia de los sistemas de labranza en la oviposición y la colonización (Shenk y Saunders, 1984; Troxclair y Boetherl, 1984). En comparación con la preparación tradicional de los campos, los sistemas de labranza cero mantienen mayor diversidad de artrópodos, incluyendo especies de depredadores y de parásitos. La susceptibilidad de *Centrosema* a *D. balteata* puede ser mayor durante el

Digitized by Google

establecimiento de la pradera. Entre los enemigos naturales de *D. balteata* se han observado un díptero (Tachinidae), la hormiga del fuego (*Solenopsis geminata*), diversas chinches (*Reduviidae*), un escarabajo (Cantharidae), y dos especies de nematodos (Creighton y Fassuliotis, 1982 y 1985; King y Saunders, 1984).

Lagria villosa (Lagriidae) es un escarabajo común del Viejo Mundo (Spilman, 1978), que se detectó primero en Brasil (Pacheco et al., 1976). Ataca una gran variedad de cultivos (Fröhlich y Rodewald, 1970; Lamborn, 1914; Peacock, 1913) y ha sido hallado atacando inflorescencias de *Centrosema* en Brasil (Ribeiro, 1980). El escarabajo adulto entra aparentemente en diapausa durante la estación seca en Brasil, desde junio hasta diciembre, y es univoltino. Entre sus enemigos naturales están el hongo *Paecilomyces* sp. y un parasitoide del género *Apanteles* (Braconidae) (García y Pierozzi Júnior, 1982). También se ha observado una mosca (Tachinidae) parasitoide de adultos (Guimarães, 1978).

En Malaysia, *C. pubescens* sufre graves daños en las hojas a causa de *Epilachna indica* (Coccinellidae) (Chee y Wong, 1986). *Naupactus* spp. (Curculionidae) son especialmente dañinos para *Centrosema* durante los primeros meses de la estación lluviosa en los Llanos de Colombia. La quema de áreas colindantes al momento de la siembra puede reducir las infestaciones (Spain, 1983). Este grupo de gorgojos puede ser sólo una plaga inicial después de sembrar *Centrosema* en una zona anteriormente ocupada por la sabana nativa. En forma similar, *Pantomorus* sp. (Curculionidae) ha causado daños a especies de *Centrosema* en parcelas recientemente establecidas en los Llanos de Colombia. No se sabe si estos coleópteros son capaces de completar su ciclo de vida en *Centrosema*.

Lepidoptera

Centrosema es atacado por las larvas de numerosas especies de lepidópteros. *Anticarsia gemmatalis* (Noctuidae) (oruga del frijol de terciopelo) ha sido hallada en *Centrosema* en Brasil (Ribeiro, 1980) y en Colombia (Calderón C. y Arango S., 1985). Se ha estudiado en otros cultivos en Florida (Pohronezny et al., 1981) y en Brasil, donde se considera una plaga importante (Kogan et al., 1977; Leite y Lara, 1985). Pone los huevos en el envés de las hojas.

Digitized by Google

Las larvas consumen hojas y ramitas y pueden defoliar completamente las plantas cuando las poblaciones son altas. Algunos parásitos de las larvas han sido enumerados por King y Saunders (1984). El hongo *Nomuraea rileyi* es un importante agente de control biológico de las poblaciones de larvas de *A. gemmatalis* (Allen et al., 1971; Carner et al., 1975; Correa et al., 1977; Hinds y Osterberger, 1931; Leite y Lara, 1985). Se ha desarrollado un sistema de captura con trampa de feromonas, de bajo costo, para *A. gemmatalis* (Mitchell y Heath, 1986).

Phurys basilians (Noctuidae) y *Etiella zinckenella* (Pyralidae) (perforador de las vainas de las leguminosas, perforador de las vainas del frijol lima) se han registrado en *Centrosema* en Brasil (Ribeiro, 1980). Los hábitos alimenticios de *E. zinckenella* pueden dar lugar a la pérdida de las semillas y el daño temprano causado por el consumo de las inflorescencias puede causar el aborto de las flores (King y Saunders, 1984). *Etiella zinckenella* es parasitado por *Bracon* sp., *Tetrastichus* sp. y especies de Pteromalidae (Sandhu y Verma, 1969).

Se ha informado que *Urbanus proteus* (Hesperiidae) (enrollador de la hoja del frijol) ataca a *Centrosema* en Brasil (Ribeiro, 1980). Este insecto es una plaga endémica de *Phaseolus vulgaris* en el norte de Chile y está aparentemente bien controlado por sus enemigos naturales, por ejemplo, las avispas de la familia Chalcidae (Dias P., 1976). Es también una plaga menor del frijol y de otras leguminosas en América Central (King y Saunders, 1984). En Colombia, *U. proteus*, cuando se alimenta de *P. vulgaris*, es parasitado en el estado de huevo por *Trichogramma* sp. y en el estado de larva por *Ardalus* sp. (Hymenoptera) y por *Calpodomyia* sp. (Diptera) (Van Dam y Wilde, 1977).

Elasmopalpus lignosellus (Pyralidae) fue hallado en *Centrosema* en Colombia en agosto de 1986 (S. L. Lapointe, información no publicada). En América Central, *E. lignosellus* es de importancia esporádica o local en suelos arenosos o con buen drenaje, durante la época seca y después de la quema. La siembra más densa puede ser útil y un período en barbecho reduce la infestación. Los huevos son depositados individualmente o en grupos pequeños sobre los tallos y hojas que están cercanas al suelo y en la superficie del suelo, en la base de las plantas hospedantes (King y Saunders, 1984).

Digitized by Google

Omiodes (syn. *Hedylepta*) *indicata* (Pyralidae) (enrolladores de las hojas) ataca a *Centrosema* en Cuba durante la estación lluviosa. Las larvas enrollan las hojas y se alimentan del parénquima de éstas. Kapoor et al. (1972) informaron que los Eulophidae, Braconidae e Ichneumonidae son parásitos de larvas. Se han publicado datos del ciclo de vida y de técnicas de cría en el laboratorio (de Bortoli et al., 1982; Kapoor et al., 1972). En años recientes, las densidades de población de *O. indicata* han aumentado mucho en diversas regiones de Brasil, con altas infestaciones de los campos de soya durante 1982-1983 (Lourenção et al., 1985).

Diptera

El minador de las hojas del frijol, *Melanagromyza centrosematis* (Agromyzidae), es una plaga de menor importancia de *Centrosema* en Malaysia (Clements et al., 1983). En el norte de Queensland, *M. phaseoli* coloca sus huevos en las hojas de *Centrosema* y de otras leguminosas, generalmente en la haz. Cuando la infestación es fuerte se reduce la población de la leguminosa (G. W. Saunders y R. J. Elder, comunicación personal). Se recomienda el tratamiento de las semillas con endrín o dieldrín antes de la siembra. Sin embargo, este tratamiento afecta el inóculo de *Rhizobium* en la superficie de la semilla.

Acaros

Las arañitas rojas (*Tetranychus* spp.) suelen atacar el follaje de *Centrosema*, principalmente en los jardines de introducción, aunque también en campos de producción de semilla y en pasturas (Clements et al., 1983).

Distribución e Importancia Relativa de Enfermedades y Plagas en los Principales Ecosistemas de América Tropical

Las enfermedades y plagas de *Centrosema* tienen distribución e importancia variables en los principales ecosistemas de América tropical (Lenné et al., 1985; Pizarro, 1983 y 1986). El añublo foliar causado por *Rhizoctonia* es, con mucho, la principal enfermedad en

Digitized by Google

los tres ecosistemas mayores (Cuadro 1). Su importancia secundaria en los Cerrados se debe probablemente a la estación húmeda corta. La mancha foliar causada por *Cercospora* y la mancha foliar por *Pseudocercospora* se consideran generalmente secundarias, excepto en los ecosistemas de sabana donde la segunda tiene gran importancia (Cuadro 1). Recientemente se observaron graves daños en *C. brasilianum* CIAT 5234 en Planaltina (Cerrados, Brasil) y en Carimagua (Llanos, Colombia), lo que sugiere que *Pseudocercospora bradburyae* puede llegar a ser un patógeno importante (CIAT, 1985).

La mancha foliar por *Cylindrocladium* se considera una enfermedad secundaria en los Llanos. La antracnosis de las hojas y vainas está generalizada, pero también se considera una enfermedad secundaria. La antracnosis de las vainas causa bastante inquietud porque las semillas de las vainas infectadas suelen portar, por lo menos, una especie de *Colletotrichum*.

El complejo de manchas foliares causadas por *Phoma* y *Phomopsis* es una enfermedad secundaria en los dos ecosistemas de sabana y no ha sido todavía detectada en las zonas tropicales húmedas (Cuadro 1). Actualmente, la bacteriosis causada por *Pseudomonas fluorescens* biotipo II se considera un problema específico del sitio; esta enfermedad debe su importancia a que el patógeno es trasmitido por la semilla. El virus del mosaico de *Centrosema* (CeMV) se considera de modo similar, porque actualmente es importante en un solo sitio (Cuadro 1). La hoja pequeña ha causado graves daños en parcelas pequeñas sometidas a cortes.

Los insectos comedores de follaje, principalmente Chrysomelidae y otros coleópteros, causan graves daños al género *Centrosema* en los principales ecosistemas de América tropical. Juzgando por las evaluaciones visuales, el mayor daño ocurre durante la estación húmeda en los dos ecosistemas de sabana con buen drenaje, y durante la estación seca en los de sabana mal drenada y en los de bosque. *Centrosema acutifolium* y *C. macrocarpum* pueden sufrir más daños que otras especies, por lo menos en algunas zonas de América del Sur donde se han comparado especies bien adaptadas (Pizarro, 1986).

Digitized by Google

Cuadro 1. Distribución e importancia relativa[a] de varias enfermedades[b] de *Centrosema* spp. en los principales ecosistemas de América tropical.

Enfermedad	Sabanas		Trópicos húmedos (ecosistemas forestales)
	Llanos	Cerrados	
Mancha foliar por *Cercospora* (*C. canescens*)	S	S	S
Mancha foliar por *Pseudocercospora* (*P. bradburyae*)	S a I	S a I	NI
Mancha foliar por *Cylindrocladium* (*C. colhounii*)	S	ND	ND
Antracnosis (*Colletotrichum* spp.)	S	S	S
Complejo de manchas foliares por *Phoma* y *Phomopsis* (*Phoma* spp.; *Diaporthe phaseolorum*)	S	S	ND
Añublo foliar por *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia* spp.)	I	S	I
Bacteriosis (*Pseudomonas fluorescens* biotipo II)	NI	ND	ND[c]
Hoja pequeña o filodia	NI	S a I	NI a I
Virus del mosaico de *Centrosema* (CeMV)	NI	ND	ND[c]

a. I = importante; S = secundaria; NI = no importante; ND = no detectada.
b. Solamente se enumeran las enfermedades más conocidas y las ampliamente distribuidas, o una de las dos.
c. En un sitio se calificó como importante (Quilichao, Colombia).

FUENTE: Modificado de Lenné et al., 1983.

Es necesario hacer más seguimiento en los principales sitios de selección para determinar si se incrementarán con el tiempo algunas enfermedades y plagas en ecosistemas donde actualmente no tienen importancia. La importancia variable que muestran las enfermedades y plagas en distintos ecosistemas requiere más investigación en la mayor parte de los casos. Actualmente, la mayor parte de la investigación sobre el estado de estas

Digitized by Google

enfermedades y plagas se realiza en el CIAT. Idealmente, ésta se debe hacer en el ecosistema donde la enfermedad o plaga específica es más importante.

Importancia Relativa de Diversas Enfermedades en las Especies de *Centrosema*

Las especies de *Centrosema* varían en la susceptibilidad que presentan a diversas enfermedades. Todavía no se ha hallado ninguna enfermedad que sea importante en todas las especies promisorias. La bacteriosis es la que tiene más especificidad por el hospedante, y *C. acutifolium* es la especie más susceptible a esta enfermedad (Cuadro 2). La mancha foliar causada por *Cercospora* es más importante en *C. pubescens*; la mancha foliar por *Pseudocercospora* lo es en *C. brasilianum*; y la mancha foliar causada por *Cylindrocladium* en *C. acutifolium*. La antracnosis es levemente más importante en *C. brasilianum* y en *C. pubescens* que en otras especies debido a su asociación con el añublo foliar por *Rhizoctonia* y de su tendencia a causar antracnosis de las vainas en esas especies. El complejo de manchas foliares *Phoma* y *Phomopsis* es más importante en *C. acutifolium* que en *C. pubescens* o que en *C. macrocarpum*. Durante varios años se han observado diferencias en susceptibilidad a *Rhizoctonia* spp. entre las especies de *Centrosema*, siendo *C. brasilianum* la más susceptible (CIAT, 1982 a 1984b; de Alvarez y Lenné, 1986).

Centrosema brasilianum y *C. macrocarpum* han sido más afectadas que otras especies por la hoja pequeña, y *C. macrocarpum* por el virus del mosaico de *Centrosema*. En ambos casos, las observaciones son específicas del sitio y se deben interpretar con cautela. Se requieren experimentos controlados para confirmar estas observaciones de campo.

Digitized by Google

Cuadro 2. Importancia relativa[a] de varias enfermedades[b] entre las especies promisorias de *Centrosema*, en América tropical.

Enfermedad	Especie			
	C. brasilianum	*C. macrocarpum*	*C. pubescens*	*C. acutifolium*
Mancha foliar por *Cercospora* (*C. canescens*)	NI	S	I a S	NI
Mancha foliar por *Pseudocercospora* (*P. bradburyae*)	I a S	NI	NI	NI
Mancha foliar por *Cylindrocladium* (*C. colhounii*)	NI	NI	S	I a S
Antracnosis (*Colletotrichum* spp.)	S	NI	S	NI
Complejo de manchas foliares por *Phoma* y *Phomopsis* (*Phoma* spp.; *Diaporthe phaseolorum*)	NI	S	S	S a I
Añublo foliar por *Rhizoctonia* (*Rhizoctonia* spp.)	I	S	S a I	I a S
Bacteriosis (*Pseudomonas fluorescens* biotipo II)	NI	NI	S	I
Hoja pequeña o filodia	S a I	S a I	S	S
Virus del mosaico de *Centrosema* (CeMV)	S a I	I	S	S

a. I = importante; S = secundaria; NI = no importante. Cierto nivel de ponderación se aplicó en I y S para indicar más exactamente la importancia de una enfermedad dada.
b. Solamente se incluyen las enfermedades más conocidas y las ampliamente distribuidas, o una de estas dos.

FUENTE: Modificado de Lenné et al., 1983.

Digitized by Google

Variabilidad Dentro de las Especies de *Centrosema* en su Resistencia a las Enfermedades

Añublo foliar por *Rhizoctonia*

Los experimentos de campo hechos en varios sitios permiten abrigar la esperanza de que la susceptibilidad al añublo foliar causado por *Rhizoctonia* puede variar dentro de las especies de *Centrosema*. En Florida, Sonoda et al. (1971) han comunicado evidentes diferencias de susceptibilidad dentro de *C. plumieri* y otras especies. Sin embargo, en América del Sur tropical los trabajos de selección de *C. brasilianum* han demostrado que la mayoría de sus accesiones sufren un añublo moderado a grave (CIAT, 1981 a 1986; Lenné et al., 1985; Schultze-Kraft y Belalcázar, 1988). Se han examinado más de 150 accesiones en estas pruebas de campo.

Algunos de los experimentos han mostrado escasa concordancia entre las repeticiones (CIAT, 1985). Las evaluaciones hechas en parcelas pequeñas respecto a la reacción de las accesiones de *C. brasilianum* al añublo foliar por *Rhizoctonia*, usando sólo inóculo natural, no son de gran valor para seleccionar accesiones resistentes. Actualmente, se está desarrollando una metodología mejorada de selección en el campo.

El desarrollo de la inoculación artificial, empleando micelio congelado licuado, ha mejorado enormemente la uniformidad de los resultados de los estudios sobre reacción de las plántulas de *Centrosema* spp. a los aislamientos de *Rhizoctonia* spp. (CIAT, 1986). En varios estudios, se ha observado variación en la reacción a las especies de *Rhizoctonia* entre las accesiones de *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y *C. acutifolium*. La mayoría de las accesiones de *C. macrocarpum* son intrínsecamente muy susceptibles (Olaya H. y Lenné, 1986). Al seleccionar por resistencia al añublo foliar causado por *Rhizoctonia* dentro de la especie *C. brasilianum*, serán necesarias tanto la evaluación en el campo como la inoculación artificial. La principal dificultad de los estudios de inoculación artificial consiste en elegir el aislamiento que representaría la enfermedad en el ecosistema o sitio en el cual *C. brasilianum* está siendo

Digitized by Google

sometido a selección. Se debe incluir un rango de virulencia del aislamiento.

Bacteriosis

Las accesiones de *C. acutifolium* en Santander de Quilichao, Colombia, variaron en su reacción a *P. fluorescens* biotipo II (CIAT, 1981 y 1982; Guevara Gómez, 1982; Schultze-Kraft et al., 1987). CIAT 5112 y 5118 fueron muy susceptibles, mientras que CIAT 5568 fue más resistente. Los estudios de inoculación artificial controlada confirmaron los resultados obtenidos en el campo (Guevara Gómez, 1982). Algunas accesiones siguen demostrando alta resistencia en los principales ecosistemas.

Virus del mosaico de *Centrosema* (CeMV)

Las accesiones de *Centrosema macrocarpum* difirieron en su reacción al CeMV en Santander de Quilichao y en Carimagua, Colombia, durante 1984 y 1985 (CIAT, 1985 y 1986). También se observó una variabilidad considerable entre una planta y otra, dentro de las accesiones. La selección en condiciones controladas es sin duda necesaria.

Otras enfermedades

En varios sitios se ha observado variabilidad en la reacción a la mancha foliar causada por *Cercospora*, a la antracnosis, a la hoja pequeña y a otras enfermedades en especies promisorias como *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y *C. acutifolium*. Es necesario hacer evaluaciones controladas sobre la resistencia a las enfermedades, con el fin de apoyar los resultados de campo.

Digitized by Google

Variabilidad Entre Organismos Patógenos Importantes

Variabilidad dentro del complejo *Rhizoctonia* spp.

Estudios realizados con más de 200 aislamientos de *Rhizoctonia* han revelado la presencia de, por lo menos, tres especies: *R. solani*, *R. zeae* y los BNR (CIAT, 1987; de Alvarez y Lenné, 1986; Olaya H., 1985). Olaya H. y Lenné (1986) indicaron que *R. solani* y los BNR eran más virulentos y más comunes que *R. zeae*. Los aislamientos varían en tasa de crecimiento, color, distribución de zonas, caracteres del esclerocio, textura micélica, y virulencia. Los aislamientos multinucleados de *R. solani* se han clasificado como AG-1, AG-2 y AG-4, siendo AG-1 y AG-4 más comunes. Se detectó una variación adicional dentro de estos grupos a partir de bandas de isoenzimas (Olaya H., 1985). De una colección de 180 aislamientos de *Rhizoctonia* spp., sólo el 44% estaba compuesta por *R. solani* y el 56% restante por los BNR (Olaya H. y Lenné, 1986). En pruebas comparativas de patogenicidad, se registraron altos niveles de virulencia en los aislamientos de *R. solani* y los BNR (de Alvarez y Lenné, 1986; Olaya H. y Lenné, 1986).

Puesto que el añublo foliar de *Centrosema* es causado por un complejo variable de especies y tipos de *Rhizoctonia*, los estudios de resistencia en condiciones controladas son complejos y de largo plazo. Se debe asignar prioridad a la determinación de los tipos más comunes de *Rhizoctonia* en sitios específicos para obtener información sobre resistencia, lo antes posible. También se debe conceder prioridad a los estudios sobre el efecto de las condiciones ambientales en la dinámica poblacional.

Variabilidad dentro de *Colletotrichum* spp.

Tanto *C. gloeosporioides* como *C. truncatum* están involucrados en la antracnosis de la hoja y de la vaina de *Centrosema* spp. Aunque ambas especies del hongo se pueden aislar de las mismas lesiones, en particular de las vainas, *C. gloeosporioides* se aisla más comúnmente de las hojas (Lenné et al., 1983). Se ha hallado cierta variación en virulencia dentro de *C. gloeosporioides*. La mayoría de los aislamientos de *C. truncatum* no son patógenos a

Digitized by Google

las plántulas. No se ha hallado todavía evidencia alguna de variabilidad en otros patógenos de *Centrosema*.

Organismos Patógenos Trasmitidos por la Semilla

Estudios generales

La microflora de las semillas de *Centrosema* comprende especies de *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Fusarium*, *Mucor*, *Penicillium*, *Rhizopus*, *Trichoderma* y algunas bacterias. La presencia de *Chaetomium*, *Penicillium* y *Trichoderma* ofrece posibilidades para el control biológico natural. Además, se han hallado en la semilla varios patógenos importantes de las especies de *Centrosema*, incluyendo la bacteria *Pseudomonas fluorescens* biotipo II, *Colletotrichum* spp., y el virus del mosaico de *Centrosema* (CeMV).

Pseudomonas fluorescens biotipo II

El tratamiento de *C. acutifolium* con productos químicos como hidróxido de cobre (Kocide^R) y carboxin (Vitavax^R) fue exitoso para reducir la infección con esta bacteria, pero no para eliminarla (Salas y Lenné, 1985). Se planea realizar un trabajo adicional aplicando calor seco, el cual elimina con éxito otra especie de *Pseudomonas* de la semilla de arroz (R. Zeigler, comunicación personal).

Colletotrichum spp.

La asociación de *Colletotrichum* spp. con la semilla de *Centrosema* spp. (Lenné, 1981a) es importante, no sólo para el movimiento de los organismos patógenos, sino también porque retarda la germinación (Lenné y Sonoda, 1978). Tanto el benomil (Benlate^R) como el captafol (Difolatan^R) fueron exitosos para eliminar *C. gloeosporioides* y *C. truncatum* de la semilla de *C. pubescens* (J. M. Lenné, información no publicada).

Digitized by Google

Virus del mosaico de *Centrosema*

En estudios hechos sobre el CenMV en Nueva Guinea no se halló ninguna evidencia de infección de la semilla (Shaw, 1968). Sin embargo, se han detectado bajos niveles de infección de la semilla, mediante la Prueba Inmunoenzimática (ELISA), para el CeMV, en Colombia (A. Niessen, comunicación personal). Se necesita más trabajo para definir los niveles de infección y las especies de *Centrosema* involucradas, aunque actualmente este virus no causa un daño serio a menos que sea introducido en sitios donde haya una intensa actividad de áfidos.

Opciones para el Manejo de Enfermedades y Plagas

Las opciones para el manejo de enfermedades y plagas son el control químico, el biológico y el manejo del cultivo (saneamiento y manejo del pastoreo); la asociación estratégica; y la resistencia (Lenné, 1983; Lenné et al., 1980). La resistencia es la opción más práctica y económica para las especies forrajeras. Todo el germoplasma de *Centrosema* es examinado por su reacción a las plagas y organismos patógenos locales en los principales sitios de evaluación del CIAT y de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). La evaluación adicional a nivel de invernadero es necesaria para algunos patógenos y plagas. La base química de la resistencia a varios organismos patógenos ha sido observada en *Centrosema* spp. Algunas accesiones de *C. schottii* (syn. *C. haitiense*), *C. pubescens* y C. *virginianum* produjeron fitoalexinas y compuestos fenólicos cuando se inocularon con *R. solani* (Markham e Ingham, 1980; Sukumaran y Gnanamanickam, 1980). Entre estos compuestos están tectorigenina, cajanina, kievitona, faseolidina y cumestrol.

El uso de productos químicos para controlar las enfermedades y plagas es antieconómico en la mayoría de los casos. Además, la intolerancia bovina a los residuos, la intoxicación de los insectos polinizadores, y los problemas del resurgimiento de plagas y enfermedades son limitaciones biológicas importantes. Los plaguicidas, sin embargo, tienen algún valor en el manejo de los organismos patógenos trasmitidos por la semilla cuando los niveles de daño económico sean muy bajos y los residuos tóxicos sean de menor importancia.

Digitized by Google

Las plantas que crecen en condiciones de alta fertilidad a menudo muestran mayor resistencia a las enfermedades (Leath y Ratcliffe, 1974), pero los resultados obtenidos hasta el momento no inducen al uso de fertilizantes específicos como opción para el manejo de las enfermedades de *Centrosema* (CIAT, 1984b; Lenné, 1983). Se han identificado agentes de control biológico de muchas plagas de *Centrosema*, pero esta opción está en gran parte inexplorada, en lo que se refiere a plantas forrajeras tropicales. Se han realizado algunos trabajos sobre agentes de control natural de especies de *Rhizoctonia* en los Llanos de Colombia. De 1981 a 1986 se halló que la disminución, o la falta de incremento, en la incidencia y gravedad del añublo foliar durante el período más húmedo del año estaban asociadas con altas poblaciones de *Trichoderma* spp., *Gliocladium roseum*, *Penicillium* spp. y diversas bacterias (CIAT, 1982; de Alvarez y Lenné, 1983). El antagonismo entre estos hongos y bacterias y los aislamientos de *R. solani* fue demostrado in vitro. La acumulación de estos microorganismos podría explicar ciertas disminuciones naturales en el añublo foliar.

Hasta el momento no se han investigado ni el saneamiento mediante la quema ni la asociación estratégica para el control de las enfermedades de *Centrosema*. Se ha estudiado el efecto del manejo del pastoreo en el añublo foliar y en el rendimiento de *C. brasilianum* CIAT 5234 (de Alvarez y Lenné, 1986). Las pérdidas de materia seca, que varían de 34% a 54%, han sido las más altas en régimen de pastoreo continuo y en asociación con *Andropogon gayanus*. Estas pérdidas ocurrieron probablemente porque, primero, la gramínea favorece el desarrollo de la enfermedad al crear posiblemente competencia por nutrimentos y luz o un microclima más favorable para el desarrollo de la enfermedad (o ambas cosas); y segundo, el mismo animal, mediante el pastoreo, ayuda al parecer a la diseminación de *Rhizoctonia* a través de la pastura.

Prioridades de Investigación

Las prioridades de investigación que se pueden definir, en orden de importancia, para las enfermedades y los insectos plaga de *Centrosema*, son las siguientes:.

Digitized by Google

Añublo foliar por *Rhizoctonia*

Debe estudiarse de inmediato una metodología mejorada para evaluar la resistencia a este patógeno en condiciones de campo. Ya se está examinando la variabilidad de los aislamientos con el fin de proporcionar aislamientos representativos para la evaluación en el invernadero. El valor de los hongos y bacterias antagonísticos asociados, que actúan como agentes naturales de control biológico del añublo foliar, también debe ser evaluado en condiciones de campo. Se necesitan trabajos adicionales sobre epidemiología y sobre el efecto del pastoreo y de la asociación en la incidencia y gravedad del añublo foliar.

Virus del mosaico de *Centrosema*

De alta prioridad es la realización de un estudio comparativo de los virus semejantes que causan mosaico y que han sido registrados en *Centrosema* spp. La información disponible de los estudios anteriores puede ser útil para investigar el CeMV en Colombia. Se debe tener cuidado al trasladar la semilla, especialmente la de *C. macrocarpum*, ya que el CeMV es trasmitido por la semilla. El trabajo adicional sobre el CeMV debe incorporar también la evaluación de germoplasma de *Centrosema* respecto a su resistencia a ese virus.

Mancha foliar por *Cercospora*

Se ha descrito un confuso complejo de *Cercospora* spp. en *Centrosema* spp. en todo el mundo. Dado que el último tratamiento detallado de este género se hizo hace más de 30 años (Chupp, 1953), se necesita realizar un trabajo comparativo para determinar si en realidad se trata de cuatro diferentes enfermedades. Este estudio es esencial antes de iniciar cualquier programa de mejoramiento.

Complejo *Phoma* y *Phomopsis*

Se necesita más trabajo para elucidar la importancia de estos hongos y las relaciones que hay entre ellos. Esto es especialmente importante en los Cerrados donde está aumentando el cultivo de la

Digitized by Google

soya, porque el estado *Phomopsis* de *Diaporthe phaseolorum* es un importante patógeno de este cultivo.

Nematodos potencialmente parasitarios de las plantas

Las especies de nematodos recientemente halladas en pasturas de *Centrosema* tienen tal importancia que es urgente hacer una evaluación de éstas.

Organismos similares a micoplasma

La hoja pequeña parece ser un problema de las parcelas pequeñas y no de los grandes experimentos de pastoreo. Esta observación requiere más investigación, así como la naturaleza de esta enfermedad de ser específica de ciertos sitios.

Insectos plaga

Hay muy poca información específica acerca de los insectos plaga de *Centrosema*. La investigación sobre plagas específicas que causan daños significativos debe aumentar a medida que aumentan la distribución y la importancia de *Centrosema*. Algunos estudios prioritarios son la importancia relativa de las plagas individuales, su distribución y el daño que ellas causan. Dichos datos ayudarán a desarrollar estrategias de control apropiadas, y a establecer prioridades para los programas de fitomejoramiento. La investigación sobre el escarabajo *Epilachna indica*, en Malaysia, merece prioridad.

Reconocimientos

El autor principal desearía agradecer al Commonwealth Mycological Institute, Kew, Surrey, Reino Unido, por facilitar el acceso a la información que no ha publicado sobre las enfermedades registradas en *Centrosema*.

Digitized by Google

Referencias

Alcorn, J. L. 1972. Some new records of Queensland fungi. Queensl. Agric. Anim. Sci. 29(1):71-77.

Allen, G. E.; Greene, G. L.; y Whitcomb, W. H. 1971. An epizootic of *Spicaria rileyi* on the velvetbean caterpillar, *Anticarsia gemmatalis*, in Florida. Fla. Entomol. 54(2):189-191.

Atu, U. G. y Ogbuji, R. O. 1983. Effects of cover crops on root-knot nematode *Meloidogyne incognita* populations. En: Proceedings of 2nd Triennial Symposium of the International Society for Tropical Root Crops. Donala, Camerún. p. 149-150.

Baker, R. E. D. y Dale, W. T. 1951. Fungi of Trinidad and Tobago. Mycological paper 48. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra.

Beeley, F. 1939. A nematode pest of roots of cover crops. J. Rubber Res. Inst. Malays. 9:51-58.

Béreau, M. 1981. Quelques maladies fongiques et bactériennes ur graminées fourragères tropicales cultivées en Guyane française. Agronomie (Paris) 1(10):877-885. (Resumen en inglés.)

Bratley, H. E. 1946. Weeds as a factor in the control of root-knot in tobacco fields. Press bulletin no. 629. Florida Agricultural Experiment Station, University of Florida, Gainesville, FL, E.U. 4 p.

Calderón C., M. y Arango S., G. (comps. y eds.). 1985. Insectos asociados con especies forrajeras en América tropical. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 44 p.

Cameron, D. G. 1984. Tropical and subtropical pasture legumes; 2: Centro (*Centrosema pubescens*): A legume for the wet tropical coast. Queensl. Agric. J. 110(4):221-225.

Carner, G. R.; Shepard, M.; y Turnipseed, S. G. 1975. Disease incidence in lepidopterous pests of soybeans. J. Georgia Entomol. Soc. 10:99-105.

Charchar, J. M. y Huang, C. S. 1981. Círculo de hospedeiras de *Pratylenchus brachyurus*; III: Plantas diversas. Fitopatol. Bras. 6(3):469-473.

Digitized by Google

Chee, Y. K. y Wong, C. C. 1986. Forages in Malaysia. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture. Memorias de un taller internacional celebrado en Cisarua, Indonesia, agosto 1985. ACIAR proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 84-88.

Chupp, C. 1953. A monograph of the fungus genus *Cercospora*. Ithaca, NY, E.U. 667 p.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1980. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales 1979. Serie CIAT no. 02STP1-79. Cali, Colombia. 186 p.

_____ . 1981. Programa de Pastos Tropicales: Informe 1980. Serie CIAT no. 02STP2-81. Cali, Colombia. 138 p.

_____ . 1982. Informe anual: Programa de Pastos Tropicales 1981. Serie CIAT no. 02STP(2)82. Cali, Colombia. 302 p.

_____ . 1984a. Programa de Pastos Tropicales: Informe anual 1982. Cali, Colombia. 362 p.

_____ . [1984]b. Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 387 p.

_____ . [1985]. Informe anual 1984: Programa de Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 5. Cali, Colombia. 279 p.

_____ . 1986. Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. 408 p.

_____ . 1987. Informe anual 1986: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 24. Cali, Colombia. 348 p.

Clements, R. J.; Williams, R. J.; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium* and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

_____ ; Winter, W. H.; y Thomson, C. J. 1986. Breeding *Centrosema pascuorum* for northern Australia. Trop. Grassl. 20(2):59-65.

Digitized by Google

Corrêa, B. S.; Panizzi, A. R.; Newman, G. G.; y Turnipseed, S. G. 1977. Distribuição geográfica e abundância estacional dos principais insetos-pragas da soja e seus predadores. An. Soc. Entomol. Bras. 6(1):40-50.

Crandall, B. S.; Abrego, L.; y Patiño, B. 1951. A check list of diseases of economic plants of El Salvador, Central America. Plant Dis. Rep. 35:545-554.

Creighton, C. S. y Fassuliotis, G. 1982. Mass rearing a mermithid nematode, *Filipjevimermis leipsandra* (Mermithida: Mermithidae) on the banded cucumber beetle (Coleoptera: Chrysomelidae). J. Econ. Entomol. 75(4):701-703.

_____ y _____ . 1985. *Heterorhabditis* sp. (Nematoda: Heterorhabditidae): A nematode parasite isolated from the banded cucumber beetle *Diabrotica balteata*. J. Nematol. 17(2):150-153.

Crowley, N. C. y Francki, R. I. B. 1963. Purification and some properties of *Centrosema* mosaic virus. Aust. J. Biol. Sci. 16:468-472.

Davies, J. C. 1972. Studies on the ecology of *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae), the vector of rosette disease of groundnuts in Uganda. Bull. Entomol. Res. 62:169-181.

de Alvarez, A. y Lenné, J. M. 1983. Foliar blight (*Rhizoctonia solani*) in *Centrosema brasilianum* and preliminary studies of the antagonistic organisms. Phytopathology 73(1):125. (Resumen.)

_____ y _____ . 1986. Efecto de añublo por *Rhizoctonia* spp. en la leguminosa forrajera *Centrosema brasilianum*. Trabajo presentado en el VII Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología (ASCOLFI), Paipa, Colombia, junio 1986.

de Bortoli, S. A.; Parra, J. R. P.; y Lara, F. M. 1982. Teste de Gaiolas para postura de *Hedylepta indicata* (Fabricius, 1775) (Lepidoptera-Pyralidae). An. Soc. Entomol. Bras. 11(2):203-207.

Dias P., G. 1976. *Urbanus proteus* (L.) en Azapa (Lep., Hesperiidae). Idesia 4:159-161.

Díaz, A. 1974. Wild hosts of cowpea mosaic virus. Phytopathology 64(6):767. (Resumen.)

Dubern, J. 1981. *Centrosema pubescens*, a natural host of groundnut crinkle virus in the Ivory Coast. Phytopathol. Z. 100(2):182-185.

Digitized by Google

_____ y Dollet, M. 1978. Observation of a new virus disease in the Ivory Coast: Groundnut eyespot disease. Oleagineux 33:175-177.

Firman, I. D. 1972. A list of fungi and plant parasitic bacteria, viruses and nematodes in Fiji. Phytopathological papers, no. 15. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra. 36 p.

Fröhlich, G. y Rodewald, W. 1970. Pests and diseases of tropical crops and their control. Trad. del alemán por H. Liebscher y F. Koehler. 1963. H. Liebscher (ed.). Pergamon Press, Oxford, Inglaterra. 371 p.

García, M. A. y Pierozzi Júnior, I. 1982. Aspectos da biología e ecología de *Lagria villosa* Fabricius, 1781 (Coleoptera, Lagriidae). Rev. Bras. Biol. 42(2):415-420.

González, R.; Cardona, C.; y van Schoonhoven, A. 1982. Morfología y biología de los crisomélidos *Diabrotica balteata* LeConte y *Cerotoma facialis* Erickson como plagas del frijol común. Turrialba 32(3): 257-264.

Granada, G. A. 1980. Machismo de las leguminosas. Trabajo presentado en el IV Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología (ASCOLFI), Medellín, Colombia, junio de 1980. p. 70.

Greber, R. S. 1971. A mosaic disease of *Centrosema pubescens* Benth. caused by passionfruit woodiness virus. Queensl. Agric. Anim. Sci. 28(2-3):115-119.

Guevara Gómez, C. L. 1982. Etiología de "la muerte descendente" de *Centrosema* spp. y el efecto del patógeno en su rendimiento y calidad durante el tiempo de establecimiento de la leguminosa. Tesis (Ing. Agr.). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. 93 p.

_____ ; Lenné, J. M.; y Torres G., C. 1983. Etiology of dieback of *Centrosema* spp. and the effect of the pathogen on yield and quality during the period of establisment of the legume. Phytopathology 73(1):122. (Resumen.)

Guimarães, J. H. 1978. *Hyalomyodes brasiliensis* Townsend (Diptera: Tachinidae), a parasite of the introduced pest *Lagria villosa* Fabricius (Coleoptera: Lagriidae). Pap. Avulsos Zool. (São Paulo) 32(3):35-40.

Digitized by Google

Heyer, W. y Cruz, B. 1983. Influencia de la temperatura y la planta hospedera sobre el desarrollo de los estadíos biológicos de *Diabrotica balteata* Lec. (Coleoptera: Chrysomelidae). Cienc. Agric. 17:31-40.

Hinds, W. E. y Osterberger, B. A. 1931. The soybean caterpillar in Louisiana. J. Econ. Entomol. 24(6):1168-1173.

Hutton, E. M. y Grylls, N. E. 1956. Legume "little-leaf", a virus disease of subtropical pasture species. Aust. J. Agric. Res. 7:85-97.

Iwaki, M. 1979. Virus and mycoplasma diseases of leguminous crops in Indonesia. Rev. Plant Prot. Res. 12:88-97.

Johnson, A. 1960. A preliminary list of diseases surveyed in Sarawak. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 17 p.

Johnson, R. J. 1960. A supplement to a host list of plant diseases in Malaya. Mycological paper 77. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra. 30 p.

Joshi, H. U.; Carr, A. J. H.; y Jones, D. G. 1967. Effect of clover phyllody virus on nodulation of white clover (*Trifolium repens*) by *Rhizobium trifolii*. J. Gen. Microbiol. 47:139-151.

Kapoor, K. N.; Gujrati, J. P.; y Gangrade, G. A. 1972. Bionomics of *Lamprosema indicata* Fabricius (Lepidoptera: Pyralidae), a pest of soybean in Madhya Pradesh. Indian J. Entomol. 34(2):102-105.

King, A. B. S. y Saunders, J. L. 1984. The invertebrate pests of annual food crops in Central America: A guide to their recognition and control. Overseas Development Administration (ODA), Londres, Inglaterra. 166 p. (También en español.)

Kogan, M.; Turnipseed, S. G.; Shepard, M.; de Oliveira, E. B.; y Borgo, A. 1977. Pilot insect pest management program for soybean in southern Brazil. J. Econ. Entomol. 70(5):659-663.

Kretschmer, A. E., Jr.; Sonoda, R. M.; y Snyder, G. H. 1980. Resistance of *Desmodium heterocarpon* and other tropical legumes to root-knot nematodes. Trop. Grassl. 14(2):115-120.

Kvicala, B.; Smrz, J.; y Blanco, N. 1972. The mosaic virus of *Vigna unguiculata*: Some properties of the isolated virus. Acad. Cienc. Cuba Ser. Biol. 42:3-15.

Digitized by Google

Lamborn, W. A. 1914. The agricultural pests of the southern provinces of Nigeria. Bull. Entomol. Res. 5:197-214.

Leath, K. T. y Ratcliffe, R. H. 1974. The effect of fertilization on disease and insect resistance. En: Mays, D. A. (ed.). Forage fertilization. American Society of Agronomy, Madison, WI, E.U. p. 481-503.

Leather, R. I. 1968. A catalogue of some plant diseases and fungi in Jamaica. Jam. Minist. Agric. Lands Bull. 61:1-92.

Leite, L. G. y Lara, F. M. 1985. Flutuação populacional de insetos e inimigos naturais associados à cultura da soja em Jaboticabal, SP. An. Soc. Entomol. Bras. 14(1):45-57.

Lenné, J. M. 1979. Pathogenicity of *Sclerotium rolfsii* to *Stylosanthes capitata* and other tropical forage legumes. Plant Dis. Rep. 63(9):739-741.

_____ . 1981a. Diseases of important tropical pasture plants in Central and South America. Aust. Plant Pathol. 10:10-12.

_____ . 1981b. Reaction of *Desmodium* spp. and other tropical pasture legumes to root-knot nematode *Meloidogyne javanica*. Trop. Grassl. 15(1):17-20.

_____ . 1983. Approaches to disease management in tropical pastures in South America. Trabajo presentado en el Fourth International Congress on Plant Pathology, Melbourne, Australia, agosto 1983.

_____ ; Pizarro, E. A; y Toledo, J. M. 1985. Importance of diseases as constraints to pasture legume adaptation in the tropical American lowlands. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, Japón, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 810-812.

_____ y Sonoda, R. M. 1978. *Colletotrichum* spp. on tropical forage legumes. Plant Dis. Rep. 62(9):813-817.

_____ ; Torres G., C.; y Victoria, J. I. 1981. Bacterial leaf spot and dieback of *Centrosema* spp. En: Lozano, J. C. (ed.). Proceedings of the Fifth International Conference on Plant Pathogenic Bacteria, August 1981, CIAT, Cali, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, y Agricultural Editor's Office, College of Agriculture, University of Missouri, Columbia, MO, E.U. p. 35-38.

Digitized by Google

_____ ; Turner, J. W.; y Cameron, D. F. 1980. Resistance to diseases and pests of tropical pasture plants. Trop. Grassl. 14(3):146-152.

_____ ; Vargas H., A.; y Torres G., C. 1983. Descripción de las enfermedades de las principales leguminosas forrajeras tropicales; guía de estudio. Serie 04SP-03.03. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 50 p.

Lima, J. Albersio A.; Oliveira, F. M. E. W.; Kitajima, E. W.; y Lima, M. G. A. 1981. Propriedades biológicas, citológicas e serológicas de um potyvirus isolado de feijão-de-corda no Ceará. Fitopatol. Bras. 6(2):205-216.

Lin, M. T.; Anjos, J. R. N.; y Rios, G. P. 1982. Cowpea severe mosaic virus in five legumes in central Brazil. Plant Dis. 66(1):67-70.

_____ ; Santos, A. A.; y Kitajima, E. W. 1981. Host reactions and transmission of two seed-borne cowpea viruses from central Brazil. Fitopatol. Bras. 6(2):193-203.

Lourenção, A. L.; Rossetto, C. J.; y de Miranda, M. A. C. 1985. Resistência de soja a insetos; IV: Comportamento de cultivares e linhagens em relação a *Hedilepta indicata* (Fabr.). Bragantia 44(1):149-157.

Luc, M. y de Guiran, G. 1960. Les nematodes associés aux plantes de l'ouest Africain; liste préliminaire. Agron. Trop. Nogent 15:434-449.

McCoy, R. E.; Tsai, J. H.; Norris, R. C.; y Gwin, G. H. 1983. Pigeon pea witches' broom in Florida. Plant Dis. 67(4):443-445.

Magee, C. J. 1954. Report on survey of virus diseases of food crops in the territory of Papua and New Guinea with special reference to plant quarantine. Parte II. Papua New Guinea Agric. J. 9:17-26.

Markham, K. R. e Ingham, J. L. 1980. Tectorigenin, a phytoalexin of *Centrosema haitiense* and other *Centrosema* species. Z. Naturforsch. Sect. C Biosci. 35:919-922.

Merny, G. y Cadet, P. 1978. Penetration of juveniles and development of adults of *Heterodera oryzae* on different plants. Rev. Nematol. 1:252-256.

Migliori, A.; Marchoux, G.; y Quoit, J. B. 1978. Dynamique des populations du virus de la mosaïque du concombre en Guadeloupe. Ann. Phytopathol. 10(4):455-466. (Resumen en inglés.)

Digitized by Google

Mitchell, E. R. y Heath, R. R. 1986. Pheromone trapping system for the velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ. Entomol. 79:289-292.

Nichols, M. P.; Kogan, M.; y Waldbauer, G. P. 1974. The literature of arthropods associated with soybeans; III: A bibliography of the bean leaf beetles *Cerotoma trifuncata* (Forster) and *C. ruficornis* (Olivier) (Coleoptera: Chrysomelidae). Biological notes no. 85. Illinois Natural History Survey, Urbana, IL, E.U. 16 p.

Norse, D. 1974. Plant diseases in Barbados. Phytopathological papers, no. 18. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra. p. 1-38.

Olaya H., G. 1985. Características de aislamientos de *Rhizoctonia solani* Kühn y su importancia como patógeno de *S. guianensis* (Aubl.) Sw. Tesis (Ing. Agr.). Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. 135 p.

_____ y Lenné, J. M. 1986. Importancia de *Rhizoctonia* sp. (binucleado) como patógeno de *Centrosema* spp. en Colombia. Trabajo presentado en el VII Congreso de la Asociación Colombiana de Fitopatología (ASCOLFI), Paipa, Colombia, junio 1986.

Pacheco, J. M.; Matioli, J. C.; y Muniz, J. M. 1976. *Lagria villosa* (Coleoptera: Lagriidae), praga introducida nas plantas cultivadas do Espírito Santo. Cienc. Cult. (São Paulo) 28(7):786-787. (Suplemento.)

Peacock, A. D. 1913. Entomological pests and problems of southern Nigeria. Bull. Entomol. Res. 4:191-220.

Pizarro, E. A. (ed.). 1983. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 460 p.

_____. (ed.). [1986]. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, 742 p.; Vol 2, p. 743-1228.

Pohronezny, K.; McSorley, R.; y Waddill, V. H. 1981. Integrated management of pests of snap bean in Florida. Proc. Fla. State Hortic. Soc. 94:137-140.

Digitized by Google

Pulido, J. I. y López, C. 1973. Biología y algunas plantas hospedantes del cucarroncito de las hojas *D. balteata* LeConte (Coleoptera: Chrysomelidae). Tesis. Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Colombia. 50 p.

Purcifull, D. E. y Edwardson, J. R. 1981. Potexviruses. En: Kurstak, E. (ed.). Handbook of plant virus infections comparative diagnosis. Elsevier and North Holland Biomedical Press, Amsterdam, Holanda. p. 627-693.

Ribeiro, H. 1980. Produção de sementes de leguminosas forrageiras tropicais. En: Peixoto, A. M.; de Moura, J. C.; y Furlan, R. da S. (eds.). Anais do 5o. simpósio sobre manejo de pastagens, Piracicaba-SP, Brasil, 1978. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, SP, Brasil. p. 183-210.

Salas, I. N. y Lenné, J. M. 1985. Reconocimiento de la presencia de *Pseudomonas marginalis* (*P. fluorescens* Biotipo II) en semillas de 50 lotes de *Centrosema* spp. Trabajo presentado en el Panamerican Seed Seminar, CIAT, Cali, Colombia, diciembre 1985.

Sandhu, G. S. y Verma, G. C. 1969. *Etiella zinckenella* Treitschke (Lepidoptera: Phycitidae) as a pod borer of lentil in the Punjab. J. Bombay Nat. Hist. Soc. 65(3):799-800.

Schultze-Kraft, R. y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.

_____ ; Benavides, G.; y Arias, A. 1987. Recolección de germoplasma y evaluación preliminar de *Centrosema acutifolium*. Pasturas Trop. Bol. 9(1):12-20.

_____ y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

Shaw, D. E. 1968. A note on the non-transmission of centrosema mosaic virus through seed. Papua New Guinea Agric. J. 19:151.

Shenk, M. y Saunders, J. L. 1984. Vegetation management systems and insect responses in the humid tropics of Costa Rica. Trop. Pest Manage. 30(2):186-193.

Simmonds, J. H. 1966. Host index of plant diseases in Queensland. Department of Primary Industry, Brisbane, Qld., Australia. 89 p.

Digitized by Google

Singh, K. G. 1973. A check list of hosts and diseases in peninsular Malaysia. Malays. Minist. Agric. Fish. Bull. 38:455-466.

Sonoda, R. M.; Kretschmer, A. E., Jr.; y Brolmann, J. B. 1971. Web-blight of introduced forage legumes in Florida. Trop. Grassl. 5(2):105-107.

_____ y Lenné, J. M. 1979. Diseases of *Centrosema* spp. ARC-Fort Pierce research report RL-1979-3. Agricultural Research Center (ARC), University of Florida, Fort Pierce, FL, E.U.

Spain, J. M. (ed.). 1983. Recomendaciones generales para el establecimiento y mantenimiento de pastos en la zona de Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 30 p.

Spilman, T. J. 1978. *Lagria villosa* in Brazil, with new descriptions and illustrations of the larva and pupa (Coleoptera, Lagriidae). Ciênc. Cult. (São Paulo) 30(3):342-347.

Standen, J. H. 1952. Host index of plant pathogens in Venezuela. Plant Dis. Rep. Suppl. 212. 106 p.

Stevenson, J. A. y Wellman, F. L. 1944. A preliminary account of plant diseases of El Salvador. J. Wash. Acad. Sci. 34:259-268.

Sukumaran, K. y Gnanamanickam, S. S. 1980. Isolation of antifungal compounds from Indian fodder legume plants. Indian J. Microbiol. 20:204-207.

Tapia, A. C. O. 1971. Determination of susceptibility of forage legumes to attack by nematodes of the genus *Meloidogyne*. Nematropica 1:38.

Tarr, S. A. J. 1955. The fungi and plant diseases of the Sudan. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra. 127 p.

Taylor, T. A. 1965. An attempt at quantitative estimation of major insect damages on cowpeas. Proc. Agric. Soc. Nigeria 4:50-53.

_____ . 1974. On the population dynamics of *Taeniothrips sjöstedti* (Tryb.) (Thysanoptera, Thripidae) on cowpea and an alternative host, *Centrosema pubescens* Benth., in Nigeria. Rev. Zool. Afr. 88(4):689-702.

Teakle, D. S. y Wildermuth, G. B. 1967. Host range and particle length of passionfruit woodiness virus. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 24:173-186.

Digitized by Google

Teitzel, J. K. y Burt, R. L. 1976. *Centrosema pubescens* in Australia. Trop. Grassl. 10(1):5-14.

Thompson, A. y Johnson, A. 1953. A host list of plant diseases of Malaya. Mycological papers, 52. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra. 38 p.

Troxclair, N. N., Jr. y Boetherl, D. J. 1984. Influence of tillage practices and row spacing on soybean insect populations in Louisiana. J. Econ. Entomol. 77:1571-1579.

Turner, G. J. 1971. Fungi and plant disease in Sarawak. Phytopathological papers, no. 13. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra. 55 p.

Vakili, N. G. y Bromfield, K. R. 1976. Phakopsora rust on soybean and other legumes in Puerto Rico. Plant Dis. Rep. 60(12):995-999.

Valdez, R. B. 1973. Some studies on nematode of forage and pasture crops in the Philippines. Philipp. J. Crop. Sci. 1(3):167-172.

Van Dam, W. y Wilde, G. 1977. Biology of the bean leaf roller *Urbanus proteus* (Lepidoptera: Hesperidae). J. Kans. Entomol. Soc. 50:1-25.

van Velsen, R. J. y Crowley, N. C. 1961. *Centrosema* mosaic virus: A plant virus disease transmitted by both aphids and plant bugs. Nature (Londres) 189:858.

_____ y _____ . 1962. *Centrosema* mosaic: A new virus disease of *Crotalaria* spp. in Papua and New Guinea. Aust. J. Agric. Res. 13(2):220-232.

Williams, T. H. y Liu, P. S. W. 1976. A host list of plant diseases in Sabah, Malaysia. Phytopathological papers, no. 19. Commonwealth Mycological Institute (CMI), Kew, Surrey, Inglaterra. 67 p.

Yen, J. M. y Lim, G. 1973. Studies on the parasitic fungi of south-east Asia, part 20: 10th note on the *Cercospora* spp. of Malaysia. Cah. Pac. 17:95-114.

Digitized by Google

Apéndice 1. Enfermedades[a] de *Centrosema* spp. en América tropical.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	País	Fuentes
HONGOS				
Cercospora canescens Ell. & Mart.	Mancha foliar	*C. acutifolium* *C. arenarium* *C. brasilianum* *C. pascuorum* *C. plumieri* *C. pubescens* *C. schiedeanum*	Barbados, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Guyana Francesa, Perú, Venezuela, países centroamericanos	Béreau, 1981 CIAT, 1981 a 1986 Chupp, 1953 Lenné, 1981a Lenné et al., 1983 J. M. Lenné, encuesta pers. Norse, 1974 Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985 Sonoda y Lenné, 1979
C. centrosemae Chupp & Muller	Mancha foliar	*C. virginianum*	Venezuela	Chupp, 1953
C. centrosematis Chupp & Muller	Mancha foliar	*C. pubescens*	Puerto Rico	CMI[b], registro inédito
C. cylindrospora Stev. & Sond.	Mancha foliar	*C. pubescens* *C. virginianum*	México, Puerto Rico	Chupp, 1953
Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Sacc.	Antracnosis de hojas y vainas	*C. arenarium* *C. brasilianum* *C. macrocarpum*	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador	Lenné, 1981a Lenné et al., 1983
C. truncatum (Schw.) Andrus & Moore	Antracnosis de hojas y vainas	*C. acutifolium* *C. pascuorum* *C. plumieri* *C. pubescens* *C. schiedeanum* *C. virginianum*	Barbados, Perú, Venezuela, países centroamericanos	J. M. Lenné, encuesta pers. Norse, 1974

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 1. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	País	Fuentes
Colletotrichum sp.	Antracnosis de hojas y vainas	*Centrosema* sp.	Puerto Rico	CMI, registro inédito
Curvularia pallescens Boedijn	Mancha foliar	*C. plumieri* *C. pubescens*	Guyana Francesa	Béreau, 1981
Curvularia sp.	Mancha foliar	*C. pubescens* *Centrosema* sp.	Colombia	J. M. Lenné, encuesta pers. Sonoda y Lenné, 1979
Cylindrocladium colhounii Peer.	Mancha foliar zonada	*C. acutifolium* *C. brasilianum* *C. macrocarpum* *C. pubescens*	Colombia	J. M. Lenné, encuesta pers.
Diaporthe phaseolorum (Cooke & Ellis) Sacc.	Mancha foliar y muerte descendente	*Centrosema* sp.	Barbados, Trinidad	Baker y Dale, 1951 CMI, registro inédito Norse, 1974
Fusarium sp.	Lesiones radicales	*C. pubescens*	Colombia	J. M. Lenné, encuesta pers.
Leptosphaeria sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Trinidad	CMI, registro inédito
Linhartia sp.	Lesión de hoja blanca	*C. arenarium*	Brasil	J. M. Lenné, encuesta pers.
Meliola denticulata Wint.	Fumagina	*C. virginianum*	Brasil	CMI, registro inédito
M. bicornis Wint.	Fumagina	*C. pubescens*	Trinidad	Baker y Dale, 1951
Phakopsora pachyrhizi Syd.	Roya de la soya	*C. pubescens*	Puerto Rico	Vakili y Bromfield, 1976
Phoma sorghina (Sacc.) Boer. Dorenboch. & van Kest.	Mancha foliar	*C. acutifolium* *C. macrocarpum*	Brasil, Colombia	L. Nasser, encuesta pers. J. M. Lenné, encuesta pers.

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 1. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	País	Fuentes
Estado *Phomopsis* de *Diaporthe phaseolorum* (Cooke & Ellis) Sacc.	Mancha foliar	*C. acutifolium* *C. macrocarpum* *C. pubescens*	Brasil, Colombia	CIAT, 1985 J. M. Lenné, encuesta pers.
Phyllachora galactiae Earle	Mancha de alquitrán	*C. virginianum*	Venezuela	Standen, 1952
Pseudocercospora bradburyae (Young) Deighton (syn. *Cercospora bradburyae* Young)	Mancha foliar	*C. acutifolium* *C. arenarium* *C. brasilianum* *C. macrocarpum* *C. pascuorum* *C. plumieri* *C. pubescens* *C. schiedeanum* *C. virginianum*	Barbados, Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Puerto Rico, República Dominicana, Trinidad, Venezuela, países centroamericanos	CIAT, 1986 CMI, registro inédito Chupp, 1953 Leather, 1968 Lenné et al., 1983 J. M. Lenné, encuesta pers. Sonoda y Lenné, 1979 Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985
Puccinia sp.	Roya	*C. virginianum*	Venezuela	Standen, 1952
Rhizoctonia solani Kühn	Añublo foliar	*C. acutifolium* *C. arenarium* *C. brasilianum* *C. macrocarpum* *C. pascuorum* *C. plumieri* *C. pubescens* *C. schiedeanum* *C. virginianum*	Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, países centroamericanos	de Alvarez y Lenné, 1983 y 1986 CIAT, 1981 a 1986 Lenné, 1981a Lenné et al., 1983 J. M. Lenné, encuesta pers. Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985 Sonoda y Lenné, 1979
Hongos binucleados similares a *Rhizoctonia*	Añublo foliar, Pudrición de corona	*C. brasilianum* *C. pubescens* *C. acutifolium*	Colombia	Olaya H. y Lenné, 1986 CIAT, 1986
Sclerotium rolfsii Sacc.	Marchitamiento y muerte descendente	*C. brasilianum* *C. pubescens*	Colombia	J. M. Lenné, encuesta pers. Lenné, 1979

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 1. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	País	Fuentes
Uromyces neurocarpi Diet.	Roya	*C. pubescens*	El Salvador	Crandall et al., 1951 Stevenson y Wellman, 1944
BACTERIAS				
Pseudomonas fluorescens biotipo II Kelman	Añublo bacteriano y muerte descendente	*C. brasilianum* *C. macrocarpum* *C. pubescens* *C. schiedeanum* *C. virginianum* *C. acutifolium*	Colombia	CIAT, 1981 a 1985 Lenné et al., 1982 Lenné et al., 1983 Guevara Gómez et al., 1983 Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985
MICOPLASMAS				
Organismos similares a micoplasmas	Filodia, Hoja pequeña, Escoba de bruja	*C. acutifolium* *C. brasilianum* *C. macrocarpum* *C. pubescens*	Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, países centroamericanos	Lenné, 1981a J. M. Lenné, encuesta pers. Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985
NEMATODOS				
Ditylenchus spp.		*C. brasilianum*	Colombia	M. R. Siddiqi, enc. pers.
Helicotylenchus dihystera Hutchinson & Vythilingan 1963		*C. brasilianum*	Colombia	M. R. Siddiqi, enc. pers.
H. pseudopaxilli McGlobon et al. 1961		*C. acutifolium*	Colombia	M. R. Siddiqi, enc. pers.
Helicotylenchus sp. nov.		*C. brasilianum*	Colombia	M. R. Siddiqi, enc. pers.
Meloidogyne javanica (Treub. 1885) Chitwood 1949		*C. pubescens*	Colombia	Lenné, 1981b

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 1. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	País	Fuentes
Pratylenchus brachyurus Luc & de Quiran 1960		*C. acutifolium* *C. brasilianum* *C. macrocarpum* *C. pubescens*	Colombia	Charchar y Huang, 1981 M. R. Siddiqi, enc. pers.
P. teres Jensen 1953		*C. acutifolium* *C. brasilianum* *C. macrocarpum*	Colombia	M. R. Siddiqi, enc. pers.
P. zeae (Harrison 1952) Macbride et al. 1961		*C. acutifolium*	Colombia	M. R. Siddiqi, enc. pers.
Tylenchulus sp. nov.		*C. brasilianum*	Colombia	M. R. Siddiqi, enc. pers.

a. Excluyendo virus.
b. CMI = Commonwealth Mycological Institute.

Digitized by Google

Apéndice 2. Enfermedades[a] de *Centrosema* spp. en regiones y países fuera de América tropical.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	Región	País	Fuentes
HONGOS					
Alternaria macrospora Zimm.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Africa Pacífico	Uganda Australia	CMI[b], registro inédito R. Davis, com. pers.
Ascochyta sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Africa	Uganda, Zimbabwe	CMI, registro inédito
Botryodiplodia theobromae Pat.	Muerte descendente	*C. pubescens*	Asia Africa	Malaysia Ghana	CMI, registro inédito
Cercospora canescens Ell. & Mart.	Mancha foliar	*C. plumieri*	Pacífico Africa Asia	Australia Sudán Malaysia	Alcorn, 1972 Tarr, 1955 CMI, registro inédito
C. centrosematicola Yen & Lim	Mancha foliar	*C. pubescens*	Asia	Malaysia	Yen y Lim, 1973
C. centrosematis Chupp & Muller	Mancha foliar	*C. pubescens*	Asia	Filipinas	CMI, registro inédito
C. clitoriae Atk.	Mancha foliar	*C. virginianum* *Centrosema* sp.	América del Norte	E.U.	Chupp, 1953
Cercospora sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979
Cochliobolus geniculatus Nelson		*C. pubescens*	Asia	Malaysia	CMI, registro inédito
C. lunatus Nelson & Haasis		*C. pubescens*	Asia Pacífico	Malaysia Nueva Guinea	CMI, registro inédito

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 2. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	Región	País	Fuentes
Colletotrichum gloeosporioides (Penz.) Sacc.	Antracnosis de hojas y vainas	*C. pubescens*	Pacífico América del Norte	Australia E.U.	R. Davis, com. pers. Sonoda y Lenné, 1979
C. truncatum (Schw.) Andrus & Moore	Mancha foliar	*C. pubescens*	América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979
Colletotrichum sp.	Antracnosis de hojas y vainas	*C. pubescens*	América del Norte Pacífico	E.U. Nueva Guinea	Sonoda y Lenné, 1979 CMI, registro inédito
Coniothyrium sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Asia Pacífico	Sarawak Nueva Guinea	Turner, 1971 CMI, registro inédito
Curvularia pallescens Boedijn	Mancha foliar	*C. plumieri*	Asia	Malaysia	CMI, registro inédito
Curvularia spp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979
Didymosphaeria sp.		*C. pubescens*	Pacífico	Nueva Guinea	CMI, registro inédito
Drechslera sp.	Mancha foliar	*Centrosema* sp.	América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979
Fomes lignosus (Klotzsch) Corner		*C. pubescens*	Asia	India	Sonoda y Lenné, 1979
F. decemcellulare Brick		*C. pubescens*	Asia	Malaysia	Williams y Liu, 1976
Fusarium semitectum Berk. & Rav.		*C. pubescens*	Pacífico	Nueva Guinea	CMI, registro inédito

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 2. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	Región	País	Fuentes
Leptosphaeria sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Pacífico	Nuevas Hébridas	CMI, registro inédito
Leptosphaerulina trifolii (Rostr.) Petrak	Mancha foliar	*C. pubescens*	Africa Pacífico	Uganda Islas Salomón	CMI, registro inédito CMI, registro inédito
Meliola bicornis Wint.	Fumagina	*C. virginianum*	América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979
Nematospora sp.		*C. plumieri*	Africa	Congo(?)	Sonoda y Lenné, 1979
Neocosmospora vasinfecta Smith		*C. pascuorum*	Pacífico	Australia	CMI, registro inédito
Neurospora sitophila Shear & Dodge		*C. pubescens*	Asia	Malaysia	CMI, registro inédito
Nigrospora sphaerica (Sacc.) Mason	Mancha foliar	*C. pubescens*	Asia	Malaysia	CMI, registro inédito
Oidium sp.		*C. pubescens*	Asia Pacífico	Sri Lanka Australia	Sonoda y Lenné, 1979 R. Davis, com. pers.
Periconia byssoides Persoon ex Schweinitz	Mancha foliar	*C. pubescens*	Asia	Malaysia	CMI, registro inédito
Phoma minutella Sacc. & Penz.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Pacífico	Islas Salomón	CMI, registro inédito
P. sorghina (Sacc.) Boer., Dorenb. & van Kest.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Africa	Uganda	CMI, registro inédito

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 2. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	Región	País	Fuentes
Phoma sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Pacífico	Nueva Guinea	CMI, registro inédito
Phyllosticta sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Asia	Malaysia Borneo	Williams y Liu, 1976 CMI, registro inédito
Pseudocercospora bradburyae (Young) Deighton (syn. *Cercospora bradburyae* Young)	Mancha foliar	*C. plumieri*	Pacífico	Nueva Guinea	Sonoda y Lenné, 1979; CMI, registro inédito
		C. pubescens	Africa	Ghana, Guinea, Nigeria	CMI, registro inédito
			Asia	Malaysia	R. J. Johnson, 1960; Singh, 1973
				Tailandia, Hong Kong, Borneo	CMI, registro inédito
			Pacífico	Australia Nueva Guinea, Islas Salomón Fiji	R. Davis, com. pers. CMI, registro inédito Firman, 1972
Pyrenochaeta sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Asia	Hong Kong	CMI, registro inédito
Rhizoctonia solani Kühn	Añublo foliar	*C. brasilianum*	América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979
		C. plumieri	Asia	Malaysia	CMI, registro inédito
			Africa	Sierra Leona	CMI, registro inédito
			Pacífico	Nueva Guinea	CMI, registro inédito
			América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 2. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	Región	País	Fuentes
		C. pubescens	Asia	Sarawak	A. Johnson, 1960
				Malaysia	Williams y Liu, 1976
			Africa	Ghana	CMI, registro inédito
			Pacífico	Nueva Guinea, Nuevas Hébridas, Islas Salomón	CMI, registro inédito
				Australia	J. Hopkinson, com. pers.
			América del Norte	E.U.	Sonoda y Lenné, 1979
Rosellinia bunodes (Berk. & Broome) Sacc.		*C. pubescens*	Asia	India	Sonoda y Lenné, 1979
Sclerotium bakeri Syd.		*C. pubescens*	Asia	Malaysia	Singh, 1973; Thompson y Johnson, 1953
S. rolfsii Sacc.	Marchitamiento y muerte descendente	*C. pubescens*	Asia	Malaysia	Singh, 1973; Thompson y Johnson, 1953
Xylaria thwaitesii (Hill ex Schrenk) Thw.		*C. pubescens*	Asia	India	Sonoda y Lenné, 1979
BACTERIAS					
Pseudomonas sp.	Mancha foliar	*C. pubescens*	Pacífico	Australia	R. Davis, com. pers.
MICOPLASMAS					
Organismos similares a micoplasmas	Filodia	*C. pubescens* *C. pascuorum* *C. virginianum*	Pacífico	Australia	Simmonds, 1966; R. J. Clements, com. pers.

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 2. Continuación.

Patógeno	Enfermedad	Especie hospedante	Región	País	Fuentes
NEMATODOS					
Heterodera oryzae (Luc & Berdon) Brizuela 1961	Nematodo de quiste	*C. pubescens*	Africa		Merny y Cadet, 1978
Meloidogyne incognita (Kofoid & White) Chitwood 1949	Nudo radical	*C. plumieri*	Africa		Luc y de Guiran, 1960
M. javanica (Treub. 1885) Chitwood 1949	Nudo radical	*C. pubescens*	Pacífico	Australia	J. M. Lenné, encuesta pers.;
		C. pascuorum			Clements et al., 1986
		Centrosema sp.	Africa	Camerún	Atu y Ogbuji, 1983
		C. pubescens	Asia	Filipinas	Valdez, 1973
Meloidogyne spp.	Nudo radical	*C. plumieri*	Africa		Tapia, 1971
		C. pubescens	Asia	Malaysia	Beeley, 1939
		C. pascuorum	América del Norte	E.U.	Kretschmer et al., 1980;
		C. virginianum			Bratley, 1946

a. Excluyendo virus.
b. CMI = Commonwealth Mycological Institute.

Digitized by Google

Apéndice 3. Virus registrados en *Centrosema* spp. en el mundo.

Virus	Grupo	Longitud de partícula (nm)	Distribución	Rango de hospedantes	Trasmisión	Fuentes
Virus del mosaico de *Centrosema* (CenMV)	Potexvirus	580	Nueva Guinea	*Centrosema pubescens* *Crotalaria* spp.	Aphididae *Brachycaudus helichrysi* var. *warei*	Magee, 1954 van Velsen y Crowley, 1961
				Calopogonium mucunoides	*Aphis craccivora*	Crowley y Francki, 1963
				Desmodium distortum	*A. gossypi*	Purcifull y Edwardson, 1981
					Myzus persicae	van Velsen y Crowley, 1962
				No hospedantes *Glycine max* *Phaseolus vulgaris* var. Bountiful *Vigna unguiculata*	Lygaeidae *Nysius* (verde) *Nysius* (pardo) (No trasmitido por semilla)	van Velsen y Crowley, 1962 Shaw, 1968
Virus del mosaico de *Centrosema* (CeMV)	Potyvirus	700	Colombia	*Centrosema* spp. *Macroptilium* spp. *Dioclea* sp. *Crotalaria* spp. *Desmodium distortum* *Glycine max* *Phaseolus vulgaris* vars. Bountiful y Double White	Aphididae *Aphis* spp. *Myzus persicae* (Trasmisión por semilla a bajos niveles)	F. Morales, com. pers. CIAT, 1985 y 1986

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 3. Continuación.

Virus	Grupo	Longitud de partícula (nm)	Distribución	Rango de hospedantes	Trasmisión	Fuentes
Virus del mosaico del caupí	Comovirus	30	Cuba El Salvador	*Centrosema* spp. *Vigna unguiculata* *Rhynchosia pyramidalis*	Chrysomelidae (No trasmitido por semilla)	Díaz, 1974 Kvicala et al., 1972
Virus del mosaico severo del caupí serotipo I (CpSMV)	Comovirus	?	Brasil	*Centrosema pubescens* *Calopogonium mucunoides* *Vigna unguiculata*		Lin et al., 1982
Virus del mosaico del caupí Ojo negro (BICMV)	Potyvirus	?	Brasil	*Centrosema pubescens* *Vigna unguiculata*	Trasmitido por semilla	Lin et al., 1981
Potyvirus del caupí (sin clasificar)	Potyvirus	700-750	Brasil	*Centrosema brasilianum* *Vigna unguiculata*	Aphididae *Aphis craccivora* (No trasmitido por semilla)	Lima et al., 1981
Virus del mosaico del cohombro (CMV)	Cucumovirus	30	Guadalupe	*Centrosema pubescens* *Macroptilium atropurpureum*		Migliori et al., 1978
Virus en roseta del maní[a]	?	?	Costa de Marfil Uganda	*Centrosema* spp. *Arachis* spp. *Gliricidia sepium* *Macroptilium atropurpureum*	Aphididae *Aphis craccivora*	Davies, 1972

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 3. Continuación.

Virus	Grupo	Longitud de partícula (nm)	Distribución	Rango de hospedantes	Trasmisión	Fuentes
Virus de arrugas del maní (GCV)	Carlavirus		Costa de Marfil	*Arachis* spp. *Centrosema pubescens*	(No trasmitido por áfidos)	Dubern, 1981
Virus de la marca de ojo del maní	Potyvirus		Costa de Marfil	*Arachis* spp. *Centrosema pubescens*	Aphididae *Aphis craccivora*	Dubern y Dollet, 1978
Virus del moteado amarillo	Geminivirus		Colombia	*Centrosema* spp.		J. M. Lenné, observ. pers.
Virus de la leñosidad del maracuyá (PWV), una pasiflora	Potyvirus	730-745	Australia	*Centrosema pubescens*		Teakle y Wildermuth, 1967
				Crotalaria spp. *Glycine max* *Phaseolus vulgaris* *Arachis hypogaea*		Greber, 1971
Virus del mosaico dorado	Geminivirus	?	Cuba	*Centrosema pubescens*		J. M. Lenné, observ. pers.

a. Necesita del virus auxiliar de la roseta del maní.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 255-281).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 8

Producción de Semilla de Especies de *Centrosema*

J. E. Ferguson, J. M. Hopkinson, L. R. Humphreys y R. P. de Andrade*

Resumen

Se revisan la fisiología reproductiva y la formación de semilla de *C. pubescens*, una planta de día corto, y se resume la información disponible sobre otras especies de *Centrosema*.

Para manejar un cultivo del que se obtendrá semilla es preciso considerar los siguientes aspectos: la selección de regiones geográficas apropiadas y de sitios específicos, las prácticas agronómicas adecuadas para su establecimiento, el empleo de soportes para las plantas, y el control integrado de malezas. La semilla puede cosecharse haciendo recolección manual de las vainas y trilla posterior, directamente con combinada, o por desecación del cultivo (corte seguido de secado natural, o usando desecantes químicos) antes de recolectar con combinada; también se puede cosechar por succión.

La semilla de *C. pubescens* (centro) se obtiene como un subproducto de oportunidad de las plantaciones de especies

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Australia); Queensland Department of Primary Industries, Walkamin, Qld., Australia; Universidad de Queensland, Departamento de Agricultura, St. Lucia, Qld., Australia; y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, DF, Brasil, respectivamente.

Digitized by Google

arbóreas. Los intentos de producir semilla por parte de cultivadores especializados en el norte de Queensland y en el centro de Brasil han fracasado a causa de problemas agronómicos y de la competencia de semilla importada a precios más bajos que los de la localidad. Por lo tanto, la oferta de semilla de nuevos cultivares de especies novedosas quizás no sea un resultado espontáneo de la liberación de cultivares. Se identifican y discuten luego factores que favorecen la evolución del suministro de semilla comercial de nuevos cultivares.

La investigación en producción de semilla es escasa y debe aumentar a medida que se liberan cultivares. Entre las prioridades para la futura investigación están las siguientes: la definición de mecanismos de control de la floración; la identificación de regiones geográficas favorables para la producción de semilla comercial; el manejo de cultivos para obtener semilla, especialmente en las asociaciones de *Centrosema* con cultivos anuales y cultivos arbóreos perennes; el uso de sistemas de soporte de las plantas diferentes del sistema convencional de postes, alambre y lámina vertical; y la tecnología de semillas que promueva la longevidad en almacenamiento y que reduzca la dureza de la semilla antes de la siembra.

Introducción

La demanda de semilla de *Centrosema pubescens* común para establecer pasturas tropicales se inició en Queensland, Australia, a mediados de la década de los 50 (Allen, 1958). Probablemente aumentó a mediados de la década de los 70, cuando se asoció con el plan de expansión de pasturas en la región amazónica brasileña. *Centrosema schiedeanum* cv. Belalto fue liberado en Queensland, Australia, en 1971 (Barnard, 1972). Dos cultivares de *C. pascuorum*, Cavalcade y Bundey, fueron liberados en el Territorio Norte, Australia, en 1984 (New releases..., 1985). Otras especies, como *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* se consideran muy promisorias en los experimentos de evaluación de pasturas en América tropical.

En la literatura disponible sobre producción de semillas predominan los informes sobre multiplicación inicial de semilla en estaciones experimentales, pero hay relativa escasez de informes sobre experiencia comercial. Este documento revisa la literatura

Digitized by Google

disponible sobre producción de semilla, proporciona conceptos y normas para el desarrollo futuro del suministro de semilla, e identifica futuras prioridades de investigación.

Fisiología Reproductiva

Control de la floración

El control de la floración en *Centrosema* fue revisado por Ison y Hopkinson (1985). *Centrosema pubescens* común es una planta de día corto: la floración se acelera cuando la duración del día natural se acorta artificialmente. En Taiwan, las plantas se tornaron vegetativas cuando aumentó la duración del día (Wang, 1961). Las fechas de floración de *C. pubescens* cultivado a 20° y 27° S fueron semejantes y condujeron a Bowen (1959) a afirmar: "esto indica la ausencia de un efecto fotoperiódico." Sin embargo, dicho comportamiento es también compatible con un fotoperíodo crítico de día corto cercano a la duración del día, que ocurre en el equinoccio de otoño cuando la duración del día no es sensible a la latitud. En Bali, el 22 de marzo, Ison (1984), mediante disección y examen al microscopio, registró la iniciación floral de esta especie indeterminada; el período hasta la primera floración tardó de 23 a 29 días. El fotoperíodo crítico no parece aumentar por efecto de las temperaturas frescas, como ocurre en algunas variedades de *Stylosanthes guianensis* var. *guianensis* (Ison y Humphreys, 1984), porque la iniciación de la floración fue simultánea en los sitios comprendidos entre 10 y 1000 m de altitud (Ison, 1984). El período juvenil, o sea, el que se extiende antes de que las plántulas respondan a las condiciones inductivas (si éstas están presentes), no excedió de 108 días en Bali.

El tiempo de floración de *C. pubescens* en diferentes sitios (Cuadro 1) varía considerablemente en el período anterior a la mitad del otoño, y probablemente resulta favorecido por las altas temperaturas que siguen al inicio de la floración (Ison y Hopkinson, 1985). Parte de la variación que muestra el Cuadro 1 puede explicarse también por la variación genética entre las razas de centro común (R. J. Clements, comunicación personal). La sincronía de la floración en este cultivo es mucho mejor que en la planta de día corto cuantitativo, *Macroptilium atropurpureum*. Esto es evidente partiendo de la duración y del patrón de formación

Digitized by Google

Cuadro 1. Tiempo de floración de *Centrosema pubescens* común en diferentes sitios.

Sitio	Latitud	Fecha primera floración	Fuentes
Fort Pierce, FL, E.U.	27° N	Noviembre 1	Kretschmer, 1977
Taipei, Taiwan	25° N	Noviembre 27	Wang, 1961
Ajuchitlán, México	18° N	Octubre 29	Sánchez, 1978
Tarapoto, Perú	7° S	Mayo 6	Silva y López, 1985
Bali (3 sitios), Indonesia	9° S	Abril 14-20	Ison, 1984
Ayr, Qld., Australia	20° S	Abril 4-14	Bowen, 1959
Itaguaí, SP, Brasil	23° S	Mayo 6	Serpa y Dias, 1983
Ormiston, Qld., Australia	27° S	Abril 4-14	Bowen, 1959

de rendimientos obtenidos de la cosecha manual secuencial de los dos cultivos en las Filipinas (Javier y Mendoza, 1976). La observación en el campo indica que la floración también se estimula con un ligero estrés de agua.

Las accesiones de *C. pubescens* variaron 50 días en el tiempo de primera floración en Fort Pierce (Kretschmer, 1977), donde *C. schiedeanum* cv. Belalto floreció 10 días después de *C. pubescens* común. *Centrosema brasilianum* CIAT 5234 floreció 30 días antes que *C. pubescens* en Tarapoto, Perú. Las accesiones de la especie anual *C. pascuorum* variaron hasta 5 días en el tiempo de floración (Clements, esta obra; Clements y Williams, 1980). Aunque las líneas de *C. virginianum* de sitios subtropicales florecen erráticamente en diferentes épocas del año, la especie florece predominantemente durante los días cortos (Clements, 1977). Schultze-Kraft et al. (1985) informan que *C. macrocarpum* muestra características de día corto. Estos estudios sugieren la necesidad de realizar experimentos controlados para determinar el control de la floración, así como la disponibilidad de una diversidad genética considerable en el tiempo de floración, la cual se puede usar en programas de fitomejoramiento.

Formación de semillas

Santipracha (1980) estudió la formación de la semilla en *C. pubescens*, en un sitio de clima cálido y tierras bajas en Hat Yai, Tailandia (7° N). Las semillas ya eran germinables 25 días después de la floración, pero el máximo poder germinativo se obtuvo cerca de 35 días después de la floración, tiempo en que se logró, en la

Digitized by Google

semilla, el mayor peso seco y el máximo vigor. La dureza de la semilla se hizo evidente a los 38 días (cuando su contenido de humedad llegó a 37%), y aumentó a 85% a los 45 días a medida que las semillas alcanzaban una humedad de 13%. Las legumbres formadas tempranamente contienen más semillas que las que se forman tardíamente (Serpa, 1974); de otro lado, el rendimiento de semilla presenta alta correlación con el número de legumbres.

Las observaciones de campo sugieren que la formación de la semilla de *C. pubescens* sufre un efecto adverso de las temperaturas frías o de las heladas, y que los sitios seleccionados para la producción de semilla deben ser más cálidos que aquéllos elegidos para el cultivo de *Desmodium intortum*, de *Neonotonia wightii* o de *M. atropurpureum*. En *C. acutifolium* y *C. macrocarpum*, el estrés por falta de humedad durante la formación de semillas es perjudicial.

Manejo para la Producción de Semilla

La fuente principal de semilla comercial de *C. pubescens* común son las plantaciones de caucho y de palma de aceite en las regiones tropicales bajas. Los principales proveedores son Indonesia, Sri Lanka, Filipinas y Tailandia, y hay cierta producción ocasional en Papua Nueva Guinea y en Malaysia (Big demand for centro seed, 1962). Puesto que la semilla es un subproducto de oportunidad de una leguminosa usada como cultivo de cobertura, la producción de esa semilla no incluye un manejo adecuado. Aunque no hay datos disponibles, los rendimientos de semilla y los volúmenes producidos varían, al parecer, ampliamente entre años y localidades.

Se ha procurado desarrollar cultivos para semilla comercial (Cuadro 2) de las siguientes especies solamente: *C. pubescens* en el norte de Queensland, Australia, y en los estados brasileños de São Paulo y Minas Gerais; *C. schiedeanum* cv. Belalto en el norte de Queensland, Australia; y *C. pascuorum* en el norte de Queensland y en el Territorio Norte, Australia. A pesar de la falta de información publicada, las siguientes estrategias de manejo parecen importantes para la producción de semilla de *Centrosema*.

Digitized by Google

Cuadro 2. Resumen de los rendimientos de semilla de algunas especies de *Centrosema* según el método de cultivo y de cosecha.

Especie, cultivar o accesión	País y localidad	Soporte de las plantas, tipo y método de cultivo	Método de cosecha	Rendimiento real de semilla (kg/ha)	Fuentes
EN CONDICIONES EXPERIMENTALES					
C. pubescens común	Australia, región Ayr	Cultivo puro, con riego	Colocar en hileras, luego con combinada	340-680	Verhoeven, 1958
	Brasil, (Itaguaí?)	Cultivo puro	Cosecha manual	450	de Otero, 1961
	Ecuador, Puerto Viejo	Espaldera	Cosecha manual	408-1343	Farfán, 1974
	Boliche	Espaldera	Cosecha manual	43-891	Torre, 1975
	México, Ajuchitlán	Espaldera	Cosecha manual	347	F. Avalos, com. pers.
	Filipinas, Los Baños	Cultivo puro	Cosecha manual, 2 pases en 10 días	486	Javier y Sasis, 1969
		Cultivo puro	Cortadora, luego trilladora	436	
	Perú, Tarapoto	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	521	Silva y López, 1985
	Venezuela, Maracaibo	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	77	Cordero y Montes, 1977

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Especie, cultivar o accesión	País y localidad	Soporte de las plantas, tipo y método de cultivo	Método de cosecha	Rendimiento real de semilla (kg/ha)	Fuentes
C. pubescens común	Venezuela, Maracay	Monocultivo	Cosecha manual, varios pases	66	
		Monocultivo, semicomercial	Cosecha manual, varios pases	100	
C. pubescens IPEACS	Brasil, Itaguaí		Cosecha manual		Ribeiro, 1980
		Experimento 1			
		Cultivo puro	a. una sola vez	428	
			b. varios pases	608	
		Espaldera	a. una sola vez	478	
			b. varios pases	863	
		Experimento 2			
		Cultivo puro	a. una sola vez	286	
			b. varios pases	530	
		Cultivo de sorgo	a. una sola vez	367	
			b. varios pases	557	
C. schiedeanum cv. Belalto	Australia, Walkamin	Cultivo puro, con riego	Combinada directa	0-350	J. M. Hopkinson, datos inéditos
Centrosema híbrido CIAT 438	Colombia, Santander de Quilichao	Espaldera	Cosecha manual	466-877	CIAT, 1978
	Palmira	Espaldera	Cosecha manual	90	
	México, Iguala	Espaldera	Cosecha manual	1450	A. Peralta, com. pers.

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Especie, cultivar o accesión	País y localidad	Soporte de las plantas, tipo y método de cultivo	Método de cosecha	Rendimiento real de semilla (kg/ha)	Fuentes
Centrosema híbrido CIAT 438	Perú, Tarapoto	Espaldera	Cosecha manual	340	Silva y López, 1985
C. acutifolium CIAT 5277	Colombia, Quilichao	Espaldera	Cosecha manual		C. Wickham y J. E. Ferguson, datos inéditos
			a. una sola vez	132	
			b. varios pases en 2 meses	224	
	Carimagua	Espaldera	Cosecha manual	62 ± 17	J. E. Ferguson, datos inéditos
	Quilichao	Espaldera	Cosecha manual	147 ± 25	J. E. Ferguson, datos inéditos
	Valledupar	Espaldera	Cosecha manual	150	J. E. Ferguson, datos inéditos
	México, Iguala	Espaldera	Cosecha manual	716	A. Peralta, com. pers.
C. brasilianum CIAT 5234	Perú, Tarapoto	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	1247	Silva y López, 1985
	Brasil, Planaltina	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	80	R. P. de Andrade, datos inéditos
	Colombia, Quilichao	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	211	J. E. Ferguson, datos inéditos
	Carimagua	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	153	J. E. Ferguson, datos inéditos
	Valledupar	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	769	J. E. Ferguson, datos inéditos

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Especie, cultivar o accesión	País y localidad	Soporte de las plantas, tipo y método de cultivo	Método de cosecha	Rendimiento real de semilla (kg/ha)	Fuentes
C. brasilianum	México,				
CIAT 5234	Iguala	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	1390	A. Peralta, com. pers.
CIAT 5523	Brasil, Planaltina	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	271	R. P. de Andrade, datos inéditos
CIAT 5824	Planaltina	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	324	R. P. de Andrade, datos inéditos
C. macrocarpum	Perú,				
CIAT 5065	Tarapoto	Espaldera	Cosecha manual	284	Silva y López, 1985
	Brasil, Planaltina	Espaldera	Cosecha manual	42	R. P. de Andrade, datos inéditos
	México, Iguala	Espaldera	Cosecha manual	505	A. Peralta, com. pers.
Media de 5 accesiones	Colombia, Quilichao	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	253	J. E. Ferguson, datos inéditos
Media de 2 accesiones	Carimagua	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	101	J. E. Ferguson, datos inéditos
CIAT 5713	Valledupar	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	93	J. E. Ferguson, datos inéditos
C. pascuorum	Australia,				
cv. Calvacade	Katherine	Cultivo puro, con riego	Combinada de succión	1000	New releases ..., 1985
	Walkamin	Cultivo puro	Combinada directa	500	B. H. English, com. pers.

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Especie, cultivar o accesión	País y localidad	Soporte de las plantas, tipo y método de cultivo	Método de cosecha	Rendimiento real de semilla (kg/ha)	Fuentes
C. pascuorum	Australia,				
cv. Calvacade	Mareeba	Cultivo puro, con riego	Combinada directa	930	B. H. English, com. pers.
	N.T., varios sitios en 2 años	Cultivo puro, sin riego	Cosecha manual	250 (aprox.)	Stockwell et al., 1986
cv. Bundey	Mareeba	Cultivo puro	Combinada directa	580	B. H. English, com. pers.
	Walkamin	Cultivo puro	Combinada directa	450	B. H. English, com. pers.
EN CONDICIONES COMERCIALES					
C. pubescens	Australia,				
común	Ingham	Pastura mixta (centro y pasto melaza)	a. Colocar en hileras, luego con combinada b. Desespigado directo a 20.3 cm del suelo	146 (promedio)	Gude, 1959
	Norte de Queensland	Cultivo puro y pastos mixtos	Combinada	140-180	Teitzel y Burt, 1976
	Mareeba	Cultivo puro (3 años seguidos)	Combinada directa	109, 1er. año 355, 2o. año 68, 3er. año	J. W. Wright, com. pers.

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Especie, cultivar o accesión	País y localidad	Soporte de las plantas, tipo y método de cultivo	Método de cosecha	Rendimiento real de semilla (kg/ha)	Fuentes
C. pubescens común	Brasil, São Paulo (estado)	Cultivo puro	Combinada directa	80-150	R. P. de Andrade, datos inéditos
	Janaúba	Cultivo puro	Combinada directa	300	R. P. de Andrade, datos inéditos
	Tailandia	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	200-400	Hare y Waranyuwat, 1980
Centrosema híbrido CIAT 438	Perú, Tarapoto	Espaldera	Cosecha manual, varios pases	75-98	Pérez et al., 1987
C. schiedeanum cv. Belalto	Australia, Cooktown	Cultivo puro	Combinada directa	107	J. M. Hopkinson, datos inéditos

Digitized by Google

Selección de una región geográfica y de un sitio específico

Los cultivos para semilla no deben estar ubicados al azar; los sitios deben elegirse cuidadosamente (Hopkinson y Reid, 1979).

Habiendo elegido una región apropiada, los sitios específicos deben tener suelos con buen drenaje, textura del suelo de liviana a intermedia, baja incidencia de malezas, y deben ser apropiados para la mecanización.

Prácticas agronómicas generales para el establecimiento de leguminosas

Las prácticas agronómicas adecuadas para lograr una población inicial de plantas que sea satisfactoria y que tenga un crecimiento vigoroso, comprenden generalmente la preparación adecuada del suelo, alta densidad de siembra, fertilización completa y colocación adecuada de ésta al momento de la siembra, y la inoculación con rizobios. Otras opciones son la siembra en surcos y la aplicación de herbicidas selectivos en preemergencia y postemergencia.

Sistemas de soporte de las plantas

Los cultivos para semilla de *Centrosema* spp. se pueden establecer con soporte físico o sin él (Cuadros 2 y 3). Un estudio comparativo de cultivos para semilla de *C. pubescens* manejados con soporte o sin él indicó que el uso de espalderas aumentaba el rendimiento en 29%, y si se usaba como soporte el sorgo aumentaba en 13% (Ribeiro, 1980). Se han obtenido aumentos de rendimiento mucho mayores usando sistemas de soporte para *C. acutifolium* y *C. brasilianum* (Cuadro 3). Se ha comprobado que las estacas de gramínea sustituyen aceptablemente a las espalderas más costosas.

Los especialistas en producción de semilla de *C. pubescens* común en el norte de Australia no usan ningún sistema de soporte (Wright, 1972) porque estos cultivos se cosechan directamente con combinada. Verhoeven (1958) observó rendimientos de semilla desde 340 hasta 680 kg/ha. En las plantaciones de especies arbóreas también se cultiva centro sin soporte puesto que la

Digitized by Google

Cuadro 3. Efecto de diferentes tipos de soporte en el rendimiento de semilla de *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 y de *C. brasilianum* CIAT 5234 en Santander de Quilichao, Colombia, 1986-1987.

Tipo de soporte	Rendimiento de semilla (kg/ha)	
	C. acutifolium CIAT 5277	*C. brasilianum* CIAT 5234
Cultivo puro, sin soporte	95	50
Con espaldera: 1.8 m alta	401	321
2.5 m alta	313	279
Estacas de pasto King grass (híbrido de *Pennisetum*)	424	220

FUENTE: J. E. Ferguson, información no publicada.

semilla es un subproducto de oportunidad y no se ve la necesidad de soportar las plantas.

En otros países se proporciona soporte físico, completo o parcial, a los cultivos de *Centrosema*. Los objetivos de este soporte son, generalmente, facilitar la cosecha manual de las vainas y aumentar la densidad de floración o la producción de vainas—o ambas cosas. El empleo de soporte físico puede producir mayores rendimientos de semilla, especialmente en regiones donde el clima es sólo marginalmente favorable. La mayoría de las estaciones experimentales que multiplican semilla de *Centrosema* spp. en pequeñas cantidades usan espalderas como soporte (Cuadro 2).

El soporte físico puede consistir en espalderas o cercas construidas sistemáticamente; en vegetación natural, incluyendo malezas o residuos; en el componente gramínea de una pastura asociada (Gude, 1959); en otro componente leguminosa de un cultivo mixto para producción de semilla (J. M. Hopkinson, información no publicada); en estacas de tallos de gramíneas perennes (Cuadro 3); o en tallos de cultivos asociados anuales como maíz (Verhoeven, 1958), *Crotalaria juncea*, gandul (*Cajanus cajan*), sorgo o arroz.

Control integrado de malezas

Las malezas de hoja ancha pueden ser un problema en cultivos de primer año, en tanto que la invasión de gramíneas y

Digitized by Google

leguminosas espontáneas puede aumentar con el tiempo. Las especies de malezas, sus efectos económicos, y los niveles máximos permisibles antes del control son específicos para cada localidad y cultivar. A menos que se aplique un conjunto completo de prácticas de control de malezas, la competencia que se produzca en las zonas dedicadas a la producción de semilla y la contaminación de los lotes de semilla por las especies de maleza reducirán el rendimiento de semilla, aumentarán los costos de ésta, acortarán la vida del cultivo y reducirán el suministro de semilla. Los herbicidas selectivos útiles son 2,4-D (Bailey, 1969), neburón (Riepma, 1965), alaclor, bentazón, dinoseb, fluazifop-butilo, metolaclor, pendimetalina y trifluralina.

Control de insectos

Los insectos, como las larvas de lepidópteros y los trips, pueden causar daño a las yemas, las flores, y las vainas en desarrollo. Según el valor del cultivo dedicado a semilla, se pueden aplicar insecticidas como malatión, monocrotofos y aldicarb. Las semillas se pueden proteger durante el almacenamiento con productos como carbonilo o malatión.

Uso alternativo

Los cultivos dedicados a semilla también pueden proporcionar oportunidades limitadas para el pastoreo y la producción de heno. Las implicaciones agronómicas y económicas serán, una vez más, específicas de cada cultivar y localidad, y las prácticas requeridas se establecerán mediante investigación local o por el método de prueba y error.

Cosecha de la Semilla

Hay cuatro estrategias básicas para la cosecha de semilla. Ellas son la cosecha manual seguida de trilla; el uso directo de una combinada; la desecación del cultivo, seguida por combinada y recolección; y la cosecha por succión como complemento de una de las anteriores.

Digitized by Google

Cosecha manual y trilla

Este método se refiere a la recolección manual de las legumbres con semilla madura, seguida por la trilla y la separación de las semillas. La cosecha manual se caracteriza por las altas tasas de recuperación de semilla y por la alta calidad de la semilla, ya que permite seleccionar las legumbres maduras. La disponibilidad, el costo y el manejo de la mano de obra merecen una consideración especial. Estos factores son altamente variables, fluctuando de favorables y tradicionales a imposibles y antieconómicos. Este método se usa cuando el cultivo cuenta con soporte físico (Cuadro 2), en plantaciones de especies arbóreas, y en sistemas de producción a pequeña escala adoptados por los ganaderos en sus fincas (Goodchild, 1955). Los recolectores, a menudo grupos familiares o contratistas, recorren sectores del cultivo que tengan una razonable densidad de legumbres, y recogen las legumbres maduras. Enseguida llevan estas legumbres a una zona central para el secado y la trilla. Las legumbres recolectadas se secan al sol para promover su ruptura, ya que son dehiscentes. Las semillas se secan al mismo tiempo. Se puede aplicar trilla adicional mediante golpeteo manual o con movimiento vehicular. La semilla se recoge luego, se avienta en la brisa, se seca completamente y se empaca.

La repetición de la cosecha manual produce generalmente mayor rendimiento que las operaciones de un solo pase (Cuadro 2). Por ejemplo, los pases adicionales a través del cultivo produjeron aumentos de rendimiento de 42% y 85% en cultivos para semillas sin soporte, y de 50% y 80% en cultivos con soporte (Ribeiro, 1980). C. Wickham y J. E. Ferguson (información no publicada) obtuvieron un aumento de 70% en un cultivo con soporte de espaldera.

Uso directo de la combinada

La combinada convencional de granos se ha usado directamente en cultivos de *C. pubescens* común (Gude, 1959; Wright, 1972). Los recientes modelos de combinada ofrecen ciertas ventajas, como mayor potencia y una alta capacidad para trabajar la estructura de un cultivo maduro que requiere un corte y un manejo de la masa total de tallos, hojas y legumbres. El juicio de un operador experimentado es esencial para el éxito de este método, y los sitios deben ser apropiados para que la operación de la combinada sea segura.

Digitized by Google

Desecación del cultivo y cosecha con combinada

Este método tiene ventajas sobre el uso directo de la combinada, pero todo depende del estado del cultivo, de las condiciones climáticas al momento de la cosecha, de la uniformidad de maduración de la semilla y de la capacidad de la combinada.

Hay dos modos de lograr la desecación del cultivo: el primero es el corte mecánico, seguido por el secado natural in situ o en hileras, durante 4 a 7 días si el clima lo permite (Gude, 1959; Javier y Sasis, 1969; Verhoeven, 1958). Verhoeven (1958) recalcó la necesidad de cubrir el mecanismo que acciona la toma de potencia de la combinada, cuando no se usa la mesa que reúne las plantas, y de cortar haciendo traslape. El segundo modo es la desecación química con paraquat, dejando de 2 a 5 días para el posterior secado de las hileras (Wright, 1972). Una combinada convencional, que tenga un dispositivo para la recolección, puede entonces recoger eficientemente las semillas, trillarlas y separarlas, una vez que el cultivo como tal esté suficientemente seco.

Complemento con cosechadora de succión

Una cosechadora de succión es muy útil cuando se trata de cultivos con alto rendimiento de semilla, de semillas de alto valor, y cuando las máquinas estan fácilmente disponibles. Primero se aplica un método alterno de cosecha (por ejemplo, con combinada directa, o por desecación del cultivo seguida de labor de combinada y de recolección) para recoger la semilla que no ha caído al suelo, para reducir la masa del cultivo y para exponer la superficie del suelo a la cosechadora de succión. También puede ser necesario hacer un corte adicional, recoger el material y posiblemente enfardarlo. Las cosechadoras de succión pueden estar acopladas a un tractor, y pueden tener mecanismos de separación de la semilla. Este método se relaciona generalmente con un incremento en las actividades de acondicionamiento de la semilla, porque hay que separar las partículas de suelo de tamaño similar al de la semilla. Las zonas de multiplicación de semilla básica de *C. pascuorum* cv. Cavalcade han sido cosechadas por succión (New releases..., 1985).

Digitized by Google

Acondicionamiento de la semilla

El tamaño relativamente grande de la semilla de las especies de *Centrosema* (21,000 a 44,000 semillas por kilogramo), unido a su forma redondeada y oblonga, favorecen el uso de equipo convencional de acondicionamiento de la semilla. El acondicionador básico de semilla es un separador de aire y zarandas que separa la semilla según el tamaño y la forma. Si fuere necesario, se puede usar equipo adicional, como un separador de gravedad o un cilindro dentado, con los cuales se logra una separación adicional según las diferencias de peso específico o de longitud que hay, respectivamente, entre las semillas del cultivo y otras partículas. En consecuencia, es relativamente fácil lograr lotes de semilla con un alto contenido de semilla pura (más de 95%) y con un bajo contenido (menos de 4%) de materia inerte y de semillas de maleza.

Cuando hay pequeños lotes de semilla en el campo, la separación por el viento y una pequeña zaranda manual pueden separar eficazmente el polvo y la mayor parte de la materia extraña de la semilla.

Aspectos Fisiológicos de Calidad de la Semilla

La germinación máxima, entre 20 y 30 °C, después de los tratamientos que reducen la dureza de la semilla, es normalmente de un 80%. Las semillas maduras de *C. pubescens* contienen un porcentaje significativo (33% a 50%) de semillas duras, o sea, semillas que no se embeben en agua (Bass, 1984; Cabrales y Bernal, 1983). El tratamiento con agua caliente (80 °C durante 20 minutos) se considera más efectivo que el tratamiento con ácido (5 minutos en H_2SO_4 frío) para reducir la dureza de la semilla (Cabrales y Bernal, 1983). El tratamiento con ácido sulfúrico es más eficiente que el calor seco (65 °C durante 4 horas), que la abrasión, y que el agua caliente (75 °C durante 10 minutos) (de Almeida et al., 1979). Win et al. (1975a) indicaron que la germinación aumentaba si el tratamiento con ácido no pasaba de 20 minutos.

Digitized by Google

Bass (1984) informó que, en la mayoría de las condiciones de almacenamiento estudiadas durante un período de 16 años, la dureza de la semilla tendió a aumentar en aproximadamente 50%, en tanto que hubo significativas disminuciones en las siguientes condiciones: -12 °C a 70% de H.R. y 32 °C a 50% de H.R. En condiciones de almacenamiento (-12 °C y 70% de H.R.), el poder de germinación se pudo mantener durante 16 años. Win et al. (1975b) informaron que la germinación se mantuvo durante un almacenamiento a corto plazo (6 meses) a 20 °C y 40% de H.R.

Desarrollo del Suministro de Semilla para Pasturas

Durante los últimos 40 años se ha reconocido el potencial de centro común como pastura, pero la semilla sólo se ofrecía como subproducto de oportunidad en las plantaciones de especies arbóreas. Los intentos de obtener semilla por parte de cultivadores especializados en el norte de Australia y en el centro de Brasil no han sido exitosos, principalmente por la competencia de la semilla importada, que es muy barata; hubo también algunos problemas agronómicos, como la poca sincronía de floración, la invasión de malezas y los bajos rendimientos de semilla. *Centrosema schiedeanum* cv. Belalto fue liberado en Queensland, Australia, en 1971 (Barnard, 1972), pero el suministro de semilla comercial no ha evolucionado a causa de los precios más bajos de la semilla importada de *C. pubescens*, y de la demanda insuficiente de los ganaderos. Dos cultivares de *C. pascuorum* fueron liberados en el Territorio Norte de Australia, en 1984, y la oferta de semilla comercial de esta especie apenas empieza.

Aunque las perspectivas para producir semilla comercial de algunos cultivares parecen favorables, no lo son para *Centrosema* spp. en general. Ciertos requisitos previos tienen que cumplirse para lograr progresivamente una oferta de semilla a precios que sean atractivos para los ganaderos. Estos pre-requisitos son:

Digitized by Google

Enfasis en el potencial de rendimiento de semilla como requerimiento para la liberación de nuevos cultivares

Los nuevos cultivares deben tener un potencial razonable de rendimiento de semilla, que se demostraría por su capacidad comprobada para florecer, y por su alto y estable rendimiento de semilla en condiciones semicomerciales. En el Cuadro 4 se presenta un ejemplo de informe de progreso de un perfil de rendimiento de semilla para *C. acutifolium* CIAT 5277. (En el Cuadro 2 se presentan datos de rendimiento de semilla de varias especies de *Centrosema*, tanto en condiciones experimentales como comerciales.) Se debe notar que los rendimientos en condiciones experimentales son artificialmente altos a causa de las áreas pequeñas y del manejo y las prácticas de cosecha antieconómicos. Sin embargo, indican el rendimiento potencial de la semilla. En condiciones comerciales, los rendimientos de semilla son controlados por muchos factores y son altamente variables. Aunque hasta ahora no ha sido confirmado, se considera que los cultivos para semilla de especies perennes dan mayor rendimiento de semilla durante los dos primeros años. Los datos sobre rendimiento de semilla de diferentes especies de *Centrosema* son los siguientes:

Centrosema pubescens común y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 tienen un rendimiento potencial de semilla de 800-1000 kg/ha. Los rendimientos comerciales de la cosecha manual de cultivos con soporte varían desde 200 a 400 kg/ha en Tailandia hasta 75 a 98 kg/ha en Perú. La cosecha con combinada de los cultivos comerciales en Queensland, Australia, y en Brasil ha producido de 150 a 300 kg/ha. Por lo tanto, los rendimientos comerciales alcanzan sólo de 20% a 40% de los rendimientos potenciales. La eficiencia de la cosecha mecánica puede mejorarse si se emplean combinadas de alta potencia y se hace cosecha por succión, lo que elevaría el rendimiento a cerca de 500 kg/ha.

Centrosema pascuorum es una especie anual y tiene un alto rendimiento potencial de semilla: más de 1000 kg/ha. Se han obtenido rendimientos de 500 a 900 kg/ha cuando se ha usado directamente una combinada en el norte de Australia y, en un caso, de 1000 kg/ha mediante cosecha por succión.

Digitized by Google

Cuadro 4. Perfil evolutivo del rendimiento de semilla (kg/ha) de *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 en cuatro localidades de Colombia[a].

Año	Quilichao 4° N		Carimagua 3° N		El Viso 3° N		Valledupar 10° N	
	n[b]	Media	n	Media	n	Media	n	Media
1983-84	1	335						
1984-85	5	68	2	163				
1985-86	6	217	4	68				
1986-87	7	117	6	24	1	150	1	238
Promedio		147		62		150		238

a. Datos de áreas de multiplicación de semilla (0.01 a 2.0 ha) con espaldera y cosecha manual en uno o varios pases.
b. Número de observaciones independientes (o sea, datos de diferentes áreas de multiplicación de semillas).

FUENTE: J. E. Ferguson, información no publicada.

Centrosema brasilianum florece temprano y prolíficamente, y tiene un alto rendimiento potencial de semilla en diversas condiciones climáticas; se han obtenido rendimientos hasta de 1200 a 1400 kg/ha. La cosecha manual arroja frecuentemente rendimientos de semilla de 200 a 500 kg/ha. La cosecha mecánica debe ser factible pero no se ha intentado hacerla.

Centrosema acutifolium parece sensible a los días cortos y su floración es algo errática; por ello, su rendimiento de semilla es muy variable. El rendimiento potencial de semilla es de cerca de 700 kg/ha. En localidades de baja latitud, en Colombia, los rendimientos de semilla son moderados, o sea, de 150 a 200 kg/ha.

Centrosema macrocarpum también parece ser sensible a los días cortos y puede tener un período vegetativo relativamente largo. Esta especie se considera de polinización cruzada (Escobar y Schultze-Kraft, esta obra). El rendimiento potencial de semilla es de 500 kg/ha, aproximadamente. Las pocas observaciones que han podido hacerse en Colombia indican que se puede obtener de 100 a 250 kg/ha por cosecha manual.

Digitized by Google

Liberación efectiva y promoción de nuevos cultivares

Los cultivares nuevos deben ser formalmente liberados. El proceso de liberación (Ferguson, 1985) debe incluir la multiplicación de un volumen mínimo de semilla básica, la distribución selectiva a diversos cultivadores de semilla, un análisis realista de las limitaciones de la adopción futura, y un esfuerzo organizado de promoción técnica.

Altos niveles de demanda de semilla por parte de los ganaderos

Hay que darles a conocer a los ganaderos el potencial de los cultivares nuevos. Esta labor requiere ensayos de demostración en las fincas, programas de promoción, y datos económicos. Los ganaderos deben estar convencidos del valor de un cultivar nuevo para que la demanda de semilla que se genere sea suficiente para estimular la inversión que harán en su producción los semillistas especializados.

Apoyo de instituciones públicas después de la liberación

Debido a que la semilla de centro común es un subproducto de bajo costo en las plantaciones de especies arbóreas, todo nuevo cultivar de *C. pubescens* (o especie similar de *Centrosema*) debe competir con una fuente ya existente de semilla relativamente barata. Ejemplos del fracaso en el desarrollo de una oferta comercial de semilla a causa de dicha competencia son los de *C. schiedeanum* cv. Belalto en Australia, y de centro común en Brasil. Por lo tanto, el suministro de semilla de nuevos cultivares evolucionará espontáneamente sólo en ciertas circunstancias. La mayoría de los nuevos cultivares requerirá cierto apoyo de los sectores públicos después de su liberación, para poder desarrollar un suministro de semilla.

Se puede obtener apoyo indirecto con demostraciones en las fincas y con programas de promoción de pasturas. El apoyo directo podría implicar la investigación sobre producción de semilla; la multiplicación de semilla; la asistencia técnica a los nuevos

Digitized by Google

cultivadores de semilla; las iniciativas para estimular la producción de semilla comercial, tales como contratos de producción de semilla con nuevos productores y acuerdos para producir semilla en compañía; los programas que garanticen la calidad de la semilla, incluyendo programas de certificación de semilla si fuera necesario; y el control a las importaciones para proteger los nuevos cultivares de la competencia de la semilla barata o con problemas sanitarios—o que reúna ambos inconvenientes—proveniente de cultivares de comportamiento deficiente.

Prioridades de Investigación

Definición de los mecanismos de control de la floración

La investigación sobre centro común indica que la inducción y la sincronización de la floración están influidas por el efecto combinado de la reducción del fotoperíodo, del incremento en el estrés de humedad y, posiblemente, del descenso de la temperatura. Es necesario hacer estudios sobre otras especies, los cuales deben incluir investigación en ambientes controlados e investigación por inferencia (o deductiva) de observaciones de campo en diversas localidades.

Identificación de regiones geográficas favorables para la producción de semilla comercial

Los cultivos de semilla deben estar ubicados en regiones climáticas y edáficas apropiadas, y que estén separadas de las zonas dedicadas a las pasturas. Es preciso identificar estas zonas. Se debe estudiar el comportamiento de los cultivos en regiones alternas, y se deben formular recomendaciones basadas en un análisis constantemente actualizado de la adaptación regional; éste debe expresar características tales como el rendimiento de semilla y la incidencia de enfermedades, como se hizo con *C. acutifolium* en Colombia (Cuadro 4). Cuando se trabaje en una región geográfica apropiada, se deben estudiar allí las prácticas de manejo de un cultivo destinado a semilla. Se deben investigar también las

Digitized by Google

posibilidades de dar soporte al cultivo para compensar las insuficiencias climáticas.

Manejo y cosecha del cultivo para semilla

Un sistema de cultivo debe producir grandes cantidades de semilla a bajo costo. Donde la cosecha manual es factible, es necesario estudiar las asociaciones de *Centrosema* con cultivos arbóreos perennes, y el uso de estacas de gramíneas forrajeras como sistema de soporte, o las ramas de árboles de la región. Donde sea factible combinar con cultivos, se debe estudiar la posibilidad de cultivar a *Centrosema* en asociación con cultivos anuales. Por ejemplo, en Brasil, la semilla de *Calopogonium mucunoides* se produjo con éxito en asociación con arroz (Bendito, calopogônio!, 1986; K. Matsumoto, comunicación personal; A. H. Zimmer, comunicación personal). La cosecha oportunista con combinada de la semilla de *Centrosema* de una pastura de gramínea-leguminosa es otra opción que merece estudio (Gude, 1959).

El uso de un rango más amplio de herbicidas apoyaría mejor el control integrado de las malezas. Cada especie puede reaccionar de modo diferente a ciertos herbicidas específicos, y esto requiere mayor investigación. El momento de una poda vertical en cultivos con soporte o del retiro de los animales que pastorean cultivos sin soporte debe elegirse pensando en las épocas de floración y de madurez de la semilla de la leguminosa. Se necesita también más investigación para formular recomendaciones sobre fertilización, y se deben estudiar los costos comparativos de métodos alternativos de cosecha en diferentes sistemas de cultivo.

Tecnología de semillas

A medida que se desarrollen nuevos cultivares, debe estudiarse la fisiología de su semilla, con énfasis en la germinación, la dureza de la semilla (incluyendo métodos para reducir esta condición), y la longevidad de la semilla almacenada.

Digitized by Google

Referencias

Allen, G. H. 1958. Pasture seed is a cash crop. Queensl. Agric. J. 84:74.

Bailey, D. R. 1969. The effect of post-emergence herbicides on the vegetative and reproductive growth of *Centrosema pubescens* Benth. in Queensland. Weed Res. 9(1):9-19.

Barnard, C. (comp.). 1972. Register of Australian herbage plant cultivars. Division of Plant Industry, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia. 260 p.

Bass, L. N. 1984. Storage of seeds of tropical legumes. Seed Sci. Technol. 12(2):395-402.

Bendito calopogônio!. 1986. Rev. Globo Rur. 1(9):21-22.

Big demand for centro seed. 1962. Queensl. Agric. J. 88(1):47.

Bowen, G. D. 1959. Field studies on nodulation and growth of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 16(4):253-265.

Cabrales, R. y Bernal, J. 1983. Effect of different systems of seed treatment, packing, and storage on vigor and germination of five tropical forage legumes. En: Smith, A. J. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, E.U., junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 263-265.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Programa de Ganado de Carne. En: Informe anual 1977. Cali, Colombia. p. A-32 a A-34.

Clements, R. J. 1977. Agronomic variation in *Centrosema virginianum* in relation to its use as a sub-tropical pasture plant. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17(86):435-444.

_____ y Williams, R. J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, 31 julio-4 agosto 1978. 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 1, p. 559-567.

Cordero M., J. y Montes, C. 1977. *Centrosema pubescens* (bejuquillo), leguminosa forrajera: Su comportamiento en la producción de semillas. Sección de Semillas, Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela. 10 p.

Digitized by Google

de Almeida, L. D'Artagnan; Maeda, J. A.; y Falivene, S. M. P. 1979. Efeitos de métodos de escarificação na germinação de sementes de cinco leguminosas forrageiras. Bragantia 38(9):83-96.

de Otero, J. R. 1961. Jitirana. En: Informações sobre algumas plantas forrageiras. 2a. ed. Série didática 11. Serviço de Informação Agrícola, Ministério da Agricultura, Rio de Janeiro, GB, Brasil. p. 264-267.

Farfán, C. 1974. Efecto de prácticas culturales en la producción de semilla de plantas forrajeras tropicales. Tesis (Ing. Agr.). Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.

Ferguson, J. E. 1985. An overview of the release process for new cultivars of tropical forages. Seed Sci. Technol. 13(3):741-757.

Goodchild, N. E. 1955. Centro in the Mackay Agricultural District. Queensl. Agric. J. 80:125-128.

Gude, J. B. 1959. Growing our own Centro seed. Queensl. Agric. J. 85:139-140.

Hare, M. D. y Waranyuwat, A. 1980. A manual for tropical pasture seed production in northeast Thailand. Department of Livestock Development, Tha Phra, Khon Kaen, Tailandia.

Hopkinson, J. M. y Reid, R. 1979. La importancia del clima en la producción de semilla de leguminosas forrajeras tropicales. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 365-383.

Ison, R. L. 1984. Flowering of *Desmodium uncinatum* cv. Silverleaf, *D. intortum* cv. Greenleaf and *Centrosema pubescens* cv. Common. En: Proceedings of the Australian Seeds Researchers Conference. Gatton, Qld., Australia. p. 65-69.

_____ y Hopkinson, J. M. 1985. Pasture legumes and grasses of warm climate regions. En: Halevy, A. H. (ed.). CRC handbook of flowering. 5 vols. CRC Press, Boca Raton, FL, E.U. Vol. 1, p. 203-251.

_____ y Humphreys, L. R. 1984. Day and night temperature control of floral induction in *Stylosanthes guianensis* var. *guianensis* cv. Schofield. Ann. Bot. 53(2):207-211.

Digitized by Google

Javier, E. Q. y Mendoza, R. C. 1976. The harvesting, cleaning and storage of home grown tropical pasture seeds. Extension bulletin no. 65. ASPAC Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan. p. 3-4.

_____ y Sasis, G. T. 1969. Seed production of tropical forage legumes; I: *Centrosema pubescens*. Philipp. J. Crop Sci. 6:23-32.

Kretschmer, A. E., Jr. 1977. Growth and adaptability of *Centrosema* species in South Florida. Proc. Soil Crop Sci. Soc. Fla. 36:164-168.

New releases of pasture plants; Legumes: *Centrosema pascuorum* Mart. ex Benth. (centurion) cv. Cavalcade (Reg. No. B-15b-1). 1985. Trop. Grassl. 19(3):141-142.

Pérez, R. C.; Ferguson, J. E.; y López, W. 1987. Producción de semilla de tres especies forrajeras en Tarapoto, Perú. Pasturas Trop. Bol. 9(2):18-23.

Ribeiro, H. 1980. Produção de sementes de leguminosas forrageiras tropicais. En: Peixoto, A. M.; de Moura, J. C.; y Furlan, R. da S. (eds.). Anais do 5o. simpósio sobre manejo de pastagens, Piracicaba, SP, 1978. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brasil. p. 183-210.

Riepma, P. 1965. Neburon, a selective herbicide for use in tropical legumes. Weed Res. 5(1):52-60.

Sánchez, R. G. 1978. Avances en la producción de semillas de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en Ajuchitlán, Gro. FIRA, Banco de México, Ciudad de México, México. p. 40.

Santipracha, W. 1980. Seed development and maturation in centrosema (*Centrosema pubescens* Benth.). Tesis (M.Sc.). Khasetsart University, Bangkok, Tailandia.

Schultze-Kraft, R.; Keller-Grein, G.; Belalcázar, J.; y Benavides, G. 1985. *Centrosema macrocarpum* Benth., a promising tropical forage legume for acid soils. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, agosto 1985, Kyoto, Japón. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 152-154.

Serpa, A. 1974. Variabilidade de alguns fatores que afetam a produção de sementes em *Centrosema pubescens*. Pesqui. Agropecu. Bras. Ser. Zootec. 9(3):39-44.

Digitized by Google

_____ y Dias, P. F. 1983. Observações sobre a fecundação natural em *Centrosema pubescens* Benth. Pesquisa em andamento no. 22. Estação Experimental de Itaguaí, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ, Brasil. 3 p.

Silva, G. y López, W. 1985. Epoca de floración y producción de semilla de *Centrosema* spp. Pasturas Trop. Bol. 7(2):19-20.

Stockwell, T. G. H.; Clements, R. J.; Calder, G. J.; y Winter, W. H. 1986. Evaluation of bred lines of *Centrosema pascuorum* in small plots in north-west Australia. Trop. Grassl. 20(2):65-69.

Teitzel, J. K. y Burt, R. L. 1976. *Centrosema pubescens* in Australia. Trop. Grassl. 10(1):5-14.

Torre, R. 1975. La situación de la producción de semillas forrajeras. Los problemas técnicos en la Costa. En: Seminario sobre producción de semillas forrajeras, Quito, Ecuador. Informe de reuniones, cursos y conferencias no. 80. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), San José, Costa Rica.

Verhoeven, G. 1958. Tropical legume seed can be harvested commercially. Queensl. Agric. J. 84:77-82.

Wang, C.-C. 1961. Growth, flowering and forage production of some grasses and legumes in response to different photoperiods. J. Agric. Assoc. China 36:27-52. (Citado en Herbage Abstr. 33:864.)

Win, P.; Hill, M. J.; y Johnston, M. E. H. 1975a. Effect of seed storage and seed treatment on the germination of *Centrosema pubescens* (centro) seeds; I: Acid treatment and mechanical scarification. N. Z. J. Exp. Agric. 3(1):81-84.

_____ ; _____ ; y _____ . 1975b. Effect of seed storage and seed treatment on the germination of *Centrosema pubescens* (centro) seeds; II: Storage conditions and acid treatment. N. Z. J. Exp. Agric. 3(1):85-89.

Wright, J. W. 1972. Harvesting Belalto centro. Queensl. Seed Prod. Notes New Ser. 4:3-4.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 283-313).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 9

Genética y Mejoramiento de *Centrosema*

J. W. Miles, R. J. Clements, B. Grof y A. Serpa*

Resumen

Hay por lo menos dos números básicos de cromosomas en *Centrosema*: 2n = 18 (*C. virginianum* y *C. arenicola*) y 2n = 22 (y quizás también 2n = 20) para otras especies. Hace falta una rigurosa evaluación del comportamiento reproductivo de *Centrosema* spp. Parece que en algunas especies ocurre un cruzamiento extensivo (por ejemplo, *C. macrocarpum*), aunque la mayoría de las especies son altamente—pero no exclusivamente—auto-polinizadoras. En general, la hibridación artificial dentro de las especies de *Centrosema* es fácil. Además, algunos cruzamientos interespecíficos han sido exitosos.

Hay poca información sobre los aspectos genéticos de los caracteres agronómicos. No se conoce ningún carácter mendeliano de gen único en ninguna especie. Hay una amplia variación genética, documentada en varias especies de *Centrosema*, y se ha logrado un considerable progreso en los proyectos de fitomejoramiento. Los objetivos de este fitomejoramiento han sido

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia; Proyecto CIAT-EMBRAPA sobre Pastos Tropicales en los Cerrados, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, DF, Brasil (actualmente en Campo Grande, MS, Brasil); y Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO), Estação Experimental de Itaguaí, Seropédica, RJ, Brasil, respectivamente.

Digitized by Google

rendimiento de forraje, rendimiento de semilla y hábito de crecimiento estolonífero. El método genealógico convencional de fitomejoramiento ha sido el más usado. Se debe evaluar más a fondo la eficacia de otros métodos, como la selección natural bajo pastoreo o la selección recurrente de poblaciones. En Brasil, Colombia y Australia se han realizado programas de mejoramiento de *Centrosema*; sólo uno de éstos ha dado lugar a la liberación de un cultivar comercial.

Introducción

Centrosema ha recibido probablemente más atención de parte de los fitomejoradores que cualquier otro género de leguminosa forrajera tropical. Esto refleja la importancia comercial del género (y especialmente de *C. pubescens*), y las deficiencias de los cultivares comerciales seleccionados directamente del germoplasma natural.

En este documento se revisa el conocimiento actual de la biología importante para el diseño de programas de mejoramiento de *Centrosema*. Se tratan además los objetivos, métodos y resultados de proyectos de mejoramiento genético, en desarrollo o ya concluidos. Se busca destacar aquellas áreas que necesitan información adicional para mejorar la efectividad y la eficiencia de los futuros proyectos de mejoramiento de *Centrosema*.

Citología y Recuento de Cromosomas

Se han reportado los números cromosómicos de 16 especies de *Centrosema* (Cuadro 1), pero hay serias discrepancias en los registros. Por lo menos dos factores pueden contribuir a esta falta de concordancia. Uno de ellos es que los cromosomas de *Centrosema* son pequeños y difíciles de contar; el otro factor es que, habiéndose confundido la taxonomía de *Centrosema*, pudo haber una incorrecta identificación de especies en algunos casos. Por ejemplo, el material observado por Fritsch (1972) pudo haber sido *C. pubescens* y no el que se informó, es decir, *C. virginianum*.

Se han publicado dos dibujos de cámara lúcida de los cromosomas de *Centrosema*. El primero de éstos (Turner e Irwin, 1961) indicó n = 11 para *C. coriaceum*, mientras el segundo (Lewis

Digitized by Google

Especie	Número de accesiones	Número cromosómico (2n)	País de origen del material examinado	Fuentes
C. acutifolium	3	20	Colombia, Brasil	Hutton, 1985
C. angustifolium	1	22	Brasil	Hacker, citado en Clements et al., 1983
C. arenicola	1	18	E.U.	J. B. Hacker, información no publicada
C. bracteosum	1	20	Brasil	Bandel, 1964
	1	20	Brasil	Coleman y de Menezes, 1980
C. brasilianum	1	20	Brasil	Coleman y de Menezes, 1980
	4	22	Brasil	Hacker, citado en Clements et al., 1983
C. coriaceum	1	22	Brasil	Turner e Irwin, 1961
C. grandiflorum	2	22	Brasil	Hacker, citado en Clements et al., 1983
C. grazielae	3	22	Brasil	Hacker, citado en Clements et al., 1983[a]
C. macrocarpum	1	22	Colombia	Hacker, citado en Clements et al., 1983
	6	20	Colombia	Hutton, 1985
C. pascuorum	6	22	Brasil, Ecuador	Hacker, citado en Clements et al., 1983
C. plumieri	1	20	Costa de Marfil[b]	Frahm-Leliveld, 1957
	2	22	Rep. Dominicana, Fiji[b]	Hacker, citado en Clements et al., 1983
C. pubescens	2	20	Indonesia[b]	Frahm-Leliveld, 1953
	1	20	Costa de Marfil[b]	Frahm-Leliveld, 1957
	16	22	Brasil, México, Venezuela, Guatemala, Guayana	Hacker, citado en Clements et al., 1983
	3	20	Colombia, Venezuela	Hutton, 1985
	1	20	Brasil	L. Nascimento, información no publicada
C. sagittatum	3	22	Brasil, Argentina	Hacker, citado en Clements et al., 1983
C. schiedeanum	1	22	Costa Rica	Hacker, citado en Clements et al., 1983[c]
	1	20	Colombia	Hutton, 1985
C. schottii	3	22	Colombia, México	Hacker, citado en Clements et al., 1983
C. virginianum	2	18	E.U.	Lewis et al., 1962
	1	22	Cuba	Fritsch, 1972
	12	18	Brasil, México, Venezuela, Honduras, Bolivia, Paraguay	Hacker, citado en Clements et al., 1983

a. Material antes identificado como *Centrosema* sp. aff. *acutifolium*.
b. Fuente original desconocida.
c. Material antes identificado como *Centrosema* sp. aff. *pubescens*.

Digitized by Google

et al., 1962) mostró 2n = 18 para *C. virginianum*. J. B. Hacker fundamenta su información exhaustiva con ayuda de fotografías y dibujos de cámara lúcida de los cromosomas de *C. grazielae*, *C. pubescens* y *C. angustifolium* (todos son 2n = 22), y de *C. virginianum* (n = 9) (Figura 1) (Cuadro 1).

Otro conjunto extenso de datos es el de Hutton (1985), quien informó que *C. pubescens* (3 accesiones), *C. macrocarpum* (6 accesiones), *C. schiedeanum* (1 accesión) y *C. acutifolium* (3 accesiones) tienen 2n = 20 cromosomas somáticos y emparejamiento normal a la meiosis con la formación de 10 bivalentes. Estos recuentos difieren de los de Hacker, pero concuerdan con los informes dados antes para *C. pubescens* por Frahm-Leliveld (1953 y 1957), así como con un informe inédito de L. Nascimento, de la Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Brasil. Se han observado recuentos de 2n = 20 para algunas otras especies de *Centrosema* (Cuadro 1).

Es difícil resolver estas diferencias. Al parecer, hay por lo menos dos conjuntos cromosómicos básicos en el género. Un grupo de especies (*C. virginianum* y *C. arenicola*) posee 18 cromosomas somáticos (si el recuento de Fritsch de 2n = 22 se reasigna a *C. pubescens*). El segundo grupo tiene 22 cromosomas, según informó J. B. Hacker, y quizás también 20. Se necesitan fotografías o dibujos que fundamenten los recuentos de 2n = 20.

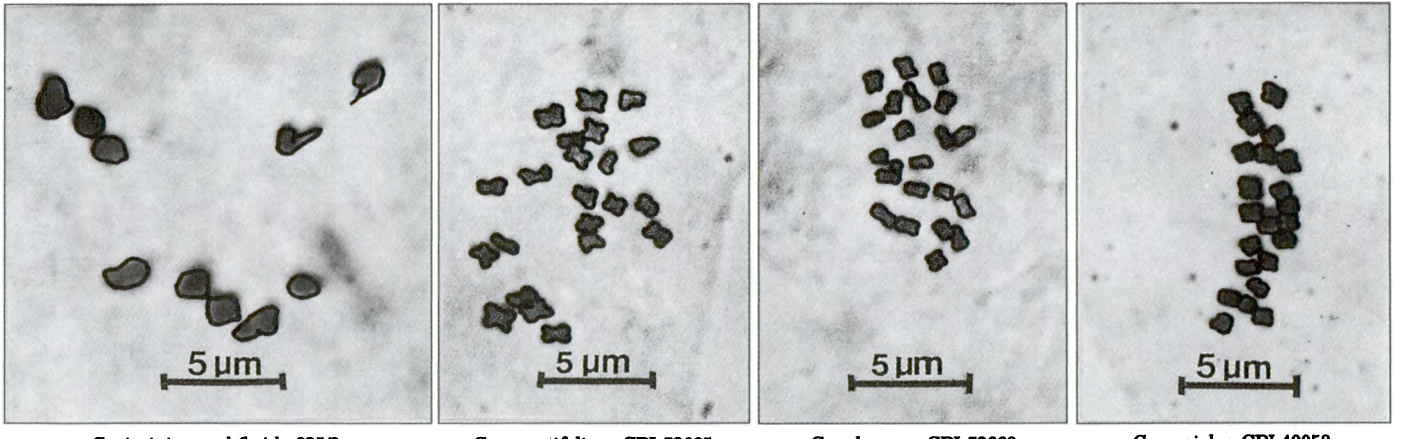
Es necesario obtener recuentos cromosómicos confiables para ayudar a resolver algunas dudas en la clasificación taxonómica dentro del género. Estos recuentos también ayudarían a predecir la compatibilidad cruzada interespecífica.

Comportamiento Reproductivo

El conocimiento del comportamiento reproductivo es importante para planear programas de fitomejoramiento eficientes. Desgraciadamente, los datos publicados no contienen una sola medida de la tasa de cruzamiento en ninguna especie de *Centrosema*. Se ha creído siempre que en la mayoría de las especies hay autopolinización.

Hutton (1960) ha proporcionado pruebas indirectas del predominio de la autopolinización en *C. pubescens* 'común'. Al

Digitized by Google



C. virginianum híbrido 835/2; meiosis, 9 bivalentes

C. angustifolium CPI 73665; mitosis, 2n = 22

C. pubescens CPI 73668; mitosis, 2n = 22

C. grazielae CPI 40058; mitosis, 2n = 22

Figura 1. Cromosomas de algunas especies de *Centrosema* (fotografías de J. B. Hacker, no publicadas).

Digitized by Google

examinar yemas florales bien desarrolladas y aún no abiertas, recogidas al despuntar el día, se comprobó que la antesis ya había ocurrido: se halló polen en el estigma y se observó crecimiento del tubo polínico. Hutton y otros han observado poca o ninguna variación fenotípica dentro de las líneas comerciales de centro común.

Battistin (1983) también observó un desarrollo cleistógamo de las vainas de *C. pubescens*, así como yemas florales de *C. pascuorum* que nunca se abrieron. Notó, sin embargo, que esto no excluye la existencia de algún grado de cruzamiento, ya que la mayoría de las flores se abren normalmente. La investigadora proporcionó otra prueba de autofertilización en *C. pascuorum* y *C. vexillatum*: las flores de ambas especies forman normalmente sus semillas cuando se cubren con bolsas trasparentes de papel. Otra evidencia de autopolinización en *C. pascuorum* fue la ausencia total de visitas de insectos a las flores de *C. pascuorum*, mientras que las flores de *C. pubescens*, *C. brasilianum*, *C. vexillatum* y *C. virginianum* eran frecuentemente visitadas por abejorros (*Bombus* spp.).

Aparentemente, sin embargo, algunas accesiones de varias especies de *Centrosema* no desarrollan semillas cuando no hay manipulación mecánica de la flor que logre la trasferencia de polen de las anteras al estigma. Las plantas de *C. macrocarpum* cultivadas en invernadero, por ejemplo, son enteramente incapaces de desarrollar las semillas (Escobar Berón et al., 1985). Sin embargo, no se trata de autoesterilidad, porque la autofertilización se logra fácilmente mediante polinización artificial (Escobar Berón et al., 1985).

La visita de insectos a las flores de la mayoría de las especies de *Centrosema*, por ejemplo, de *C. virginianum* (Buswell, 1919), proporciona un mecanismo para la transferencia del polen. Escobar Berón et al. (1985) hallaron, marcando el polen de *C. macrocarpum*, que éste era fácilmente trasportado por los insectos. Se obtuvo evidencia de cierto grado de cruzamiento natural mediante la observación de la variabilidad fenotípica de algunas accesiones cuya semilla había sido producida en el campo (Penteado, 1986a y 1986b, para *C. acutifolium*; Schultze-Kraft y Belalcázar, 1988, para *C. brasilianum*; R. Schultze-Kraft, comunicación personal, para *C. macrocarpum*).

Digitized by Google

Es altamente deseable poseer estimaciones confiables de la tasa de cruzamiento de todas las especies de *Centrosema* agronómicamente importantes, así como estimaciones del grado en el cual esa tasa depende del genotipo y de las condiciones ambientales. Para hacer dichas estimaciones se requieren marcadores genéticos confiables que todavía no han sido identificados.

Hibridación

Un paso fundamental en cualquier programa de fitomejoramiento es la creación de nuevos genotipos mediante la recombinación de genes de diversos individuos. La hibridación artificial se puede lograr fácilmente en *Centrosema*. Sus flores grandes se manipulan fácilmente. Grof (1970) describe detalladamente algunos procedimientos de polinización. Las flores hermafroditas se emasculan en el estado de yema bien desarrollada durante la tarde y se polinizan de inmediato o (de preferencia) a la mañana siguiente. Se necesita una alta humedad relativa para una polinización exitosa (Grof, 1970; Hutton, 1985). Ciertos genotipos son más difíciles de hibridar que otros. Los cruzamientos que resultan infructuosos en un sentido a menudo se logran fácilmente en el otro (Grof, 1970; Hutton, 1985).

Hutton (1985) y R. J. Clements (información no publicada que resume 1326 cruzamientos intraespecíficos) obtuvieron de 25% a 30% de éxito en la polinización artificial de *Centrosema*, en cruzamientos compatibles. Esta tasa no es inferior en mucho al 39.4% observado por Serpa y Dias (1983) en flores de polinización abierta de plantas de *C. pubescens* cultivadas en el campo. Clements (1977) halló un promedio de formación de vainas de sólo 20% en las plantas de *C. virginianum* de polinización abierta, cultivadas en el campo, en el momento de máxima floración. La formación de vainas en el campo y la tasa de éxito para la polinización artificial pueden variar enormemente a través del año (Clements, 1977; Serpa y Dias, 1983) y según el genotipo (Clements, 1977).

Digitized by Google

Acervo Disponible de Genes

La compatibilidad en el cruce de individuos define el conjunto de genotipos entre los cuales se pueden recombinar los genes, o sea, el acervo disponible de genes para un programa de fitomejoramiento. Normalmente, ese acervo de genes coincide, más o menos, con los límites de las especies reconocidas. En *Centrosema*, algunos acervos de genes comprenden más de una sola especie taxonómica reconocida, y hay por ello un gran rango de variabilidad genética potencialmente disponible para el mejorador. Sólo en *C. virginianum* se ha observado esterilidad para la híbridación intraespecífica (Clements, 1983b). En el Cuadro 2 se resumen las combinaciones exitosas que han dado híbridos interespecíficos.

Cuadro 2. Algunos híbridos interespecíficos de *Centrosema* logrados mediante técnicas de cruzamiento convencionales.

Progenitor femenino		Progenitor masculino	Fuente
C. pubescens	x	*C. macrocarpum*	B. Grof, información no publicada; Hutton, 1985
C. pubescens	x	*C. acutifolium*	Grof, 1970; Hutton, 1985; Serpa, 1974 y 1977
C. acutifolium	x	*C. pubescens*	M. L. Escandón y J. M. Miles, información no publicada[a]
C. pubescens	x	*C. schiedeanum*	Hutton, 1985
C. schiedeanum	x	*C. pubescens*	R. J. Clements, información no publicada; B. Grof, información no publicada
C. schiedeanum	x	*C. macrocarpum*	R. J. Clements, información no publicada[b]
C. grandiflorum	x	*C. macrocarpum*	R. J. Clements, información no publicada[b]
C. pubescens	x	*C. grandiflorum*	R. J. Clements, información no publicada[b]
C. acutifolium	x	*C. schiedeanum*	M. L. Escandón y J. W. Miles, información no publicada[a]
C. brasilianum	x	*C. tetragonolobum*	M. L. Escandón y J. W. Miles, información no publicada[a]

a. Preliminar: la identidad de las F_1 putativas no está confirmada.
b. La fertilidad de la F_1 no se conoce.

Digitized by Google

Grof (1970) y Serpa (1974 y 1977) lograron una exitosa hibridación interespecífica con paternales identificados como *C. pubescens*, *C. brasilianum* y *C. virginianum*. Posteriormente se halló que la accesión Q 8216, identificada como *C. brasilianum* (Grof, 1970), era una forma común de *C. pubescens*. La accesión IRI 1534 (syn. Q 8998), identificada como *C. virginianum* (Grof, 1970), tiene plantas de características poco usuales: tiene flores blancas, un cáliz verde-rojo con dientes muy reducidos, semillas pálidas sin manchas, hábito de crecimiento fuertemente estolonífero, y folíolos brillantes y oscuros con ápices agudos (R. J. Clements, información no publicada). Se asemeja más en su forma a *C. acutifolium*, pero es un mal productor de semilla; puede tratarse quizás de un híbrido interespecífico con cierta ascendencia de *C. pubescens*. Se recogió en 1962 en Araraquara, estado de São Paulo, Brasil, pero en una visita reciente al sitio de recolección, R. Schultze-Kraft (comunicación personal) no pudo hallarlo nuevamente. Hasta lograr una identificación más definitiva, IRI 1534 se considera una forma poco usual de *C. acutifolium*, y los híbridos obtenidos por Grof y Serpa, que contienen a IRI 1534 como progenitor, se consideran cruces de *C. pubescens* x *C. acutifolium*.

Hutton (1983 y 1985) usó *C. macrocarpum*, *C. acutifolium* y *C. schiedeanum* como progenitores masculinos en cruzamientos con *C. pubescens*. Se emplearon varias accesiones de cada especie en esta serie de cruzamientos. Las progenies fueron plenamente fértiles en las generaciones F_1, F_2 y F_3. B. Grof (información no publicada) también ha producido híbridos entre *C. schiedeanum* cv. Belalto y *C. pubescens*, entre *C. pubescens* y *C. macrocarpum*, y también entre *C. pubescens* y *C. acutifolium*. M. L. Escandón y J. W. Miles (información no publicada) han empleado con éxito *C. acutifolium* como progenitor femenino en cruzamientos con *C. pubescens*, y también han cruzado *C. acutifolium* con *C. schiedeanum*. R. J. Clements (información no publicada) ha cruzado *C. pubescens* CPI 93039 con *C. grandiflorum* CPI 78358: el híbrido parece estéril.

Partiendo de los datos anteriores, parece que, desde el punto de vista del fitomejoramiento, *C. pubescens*, *C. acutifolium*, *C. macrocarpum*, *C. schiedeanum* y quizás *C. grandiflorum* se pueden tomar como un solo acervo de genes cuyos componentes son completamente compatibles. R. J. Clements (información no publicada) no halló, en 332 cruzamientos interespecíficos intentados, otra hibridación exitosa diferente de las obtenidas en el

Digitized by Google

grupo de especies cercanas a *C. pubescens* antes indicado. M. L. Escandón y J. W. Miles (información no publicada) han intentado más de 1200 cruzamientos interespecíficos; aparte de los cruzamientos dentro del mismo grupo de *C. pubescens*, los únicos que tuvieron éxito fueron *C. brasilianum* x *C. tetragonolobum* y, quizás, *C. brasilianum* x *C. angustifolium*.

Es conveniente delimitar claramente los acervos de genes fácilmente accesibles a un proyecto de mejoramiento de *Centrosema*. Recientemente se ha iniciado un proyecto con este objetivo en el CIAT. Además de su valor práctico, los resultados de este trabajo ayudarán a resolver interrogantes taxonómicos.

Genética, Heredabilidad e Interacciones Genotipo-Ambiente

El fitomejoramiento se basa en las diferencias genéticas que hay entre los individuos dentro de un acervo de genes. Los proyectos de mejoramiento con *Centrosema* se han diseñado para generar nuevos cultivares y no para obtener información genética básica. Sin embargo, todo proyecto de mejoramiento proporciona alguna información sobre la herencia de los caracteres de las plantas.

No se dispone de informes sobre un carácter fenotípico heredado en manera mendeliana sencilla en ninguna especie de *Centrosema*. Hay, sin embargo, muchas evidencias de la variación genética intraespecífica relativa a los caracteres cuantitativos de importancia agronómica, como el rendimiento de materia seca, la precocidad de la floración, el rendimiento de semilla, los componentes de rendimiento de semilla, la reacción a las enfermedades, el tamaño de la semilla, la dureza de la semilla y la especificidad de *Rhizobium* (Clements, 1977, 1983a y 1983b; Clements et al., 1984; Clements y Williams, 1980; Franco et al., 1973; Kretschmer, 1977; Mogrovejo J., 1981; Monteiro y Martins, 1983; Schultze-Kraft, 1986; Schultze-Kraft y Belalcázar, 1988; Schultze-Kraft et al., 1987; Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985; Serpa, 1976; Serpa y da Silva, 1984; Serpa y De-Polli, 1975).

Los lotes de semilla comercial de *C. pubescens* común son genéticamente variables. Bowen y Kennedy (1961) hallaron líneas, dentro de centro común, con diferencias heredables en su reacción

Digitized by Google

a cepas específicas de *Rhizobium*. Serpa (1966) halló grandes diferencias en el porcentaje y en la tasa de germinación entre líneas seleccionadas del cultivar comercial brasileño Deodoro. Serpa y Cunha Filho (1970) detectaron diferencias en la longitud de la raíz principal y en el número de nódulos, entre líneas hermanas de *C. pubescens* después de tres generaciones de autofecundación y de selección por vigor y alto rendimiento de la semilla, en líneas derivadas directamente del cv. Deodoro sin hibridación artificial. También se ha demostrado que la reacción a la inoculación artificial con antracnosis (*Colletotrichum* sp.) difiere entre las líneas derivadas del cv. Deodoro (Serpa et al., 1977). En ninguno de estos ejemplos se ha investigado la naturaleza genética de la variación dentro de las poblaciones de *C. pubescens*.

Clements (1983b) caracterizó la variación genética en el rendimiento de forraje de *C. virginianum* mediante el análisis de dos cruzamientos dialélicos separados de seis progenitores en las generaciones F_1 y F_2. Se hizo un conjunto dialélico de un grupo aleatorio de accesiones, y un segundo dialélico de accesiones seleccionadas por su rendimiento de forraje y semilla. Se halló más variación genética entre los progenitores no seleccionados que entre los seleccionados. La mayor parte de la variación en el conjunto no seleccionado se atribuyó a efectos de aptitud combinatoria general, y no se detectó ningún efecto importante de la interacción entre genotipo y ambiente (sitio o año). El dialélico formado con el conjunto seleccionado de progenitores produjo resultados contrastantes: menos variación genética total, un importante efecto de aptitud combinatoria específica (lo que indica una mayor proporción de varianza genética no aditiva) y un considerable efecto genotipo-ambiente. Clements señaló que estos resultados concuerdan con una tendencia común observada en los análisis genéticos cuantitativos, a saber, que la selección disminuye la varianza genética aditiva y reduce la uniformidad de comportamiento de los genotipos a través de diferentes ambientes. El resultado contrastante provino de la selección por rendimiento y no de alguna otra peculiaridad en las accesiones seleccionadas, como lo sugiere el hecho de que un 95% de la variación genética total en la altura del cotiledón (un atributo no seleccionado) fue resultado de los efectos genéticos aditivos (Clements y Ludlow, 1977).

Digitized by Google

Tanto Grof (1970) (para *C. pubescens* y *C. pubescens* x *C. acutifolium*) como Clements (1983b) (para *C. virginianum*) observaron efectos heteróticos en las primeras generaciones después de la hibridación. Algo de esta heterosis se pudo recuperar en líneas de generación avanzada.

También hay evidencias de variación genética dentro de los acervos de genes de *Centrosema*, como lo indica la respuesta a la selección. Lo sorprendente es que haya poca documentación confiable acerca de los resultados de los proyectos de selección o de mejoramiento. Se han obtenido líneas de *Centrosema pascuorum* superiores a sus progenitores en rendimiento de forraje y de semilla (Clements et al., 1986). Dos líneas de *C. virginianum*, seleccionadas por su rendimiento de forraje y su supervivencia invernal de una serie de cruzamientos biparentales, resultaron superiores a otras líneas o introducciones mejoradas (incluyendo las accesiones progenitoras originales) con respecto al rendimiento de forraje en el segundo año, y superiores a sus progenitores con respecto a la supervivencia invernal (Clements y Thomson, 1983).

Hutton (1985) comparó líneas F_3 seleccionadas con sus progenitores originales *C. pubescens* y *C. macrocarpum* en un ensayo de campo en parcelas pequeñas hecho en un Oxisol altamente ácido. Sus datos sugieren que un pequeño porcentaje de la generación F_3 retiene la alta adaptación a las condiciones de suelos ácidos del progenitor *C. macrocarpum*.

En los programas de Grof (1982) y de Serpa y da Silva (1984), el grado de progreso en el mejoramiento resulta incierto, porque las líneas mejoradas no han sido directamente comparadas con los genotipos paternos originales.

Objetivos del Mejoramiento

Un mayor rendimiento de forraje, la distribución de éste durante el año y su persistencia con el trascurso del tiempo son, probablemente, los objetivos más comunes de los anteriores programas de mejoramiento de *Centrosema* (Cuadro 3) a menudo combinados con uno o más atributos adicionales.

El programa de selección y mejoramiento que desarrolló Serpa para *C. pubescens* y *C. pubescens* x *C. acutifolium*, en las

Digitized by Google

Cuadro 3. Resumen de los objetivos de cinco proyectos de mejoramiento de *Centrosema*.

Especie	País	Objetivos	Fuentes
C. pubescens[a]	Brasil	Rend. de forraje Rend. de semilla Baja dureza de semilla	Serpa, 1966, 1974 y 1976 Serpa y Cunha Filho, 1970 Serpa y De-Polli, 1975 y 1980
		Compatibilidad de *Rhizobium* y fijación de N_2 Vigor de plántulas	Serpa et al., 1977
C. pubescens[a]	Australia Colombia	Rend. de forraje Rend. de semilla Rend. estación fría Hábito estolonífero	Grof, 1970 y 1982
C. virginianum	Australia	Rend. de forraje	Clements y Thomson, 1983
		Rend. de semilla Supervivencia invernal	Clements y Ludlow, 1977
C. pascuorum	Australia	Rend. de forraje Rend. de semilla Fecha de floración	Clements et al., 1986
C. pubescens x *C. macrocarpum*	Colombia Brasil	Rend. de forraje Rend. de semilla Tolera suelos ácidos Resistente a enfermedades	Hutton, 1983 y 1985

a. Estos programas utilizaron híbridos de *C. pubescens* x *C. acutifolium*, al menos en parte.

condiciones de Brasil, ha buscado caracteres tales como menores tasas de dureza de la semilla, mayor compatibilidad con *Rhizobium*, alta tasa de fijación de N_2, resistencia a la antracnosis y altos rendimientos de forraje y de semilla.

El programa de selección de Grof en *C. pubescens* x *C. acutifolium* buscó genotipos con mayor producción, especialmente en la época de temperatura moderada, y con un crecimiento firmemente estolonífero que, se supone, conferiría una mayor persistencia bajo pastoreo.

Digitized by Google

Hutton (1983 y 1985) buscó una combinación de atributos ausentes en las accesiones de *C. pubescens* que estaban disponibles cuando el programa se inició, a saber: adaptación a los suelos ácidos e infértiles, alta producción de forraje y alto rendimiento de semilla; y hábito de crecimiento firmemente estolonífero.

El alto rendimiento de semilla, a menudo señalado como una meta del mejoramiento de *Centrosema* (Clements, 1977; Clements et al., 1986; Clements y Thomson, 1983; Hutton, 1983 y 1985), es importante para la persistencia de las plantas y para reducir el precio de la semilla comercial.

Los proyectos de mejoramiento de Clements se iniciaron con especies de las cuales no existía ningún cultivar comercial. Como Clements y Thomson (1983) observaron, la experiencia con los cultivares comerciales ya existentes habría facilitado la fijación de objetivos y, por lo tanto, habría aumentado enormemente las oportunidades de éxito. Durante la evaluación de las accesiones de germoplasma, a menudo se formulan objetivos de mejoramiento aun en ausencia de un cultivar comercial estándar. Tal sería el caso de *C. brasilianum* en las regiones de sabana de América del Sur, donde la susceptibilidad de la mayoría de las accesiones al añublo foliar (causado por *Rhizoctonia solani*) y a los insectos chupadores son limitaciones críticas. Se han registrado pérdidas de rendimiento de forraje de 30% a 50% a causa del añublo foliar (CIAT, 1986).

Elección de Progenitores

La elección de progenitores es crítica en cualquier programa de mejoramiento. Ningún esfuerzo invertido en la evaluación y en la selección de la progenie de un cruzamiento podrá producir nuevas combinaciones de genes que no estuvieran ya presentes en los progenitores originales.

Cuanto más temprano se haga en el programa de mejoramiento una evaluación confiable del poder de mejoramiento de los potenciales progenitores, menos recursos se desperdiciarán evaluando cruzamientos inferiores. Sin embargo, cuanto más temprano se haga dicha evaluación, menos confiable será ella. No hay una solución completamente satisfactoria para este dilema (Baker, 1984; Simmonds, 1979).

Digitized by Google

La selección paterna se complica además en *Centrosema*, por la posibilidad de aprovechar los híbridos interespecíficos. Donde los cruzamientos fértiles se obtienen fácilmente, como ocurre con *C. pubescens* x *C. macrocarpum* o con *C. pubescens* x *C. acutifolium*, y donde cada especie ofrece atributos deseables no disponibles en la otra, no hay razón para tratar las combinaciones de cruces interespecíficos de modo diferente al de los cruzamientos intraespecíficos.

Cuando existen barreras de fertilidad, los intentos de recombinar caracteres de diferentes especies se deben hacer con cuidado. La experiencia hecha con otros géneros sugiere que los esfuerzos hechos en los cruzamientos interespecíficos no son generalmente productivos, por lo menos a corto plazo; un ejemplo es *Trifolium* spp. (Williams, 1983). La mayoría de las especies de *Centrosema* es variable en sus caracteres cuantitativos. En muchos casos, las especies estrechamente compatibles expanden aún más el rango de variación genética fácilmente accesible. Sólo en casos muy excepcionales, el mejorador necesitará recurrir a cruzamientos interespecíficos difíciles para lograr sus objetivos.

Métodos de Mejoramiento

Comúnmente se han aplicado a *Centrosema* spp. el método genealógico de mejoramiento (Clements y Thomson, 1983; Grof, 1982; Hutton, 1983 y 1985; A. Serpa, información no publicada). En el programa de Clements para *C. pascuorum* (Clements et al., 1986), el método genealógico fue modificado para incluir dos generaciones de descendencia por semilla única. Este fue un importante factor en el rápido progreso hacia la obtención de líneas seleccionadas altamente autógamas.

Clements ha intentado varios procedimientos de mejoramiento menos convencionales en su programa con *C. virginianum* (Clements, 1976). Además del enfoque tradicional de la selección genealógica, formó dos cruzamientos compuestos, uno de 16 progenitores (CC16) y otro de un subconjunto seleccionado de 7 progenitores (CC7: uno de los progenitores se incluyó dos veces para obtener un conjunto equilibrado de 8 de ellos), con el fin de combinar genes de más de un par simple de líneas paternas antes de iniciar la selección. Ambos compuestos estaban formados por un diseño de apareamiento jerárquico que se iniciaba con

Digitized by Google

cruzamientos entre pares de accesiones para formar generaciones F_1, formar cruzamientos dobles de cruzamientos entre pares de F_1, formar cruzamientos cuádruples, y así en adelante. El número de individuos usados fue suficiente para asegurar que la población final compuesta incluyera, con 95% de probabilidad, todos los genes presentes en el conjunto original de progenitores.

Se usaron varios procedimientos diferentes para manejar la amplia variación genética que resultaba de estos cruzamientos compuestos. CC16 se sembró en una asociación gramínea-leguminosa y se dejó pastorear hasta que la población inicial de la leguminosa estaba casi agotada. Las plantas sobrevivientes fueron extraidas y trasplantadas a macetas en el invernadero para la multiplicación de semilla, sin recombinación. La semilla resultante se juntó masalmente y se sembró de nuevo en una pastura, y las plantas que produjo fueron pastoreadas en un segundo 'ciclo' de selección natural. Se han completado ya dos ciclos de selección. Aunque todavía no se ha hecho una evaluación rigurosa de los resultados de este procedimiento de selección natural, parece que la supervivencia ha mejorado en las generaciones subsiguientes a medida que los genotipos menos adaptados han sido eliminados de la población.

El compuesto formado por los siete progenitores seleccionados de *C. virginianum* (CC7) se sembró como una de las siete poblaciones de *C. virginianum* que se evaluó bajo pastoreo. Parece haber mejorado después de 8 años, en comparación con las introducciones genéticamente homogéneas (Clements, esta obra; Jones y Clements, 1987).

La población CC16 también avanzó por descendencia por semilla única a la generación F_5 (R. J. Clements, información no publicada). Las 1054 líneas resultantes no han sido evaluadas todavía.

Como Cameron et al. (1984) señalaron, la selección recurrente puede ser más eficiente y más efectiva que la selección genealógica para lograr la combinación de caracteres cuantitativos complejos, como los requeridos para obtener un cultivar exitoso de leguminosa forrajera. Aun con especies de *Centrosema* altamente autopolinizadas, debería ser factible realizar efectivos programas de selección recurrente. Uno de tales programas se puede basar en la evaluación de 200 a 500 familias (por ejemplo, familias S_1) en

Digitized by Google

cada ciclo con una proporción global seleccionada de 0.10 a 0.20 (Baker, 1984). Usando polen masal, esto requeriría de 67 a 167 polinizaciones manuales por ciclo (asumiendo un éxito de 30%, y 10 semillas por polinización exitosa).

Cuando se sospecha la ocurrencia de un cruzamiento natural (por ejemplo, en *C. macrocarpum*), el mejoramiento de poblaciones recurrentes puede ser aún más apropiado. Si el cruzamiento no está completo, la fase de recombinación requiere un carácter marcador de plántulas que sea confiable, para que éstas se puedan identificar fácilmente en progenies de polinización abierta.

Donde se buscan rasgos específicos que no se pueden hallar en los bancos de germoplasma disponibles, el mejorador puede recurrir a la inducción artificial de mutaciones. Penteado (1982) informó que un conjunto diverso de accesiones de *C. pubescens* respondió en forma similar a la radiación gama y que la dosis aguda apropiada para inducir la mutación se encuentra en el rango de 20 a 25 krad.

Las nuevas biotecnologías, como la selección in vitro, el cultivo de anteras, o la fusión de protoplastos, pueden mejorar la eficiencia y la efectividad de los programas de mejoramiento. Sin embargo, hasta el presente estas tecnologías se han usado escasamente en el mejoramiento de las principales especies cultivadas. Su aplicación al mejoramiento de *Centrosema* es improbable a corto plazo.

Técnicas de Evaluación

Un cuello de botella de los programas de mejoramiento es la evaluación confiable de genotipos en el rango de variabilidad del ambiente que se estudia. La evaluación es especialmente compleja cuando se trata de plantas concebidas para pasturas asociadas de gramínea-leguminosa cuyo objetivo es ser pastoreadas; aquí el criterio final de mérito es el desempeño del animal, en lugar del comportamiento de la planta (Jones y Walker, 1983).

El gran número de genotipos que genera un programa de mejoramiento deben reducirse drásticamente antes de probarlos en el pastoreo. Generalmente, esta selección se hace según el comportamiento de los individuos (plantas espaciadas) de las primeras generaciones y familias (parcelas pequeñas), en las

Digitized by Google

generaciones más avanzadas. Las especies de *Centrosema* requieren parcelas grandes con bordes amplios. Aunque se ha hallado una significativa interacción, respecto al rendimiento de forraje, entre genotipos y condiciones de evaluación—como espaciamiento, método de establecimiento, método de defoliación, y asociación—en muchas especies de pastura, se han encontrado también altas correlaciones genéticas (England, 1975; Sedcole y Clements, 1973).

Las ganancias genéticas se logran, aun con caracteres complejos como el rendimiento, haciendo selección en las generaciones tempranas en condiciones artificiales. Esto es especialmente cierto, al parecer, en las primeras etapas de un programa de mejoramiento cuando el rango de variación genética es grande. En cualquier caso, el mejorador tiene poca capacidad de elección para hacer selección indirecta, ya que rara vez posee el suficiente conocimiento previo acerca de la importancia de las interacciones del genotipo con las condiciones de evaluación en sus poblaciones genéticas específicas. Tampoco posee los recursos para evaluar cientos o miles de líneas mejoradas en las condiciones 'reales' de una pastura sometida a pastoreo.

La interacción del genotipo con el sitio o el año de cultivo puede disminuir aún más la precisión de la evaluación y de la selección. Clements (1983b) halló grandes interacciones del genotipo con la localidad y el año, en progenies de accesiones altamente seleccionadas de *C. virginianum*, pero no las halló en progenies de progenitores no seleccionados. Este investigador concluyó que dichas interacciones serían más importantes a medida que el programa de mejoramiento avanzara del estado de accesiones no seleccionadas de germoplasma al de poblaciones seleccionadas y altamente adaptadas. Varios autores han propuesto métodos para elegir un conjunto eficaz de sitios de prueba donde las interacciones de genotipo x localidad sean importantes (Abou-El-Fittouh et al., 1969; Byth et al., 1976; Horner y Frey, 1957; Shorter et al., 1977). Una limitación obvia de todos esos métodos es que la identificación de sitios eficaces de prueba exige obtener muchos datos previos sobre la respuesta de los genotipos a un número grande de sitios. Un método práctico para tratar las interacciones genotipo x localidad y genotipo x año es hacer tantas pruebas como sea posible a través de un ambiente objetivo bien definido, limitando el rango de los ambientes objetivo si la excesiva interacción genotipo x localidad detiene el progreso del mejoramiento.

Digitized by Google

Las técnicas de laboratorio o de invernadero pueden disminuir el tiempo requerido para la evaluación de genotipos, o refinar la precisión de esta evaluación, siempre que los resultados logrados se correlacionen bien con el comportamiento en el campo. Clements y Ludlow (1977) hallaron que la altura del nudo cotiledonar de las plántulas de *C. virginianum*, medida en el invernadero, se correlacionaba bien con las diferencias en la supervivencia invernal y proporcionaba, por tanto, un método de evaluación rápido y confiable. Por su parte, Serpa et al. (1977) no hallaron ninguna correlación entre la reacción a la antracnosis, medida en plántulas artificialmente inoculadas en el invernadero, y la reacción observada en plantas cultivadas en el campo.

Hutton (1983 y 1985) intentó evaluar la tolerancia a las condiciones de suelos ácidos de baja fertilidad evaluando el comportamiento de plántulas que se desarrollaban en solución nutritiva en arena estéril. Sin embargo, halló escasa correlación entre el comportamiento en solución nutritiva y el comportamiento en suelo, ya sea en macetas o en el campo. La selección de plántulas en el invernadero en bandejas hondas (17 cm de profundidad) que contengan un Oxisol ácido e infértil, se consideró un medio confiable y rápido para identificar genotipos tolerantes a suelos ácidos en poblaciones segregantes (Hutton, 1985).

Resultados de Proyectos de Mejoramiento de *Centrosema*, Actualmente en Curso o Concluidos

Cinco proyectos de mejoramiento de *Centrosema* están documentados en la literatura; se describen además en esta sección otras actividades de mejoramiento no documentadas. Intentaremos analizar cada proyecto, no sólo en función de la efectividad con que ha logrado los objetivos declarados inicialmente, sino también considerando si el mismo objetivo habría podido obtenerse simplemente mediante la recolección de germoplasma y los procedimientos ordinarios de evaluación.

Hasta el momento, de todos los proyectos de mejoramiento de *Centrosema*, sólo el programa de mejoramiento de *C. pascuorum* de Clements ha dado como resultado la liaberación formal de un cultivar denominado Cavalcade (New releases..., 1985). El

Digitized by Google

proyecto se inició con lo que, en general, se consideraría una base de germoplasma pasmosamente inadecuada. Sin embargo, algunas de las seis accesiones disponibles se mostraron suficientemente promisorias en pruebas hechas en muchas localidades, y se inició con ellas el mejoramiento, sin germoplasma adicional. Aunque era un programa relativamente pequeño, que involucraba sólo 13 cruzamientos biparentales y pruebas en las generaciones F_2, F_4 y F_6 solamente, en uno o dos sitios, produjo siete familias F_6 promisorias, las cuales posteriormente se sometieron a pruebas agronómicas más amplias. Puesto que se usó concienzudamente la descendencia por semilla única, el programa total de mejoramiento sólo tomó 6 años. Una de las líneas resultantes demostró ser muy superior a cualquiera de sus progenitores en cuanto a su rendimiento de forraje (22% mejor) y, especialmente, en rendimiento de semilla (118% mejor).

Las líneas mejoradas de *C. pascuorum* se compararon favorablemente, en pruebas hechas en muchas localidades, con otros dos cultivares exitosos de leguminosas forrajeras (*Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro y *Stylosanthes hamata* cv. Verano). Estos resultados demuestran que es posible obtener considerables ganancias genéticas, en los estadios más tempranos de los programas de fitomejoramiento, con especies que, básicamente, no están domesticadas. Falta por comprobar aún si el cv. Cavalcade puede convertirse en una leguminosa forrajera exitosa y ampliamente usada. Después de terminado el programa, el rango de la colección disponible se extendió; algunas de estas nuevas accesiones se han comparado favorablemente con el cv. Cavalcade (Thomson et al., 1997).

El proyecto de *C. virginianum* de Clements es probablemente el mejor documentado en el mejoramiento de *Centrosema* (Clements y Thomson, 1983). Como sucedió con el proyecto de *C. pascuorum*, el mejoramiento de *C. virginianum* se inició prematuramente, ya que sólo se disponía de un pequeño banco de germoplasma en esa época. Aunque no se ha lanzado, hasta ahora, ningún cultivar comercial de este programa, el proyecto ha producido, en el principal sitio de prueba, líneas superiores a cualquier accesión disponible de germoplasma, en una colección que aumentó de 21 a más de 170 accesiones durante ese período de 10 años. Parece improbable que, si se hubiera invertido en aumentar la colección de germoplasma natural, los recursos dedicados al mejoramiento hubieran dado el mismo resultado positivo que se obtuvo. Un

Digitized by Google

beneficio adicional de este programa, que no se habría logrado con un programa igualmente grande de colección y evaluación de germoplasma, ha sido la creación de un considerable cuerpo de información sobre la genética y el mejoramiento de *C. virginianum*; gran parte de esta información servirá para otras especies de *Centrosema*.

La eficacia de la selección natural bajo pastoreo se hace evidente en los resultados de una comparación entre dos accesiones de *C. virginianum*, seis líneas derivadas de la selección genealógica y una población de cruzamiento compuesta en que intervenían siete progenitores (Jones y Clements, 1987). Durante 9 años, la población compuesta mejoró, comparada con todas las otras líneas de *C. virginianum*, en su contribución a la materia seca total del forraje en oferta, en la longitud del estolón, en el número de puntos enraizados y en el número de raíces.

Hutton (1983 y 1985) se centró en la producción de híbridos interespecíficos que combinaran el rendimiento alto de forraje y de semilla, y el hábito de crecimiento estolonífero de *C. pubescens*, con la adaptación a las condiciones de suelos ácidos de baja fertilidad de *C. macrocarpum* y *C. acutifolium*. Se ha hecho un buen progreso, dentro de las limitaciones impuestas por el germoplasma disponible en el momento en que se inició el proyecto. Problemas imprevistos de enfermedades pueden haber reducido la intensidad de la selección que se hacía según los caracteres agronómicos deseados. Este material se debe probar ahora frente a nuevas, y superiores, colecciones de *C. macrocarpum*, *C. acutifolium* y *C. brasilianum*.

Grof (1970) trabajó principalmente dentro de una población de *C. acutifolium* x *C. pubescens* con la intención de producir un cultivar estable, con vigoroso crecimiento inicial, alto rendimiento durante la época menos cálida, hábito de crecimiento estolonífero y una considerable resistencia a las enfermedades y a los insectos; un cultivar con estas características podría remplazar a centro comercial. La selección genealógica entre plantas espaciadas desde la generación F_2 hasta la F_5 se realizó en la estación de investigaciones del CIAT en Palmira, Colombia. Una línea F_5, designada CIAT 438 en 1973, ha demostrado buena adaptación a la región donde se seleccionó y en Perú (Grof, 1982; Reátegui et al., 1985). CIAT 438, del cruzamiento de *C. pubescens* Q 8216 x *C. acutifolium* IRI 1534 (syn. Q 8998), se denomina en esta obra

Digitized by Google

Centrosema híbrido CIAT 438. Sin embargo, morfológicamente es casi indistinguible de *C. pubescens*. Es difícil evaluar, partiendo de los datos publicados, la ganancia genética lograda en este programa de mejoramiento, porque ninguna de las líneas mejoradas se comparó directamente con los progenitores originales. CIAT 438 es ciertamente una línea muy exitosa, y es superior en varios aspectos a centro comercial (CIAT, 1979). Sin embargo, los progenitores son también superiores a centro comercial (Grof, 1970; Grof y Harding, 1970).

El programa de mejoramiento de *Centrosema* de Serpa empezó con la selección de semillas permeables dentro de una población heterogénea de *C. pubescens* identificada como 'Deodoro', que se originó en la estación experimental Deodoro del antes llamado Instituto de Pesquisa Agropecuária do Centro-Sul (IPEACS) de Brasil. Una selección adicional dentro de esta población, respecto a rendimiento de forraje y de semilla, resistencia a la antracnosis, fijación de nitrógeno y vigor de las plántulas, produjo tres líneas muy superiores a la población original. La selección genealógica hecha en los cruzamientos entre estas líneas y un cruzamiento registrado, como *C. pubescens* x *C. virginianum* (Serpa, 1977) —probablemente *C. pubescens* x *C. acutifolium*—produjo más material promisorio. En 1980, se formó una población denominada *Centrosema* Itaguaí Sintético 80 (CIS-80) al mezclar la semilla de 37 plantas seleccionadas de la población original Deodoro o de los cruzamientos intraespecíficos o interespecíficos hechos en ella. En ensayos de pequeñas parcelas, CIS-80 fue notoriamente superior a las accesiones de control estándar en cuanto al vigor de las plántulas y al rendimiento de forraje (Serpa y da Silva, 1984). Esta población se está multiplicando actualmente para ser probada en condiciones comerciales.

Además de estos proyectos de mejoramiento, más o menos concluidos, hay varias actividades actualmente en curso para mejorar especies de *Centrosema*.

Después de la evaluación agronómica de una colección de 350 accesiones de *C. pubescens* y de especies relacionadas en Queensland (zona subtropical australiana), Clements inició un programa de cruzamiento con el objetivo de combinar la tolerancia a la sequía y al frío con la floración temprana. Se han hecho dos cruzamientos simples que incluyen a cuatro progenitores. La

Digitized by Google

intención es formar el cruzamiento doble y luego retrocruzar con la accesión más tolerante a la sequía antes de iniciar la selección.

Grof ha iniciado varios cruzamientos interespecíficos exploratorios, en los cuales participan accesiones de *C. pubescens*, de *C. macrocarpum* y de *C. acutifolium*.

Un proyecto de mejoramiento para desarrollar líneas de *C. brasilianum* resistentes a *Rhizoctonia* ha empezado en el CIAT, donde se han evaluado ya accesiones parentales potencialmente útiles. Se están formando dos cruzamientos dialélicos de siete progenitores para estudiar la herencia de la resistencia.

Actualmente está en curso un programa de hibridación interespecífica en el CIAT para estudiar las relaciones de compatibilidad cruzada entre algunas especies de *Centrosema*. Se han intentado más de 1200 cruzamientos interespecíficos hasta el momento (febrero de 1987). Sólo 27 de estos cruzamientos (2.2%) han producido semilla, y sólo una fracción de esta semilla era de origen híbrido; el resto de autofecundación accidental. Esto es menos de un tercio de la tasa de éxito (7.5%) de 790 cruzamientos intraespecíficos hechos bajo las mismas condiciones, y es mucho menor que las tasas de éxito observadas por Hutton (1985) y R. J. Clements (información no publicada) en sus programas de hibridación intraespecífica. Una evidencia adicional de la incompatibilidad interespecífica es el promedio mucho más bajo de formación de semilla en los cruzamientos interespecíficos (7.8 semillas por vaina) que en los cruzamientos intraespecíficos (13.9 semillas por vaina).

Conclusiones

Varios proyectos de mejoramiento de *Centrosema* han tenido un éxito notable. Hay, sin embargo, una urgente necesidad de delinear claramente los acervos genéticos disponibles. Algunos cruzamientos interespecíficos han sido exitosos y varios programas de mejoramiento se han basado en la hibridación interespecífica. Sin embargo, sólo ahora se inicia la evaluación sistemática de la compatibilidad entre las especies. Un examen citológico minucioso del género sería útil para despejar las inconsistencias pasadas.

Digitized by Google

Sabemos muy poco acerca de la biología reproductiva de las especies de *Centrosema* y la relación que ésta tendría con los factores ambientales. El progreso en esta área depende de la identificación de un marcador genético confiable. La demostración del cruzamiento natural en *Centrosema* spp., además de un buen marcador, permitirían la implementación de esquemas de mejoramiento no convencionales que incluirían una recombinación genética masiva; así se ha propuesto para *Stylosanthes* spp. (Miles, 1985).

El conocimiento de la respuesta esperada a la selección que se haga respecto a cualquier atributo específico sería extremadamente útil para el diseño de futuros proyectos de mejoramiento. Se duda, sin embargo, que se justifique realizar estudios especiales diseñados exclusivamente para obtener estimaciones de parámetros genéticos. Los programas de mejoramiento aplicados pueden proporcionar información sobre la heredabilidad, la correlación entre los caracteres y la interacción entre el genotipo y las condiciones ambientales. Con frecuencia, los programas de mejoramiento se diseñan deliberadamente para que generen esa información con poco costo adicional.

Es probable que aumente la importancia de la resistencia a las enfermedades en los programas de mejoramiento de *Centrosema*, especialmente en América tropical. Se necesitará información sobre fuentes de resistencia, su herencia, y las interacciones que ocurran entre los organismos patógenos y el hospedante *Centrosema*.

Una limitante crítica en el mejoramiento de *Centrosema* es la comprensión clara de los atributos de la planta que contribuyen a mejorar el crecimiento y la persistencia de ésta, y a hacer el desempeño animal más eficiente. También es crucial la disponibilidad de técnicas sencillas para evaluar estos atributos. Sólo con objetivos de mejoramiento bien definidos y relevantes, puede un programa de mejoramiento tener una probabilidad razonable de crear nuevos cultivares útiles. Si se pueden evaluar, en forma confiable y económica, grandes poblaciones de plantas, se logrará un progreso genético sustancial en el camino hacia las metas de mejoramiento descritas.

Digitized by Google

Referencias

Abou-El-Fittouh, H. A.; Rawlings, J. O.; y Miller, P. A. 1969. Classification of environments to control genotype by environment interactions with an application to cotton. Crop Sci. 9(2):135-140.

Baker, R. J. 1984. Quantitative genetic principles in plant breeding. En: Gustafson, J. P. (ed.). Gene manipulation in plant improvement: 16th Stadler Genetics Symposium. Plenum Press, Nueva York, NY, E.U. p. 147-176.

Bandel, G. 1964. Chromosome numbers and evolution in the Leguminosae. Caryologia 27:17-32.

Battistin, A. 1983. Morfologia floral e biologia da reprodução de cinco especies de *Centrosema* (DC.) Benth. (Leguminosae-Papilionoideae). Tesis (Dr. Agr.). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, SP, Brasil. 138 p.

Bowen, G. D. y Kennedy, M. M. 1961. Heritable variation in nodulation of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 18:161-170.

Buswell, W. M. 1919. Spurred butterfly pea. Am. Bot. 25:112-113.

Byth, D. E.; Eisemann, R. L.; y de Lacy, I. H. 1976. Two-way pattern analysis of a large data set to evaluate genotypic adaptation. Heredity 37(2):215-230.

Cameron, D. F.; Hutton, E. M.; Miles, J. W.; y Brolmann, J. B. 1984. Plant breeding in *Stylosanthes*. En: Stace, H. M. y Edye, L. A. (eds.). The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, North Ryde, N.S.W., Australia. p. 589-606.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1979. Programa de Ganado de Carne. En: Informe anual 1978. Cali, Colombia. p. B-31.

_____. 1986. Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. p. 198.

Clements, R. J. 1976. Plant breeding strategies for *Centrosema virginianum*. En: CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation), Tropical Crops and Pastures. Divisional report 1975-76. St. Lucia, Qld., Australia. p. 95-99.

Digitized by Google

_____ . 1977. Agronomic variation in *Centrosema virginianum* in relation to its use as a sub-tropical pasture plant. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17(86):435-444.

_____ . 1983a. Preliminary evaluation of accessions of *Centrosema virginianum* in sub-humid south-east Queensland. Genetic resources communication no. 4. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. 8 p.

_____ . 1983b. Quantitative genetic analysis of herbage yield in *Centrosema virginianum*. Trop. Agric. (Trinidad) 60(4):257-261.

_____ y Ludlow, M. M. 1977. Frost avoidance and frost resistance in *Centrosema virginianum*. J. Appl. Ecol. 14(2):551-566.

_____ y Thomson, C. J. 1983. Breeding *Centrosema virginianum* in subtropical Queensland. Technical paper no. 26. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Melbourne, Vic., Australia. 25 p.

_____ y Williams, R. J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, julio-agosto 1978. 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 1, p. 559-567.

_____ ; _____ ; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium* and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

_____ ; Winter, W. H.; y Reid, R. 1984. Evaluation of some *Centrosema* species in small plots in northern Australia. Trop. Grassl. 18(2): 83-91.

_____ ; _____ ; y Thomson, C. J. 1986. Breeding *Centrosema pascuorum* for northern Australia. Trop. Grassl. 20(2):59-65.

Coleman, J. R. y de Menezes, E. M. 1980. Chromosome numbers in Leguminosae from the state of São Paulo, Brasil. Rhodora 82(831):475-481.

England, F. 1975. Heritabilities and genetic correlations for yield in Italian ryegrass (*Lolium multiflorum* Lam.) grown at different densities. J. Agric. Sci. 84(parte 1):153-158.

Digitized by Google

Escobar Berón, G.; Schultze-Kraft, R.; y González, R. 1985. Aspectos coevolutivos en la polinización de *Centrosema macrocarpum* Benth. (Leguminosae, Fabaceae). Trabajo presentado en el XII Congreso de la Sociedad Colombiana de Entomología (SOCOLEN), julio 1985, Medellín, Colombia.

Frahm-Leliveld, J. A. 1953. Some chromosome numbers in tropical leguminous plants. Euphytica 2(1):46-48.

_____. 1957. Observations cytologiques sur quelques légumineuses tropicales et subtropicales. Rev. Cytol. Biol. Vég. 8:273-287.

Franco, A. A.; Serpa, A.; y Souto, S. M. 1973. Simbiose de estirpes homólogas com linhagens de *Centrosema pubescens*. Pesqui. Agropecu. Bras. 8(2):13-17.

Fritsch, R. 1972. Chromosome numbers of plants from Cuba. Part 2. Kulturpflanze 19:305-313.

Grof, B. 1970. Interspecific hybridization in *Centrosema*: hybrids between *C. brasilianum*, *C. virginianum* and *C. pubescens*. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 27(4):385-390.

_____. 1982. Breeding *Centrosema pubescens* in tropical South America. Trop. Grassl. 16(2):80-83.

_____ y Harding, W. A. T. 1970. Yield attributes of some species and ecotypes of *Centrosema* in north Queensland. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 27(2):237-243.

Horner, T. W. y Frey, K. J. 1957. Methods for determining natural areas for oat varietal recommendations. Agron. J. 49(6):313-315.

Hutton, E. M. 1960. Flowering and pollination in *Indigofora spicata*, *Phaseolus lathyroides*, *Desmodium uncinatum*, and some other tropical pasture legumes. Emp. J. Exp. Agric. 28(111):235-243.

_____. 1983. Breeding *Centrosema pubescens* better adapted to the acid infertile soils of South America. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grasslands Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 215-218.

_____. 1985. *Centrosema* breeding for acid tropical soils, with emphasis on efficient Ca absorption. Trop. Agric. (Trinidad) 62(4):273-280.

Digitized by Google

Jones, R. J. y Walker, B. 1983. Strategies for evaluating forage plants. En: McIvor, J. G. y Bray, R. A. (eds.). Genetic resources of forage plants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), East Melbourne, Vic., Australia. p. 185-201.

Jones, R. M. y Clements, R. J. 1987. Persistence and productivity of *Centrosema virginianum* and *Vigna parkeri* cv. Shaw under grazing on the coastal lowlands of south-east Queensland. Trop. Grassl. 21(2):55-64.

Kretschmer, A. E., Jr. 1977. Growth and adaptability of *Centrosema* species in south Florida. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 36:164-168.

Lewis, W. H.; Stripling, H. L.; y Ross, R. G. 1962. Chromosome numbers for some angiosperms of the southern United States and Mexico. Rhodora 64:147-161.

Miles, J. W. 1985. Evaluation of potential genetic marker traits and estimation of outcrossing rate in *Stylosanthes guianensis*. Aust. J. Agric. Res. 36(2):259-265.

Mogrovejo J., E. A. 1981. Comportamento e variabilidade de caracteres agronômicos em populações de *Centrosema pubescens* Benth. (Leguminosae). Tesis (M.Sc.). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, SP, Brasil. 132 p.

Monteiro, W. R. y Martins, P. S. 1983. Variabilidade e correlações entre caracteres em *Centrosema pubescens*. Pesqui. Agropecu. Bras. 18(2):187-193.

New releases of pasture plants; Legumes: *Centrosema pascuorum* Mart. ex Benth. (centurion) cv. Cavalcade (Reg. No. B-15b-1). 1985. Trop. Grassl. 19(3):141-142.

Penteado, M. I. de O. 1982. Estudos sobre radiossensitividade em populações de *Centrosema pubescens* Benth. Tesis (M.Sc.). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo, Piracicaba (ESALQ), SP, Brasil. 153 p.

_____. 1986a. Introdução, avaliação e melhoramento do género *Centrosema*: Situação atual e perspectivas. Anais da XXIII reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia.

Digitized by Google

_____. 1986b. Seleção e melhoramento genético em *Centrosema*. Projeto de Pesquisa 006-80-0023. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Campo Grande, MS, Brasil. 20 p.

Reátegui, K.; Ara, M.; y Schaus, R. 1985. Evaluación bajo pastoreo de asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras en Yurimaguas, Perú. Pasturas Trop. Bol. 7(3):11-14.

Schultze-Kraft, R. 1986. Natural distribution and germplasm collection of the tropical pasture legume *Centrosema macrocarpum* Benth. Angew. Bot. 60:407-419.

_____ y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.

_____; Benavides, G.; y Arias, A. 1987. Recolección de germoplasma y evaluación preliminar de *Centrosema acutifolium* Benth. Pasturas Trop. Bol. 9(1):12-20.

_____ y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

Sedcole, R. J. y Clements, R. J. 1973. Studies on genotype x spacing interactions for herbage yield, using a modified diallel analysis. J. Agric. Sci. 80(Parte 1, feb.):97-104.

Serpa, A. 1966. Improvement of *Centrosema pubescens*; 1: Obtaining varieties with permeable seeds. En: Proceedings of the IX International Grassland Congress, São Paulo, Brasil, 1965. 2 vols. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Vol. 1, p. 171-174.

_____. 1974. Novas perspectivas no melhoramento genético de *Centrosema* spp. En: Anais da XI reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 224-225.

_____. 1976. Alguns fatores que afetam a velocidade inicial de crescimento em *Centrosema* spp. En: Anais da XIII reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Salvador, BA, Brasil. p. 316-318.

_____. 1977. Hibridação interespecífica entre *Centrosema pubescens* e *Centrosema virginianum*. Pesqui. Agropecu. Bras. 12(1):35-40.

Digitized by Google

_____ y Cunha Filho, L. A. 1970. Variação hereditaria e ambiente dos caracteres número de nodulos e comprimento da raiz principal em *Centrosema pubescens* Benth. En: Anais da V Reunião Latinoamericana sobre *Rhizobium*. Instituto de Pesquisas e Experimentação Agropecuárias do Centro-Sul (IPEACS), Rio de Janeiro, Brasil. p. 1-10.

_____ y da Silva, J. F. 1984. Competição de *Centrosema* spp. no municipio de Araruama, RJ. Comunicação técnica no. 140. Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, Estação Experimental de Itaguaí, Itaguaí, RJ, Brasil. 3 p.

_____ y De-Polli, H. 1975. Considerações sobre genética da simbiose *Centrosema* x *Rhizobium*. En: Anais da XII reunião da Sociedade Brasileira de Zootecnia. p. 10-13.

_____ y _____ . 1980. Heredabilidade e repetibilidade da simbiose *Centrosema* spp. x *Rhizobium* sp. En: Anais do I Congresso Brasileiro de Zootecnia (XVII reunião anual da SBZ). Fortaleza, CE, Brasil. Parte 17, p. 557-558.

_____ y Dias, P. F. 1983. Observações sobre a fecundação natural em *Centrosema pubescens* Benth. Pesquisa em andamento no. 22. Estação Experimental de Itaguaí, Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro, Itaguaí, RJ, Brasil. 3 p.

_____ ; Kimura, O.; y de Almeida, O. C. 1977. Resistencia genética a "antracnose" (*Colletotrichum* sp.) em *Centrosema* sp. En: Anais da XIV reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Recife, PE, Brasil. p. 335-336.

Shorter, R.; Byth, D. E.; y Mungomery, V. E. 1977. Genotype x environment interactions and environmental adaptation; II: Assessment of environmental contributions. Aust. J. Agric. Res. 28(2):223-235.

Simmonds, N. W. 1979. Principles of crop improvement. Longman Group, Londres, Inglaterra. p. 132.

Thomson, C. J.; Clements, R. J.; y Schultze-Kraft, R. 1997. An evaluation of seventy-one accessions of *Centrosema pascuorum* at Katherine, Northern Australia. Genetic Resources Communication No. 25, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Tropical Agriculture, St. Lucia, Qld., Australia. 14 p.

Digitized by Google

Turner, B. L. e Irwin, H. S. 1961. Chromosome numbers in some Brazilian Leguminosae. Rhodora 63:16-19.

Willams, W. M. 1983. Exploitation of the genetic resource through breeding: *Trifolium repens*. En: McIvor, J. G. y Bray, R. A. (eds.). Genetic resources of forage plants. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), East Melbourne, Vic., Australia. p. 261-274.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 315-341).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 10

Establecimiento y Manejo de Pasturas de *Centrosema*

P. E. Mendoza, D. Thomas, J. M. Spain y C. E. Lascano*

Resumen

La mayor parte del trabajo publicado sobre el establecimiento y el manejo de las pasturas de *Centrosema* se refiere a los cultivares comerciales de *C. pubescens*. Sin embargo, muchas de esas prácticas de establecimiento y de manejo se pueden aplicar a otras especies de *Centrosema* que ahora se aprecian por su valor forrajero. Se tratan aquí prácticas como la escarificación e inoculación de la semilla, que son importantes para obtener un rápido establecimiento; las técnicas para la preparación del suelo para la siembra; las técnicas y densidades de siembra; y la fertilización. Se recalcan luego las ventajas de la siembra de especies de *Centrosema* junto con cultivos anuales.

La continua sustitución de las plantas originales mediante propagación vegetativa o emergencia de plántulas nuevas—o por ambos métodos—es esencial para la persistencia de *Centrosema*. Hay considerable variación intraespecífica e interespecífica de algunos caracteres que afectan la persistencia dentro del género. La compatibilidad entre gramíneas y leguminosas también afecta la persistencia; las especies de *Centrosema* son, al parecer, más compatibles con las gramíneas macolladas que con las gramíneas

* Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Bogotá Colombia; Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Gran Bretaña); CIAT (actualmente en Estados Unidos); y CIAT, respectivamente.

Digitized by Google

estoloníferas. La presión y el sistema de pastoreo influyen en la proporción en que se encuentre *Centrosema* en una pastura asociada.

Se sugieren también prioridades para investigaciones futuras.

Introducción

El género *Centrosema* comprende cerca de 35 especies de leguminosas herbáceas tropicales reconocidas (Williams y Clements, esta obra). Una especie, *C. pubescens*, ha dominado la literatura sobre el tema y ha recibido más atención que todas las otras especies del género juntas. *Centrosema pubescens* fue una de las primeras leguminosas tropicales usadas como cultivo de cobertura en las plantaciones de especies arbóreas y como especie forrajera en las zonas tropicales húmedas. Las investigaciones recientes en las zonas tropicales de América y Australia han identificado otras especies que tienen potencial forrajero. Ahora se dispone de líneas comerciales de *C. schiedeanum* (cv. Belalto) y de *C. pascuorum* (cv. Cavalcade y cv. Bundey), y algunas accesiones de *C. acutifolium*, *C. macrocarpum* y *C. brasilianum* están pasando por pruebas avanzadas de pastoreo.

El propósito de la revisión presentada en este capítulo es comentar las prácticas de establecimiento y de manejo de las pasturas de *Centrosema*.

Prácticas de Establecimiento

Tratamiento de las semillas

La escarificación e inoculación de la semilla tiene especial importancia para las pasturas sembradas.

Escarificación. Como muchas otras leguminosas, las especies de *Centrosema* producen un alto porcentaje de semillas duras. En *C. pubescens* éstas llegan a ser el 60% de la muestra (Bogdan, 1977). La dureza de la semilla es una característica adaptativa que evita, en la naturaleza, la posible pérdida de todas las semillas sembradas; ésta puede ocurrir cuando siguen a la germinación

Digitized by Google

condiciones adversas en regiones donde la precipitación es poco confiable. La germinación se retarda a causa de la impermeabilidad de la testa de la semilla, una característica controlada genéticamente en *C. pubescens* (Serpa, 1966). Sin embargo, en las pasturas sembradas, si se desea que la germinación y el establecimiento de las plantas sean rápidos y uniformes, la latencia causada por la dureza de la semilla debe romperse mediante escarificación.

La semilla se puede escarificar de muchas maneras. Skerman (1977) enumeró cinco métodos que se han usado con éxito para romper la dureza de la semilla de *C. pubescens*. Estos son: el tratamiento mecánico; la inmersión en ácido sulfúrico concentrado (24 N ó 36 N) durante 7 minutos, seguida por un lavado minucioso con agua; la inmersión en glicerina caliente a 30 °C durante 2 horas; el tratamiento con agua caliente a 77 °C durante 15 minutos; y la irradiación Osram durante 16 horas o más. Otros métodos han sido descritos por Phipps (1973), quien también observó una considerable variación en la respuesta a los tratamientos.

La inmersión de la semilla en agua hirviendo durante un segundo, o su almacenamiento en un congelador a -17 °C durante 16 días, aumentó la germinación en 66% y 57%, respectivamente, en comparación con la de semillas no escarificadas. La inmersión en nitrógeno líquido (-196 °C), en cambio, aumentó la germinación solamente en 34%. Estos procedimientos son también apropiados para otras especies del género. Por ejemplo, la escarificación mecánica y el ácido sulfúrico concentrado han sido usados con éxito en el CIAT para tratar grandes cantidades de semilla de *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum*.

Inoculación. Es poco probable que las especies de *Centrosema* alcancen su plena capacidad de fijación de nitrógeno a menos que la semilla se inocule con cepas seleccionadas de *Rhizobium* (Sylvester-Bradley et al., esta obra). La inoculación da a la leguminosa una notable ventaja en la velocidad del establecimiento, lo que es de especial importancia cuando se siembra con gramíneas tropicales vigorosas. Bowen y Kennedy (1961) hallaron una variación heredable en la capacidad de *C. pubescens* para nodular. En Brasil, Colozza y Werner (1982) informaron que la inoculación de *C. pubescens* dio lugar a

Digitized by Google

aumentos apreciables en el rendimiento de materia seca, en el peso de los nódulos y en el contenido de nitrógeno, en comparación con plantas testigo no inoculadas.

En ensayos de selección hechos en cilindros con suelo no disturbado, en los Llanos Orientales de Colombia, las accesiones de *C. pubescens*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum*, y los híbridos de *C. pubescens* x *C. macrocarpum* dieron una producción significativamente mayor de nitrógeno cuando fueron inoculados (CIAT, 1984). También se observaron fuertes respuestas a la inoculación en accesiones de *C. acutifolium* (CIAT, 1986). Hay cepas de *Rhizobium* recomendadas para especies de *Centrosema* disponibles en las colecciones de la Division of Tropical Crops and Pastures de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), en Australia, y en el CIAT, en Colombia.

Los inoculantes tradicionales se han preparado a base de turba, pero estudios recientes (CIAT, 1985) indican que el inóculo secado por congelamiento puede tener un considerable potencial para la zona tropical. Los inoculantes a base de turba son más perecederos, más costosos de producir y están expuestos a desecarse en la superficie de la semilla. La mortalidad del inóculo de *Rhizobium*, secado por congelamiento, en la semilla de *C. macrocarpum* fue de sólo 12% después de 3 días; en el inóculo a base de turba, en cambio, fue de 99.9%.

Se recomienda con frecuencia peletizar con cal la semilla inoculada de las leguminosas tropicales, a pesar de su adaptación a los suelos de bajo pH y de su simbiosis con cepas de *Rhizobium* tolerantes a la acidez. Esta práctica se desarrolló, en un principio, para superar las fallas en la nodulación de las leguminosas de clima templado sembradas en suelos ácidos de bajo contenido de calcio. Norris (1971) no halló evidencias que apoyaran la práctica rutinaria de peletizar con cal la semilla de las leguminosas tropicales; en general, se obtuvieron buenos resultados en las pruebas de campo hechas en suelos podzólicos de Australia mediante la simple aplicación del inóculo con una sustancia pegajosa. Aun en el cultivar comercial de *C. pubescens*, Odu et al. (1971) hallaron que la máxima fijación de nitrógeno ocurrió a un pH de 6.4; los valores mayores de pH suprimieron la nodulación.

Sin embargo, en suelos ácidos donde hay toxicidad de aluminio o de manganeso, la peletización de la semilla con cal puede ejercer

Digitized by Google

un efecto benéfico sobre la nodulación en el cultivar comercial de *C. pubescens* (Döbereiner y Aronovich, 1966). Aparentemente, en esta línea la nodulación es más vulnerable a la toxicidad nutricional que el crecimiento de la planta hospedante (Murphy et al., 1984). Las altas concentraciones de aluminio en las soluciones nutritivas retardaron la aparición de los nódulos y redujeron el número y el peso de éstos, pero no ejercieron ningún efecto en el peso seco de la planta. Para otras especies de *Centrosema* recogidas en los suelos ácidos e infértiles de América tropical, la peletización con cal ha dado resultados negativos; por tanto, no se recomienda este procedimiento (R. Sylvester-Bradley, comunicación personal). Sin embargo, con fines de preinoculación, o de protección del *Rhizobium* cuando la semilla se siembra con fertilizantes como el superfosfato, la peletización con materiales como la roca fosfórica o el carbón vegetal molido es útil (R. Sylvester-Bradley, comunicación personal).

Preparación del suelo para la siembra

El cuidado con que se prepara el suelo para obtener un buen establecimiento, depende de muchos factores, entre ellos las condiciones edáficas y climáticas, la disponibilidad y el tipo de la maquinaria, y algunas consideraciones económicas. Los métodos varían desde la preparación completa del suelo hasta la labranza mínima (CIAT, 1986).

Las especies que son relativamente lentas para establecerse, como *C. pubescens*, se benefician más con una preparación minuciosa del suelo cuando las condiciones del clima y del suelo lo permiten. Esta consistiría en una arada, seguida por varios pases con una rastra de discos para romper los terrones del suelo; finalmente pasa el rodillo para obtener un suelo nivelado y firme. En los suelos muy erosionados de las regiones tropicales húmedas y subhúmedas, la sobrepreparación, especialmente en tierras de ladera—aunque tengan una inclinación de sólo 0.5%—aumenta el riesgo de erosión y el costo del establecimiento; este último es la principal limitación que tiene la adopción de pasturas a base de leguminosas (J. M. Spain, información no publicada). En las sabanas del centro de Brasil, se siembran a menudo pasturas después de cultivos anuales, como arroz de secano o maíz (Kornelius et al., 1979). En este caso, sólo se requiere una mínima preparación de la tierra para el establecimiento de la pastura,

Digitized by Google

porque el suelo ya había sido completamente preparado para el cultivo anterior.

Se han establecido con éxito *Centrosema acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y algunos híbridos de estas dos últimas especies, en suelos ligeramente preparados (CIAT, 1987). En suelos que tengan buena estructura y un bajo potencial de malezas, como los Oxisoles y Ultisoles de las sabanas tropicales americanas, la preparación con rastra de disco o con arado de cincel, junto con un control parcial—no total—de la vegetación, han dado buenos resultados. Estos métodos son mucho más económicos que la preparación completa del suelo, pero son apropiados sólo donde se siembren especies bien adaptadas y agresivas (Spain, 1983).

En Australia, *C. pubescens* se ha sembrado directamente en ceniza, después del desmonte y de la quema del bosque de lianas mesofíticas (Teitzel y Burt, 1976). Se recomienda, sin embargo, apilar la madera cortada en hileras y dejar el suelo libre de malezas. En los climas tropicales húmedos, las malezas son un gran problema para el establecimiento de pasturas, y hay además rebrote de plantas leñosas. Las malezas se pueden controlar mecánicamente o con herbicidas. En Indonesia, con aplicaciones de ametrina en preemergencia (1.0 a 3.2 kg/ha), de diurón (1.6 kg/ha), o de linurón (1.0 kg/ha) se ha obtenido un buen control de malezas en cultivos de cobertura de *C. pubescens* en plantaciones de palma de aceite (Lumbantobing y Syamsuddin, 1984). De otro lado, la aplicación, en posemergencia, de 0.34 kg i.a./ha de 2,4-D o de 0.11 kg/ha de diquat a plantas de *C. pubescens* de por lo menos 5 semanas de edad, no tuvo ningún efecto adverso, a largo plazo, en las zonas tropicales húmedas de Australia (Teitzel y Burt, 1976). Como demostraron Mastrocola et al. (1983), otros herbicidas, como bentazón y cloroxurón, no tienen efecto en el rendimiento de materia seca ni en la nodulación de *C. pubescens*. No obstante, el costo de los herbicidas limita seriamente su uso en el establecimiento de pasturas.

En las sabanas de América del Sur tropical, las hormigas cortadoras de hojas del género *Atta* son una plaga seria durante el establecimiento de una pastura. Aunque se pueden usar insecticidas, se requieren aplicaciones repetidas y costosas—lo que implica graves problemas ecológicos. El control químico sería apropiado, probablemente, sólo para pequeñas zonas

Digitized by Google

experimentales, y es más efectivo contra especies de *Atta* que formen grandes colonias. La preparación temprana del suelo puede ser útil para el control de hormigas y malezas (J. M. Spain, información no publicada). En la sabana, el suelo se debe preparar al finalizar la estación húmeda, y se deja inculta y en barbecho durante la estación seca. Esta práctica, además, reduce la competencia con otras actividades de la finca y hace los nutrimentos más disponibles al momento de la siembra.

Métodos de siembra

Las especies forrajeras pueden sembrarse directamente en un suelo preparado o bajo un cultivo anual, o pueden establecerse en la vegetación existente como pastura nativa. En todos estos casos, la semilla puede sembrarse a voleo o en surcos. En las sabanas brasileñas, donde suelen integrarse los cultivos y las pasturas, Kornelius et al. (1979) establecieron con éxito a *C. pubescens* en un cultivo de arroz de secano. Las ventajas de sembrar esta leguminosa junto con un cultivo anual, como el arroz de secano o el maíz, han sido resumidas por Thomas (1975):

> El costo del establecimiento será absorbido por el cultivo.
>
> La siembra junto con el cultivo protege el suelo contra la erosión y puede haber inclusive enriquecimiento del suelo.
>
> El cultivo puede proteger la pastura en establecimiento contra condiciones adversas, como las altas temperaturas.
>
> Se puede hacer una desyerba minuciosa antes de sembrar la pastura.
>
> Se logra mejorar la calidad nutritiva de los residuos de cultivo usados como forraje.
>
> El año que sigue a la suspensión del cultivo, la producción de las pasturas sembradas bajo éste es mayor que la de las pasturas sembradas directamente.

La siembra de *Centrosema* spp. en la vegetación existente fue comunicada por Risopoulos (1966) en Zaire, donde se sembró *C. pubescens* dentro de un campo de *Imperata cylindrica* después

Digitized by Google

de pasar una rastra de dos cuerpos de discos. Velásquez y Bryan (1975) establecieron a *C. pubescens* y *C. plumieri* en una población de *Digitaria decumbens* de 8 años de edad, en el delta del Orinoco, Venezuela, después de dos pases con un rotocultivador o una rastra de discos. Para obtener un buen establecimiento en estas condiciones, es necesario reducir la competencia de la vegetación existente. Esto se puede efectuar mediante quema, pastoreo intenso, tratamiento con herbicidas, remoción del suelo, o con una combinación de estos métodos.

Aunque la semilla de las especies de *Centrosema* ha sido sembrada a voleo o en surcos, la información disponible es insuficiente para concluir que uno de esos métodos es superior al otro. Andrade y Ferreira (1981) hallaron en Brasil que la siembra de *C. pubescens* en franjas o en surcos daba mejores resultados que su siembra a voleo. El equipo usado para sembrar semilla de otros cultivos se puede adaptar fácilmente a la siembra de especies de *Centrosema* (Zimmer et al., 1983). El fertilizante se puede colocar cerca de la semilla. En contraposición, Akinola (1981) halló en Nigeria que el rendimiento de *C. pubescens* era mayor, en las asociaciones con *Brachiaria decumbens*, cuando la leguminosa se sembraba a voleo que cuando se sembraba en surcos.

En las sabanas brasileñas, la semilla de *C. macrocarpum*, de *C. brasilianum* y de *C. acutifolium*, y de los híbridos de *C. macrocarpum* x *C. pubescens*, ha sido sembrada con éxito a voleo, tanto con *Andropogon gayanus* como con *Brachiaria decumbens*. Después de 50 días, la densidad de las plantas de las especies de *Centrosema* era, en promedio, de 8 por m^2 (Thomas, 1985). En este ambiente, el uso del rodillo para consolidar el suelo, después de la aplicación a voleo, es crucial para obtener un buen establecimiento.

La óptima profundidad de siembra para las especies de *Centrosema* depende de la textura del suelo y del tamaño de la semilla. La semilla de *C. pubescens* se puede sembrar a una profundidad de 5 cm sin que se afecte significativamente la emergencia de las plántulas (Adegbola, 1964; Dudar, 1982; Pedrosa y da Rocha, 1977). Se supone que esta profundidad es también satisfactoria para *C. brasilianum*, ya que el tamaño de su semilla es similar al de *C. pubescens*. *Centrosema pascuorum*, cuya semilla es pequeña, no se debe sembrar tan profundamente. *Centrosema acutifolium* y *C. macrocarpum* tienen semillas más grandes y,

Digitized by Google

teóricamente, se podrían sembrar a una profundidad mayor que 5 cm; sin embargo, no hay datos que fundamenten esta suposición.

Epoca de siembra

La mejor época para la siembra está determinada, principalmente, por la distribución de la precipitación (Spain, 1983; Zimmer et al., 1983). En zonas donde la precipitación temprana es confiable, la siembra temprana ofrece ventajas; donde esa precipitación temprana no es confiable, la siembra tardía es más segura. La siembra tardía puede exponer el suelo y las plántulas a una precipitación de alta intensidad, con peligro de que se erosione el suelo, se dañen las plantas y se disponga de menos tiempo de pastoreo durante el año de establecimiento de la pastura. En Tailandia, Nada y Sirikiratayanond (1979) hallaron que sembrar *C. pubescens* primero y luego las gramíneas daba mayor porcentaje de leguminosa en la pastura; no obstante, el retraso en la siembra de las gramíneas aumentaba notablemente la invasión de las malezas. En Venezuela, Valenti y Guzmán (1984) obtuvieron mejores resultados al sembrar simultáneamente *C. pubescens* con *Cynodon plectostachyus* o *Panicum maximum*, en vez de sembrarlas en épocas diferentes a causa de que la población de malezas era menor.

Densidad de siembra

El tamaño de las semillas de las diversas especies de *Centrosema* es variable. En las especies de semilla grande, como *C. acutifolium* y *C. macrocarpum*, 21,500 semillas, aproximadamente, pesan 1 kg; este mismo peso tienen, en *C. pubescens* 40,000 semillas, en *C. brasilianum* 43,500 semillas, y en *C. pascuorum* 48,000 semillas. Humphreys (1980) recomienda densidades de siembra de 3 a 5 kg/ha para los cultivares comerciales de *C. pubescens*, cuando se dispone de grandes cantidades de semilla relativamente barata. Clements et al. (1984) emplearon 4 kg/ha de semilla viable, que escarificaron mecánicamente hasta obtener 65%-90% de semilla germinable, en la siembra experimental de 25 accesiones de *C. pascuorum*, *C. brasilianum*, *C. schottii*, *C. virginianum* y *C. schiedeanum*. En Colombia se han usado densidades de siembra de 3 kg/ha de semilla de *C. brasilianum* y 4 kg/ha de *C. acutifolium* y de

Digitized by Google

C. macrocarpum para establecer áreas de multiplicación de semillas (J. E. Ferguson, comunicación personal). Puesto que la semilla de estas especies no se comercializa actualmente y su oferta es relativamente escasa, se recomienda reducir en 50% las densidades de siembra de estas especies para su establecimiento en pasturas de gramíneas y leguminosas. Estos valores representan las densidades mínimas de semilla, que se pueden aumentar cuando la semilla es más abundante y menos costosa. En pruebas realizadas en Brasil, donde el costo de la semilla no es una variable importante, *C. brasilianum* y los híbridos de *C. macrocarpum* x *C. pubescens* se establecieron, en asociaciones destinadas a pastoreo, con 4 kg/ha de semilla, y *C. acutifolium* y *C. macrocarpum* con 6 kg/ha de semilla (D. Thomas, información no publicada).

Aplicación de fertilizantes

La respuesta a los fertilizantes es específica del sitio, y para hacer las mejores recomendaciones posibles se parte de la experiencia local (Salinas et al., esta obra). La cantidad de fertilizante que se aplica depende del tipo de suelo, de la pastura establecida y de la historia de aplicación de nutrimentos en el potrero. El análisis químico del suelo y de las plantas es una guía útil. Aun cuando las especies hayan sido seleccionadas por su adaptación a las condiciones de baja fertilidad del suelo, comunes en América del Sur tropical, no es razonable esperar que crezcan y persistan sin ningún fertilizante. Ahora bien, los agricultores del Tercer Mundo son a menudo renuentes a aplicar fertilizantes directamente en las pasturas; por consiguiente, se deben considerar otras estrategias, como la integración de pasturas y cultivos.

Las plantas difieren en su capacidad de extraer nutrimentos del suelo y en la respuesta de crecimiento a los fertilizantes aplicados. Hay una variación considerable en las especies de *Centrosema* en cuanto a su adaptación al suelo (Salinas et al., esta obra). En Florida, *C. pubescens* comercial responde notablemente al encalamiento, en dosis que llegan a 3000 kg/ha (Snyder y Kretschmer, 1983). En Colombia, *C. plumieri* requirió 6 t/ha de cal para producir sólo 1698 kg/ha de materia seca en un Oxisol (Spain, 1979). Otras especies, como *C. acutifolium*, *C. arenarium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* requieren sólo pequeñas

Digitized by Google

cantidades de cal agrícola o dolomítica como fuente de calcio o de magnesio para su establecimiento. Muchos fertilizantes fosfatados también suministran suficiente Ca para que la planta logre un crecimiento máximo.

En general, el fósforo es el nutrimento que más limita el establecimiento de las plantas (Jamieson, 1969; Kornelius et al., 1979; León y Toledo, 1982; Meléndez et al., 1976; Salinas et al., esta obra; Spain, 1983). Las recomendaciones varían de 10 a 40 kg de P/ha, según la fertilidad natural del suelo y su capacidad de fijación de P. Los suelos tropicales tienen generalmente pocas reservas de potasio y es necesario aplicar 20 a 25 kg/ha de K al momento del establecimiento. El buen manejo del pastoreo podrá garantizar posteriormente un reciclaje eficiente de nutrimentos como el P y el K, lo que reducirá la necesidad de hacer aplicaciones de mantenimiento de estos fertilizantes (Spain y Salinas, 1985). Se han obtenido respuestas a otros macronutrimentos, como el azufre, en *C. pubescens* (Couto y Sanzonowics, 1983).

Es posible hallar deficiencias de micronutrimentos como el cinc, el cobre, el boro y el molibdeno en suelos arenosos y en aquéllos cuyo contenido de materia orgánica es bajo, pero esas deficiencias son específicas del sitio. El efecto residual de los micronutrimentos es generalmente alto y, en buenas condiciones de manejo, quizás no sean necesarias las aplicaciones de mantenimiento durante muchos años.

La aplicación en bandas de fertilizantes fosforados solubles tiene más ventajas que su aplicación a voleo cuando la tasa aplicada—que se calcula según el área—es menor que aquélla que daría un crecimiento cercano al máximo (Salinas, 1984). Esta relación tiene importancia práctica, ya que el requerimiento de P durante el establecimiento es mayor que durante la fase de mantenimiento (Fox et al., 1974).

Factores de Manejo

Persistencia

La persistencia de las plantas individuales en una pradera depende de atributos morfológicos tales como el número y la posición de nuevos puntos de crecimiento, y las reservas de

Digitized by Google

almacenamiento. La vida potencial de la planta perenne también puede acortarse a causa de la actividad de las plagas o enfermedades (Lenné et al., esta obra). Como la duración esperada de una pastura perenne es mayor que la longevidad de las plantas individuales que la componen, el remplazo constante de las plantas originales es esencial para la persistencia de la pastura. Esas sustituciones pueden ocurrir por medio de la propagación vegetativa o de plántulas provenientes de semillas caídas. Los mecanismos que aseguran la perennidad vegetativa son, por ejemplo, el agrandamiento de la corona, el crecimiento y enraizamiento nodal de los estolones, y el desarrollo de plantas nuevas a partir de los rizomas. El ciclo de formación de las semillas, de las reservas de semilla del suelo, y del desarrollo de plántulas es una vía alterna importante para lograr la persistencia de especies anuales y perennes.

Poco se sabe acerca de la importancia relativa de la morfología de la planta y de la formación de plántulas en la persistencia de las especies de *Centrosema*, aunque para las especies anuales, como *C. pascuorum*, la necesidad de desarrollar plántulas es evidente. En consecuencia, la discusión sobre los mecanismos de persistencia es, en gran parte, especulativa.

Hay considerable variación interespecífica e intraespecífica en el género *Centrosema*, en muchos caracteres que probablemente afecten la persistencia. El cultivar comercial de *C. pubescens* tiene sólo una leve tendencia a emitir raíces en los nudos, en tanto que *C. schiedeanum* cv. Belalto tiene mayor capacidad para ese enraizamiento y sobrevive mejor bajo pastoreo (Teitzel y Burt, 1976). Muchas accesiones de *C. macrocarpum*, como CIAT 5065, cuando se asocian con *A. gayanus*, no sobreviven bien bajo pastoreo, posiblemente a causa de la baja formación de semillas y de la falta de enraizamiento en los nudos de los estolones (D. Thomas, información no publicada). Se han recolectado recientemente nuevas accesiones de *C. macrocarpum* que muestran mayor capacidad de enraizamiento en los nudos y mayor rendimiento potencial de semilla. Los híbridos formados por *C. macrocarpum* y *C. pubescens* también tienen un alto potencial de rendimiento de semilla (CIAT, 1984). La tolerancia a los suelos ácidos se heredó de las líneas progenitoras de *C. macrocarpum*, y esto permitió que se expresara el potencial de producción de semilla de las líneas progenitoras de *C. pubescens*.

Digitized by Google

Las deficiencias morfológicas de *C. brasilianum* se compensan con su abundante y fácil formación de semilla y con el buen desarrollo, bajo pastoreo, de las plántulas provenientes de semillas caídas (B. Grof, comunicación personal). *Centrosema acutifolium* es una especie que combina una gran capacidad de enraizamiento en los nudos con una buena producción de semilla (CIAT, 1985).

Una excepción interesante al hábito de crecimiento usual de las especies de *Centrosema* es *C. arenarium*, cuyas plantas son erectas y no rastreras; posee además yemas basales, protegidas de la defoliación y del pisoteo, una buena producción de semilla en latitudes ecuatoriales, y una aceptabilidad por el animal relativamente baja, características éstas que pueden favorecer una persistencia potencialmente buena de esta especie bajo pastoreo (R. Schultze-Kraft, comunicación personal).

Al seleccionar plantas con características morfológicas deseables, buena producción de semilla y resistencia a las plagas y enfermedades, también se está seleccionando su potencial de persistencia. Sin embargo, en la práctica, la persistencia se ve afectada también por otros factores, como el manejo del pastoreo, la aplicación de los fertilizantes y la elección de la gramínea acompañante.

Compatibilidad entre gramínea y leguminosa

Las especies de *Centrosema* se han cultivado asociadas con muchas gramíneas. En general, las gramíneas macolladas han demostrado ser más compatibles que los tipos estoloníferos agresivos.

La experiencia hecha en Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, E.U. (Florida), Malaysia, Perú y Sri Lanka (de Mattos et al., 1978; Grof, 1981; Hudgens, 1973; Kretschmer, 1971; Pedreira et al., 1975; Toledo y Morales, 1979; Waidyanatha et al., 1984; Wong y 't Mannetje, 1981) indica que *C. pubescens* se asocia bien con *Panicum maximum* e *Hyparrhenia rufa*. Otras gramíneas que se asocian bien con *C. pubescens* son *Paspalum plicatulum*, *P. guenoarum*, *Setaria anceps*, *Pennisetum purpureum* (Pedreira et al., 1975), *Hemarthria altissima* (Gomes, 1978), *Dichanthium caricosum* (Partridge, 1979), *Brachiaria miliiformis* (sinónimo de *B. subquadripara*) en plantaciones de cocotero (Waidyanatha et al.,

Digitized by Google

1984) y *Andropogon gayanus* (Giraldo y Toledo, 1986). En Brasil y Colombia, *C. acutifolium* y *C. brasilianum* también han demostrado su compatibilidad con *Andropogon gayanus* (Grof, 1986; Thomas, 1985). Entre las gramíneas menos compatibles están *Digitaria decumbens*, *Cynodon dactylon* (Pedreira et al., 1975) y *Brachiaria humidicola* (Smith y Whiteman, 1985).

La capacidad de *C. pubescens* para asociarse con *Brachiaria mutica* y *B. decumbens* es afectada, al parecer, por la intensidad de la luz. En condiciones de luz diurna total, *C. pubescens* no se asoció bien en Brasil ni en Colombia con *B. decumbens* (Grof, 1981; Pedreira et al., 1975), pero plantadas bajo cocoteros, donde la intensidad de la luz era menor, esas asociaciones se mantuvieron con éxito durante más de 6 años en Indonesia (Rika et al., 1981). En forma similar, en Belice, sin sombra, *C. pubescens* no se asoció bien con *Brachiaria mutica* (Lazier, 1980). Sin embargo, en las Islas Salomón, plantada bajo cocoteros, se observó un buen contenido de leguminosa (Smith y Whiteman, 1985) en mezclas de *B. mutica* y *C. pubescens*. La disminución proporcional en fotosíntesis, causada por la menor intensidad de la luz bajo cocoteros, es mucho mayor en las gramíneas tropicales, que poseen la vía C4 de los ácidos dicarboxílicos para la fijación del CO_2. Por lo tanto, plantada en la sombra, el equilibrio competitivo favorece a la leguminosa.

Tolerancia al fuego

La capacidad de sobrevivir al fuego es importante para las leguminosas forrajeras en regiones de sabana donde hay quemas frecuentes; éstas ocurren como práctica de manejo o por accidente. Poco se sabe acerca de la tolerancia al fuego de las especies de *Centrosema*. Lourenço et al. (1976), en São Paulo, Brasil, analizaron los efectos de la quema controlada al final de la estación lluviosa en una asociación de *Hyparrhenia rufa* con cuatro leguminosas, incluyendo a *C. pubescens*. Las observaciones hechas 60 y 120 días después de la quema indicaron que *C. pubescens* no era tan tolerante al fuego como *Neonotonia wightii*, *Stylosanthes guianensis* y *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro.

Aparentemente, los mecanismos que permiten a las plantas sobrevivir al pastoreo o a la sequía son útiles también para tolerar el fuego. En las especies de *Stylosanthes*, la capacidad de las

Digitized by Google

plantas individuales para sobrevivir a la quema depende de la protección que tengan las yemas dentro de la corona o en el sistema radical (Williams y Gardener, 1984). En algunas plantas sobrevivientes, los vástagos habían crecido, desde el tejido radical, 37 mm por debajo de la superficie del suelo. Mott (1982) indicó que la presencia de una considerable reserva de semilla en el suelo era también un medio exitoso para sobrevivir al fuego, aunque mucha semilla se destruye en la quema. Stockwell et al. (1986) observaron una considerable destrucción de semilla de *C. pascuorum* por el fuego en pequeñas parcelas del Territorio Norte de Australia.

Efectos de la carga animal o de la presión de pastoreo

A menudo ocurren notorios cambios en la composición botánica de una pastura cuando varía la carga animal y, por tanto, la presión de pastoreo. Los efectos de la carga animal en las tendencias que manifiesta la composición botánica de las pasturas tropicales han sido descritos por Roberts (1980). Por ejemplo, en asociaciones sometidas a altas presiones de pastoreo, las especies menos capaces de resistir la defoliación, o que son lentas para recuperarse después del pastoreo, son finalmente eliminadas. Si las especies que quedan tienen menor valor nutritivo o son menos aceptables para el ganado bovino que aquéllas que remplazaron, la ganancia de peso por cabeza, a una carga animal alta, descenderá hasta estabilizarse en el menor nivel de producción animal que puedan proporcionar esas especies restantes.

Durante el año de establecimiento, el pastoreo demasiado intenso o iniciado tempranamente puede reducir la vida productiva de las pasturas que contengan *C. pubescens* (Teitzel y Burt, 1976). Esta leguminosa, por su bajo vigor relativo de establecimiento y su alta aceptabilidad por los animales, es especialmente vulnerable al pastoreo fuerte y selectivo. Se recomienda el pastoreo ligero, corto e intermitente durante el período de establecimiento. Esta recomendación se aplica probablemente a otras especies del género.

Después del año del establecimiento, los pocos datos disponibles sugieren que el porcentaje de *C. pubescens* en pasturas asociadas se reduce por la alta carga animal o por la alta presión de pastoreo. En Brasil, Lourenço et al. (1981) sometieron una mezcla de *Panicum maximum* y *C. pubescens* a este rango de carga animal:

Digitized by Google

de 2.0 a 3.6 animales/ha en verano, y de 1.3 a 2.4 animales/ha en invierno. El aumento de la carga animal causó una disminución en la cantidad de leguminosa con el trascurso del tiempo.

En Ecuador, una pastura que tenía dos gramíneas y dos leguminosas—una de ellas *C. pubescens*—fue pastoreada con asignaciones de forraje que variaban de 1.6 a 8.3 kg/día de materia seca en oferta por cada 100 kg de peso vivo (Santillán, 1983). Aunque el rendimiento de leguminosa y su contenido en la pastura fueron menos afectados por las bajas asignaciones de forraje que por otros factores, como la duración del período de descanso, se recomendaron asignaciones de forraje moderadas, es decir, 5.0 kg/día de materia seca por cada 100 kg de peso vivo. En esta prueba, hecha durante un período de 2 años, no se hizo ningún intento de separar los datos de las dos especies de leguminosas y no se describió, por ello, el efecto específico de la prueba en *C. pubescens*. En Colombia, en una asociación de *Andropogon gayanus* y del híbrido de *Centrosema* CIAT 438, Giraldo y Toledo (1986) informaron que el contenido de leguminosa fue mayor con una asignación de forraje entre alta y moderada (4 ó 6 kg/día de materia seca en base verde (MSV) por cada 100 kg de peso vivo) que con una baja asignación de forraje (2 kg/día de MSV por cada 100 kg de peso vivo). En las Islas Salomón, Smith y Whiteman (1985) observaron que *C. pubescens*, establecida en plantaciones de cocotero, desaparecía de una asociación con *Brachiaria humidicola* en un período de 3 años, cuando se pastoreó con una carga de 4.5 animales/ha. Con menores cargas, como 3.0 a 3.6 animales/ha, la leguminosa persistió pero a un nivel bajo.

Los datos sobre otras especies perennes de *Centrosema* son escasos. En los Llanos de Colombia, el contenido de dos accesiones de *C. acutifolium* (CIAT 5277 y CIAT 5568), en una asociación con *Andropogon gayanus*, se redujo de 54% a 38% cuando se empleó pastoreo en rotación con una carga animal alta (CIAT, 1987). En el Departamento del Cauca, Colombia, en un régimen de precipitación bimodal, el aumento de la carga de 2.4 a 3.6 animales/ha redujo el contenido de leguminosa en pasturas de accesiones de *C. acutifolium* y *C. macrocarpum* asociadas con *Andropogon gayanus* (Cuadro 1). Hubo algunas diferencias entre las introducciones de *C. macrocarpum*: la accesión CIAT 5434 persistió mejor que CIAT 5065 después de 2 años de pastoreo. En las áreas subtropicales húmedas de Australia, se mantuvo un buen contenido de leguminosa en las pasturas de *C. virginianum-Setaria*

Digitized by Google

Cuadro 1. Efecto de la carga animal y de la frecuencia de pastoreo en el contenido de la leguminosa, en mezclas de *Andropogon gayanus* y especies de *Centrosema* después de 2 años de pastoreo, en Quilichao, Colombia.

Leguminosa	Accesión CIAT no.	Contenido de leguminosa (% MS) con carga (animales/ha)[a] de:		Contenido de leguminosa (% MS) con frecuencia de pastoreo (semanas)[b]:		
		2.4	3.6	2	4	6
C. macrocarpum	5434	20	12	7	20	21
	5065	9	4	6	10	3
C. acutifolium	5568	15	2	10	10	5
	5277	17	4	14	12	5

a. Animales de 300 kg de peso.
b. Potreros pastoreados durante 3.5 días, cada 2, 4 ó 6 semanas.

FUENTE: CIAT, información no publicada.

Digitized by Google

sphacelata con una carga de 1.5 animales/ha, pero con 2.3 animales/ha la leguminosa no persistió (Jones y Clements, 1987). Parece que no hay información disponible para especies anuales, como *C. pascuorum*. Se puede sugerir solamente que el manejo contribuya a asegurar la producción de semilla, y a lograr una alta acumulación de reservas de semilla en el suelo; este es, en efecto, el principal mecanismo de persistencia de estas especies.

No es posible hacer recomendaciones definitivas y rápidas con respecto a la carga animal o presión de pastoreo óptima para el género *Centrosema* como un todo, porque éstas varían según la especie, la accesión, las gramíneas acompañantes y la localidad. Además, la mayor parte del trabajo realizado hasta el presente ha sido de duración relativamente corta. Es necesario hacer ensayos en varios sitios representativos, dentro de un ecosistema dado, y durante un largo período para determinar los efectos del manejo del pastoreo en el mantenimiento de la productividad de la pastura y en la persistencia de las leguminosas. La carga animal o la presión de pastoreo pueden interactuar con el sistema de pastoreo (Cuadro 2), siendo necesario considerarlas en el diseño de las pruebas de pastoreo, por lo menos cuando se trata de las presiones de pastoreo más altas. Spain et al. (1985) han propuesto un sistema de manejo flexible para la evaluación avanzada de las asociaciones de especies forrajeras tropicales; en él incorporan tanto presiones como sistemas de pastoreo. Actualmente se está probando esta metodología en varias localidades de América

Cuadro 2. Interacción entre carga animal y frecuencia de pastoreo, y su efecto en el contenido de la leguminosa en las mezclas de *Andropogon gayanus* y *Centrosema macrocarpum* o *C. acutifolium*, después de 2 años de pastoreo, en Quilichao, Colombia.

Carga (animales/ha)[a]	Contenido de leguminosa (% MS) en frecuencia de pastoreo (semanas)[b]:		
	2	4	6
2.4	17	18	10
3.6	1	8	7

a. Animales de 300 kg de peso.
b. Potreros pastoreados durante 3.5 días, cada 2, 4 ó 6 semanas.

FUENTE: CIAT, información no publicada.

Digitized by Google

tropical. *Centrosema acutifolium*, *C. macrocarpum* y *C. brasilianum* han sido incluidas en ensayos hechos en dos localidades de Colombia y los resultados preliminares son prometedores (CIAT 1985, 1986 y 1987).

Efectos del sistema de pastoreo

Hay un intenso debate en la literatura acerca de los méritos del pastoreo continuo frente al pastoreo en rotación ('t Mannetje et al., 1976). Hay poca información sobre los efectos del sistema de pastoreo en las especies de *Centrosema*. Los pocos ensayos que se hacen se hallan en sus estadios preliminares (CIAT, 1987). Como se indicó anteriormente, toda discusión acerca de los efectos de un sistema de pastoreo debe considerar las posibles interacciones de éste con la carga animal o la presión de pastoreo. Los sistemas de pastoreo continuo son de costo relativamente bajo y más fáciles de operar que los sistemas de pastoreo en rotación.

Una de las dificultades para desarrollar sistemas de pastoreo en rotación es la posibilidad de hacer incontables variaciones en el número de potreros, y en la duración de los períodos de pastoreo y de descanso. Hay diferencias también entre especies y accesiones: la duración del ciclo de una rotación óptima, para una mezcla de gramínea y leguminosa, quizás no sea apropiada para otra mezcla diferente de gramínea y leguminosa. Los efectos diferenciales de la frecuencia de pastoreo en *C. macrocarpum* y *C. acutifolium* se ilustran en el Cuadro 1.

En Ecuador, Santillán (1983) usó un diseño central compuesto de superficie de respuesta para comparar los efectos de dos rangos, uno de días de pastoreo (1 a 28) y otro de días de descanso (0 a 56), en una mezcla compuesta de gramíneas y leguminosas, entre ellas *C. pubescens*. Después de 2 años, los días de pastoreo ejercieron un efecto insignificante sobre la cantidad de leguminosa en la pastura, pero la duración del período de descanso tuvo un efecto muy grande. La producción de leguminosa fue favorecida por un acortamiento del período de descanso, y se recomendaron períodos de descanso moderado del orden de 28 días. La duración del período de descanso tiene particular importancia para las especies anuales de *Centrosema*, porque en ellas una adecuada floración y producción de semilla es esencial para su persistencia. El uso de especies de *Centrosema* en otros sistemas de manejo ha sido tratado por Lascano et al. (esta obra).

Digitized by Google

Investigaciones Futuras

En años recientes, muchas especies de *Centrosema*, aparte de *C. pubescens*, han mostrado un buen potencial forrajero. Se necesita, sin duda, hacer más investigaciones sobre las prácticas de establecimiento y sobre los efectos de los factores de manejo en estas 'nuevas' especies.

Probablemente no se necesiten estudios detallados sobre los métodos de escarificación. Se puede extrapolar gran parte de la experiencia obtenida, y los métodos actuales parecen ser aplicables a varias especies de *Centrosema*. Deben continuarse los estudios de inoculación, cuya investigación básica se hará en los centros principales. Las nuevas cepas y la nueva tecnología pueden probarse más tarde, lejos de dichos centros, en ensayos regionales de evaluación.

Las malezas son un gran problema durante el establecimiento, especialmente en ecosistemas de bosque. Se requiere investigación para identificar opciones efectivas y de bajo costo para el control de malezas en estas regiones. Los aplicadores de herbicidas de boca ancha han dado buenos resultados en estas zonas y deben continuar (P. Argel, comunicación personal). La siembra dentro de los cultivos anuales ofrece varias ventajas para el establecimiento de las pasturas, y se debe investigar con diferentes especies de *Centrosema*. Es necesario también hacer estudios de fertilización en que se definan los requerimientos nutricionales para el establecimiento y el mantenimiento de la productividad de las 'nuevas' accesiones en los principales suelos. Estos estudios son de especial importancia, dado el rango extremadamente amplio de adaptación al suelo que existe dentro del género *Centrosema*. También se requiere información sobre la mejor manera de aplicar el fertilizante, y sobre lo aconsejable de hacer aplicaciones fraccionadas.

Quizás la mayor brecha en nuestro conocimiento de *Centrosema* se refiera a los efectos de los factores de manejo. Se necesita información básica sobre la respuesta de las pasturas a los factores de manejo, que nos proporcione un marco adecuado para desarrollar una estrategia de manejo del pastoreo, aplicable a una amplia variedad de condiciones climáticas y edáficas. La persistencia se ve notablemente afectada por la carga animal o la presión de pastoreo. Sin embargo, la importancia del sistema de

Digitized by Google

pastoreo no es, actualmente, muy clara. Es probable que algunas especies persistan mejor bajo pastoreo intermitente que bajo pastoreo continuo. En consecuencia, se deben emprender experimentos a largo plazo diseñados para probar el efecto de los sistemas de pastoreo y su interacción con la carga animal o las presiones de pastoreo. Si se necesitan sistemas de pastoreo no continuos, será necesario definir las combinaciones óptimas de los períodos de pastoreo y de descanso.

Referencias

Adegbola, A. A. 1964. Forage crop research and development in Nigeria. Nigerian Agric. J. 1:34-39.

Akinola, J. O. 1981. Growth of signal grass (*Brachiaria decumbens*) alone and with legumes in northern Nigeria. Trop. Grassl. 15(3):130-134.

Andrade, I. F. y Ferreira, J. G. 1981. Introdução de leguminosas tropicais em pastagem estabelecida de capim-Jaraguá. Rev. Soc. Bras. Zootec. 10(3):427-449.

Bogdan, A. V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. Longman Group, Londres, Inglaterra. 475 p.

Bowen, G. D. y Kennedy, M. M. 1961. Heritable variation in nodulation of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 18:161-170.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). [1984]. Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 387 p.

_____ . [1985]. Informe anual 1984: Programa de Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 5. Cali, Colombia. 279 p.

_____ . 1986. Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. 408 p.

_____ . 1987. Informe anual 1986: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 24. Cali, Colombia. 348 p.

Clements, R. J.; Winter, W. H.; y Reid, R. 1984. Evaluation of some *Centrosema* species in small plots in northern Australia. Trop. Grassl. 18(2):83-91.

Digitized by Google

Colozza, M. T. y Werner, J. C. 1982. Peletização com inoculante, molibdênio e hiperfosfato combinados com adubação fosfatada, no estabelecimento da centrosema em solo de cerrado. Bol. Ind. Anim. 39(2):117-130.

Couto, W. y Sanzonowics, C. 1983. Soil nutrient constraints for legume-based pastures in the Brazilian Cerrados. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 320-323.

de Mattos, H. Barbosa; Pedreira, J. V. Silveira; y Melotti, L. 1978. Efeito do pastejo na persistencia de algumas leguminosas de clima tropical. Bol. Ind. Anim. 35(1):81-87.

Döbereiner, J. y Aronovich, S. 1966. Efeito da calagem e da temperatura do solo na fixação de nitrogênio de *Centrosema pubescens* Benth. em solo com toxidez de manganês. En: Proceedings of the IX International Grassland Congress, São Paulo, Brasil, 1965. 2 vols. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Vol. 2, p. 1121-1124.

Dudar, Y. A. 1982. Nota técnica acerca de la dinámica de germinación en semillas de leguminosas. Pastos Forrajes (Cuba) 5(1):39-47.

Fox, R. L.; Hashimoto, R. K.; Thompson, J. R.; y de Peña, R. S. 1974. Comparative external phosphorus requirements of plants growing in tropical soils. En: Proceedings of the X International Congress of Soil Science, Moscú, URSS. 4 vols. Vol. 4, p. 232-239.

Giraldo, H. y Toledo, J. M. [1986]. Compatibilidad y persistencia de gramíneas y leguminosas bajo pastoreo en pequeñas parcelas. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 1079-1083.

Gomes, D. T. 1978. Establishment methods and comparative persistence of five tropical legumes in grass sods. Tesis (Ph.D.). University of Florida, Gainesville, FL, E.U. 145 p.

Grof, B. 1981. The performance of *Andropogon gayanus*-legume associations in Colombia. J. Agric. Sci. 96(parte 1):233-237.

_____. 1986. Forage potential of some *Centrosema* species in the Llanos Orientales of Colombia. Trop. Grassl. 20(3):107-112.

Digitized by Google

Hudgens, R. E. 1973. The compatability, persistence, and nutritive value of grass-legume associations in the wet-dry tropics of coastal Ecuador. Tesis (M.Sc.). University of Florida, Gainesville, FL, E.U. 122 p.

Humphreys, L. R. 1980. A guide to better pastures for the tropics and sub-tropics. 4a. ed. rev. Wright, Stephenson & Co., Silverwater, N.S.W., Australia. 96 p.

Jamieson, G. I. 1969. Effect of superphosphate application rate on pasture establishment on Queensland's wet tropical coast. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 26(4):529-536.

Jones, R. M. y Clements, R. J. 1987. Persistence and productivity of *Centrosema virginianum* and *Vigna parkeri* cv. Shaw under grazing on the coastal lowlands of south-east Queensland. Trop. Grassl. 21(2):55-64.

Kornelius, E.; Saueressig, M. G.; y Goedert, W. J. 1979. Establecimiento y manejo de praderas en los Cerrados del Brasil. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 159-179.

Kretschmer, A. E., Jr. 1971. New legumes for the Latin American tropics. Report no. 71-3. Agricultural Research Center, University of Florida, Fort Pierce, FL, E.U. p. 11-15 a 11-31. (Mecanografiado.)

Lazier, J. R. 1980. Productivity of four commercial forage legumes and two native lines under clipping in Belize, C.A. Trop. Agric. (Trinidad) 57(4):343-351.

León, L. A. y Toledo, J. M. 1982. El fósforo, elemento clave para las pasturas en la Amazonia. Suelos Ecuat. 12(2):246-269.

Lourenço, A. J.; Matsui, E.; y Delistoianov, J. 1981. Avaliação de forragem selecionada por bovinos em pastagem consorciada com diferentes lotações utilizando-se dados de $\delta^{13}C$. Bol. Ind. Anim. 38(2):145-153.

_____ ; Sartini, H. J.; y Santamaría, M. 1976. Efeito do fogo em pasto de capim-Jaraguá, *Hyparrhenia rufa* Ness, consorciado com uma mistura de leguminosas tropicais. Bol. Ind. Anim. 33(2):243-249.

Lumbantobing, T. y Syamsuddin, E. 1984. The use of pre-emergence herbicides for legume cover crop establishment in oil palm plantations. Pusat Penelitian Marihat (Indonesia) 4(3):52-68.

Digitized by Google

Mastrocola, M. A.; Paulino, V. Tadeu; de Almeida, J. E.; Cruz, L. Souza Paes; y dos Santos, C. A. Lobato. 1983. Sensibilidade de leguminosas forrageiras a herbicidas em pós-emergência. Bol. Ind. Anim. 40(1):159-168.

Meléndez, F.; González, A.; y Pérez, J. 1976. Evaluación de roca fosfórica y molibdeno para el establecimiento de *Centrosema pubescens* en suelos de sabana. Agric. Trop. (México) 1(1):64-72.

Mott, J. J. 1982. Fire and the survival of *Stylosanthes* spp. in the dry savanna woodlands of the Northern Territory. Aust. J. Agric. Res. 33(2):203-211.

Murphy, H. E.; Edwards, D. G.; y Asher, C. J. 1984. Effects of aluminium on nodulation and early growth of four tropical pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 35(5):663-673.

Nada, Y. y Sirikiratayanond, N. 1979. Studies on the establishment of mixed pastures in Thailand. J. Jpn. Soc. Grassl. Sci. 24(4):325-330.

Norris, D. O. 1971. Seed pelleting to improve nodulation of tropical and sub-tropical legumes; 2: The variable response to lime and rock phosphate pelleting of eight legumes in the field. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 11(50):282-289.

Odu, C. T. I.; Fayemi, A. A.; y Ogunwale, J. A. 1971. Effect of pH on the growth, nodulation and nitrogen fixation of *Centrosema pubescens* and *Stylosanthes gracilis*. J. Sci. Food Agric. 22(2):57-59.

Partridge, I. J. 1979. Evaluation of herbage species for hill land in the drier zones of Viti Levu, Fiji. Trop. Grassl. 13(3):135-139.

Pedreira, J. V. Silveira; de Mattos, H. Barbosa; Melotti, L.; y de Campos Júnior, H. Machado. 1975. Estimativas da capacidade de suporte de capins consorciados com leguminosas. Bol. Ind. Anim. 32(2): 281-292.

Pedrosa, A. Calheiro y da Rocha, G. Leme. 1977. Efeitos da profundidade de semeadura, adubação e compactação, na emergência e estabelecimento de centrosema (*Centrosema pubescens* Benth., linhagen IPEACS-5.1). Bol. Ind. Anim. 34(2):263-299.

Phipps, R. H. 1973. Methods of increasing the germination percentage of some tropical legumes. Trop. Agric. (Trinidad) 50(4):291-296.

Digitized by Google

Rika, I. K.; Nitis, I. M.; y Humphreys, L. R. 1981. Effects of stocking rate on cattle growth, pasture production and coconut yield in Bali. Trop. Grassl. 15(3):149-157.

Risopoulos, S. A. 1966. Management and use of grasslands: Democratic Republic of the Congo. FAO pasture and fodder crop studies no. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 150 p.

Roberts, C. R. 1980. Effect of stocking rate on tropical pastures. Trop. Grassl. 14(3):225-231.

Salinas, J. G. 1984. Necesidad de mejorar los procedimientos de evaluación del fósforo en suelos ácidos e infértiles de América tropical. En: Ricaldi, V. y Escalera, S. (eds.). La roca fosfórica, fertilizante directo de bajo costo. Memorias de la Conferencia Latinoamericana de Roca Fosfórica, octubre 1983. Grupo Latinoamericano de Investigadores de Roca Fosfórica (GLIRF), Cochabamba, Bolivia. Vol. 2, p. 395-420.

Santillán, R. A. 1983. Response of a tropical legume-grass association to systems of grazing management and levels of phosphorus fertilization. Tesis (Ph.D). University of Florida, Gainesville, FL, E.U. 170 p.

Serpa, A. 1966. Melhoramento da *Centrosema pubescens* Benth.; I: Obtenção de variedades de sementes permeáveis. En: Proceedings of the IX International Grassland Congress, São Paulo, Brasil, 1965. 2 vols. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil. Vol. 1, p. 171-174.

Skerman, P. J. 1977. Tropical forage legumes. FAO plant production and protection series no. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 609 p.

Smith, M. A. y Whiteman, P. C. 1985. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands; 3: Comparison of existing mixtures with koronivia (*Brachiaria humidicola*) and with natural pastures. J. Agric. Sci. 104(parte 1):181-189.

Snyder, G. H. y Kretschmer, A. E., Jr. 1983. Liming for tropical legume establishment and production. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 302-305.

Digitized by Google

Spain, J. M. 1979. Establecimiento y manejo de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 181-189.

_____ . (ed.). 1983. Recomendaciones generales para el establecimiento y mantenimiento de pastos en la zona de Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 30 p.

_____ ; Pereira, J. M.; y Gualdrón, R. 1985. A flexible grazing management system proposed for the advanced evaluation of associations of tropical grasses and legumes. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, agosto 1985, Kyoto, Japón. Science Society of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 1153-1155.

_____ y Salinas, J. G. 1985. El reciclaje de nutrimentos en pastos tropicales. Programa de Pastos Tropicales, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 47 p. (Mecanografiado.) (Publicado también en portugués por CEPLAC, Itabuna, BA, Brasil.)

Stockwell, T. G. H.; Clements, R. J.; Calder, G. J.; y Winter, W. H. 1986. Evaluation of bred lines of *Centrosema pascuorum* in small plots in north-west Australia. Trop. Grassl. 20(2):65-69.

't Mannetje, L.; Jones, R. J.; y Stobbs, T. H. 1976. Pasture evaluation by grazing experiments. En: Shaw, N. H. y Bryan, W. W. (eds.). Tropical pasture research: Principles and methods. Commonwealth Bureau of Pastures and Field Crops bulletin 51. Commonwealth Agricultural Bureaux (CAB), Farnham Royal, Inglaterra. p. 194-234.

Teitzel, J. K. y Burt, R. L. 1976. *Centrosema pubescens* in Australia. Trop. Grassl. 10(1):5-14.

Thomas, D. 1975. Grass-legume establishment under maize: A new technique for the tropics. Span Prog. Agric. 18(2):80-82.

Digitized by Google

_____. 1985. Pasture evaluation and seed production studies in the isothermic savannas of Brazil: A final report of studies conducted from 1978 to 1985 in collaborative project IICA-EMBRAPA-CIAT at the Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) of EMBRAPA, Planaltina, DF, Brasil. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 103 p.

Toledo, J. M. y Morales, V. A. 1979. Establecimiento y manejo de praderas mejoradas en la Amazonia peruana. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 191-209.

Valenti, G. y Guzmán, P. 1984. Evaluación preliminar de cuatro asociaciones de gramíneas y leguminosas y tres métodos de establecimiento. En: Instituto de Producción Animal; informe anual 1983. Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela. p. 90-91.

Veláquez, E. R. y Bryan, W. B. 1975. Pasture and livestock investigations in the humid tropics Orinoco Delta-Venezuela; III: Grass-legume associations. Bulletin 44. IRI Research Institute, Nueva York, NY, E.U. 26 p.

Waidyanatha, U. P. de S.; Wijesinghe, D. S.; y Stauss, R. 1984. Zero-grazed pasture under immature *Hevea* rubber: productivity of some grasses and grass-legume mixtures and their competition with *Hevea*. Trop. Grassl. 18(1):21-26.

Williams, J. y Gardener, C. J. 1984. Environmental constraints to growth and survival of *Stylosanthes*. En: Stace, H. M. y Edye, L. A. (eds.). The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, North Ryde, N.S.W., Australia. p. 181-201.

Wong, C. C. y 't Mannetje, L. 1981. Productivity and compatibility of pasture grasses and legumes in Peninsular Malaysia. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 9(1):1-13.

Zimmer, A. H.; Pimentel, D. M.; do Valle, C. B.; y Seiffert, N. F. 1983. Aspectos prácticos ligados à formação de pastagens. Circular técnica no. 12. Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Campo Grande, MS, Brasil. 42 p.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 343-373).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 11

Valor Nutritivo de *Centrosema* y Producción Animal

C. E. Lascano, J. K. Teitzel y Eng Pei Kong*

Resumen

El valor nutritivo de las especies de *Centrosema* es tan alto como el de otras leguminosas forrajeras tropicales de importancia económica o mayor que el de algunas de ellas. Hay variación en la calidad del forraje, tanto entre las especies de *Centrosema* como dentro de ellas; por ejemplo, en su contenido de proteína, en su digestibilidad y en su palatabilidad. Al parecer, las especies de *Centrosema* no contienen factores que, como los taninos, limiten la calidad del forraje a niveles que reduzcan significativamente la digestibilidad o que afecten la aceptabilidad de la planta por el animal.

En las regiones tropicales húmedas, en suelos de fertilidad natural intermedia, las pasturas basadas en *C. pubescens* pueden producir un aumento anual de 500 a 600 kg de peso vivo por hectárea, cuando se manejan de manera adecuada y se les aplican los nutrimentos necesarios. Este alto nivel de producción animal se puede obtener también con *C. macrocarpum*, *C. acutifolium* y *C. brasilianum*, especies adaptadas a los suelos ácidos de baja fertilidad natural de las regiones tropicales húmedas. En las regiones tropicales consideradas de subhúmedas a secas, en suelos

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; Innisfail, Qld., Australia; y Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kluang, Johor, Malaysia, respectivamente.

Digitized by Google

de baja fertilidad, la producción animal potencial de las especies de *Centrosema* es de 200 a 300 kg/ha por año.

Las especies de *Centrosema* se emplean en los sistemas de producción de muy diversos modos, ya sea como suplemento para pastos nativos en los sistemas extensivos de producción pecuaria, o como cultivo intensivo en sistemas agrícolas y en plantaciones de especies arbóreas. Además, las pasturas en que se asocian especies de *Centrosema* y gramíneas se pueden integrar en sistemas de producción con pasturas de gramíneas solas que se fertilizan con nitrógeno; así se reducen al mínimo las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad de forraje que resultan de cambios del ambiente tales como épocas frías o secas.

Introducción

El valor nutritivo de una planta forrajera depende de la cantidad consumida y del nivel de nutrimentos esenciales que la planta suministra al animal. Puesto que el consumo y la composición nutricional de la planta varían con las condiciones climáticas, con la fertilidad del suelo y con la edad, es difícil clasificar las especies forrajeras según su valor nutritivo, a menos que se cultiven en un mismo ambiente. En forma similar, es difícil comparar, en términos reales o absolutos, los diversos datos de producción animal de los ensayos de pastoreo hechos en diversas localidades donde los tipos de suelo, los insumos de fertilización y los tratamientos de manejo del pastoreo son diferentes. Se resumirá, no obstante, en este capítulo la información disponible sobre la calidad forrajera de *Centrosema*, sobre la producción animal obtenida en las pasturas que contienen *Centrosema*, y sobre la integración de estas pasturas en diferentes sistemas de producción.

Calidad del Forraje de *Centrosema*

Diferencias entre *Centrosema* y otras leguminosas tropicales

El valor nutritivo de *C. pubescens* (la línea comercial se denomina centro) está bien documentado en la literatura. Centro tiene generalmente un alto contenido de proteína cruda (PC)

Digitized by Google

(17% a 25%), pero su digestibilidad es intermedia (50% a 55%). En pocos estudios se ha comparado el valor nutritivo del forraje de las especies de *Centrosema* con el de otras leguminosas tropicales cultivadas bajo las mismas condiciones. En el Cuadro 1 se resumen estudios en que se han comparado varias leguminosas tropicales respecto a la PC y a la digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), en tejidos de edad similar. En el estudio de Abaunza Amador (1982), el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 tuvo un alto nivel de proteína (30%) pero una digestibilidad intermedia (54%) en el tejido foliar, en comparación con las otras leguminosas del experimento. En forma similar, Reid et al. (1973) encontraron que centro tenía una digestibilidad inferior a la de *Macroptilium atropurpureum* y de *Pueraria phaseoloides*. Otras especies de *Centrosema*, como *C. macrocarpum* y *C. arenarium*, presentan

Cuadro 1. Proteína cruda (PC) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de algunas especies de leguminosas, incluyendo *Centrosema*, en estados similares de madurez.

Leguminosa	PC (%)	DIVMS (%)	Estado de madurez	Fuente
Centrosema pubescens	—	57	Promedio de cortes cada 5, 8, 12 y 16 semanas	Reid et al., 1973
Desmodium intortum	—	54		
Macroptilium atropurpuerum	—	62		
Pueraria phaseoloides	—	62		
Centrosema híbrido (438)[a]	30	54	Promedio de cortes foliares cada 3, 6, 9, 12 y 15 semanas	Abaunza Amador, 1982
Zornia sp. (9648)	31	71		
Stylosanthes guianensis (184)	24	61		
S. hamata (147)	23	69		
S. capitata (1315)	21	59		
D. ovalifolium (350)	17	39		
Aeschynomene histrix (9690)	31	66		
P. phaseoloides (9900)	28	59		
C. macrocarpum (5065)	30	66	Cortes foliares en estado maduro	CIAT, 1984
C. arenarium (5236)	24	60		
D. ovalifolium (350)	17	44		
Rhynchosia reticulata (8173)	22	46		
Dioclea guianensis (9311)	18	43		
C. virginianum	21	56	Cortes foliares verdes, promedio de 3 años	Jones y Clements, 1987
Vigna parkeri	26	61		

a. Los valores entre paréntesis son los números de las accesiones del CIAT.

Digitized by Google

altos niveles de proteína y una alta DIVMS, especialmente cuando se comparan con leguminosas que contienen taninos, como *Desmodium ovalifolium*, *Rhynchosia reticulata* y *Dioclea guianensis* (CIAT, 1984). Los trabajos de Jones y Clements (1987) indican que *Vigna parkeri* contiene más PC, es más digestible y tiene mayores niveles de fósforo (P) que *C. virginianum*.

La composición mineral de *C. pubescens* común también ha sido muy estudiada, y los resultados obtenidos indican que la concentración de los principales elementos nutritivos en centro satisface los requerimientos animales (Wilson et al., 1981).

Obviamente, esto cambia con el estado de fertilidad del suelo dentro de los sitios o entre ellos. Abaunza Amador (1982) encontró que los niveles de P y S de las hojas de *Centrosema* híbrido CIAT 438 fueron, en promedio, 0.26% y 0.30%, respectivamente; estos porcentajes son mayores que los de *Stylosanthes* spp. (0.17% de P y 0.25% de S) y que los de *D. ovalifolium* (0.15% de P y 0.18% de S).

En la literatura hay pocos estudios sobre el consumo voluntario de *Centrosema* spp. comparado con el de otras leguminosas tropicales. En la estación del CIAT en Quilichao se encontró que el consumo de *C. macrocarpum* CIAT 5065 en ovinos alojados en jaulas metabólicas fue 15% mayor que el de *Stylosanthes macrocephala* CIAT 1643 y 41% mayor que el de *S. guianensis* var. *pauciflora* CIAT 1283 (Villaquirán y Lascano, 1986). El mayor consumo voluntario de *C. macrocarpum* se asoció con su mayor cantidad de hojas (43%) en comparación con la cantidad de hojas de *S. macrocephala* (17.5%) y la de *S. guianensis* var. *pauciflora* (35%). La digestibilidad in vivo de la materia seca también fue mayor en *C. macrocarpum* (64.5%) que en las otras dos leguminosas (46% y 55.5% para *S. macrocephala* y *S. guianensis* var. *pauciflora*, respectivamente).

Diferencias entre especies de *Centrosema*

Hay pocos estudios sobre el valor nutritivo de diferentes especies de *Centrosema* en condiciones similares. En una revisión reciente de nueve especies de *Centrosema* (Cuadro 2), el contenido de PC del tejido foliar joven fue alto en todas las especies, y varió de 22.6% en *C. acutifolium* CIAT 5568 a 29.6% en *C. pubescens* CIAT 5189. Los valores de digestibilidad in vitro también fueron

Digitized by Google

altos, y variaron de 60.2% en *C. acutifolium* CIAT 5568 a 72.2% en *C. macrocarpum* CIAT 5065 y 74.6% en *C. acutifolium* CIAT 5277. Los altos valores de digestibilidad observados se asociaron con los bajos niveles de taninos; éstos reducen la digestibilidad de varias leguminosas tropicales (Ford, 1978; Hutton y Coote, 1966; Lascano y Salinas, 1982). La baja concentración de taninos de algunas especies de *Centrosema* (*C. arenarium* y *C. macrocarpum*) se ha asociado también con una alta tasa de degradación ruminal de su fracción nitrogenada en comparación con leguminosas de alto contenido de taninos, como *D. ovalifolium*, *R. reticulata* y *D. guianensis* (CIAT, 1984).

Considerando otros resultados, que se resumen en el Cuadro 3, se infiere que algunas especies de *Centrosema* tienen un coeficiente de digestibilidad y un contenido de proteína tan altos como los de *C. pubescens* común o mayores que éstos. La digestibilidad de *C. brasilianum*, *C. acutifolium*, *C. macrocarpum*, *C. arenarium* y *C. plumieri* es mayor que la de centro. Los valores del contenido de proteína observados varían de 15% en *C. pascuorum* a 34% en *Centrosema* híbrido.

En pasturas de los Llanos Orientales de Colombia, en las cuales el pastoreo se manejaba de manera similar, los niveles de proteína

Cuadro 2. Contenido de proteína cruda (PC), digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS), y contenido de taninos en las hojas del forraje inmaduro de *Centrosema*.

Especie[a]	Accesión CIAT no.	PC (%)	DIVMS (%)	Taninos[b] (%)
C. acutifolium	5277	24.9	74.6	0.10
C. acutifolium	5568	22.6	60.2	2.10
C. arenarium	5236	25.7	63.3	0.19
C. brasilianum	5234	27.3	71.6	0.12
C. macrocarpum	5065	26.4	72.2	0.23
C. pascuorum	5230	27.1	63.8	0.11
C. pubescens	5189	29.6	66.7	0.11
C. schiedeanum	5920	25.9	71.1	—
C. tetragonolobum	15087	28.0	64.8	4.00
C. vexillatum	15055	27.8	64.8	4.00

a. Muestras tomadas 6 meses después de la siembra.
b. Método vanilina-HCl.

FUENTE: CIAT, información no publicada.

Digitized by Google

Cuadro 3. Contenido de proteína cruda (PC) y digestibilidad in vitro de la materia seca (DIVMS) de algunas especies de *Centrosema*.

Especie[a]	PC (%)	DIVMS (%)	Observaciones	Fuente
C. pubescens	17-25	45-65	Rango de valores tomado de la revisión de literatura	
Centrosema híbrido (438)[a]	26-34	46-61	Cortes foliares de 3 a 15 semanas de rebrote	Abaunza Amador, 1982
C. plumieri	—	59-70	Cortes de la planta entera de 4 a 20 semanas de rebrote	Reid et al., 1973
C. virginianum	—	54-59	Cortes foliares	Clements, 1977
C. pascuorum	15	—	Cortes de la planta entera, promedio de 10 accesiones	Clements et al., 1984
C. brasilianum	23-29	48-56	Cortes foliares, a 3 meses del rebrote, rango obtenido en 7 ecotipos	Belalcázar y Schultze-Kraft, 1986
C. arenarium (5236)	24	60	Cortes foliares, a 6 meses del rebrote	CIAT, 1984
C. macrocarpum (5065)	25	58	Cortes foliares, planta madura	Villaquirán y Lascano, 1986
C. brasilianum (5234)	20	42	Cortes de la planta entera, leguminosas asociadas con gramíneas y bajo pastoreo	CIAT, 1987
C. macrocarpum (5452)	25	46		
C. acutifolium (5277)	30	47		
C. pubescens (centro)	26	52	Promedio de 8 cosechas a intervalos de 3 meses para PC, y 1 cosecha para DIVMS (tejido foliar)	Schultze-Kraft et al., 1985
C. acutifolium	25	58		
C. brasilianum	23	58		
C. macrocarpum	24	55		
C. pubescens	26	54		
C. arenarium	25	56	Tejido de 3 meses de rebrote	R. Schultze-Kraft, comunicación personal
C. brachypodum	26	57		

a. Los valores entre paréntesis se refieren a los números de accesión del CIAT.

Digitized by Google

de *C. acutifolium* CIAT 5277 fueron similares a los de *C. macrocarpum* CIAT 5452, pero siempre mayores que los de *C. brasilianum* CIAT 5234. Estas diferencias se asociaron con la fuerte infestación que sufrió *C. brasilianum* por el añublo foliar (*Rhizoctonia* spp.) durante la estación lluviosa (CIAT, 1987).

El contenido mineral de las especies *C. pascuorum*, *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* es similar al de centro (Clements et al., 1984; R. Schultze-Kraft, comunicación personal).

Diferencias entre accesiones de especies de *Centrosema*

Debido a la evaluación y selección de "nuevas" especies de *Centrosema* en Australia y Colombia, se ha confirmado el interés de determinar las diferencias de valor nutritivo entre las accesiones o ecotipos. En un estudio hecho en Australia con 19 accesiones de *C. virginianum* se encontraron diferencias significativas en cuanto a la digestibilidad de hojas y tallos (Clements, 1977). En un estudio posterior, Clements et al. (1984) evaluaron 10 accesiones de *C. pascuorum* en el norte de Australia y hallaron pequeñas diferencias en el contenido de proteína y de minerales entre esas accesiones.

En Colombia, Schultze-Kraft et al. (1985) evaluaron ocho accesiones de *C. macrocarpum* y hallaron que el contenido de PC variaba de 25% a 28% y la DIVMS de 49% a 53% en hojas de 3 meses de edad. Schultze-Kraft y Belalcázar (1988) evaluaron 130 accesiones de *C. brasilianum* y encontraron que el nivel de PC en tejidos de 3.5 meses de edad variaba de 11.8% a 19.6%, y que esos valores seguían una distribución normal; la mayoría de las accesiones (75%) quedaron dentro del rango de 15.8% a 19.6% de proteína. En otro estudio, Belalcázar y Schultze-Kraft (1986) determinaron el contenido de PC y la DIVMS del tejido foliar de siete ecotipos de *C. brasilianum* que representaban la amplia distribución geográfica de esa especie. Los niveles proteínicos resultaron bajos en *C. brasilianum* CIAT 5234 (22.5%), en comparación con los de otros seis ecotipos que fueron, en promedio, de 27.4%. La DIVMS durante la estación húmeda fue la más baja (43.7%) en CIAT 5588, accesión que fue también muy susceptible a

Digitized by Google

Rhizoctonia; los demás ecotipos tuvieron, en promedio, una digestibilidad de 49.7%. Los niveles de P y Ca, que fueron similares en los siete ecotipos, llegaron, en promedio, a 0.27% y 0.68%, respectivamente.

Schultze-Kraft et al. (1987) hallaron en tejidos de *C. acutifolium* de edad similar que los ecotipos de la variedad "*orinocense*", como la accesión CIAT 5277, han dado sin excepción mayor digestibilidad (66%) y mayor contenido de proteína (29%) que los ecotipos de la variedad "*matogrossense*", como CIAT 5568 (57% y 24%, respectivamente). Esta diferencia es frecuente y se explica probablemente por la mayor concentración de taninos que tiene esta última variedad, CIAT 5568 (Cuadro 2).

En general, según los escasos datos disponibles, el forraje de *Centrosema* tiene un valor nutritivo tan alto como el de otras leguminosas tropicales, o mayor que el de ellas. El género *Centrosema* parece tener mayor concentración de nutrimentos y mayor digestibilidad que las especies de *Stylosanthes* y de *Desmodium,* que son de importancia económica en muchas regiones tropicales y subtropicales. Además, parece que hay variación en el nivel de proteína y en la digestibilidad entre las especies de *Centrosema* y aun dentro de ellas. Sin embargo, no hay certeza de que dichas diferencias, per se, se reflejen en el comportamiento animal cuando las leguminosas están mezcladas con gramíneas. Otros atributos, como el consumo asociado con la aceptabilidad de la planta por el animal en pastoreo y la fijación del nitrógeno, se relacionarían más con la producción animal en situaciones de pastoreo.

La evidencia disponible indica que el forraje de *Centrosema* no tiene factores que demeriten su calidad, como los taninos, en niveles que afecten su digestibilidad o su palatabilidad. Esto sugiere que el mejoramiento orientado al aumento del valor nutritivo de *Centrosema* spp. no debe recibir una alta prioridad en los programas actuales.

Palatabilidad del Forraje de *Centrosema*

El término "palatabilidad relativa" ha sido usado por varios autores para referirse a la aceptabilidad general de una especie forrajera por los animales en pastoreo, cuando se les ofrece la oportunidad de

Digitized by Google

seleccionar su dieta. En este campo sólo se han publicado unos pocos estudios sobre especies de *Centrosema*, los que generalmente describen experimentos de pastoreo de tipo 'cafetería'. En un estudio inicial, Warmke et al. (1952) evaluaron 11 leguminosas tropicales por su palatabilidad relativa en una prueba de 'cafetería'; entre ellas, centro se clasificó en cuarto lugar de preferencia, lo que indica que esta leguminosa no tiene problemas de aceptabilidad. Más recientemente, Abaunza Amador (1982) halló que *Centrosema* híbrido CIAT 438 tenía menor preferencia relativa que *Stylosanthes capitata*, pero mayor que *Desmodium ovalifolium* y *Dioclea guianensis*.

En el CIAT se han realizado estudios de palatabilidad con otras especies de *Centrosema*, y algunos de los resultados han sido publicados (Lascano et al., 1985). En estos estudios se encontraron, en las épocas seca y húmeda, que los índices de palatabilidad de *C. macrocarpum* CIAT 5065 fueron mayores que los de otras leguminosas como *Desmodium ovalifolium*, *Centrosema arenarium*, *Dioclea guianensis*, *Calopogonium caeruleum* y *Rhynchosia reticulata*. Sin embargo, *C. arenarium* CIAT 5236 tuvo menor aceptabilidad que *D. ovalifolium* CIAT 350, cuya palatabilidad se considera baja, aunque tuvo mayor aceptabilidad que *D. guianensis*, *C. caeruleum* y *R. reticulata*. En otro ensayo de 'cafetería' (CIAT, 1986), la preferencia relativa por *C. acutifolium* CIAT 5568 en las épocas seca y húmeda fue mucho mayor que la de *Zornia* sp., *Z. glabra*, *Desmodium velutinum*, *Stylosanthes guianensis*, *S. viscosa*, *Tadehagi* sp. y *Flemingia macrophylla*. Esta alta aceptabilidad relativa de *C. acutifolium* se comprobó en un ensayo posterior en que estaban *D. ovalifolium*, *D. heterocarpon*, *D. strigillosum*, *Tadehagi* sp., *Phyllodium* sp. y *Dendrolobium* sp. (R. Schultze-Kraft, comunicación personal).

La evidencia disponible indica que hay diferencias de palatabilidad entre las especies de *Centrosema*. Hay especies altamente palatables como *C. pubescens*, *C. macrocarpum* y *C. acutifolium*, y también especies no palatables, como *C. arenarium*.

Es necesario hacer más estudios sobre la palatabilidad de *Centrosema* spp. que permitan identificar los usos alternativos que pueden darse a las nuevas especies de *Centrosema* en diferentes sistemas de pasturas y de producción.

Digitized by Google

Pastoreo Selectivo en Pasturas con *Centrosema* spp.

Se acepta generalmente que, en pasturas de gramíneas y leguminosas, los animales prefieren estas últimas durante la estación seca del año (Böhnert et al., 1985; Gardener, 1980; Hunter et al., 1976) o cuando la calidad de la gramínea acompañante disminuye (Lascano et al., 1981).

En ensayos de pastoreo establecidos en pequeñas parcelas se ha demostrado que el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 asociado con *Andropogon gayanus*, *Brachiaria decumbens* y *Panicum maximum* es más consumido por los animales hacia finales del período de pastoreo (11% en la dieta) que al comienzo de éste (1.4%) (Lascano et al., 1981). En un ensayo de pastoreo, en los Llanos Orientales de Colombia, *C. acutifolium* CIAT 5277 y CIAT 5568 asociadas con *A. gayanus* han sido pastoreadas de preferencia en la época seca, sin que importe el tratamiento de manejo del pastoreo que se aplique en el ensayo (CIAT, 1987). Durante la época lluviosa, el porcentaje de leguminosa presente en la dieta de animales del ensayo fue, en promedio, de 5%, y aumentó a 76% durante la estación seca. En otro ensayo de pastoreo con las asociaciones *A. gayanus-C. macrocarpum* CIAT 5713 y *A. gayanus-C. acutifolium* CIAT 5568 y CIAT 5277, el índice de selección, es decir, el porcentaje de leguminosa en la dieta sobre el porcentaje de leguminosa en oferta, para *C. acutifolium* fue 0.14 en el período de máxima precipitación, y aumentó a 2.1 en la época seca. En forma similar, el índice de selección para *C. macrocarpum* fue 0.90 en la estación húmeda y aumentó a 1.4 en el período seco del año (CIAT, 1987). El mayor índice de selección de *C. macrocarpum* durante la estación lluviosa, en comparación con el de *C. acutifolium*, puede reflejar una mayor palatabilidad de la primera especie, aunque también mayor porcentaje de ella en el forraje en oferta.

Se espera que haya diferencias en selectividad durante el pastoreo cuando se comparan bovinos con ovinos; en Quilichao, Colombia, en una mezcla de *A. gayanus* y *C. acutifolium* pastoreada separadamente por bovinos y ovinos, se observaron, en corto tiempo, grandes diferencias en el porcentaje de leguminosa de las dos pasturas a causa de los diferentes patrones de selección de los animales. Después de 140 días de pastoreo, *C. acutifolium*

Digitized by Google

desapareció prácticamente de los potreros utilizados por los ovinos, pero persistió en la pastura ocupada por bovinos. Las muestras de la dieta tomadas de bovinos y ovinos fistulados en el esófago que pastoreaban la asociación indicaron que, mientras la dieta seleccionada por los ovinos contenía 36% de leguminosa, la de los bovinos tenía sólo 8% (C. E. Lascano, información no publicada).

En general, en las pasturas asociadas con *Centrosema*, los animales prefieren pastorear la leguminosa en los períodos secos, cuando la calidad de la gramínea acompañante es baja, especialmente en cuanto a su contenido de proteína. Observaciones similares se han hecho en otras pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas tropicales como siratro, kudzú tropical, *S. humilis*, *S. hamata* y *S. capitata*. Estos resultados indican que diversas especies de animales tienen distintos hábitos de selección del forraje de *Centrosema*; los ovinos, por ejemplo, prefieren más la leguminosa que los bovinos.

Producción Animal en Pasturas de *Centrosema*

Aumentos de peso vivo de bovinos en pasturas de centro (*C. pubescens*)

Centrosema pubescens común se cultiva como cobertura del suelo en las plantaciones de especies arbóreas y como forrajera para rumiantes en la zona tropical húmeda del mundo donde hay suelos, como los Inceptisoles, de fertilidad natural intermedia. Se ha logrado ensamblar con éxito pasturas de centro con diversas gramíneas en Africa Oriental, Australia, América tropical, el Sudeste Asiático y la región del Pacífico. La producción anual de peso vivo (PV) animal obtenida en pasturas de centro varía entre 260 y 607 kg/ha (Cuadro 4); resultados similares se han obtenido en las Islas Salomón, Uganda, Brasil, Australia y Filipinas.

Entre los valores de producción animal más altos que se hayan registrado en pasturas con centro, está la cifra de 904 kg/ha de ganancia de PV en Queensland, Australia (Mellor et al., 1973). Este alto nivel de producción se registró en una pastura de centro y *P. maximum* en el primer año de un experimento hecho en un suelo fértil donde el bosque húmedo tropical había sido talado

Digitized by Google

Cuadro 4. Aumento anual de peso vivo (APV) del ganado que pastorea mezclas de gramínea y de *C. pubescens*, principalmente. Se presentan también algunas comparaciones con gramíneas puras fertilizadas con nitrógeno.

Mezcla			Gramínea pura		Fuente
Gramínea[a]	Leguminosa[b]	APV (kg/ha)	Fertilizando con N (kg/ha por año)	APV (kg/ha)	
Ruzi	centro	511	165	650	Mellor et al., 1973
Guinea	centro	450	168	585	Grof y Harding, 1970
Pangola	centro	410	100	531	Aronovich et al., 1970
Pará	centro	305	200	310	Magadan et al., 1974
Guinea + pasto Rhodes + *H. rufa*	centro + stylo	315	140	393	Stobbs, 1969c
Guinea	centro + stylo + kudzú	410	150	665	Eng et al., 1978
Setaria splendida	centro	561	—	—	Bauer, 1984
Setaria kazungula	centro	480	—	—	Bauer, 1984
Napier	centro	475	—	—	Montemayor, 1974
Setaria kazungula	centro + stylo + kudzú	360	—	—	Clayton, 1983
Digitaria transvala	centro + stylo + *Desmodium ovalifolium*	353	—	—	Eng, 1981
Pasto melaza	centro	268	—	—	Sartini et al., 1979
Estrella	centro	260	—	—	Oyenuga y Olubajo, 1966

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 4. Continuación.

Mezcla			Gramínea pura		Fuente
Gramínea[a]	Leguminosa[b]	APV (kg/ha)	Fertilizando con N (kg/ha por año)	APV (kg/ha)	
Estrella	centro	370	—	—	Okorie et al., 1965
Pará	centro + siratro + stylo cv. Endeavour	607	—	—	Watson y Whiteman, 1981a
Pasto braquiaria	centro + siratro + stylo cv. Endeavour	442	—	—	Watson y Whiteman, 1981a
Guinea Hamil	centro + siratro + stylo cv. Endeavour	362	—	—	Watson y Whiteman, 1981a

a. Los nombres científicos de las gramíneas son: ruzi = *Brachiaria ruziziensis*; Guinea = *Panicum maximum*; pangola = *Digitaria decumbens*; Pará = *B. mutica*; pasto Rhodes = *Chloris gayana*; setaria = *Setaria anceps*; napier = *Pennisetum purpureum*; Digitaria transvala = *Digitaria decumbens*; pasto melaza = *Melinis minutiflora*; estrella = *Cynodon plectostachyus*; pasto braquiaria = *Brachiaria decumbens*.

b. Los nombres científicos de las leguminosas son: centro = *Centrosema pubescens*; stylo = *Stylosanthes guianensis*; kudzú = *Pueraria phaseoloides*; siratro = *Macroptilium atropurpureum*.

recientemente. Este elevado aumento inicial de peso vivo se debió a la alta disponibilidad de nitrógeno en el suelo después de la tala del bosque; no puede atribuirse al nitrógeno proveniente de la leguminosa, como lo demuestra el hecho de que al tercer año del experimento la producción había descendido a 558 kg/ha.

Una estimación realista de la productividad de las pasturas de *P. maximum* y centro fue suministrada por un estudio reciente de sistemas de pastoreo realizado durante 12 años en un área donde el bosque tropical lluvioso había sido talado unos 10 a 20 años antes (J. K. Teitzel, información no publicada). En este estudio, las pasturas de pasto Guinea y centro produjeron un aumento anual de peso vivo de 500 a 600 kg/ha, durante los primeros 7 años de

Digitized by Google

pastoreo, antes de que se presentara una fuerte invasión de malezas como resultado del constante aumento de carga animal. Más tarde se redujo la carga animal y se hizo una desyerba, y a ésta siguió un incremento gradual de carga, así: hasta 2.5 animales/ha en pasto Guinea común con centro y a 3.5 animales/ha en pasto Guinea Makueni con centro Belalto. Como resultado, la pastura de pasto Guinea con centro suprimió la maleza y se retornó al nivel anterior de productividad animal. Se considera que esta 'flexibilidad' de la pastura es de importancia comercial.

En otros estudios se han demostrado también niveles de producción, altos y sostenidos, de 500 a 600 kg de PV/ha por año, en pasturas mezcladas que contienen centro (Eng et al., 1978; Rika et al., 1981; Smith y Whiteman, 1985b; Watson y Whiteman, 1981b). En estos estudios se hicieron evaluaciones confiables del estado de la fertilidad del suelo, y se corrigieron las deficiencias minerales. Es posible, por tanto, que los menores niveles de producción observados en otros estudios se relacionen con deficiencias o desajustes minerales.

Los trabajos mencionados en la literatura sugieren, generalmente, que la producción animal, en una gramínea determinada, puede elevarse si se incluye centro solo o en mezcla con otras leguminosas. Sin embargo, frecuentemente se obtienen aumentos adicionales de producción cuando se aplican fertilizantes nitrogenados (Cuadro 4); Grof y Harding (1970), por ejemplo, obtuvieron en Australia incrementos anuales de PV/ha de 37% en una pastura de pasto Guinea y centro, y de 108% en pasto Guinea fertilizado con 168 kg/ha de N, en comparación con el pasto Guinea solo y sin fertilizar.

En otros experimentos se han obtenido aumentos significativos de peso vivo al introducir centro en pasturas de gramíneas mejoradas como el pasto pangola (*Digitaria decumbens*) (Garza Treviño et al., 1978) o en praderas nativas (*Imperata cylindrica*) (Siota et al., 1977). Vilela et al. (1983) hallaron que las tasas de crecimiento de animales que recibían un suplemento de urea y minerales mientras pastoreaban una pastura de gramíneas fueron similares a las de animales que no recibían ningún suplemento y que pastoreaban una mezcla de gramínea-centro-glicine (*Neonotonia wightii*). Ambos grupos de animales

Digitized by Google

presentaron tasas de crecimiento que casi duplicaron las de un grupo sin acceso a suplementos, que pastoreó *B. decumbens* solo.

Por lo tanto, en las regiones tropicales húmedas y en suelos de fertilidad natural intermedia, como los Inceptisoles, las pasturas que contienen centro pueden producir aumentos de PV de 500 a 600 kg/ha al año, y aumentos diarios de 400 a 600 g/animal, según la carga animal. Se pueden obtener además aumentos adicionales de PV si se aplica un fertilizante nitrogenado.

Producción de leche en pasturas que contienen centro (*C. pubescens*)

Los estudios sobre producción de leche de animales que pastorean pasturas con centro son escasos. En Campo Grande, Brasil, Serpa et al. (1973) obtuvieron una producción diaria de leche de 6.9 kg por vaca en una pastura de pasto pangola no fertilizada, de 8.7 kg por vaca en pasto pangola más 140 kg/ha de N, y de 7.9 kg por vaca en pasto pangola mezclado con centro. En Nova Odessa, Brasil, Velloso y de Freitas (1973) obtuvieron una producción diaria de leche de 9.7 kg por vaca en *Pennisetum purpureum* solo; 9.5 kg en *P. purpureum* mezclado con leguminosas, entre ellas centro; 6.8 kg en *Brachiaria mutica* solo; y 7.9 kg en *B. mutica* mezclado con leguminosas, incluyendo centro.

En un suelo ácido y de baja fertilidad natural (Alfisol) de Tarapoto, Perú, en región de bosque húmedo estacional, se midió durante un año la producción de leche en pasturas de *Andropogon gayanus* con *Centrosema* híbrido CIAT 438, y de *Brachiaria decumbens* más 184 kg/ha de N. La producción diaria de leche fue mayor en la primera pastura (10.3 kg) que en la de gramínea fertilizada con nitrógeno (8.4 kg) durante la estación lluviosa; fue similar, en cambio, durante la estación seca (6.7 y 7.3 kg, respectivamente) (R. Pérez y W. López, comunicación personal).

Los resultados sobre producción de leche en pasturas que contienen *Centrosema* concuerdan, en general, con los estudios de campo realizados en Australia por Cowan et al. (1974), quienes encontraron que las vacas Friesian, cuando pastorean especies forrajeras tropicales, producen, en promedio, de 10 a 12 kg de leche por día, las vacas Jersey de 7 a 9 kg por día, y las vacas cruzadas de 6 a 10 kg por día.

Digitized by Google

Aumentos de peso vivo de bovinos en pasturas que contienen otras especies de *Centrosema*

El Programa de Pastos Tropicales del CIAT ha identificado, en los últimos años, especies de *Centrosema* altamente productivas y adaptadas a suelos ácidos de baja fertilidad, como Oxisoles y Ultisoles. Con estas especies se han establecido varias pruebas de pastoreo en Oxisoles de los Llanos Orientales (Carimagua) y en Ultisoles del Valle del Cauca (Quilichao), en Colombia; entre ellas están *C. acutifolium*, *C. macrocarpum* y *C. brasilianum*, que se han asociado con *A. gayanus* y con algunas especies de *Brachiaria*.

En Carimagua se midió la productividad animal en pasturas de *A. gayanus* cv. Carimagua-1 en mezclas con *C. macrocarpum* CIAT 5065-*S. capitata* CIAT 1019, y con *C. brasilianum* CIAT 5234-*S. capitata* CIAT 1315. Se aplicó pastoreo continuo o rotatorio (7 días de pastoreo con 21 días de descanso) con carga fija de 2 animales/ha. Durante 2 años consecutivos se registraron altas ganancias de PV (Cuadro 5); estos datos equivalen a 150 kg/animal por año en las asociaciones y a 100 kg/animal por año en la gramínea. El mayor beneficio de la pastura asociada se obtuvo en la época seca de 4 a 5 meses de duración. Durante esta época los animales perdieron hasta 100 g/día pastoreando la gramínea sola, pero ganaron hasta 67 g/día en las pasturas asociadas, especialmente en la mezcla con *C. brasilianum* (Cuadro 5), especie que tolera la sequía. De las dos especies de *Centrosema* sembradas, sólo *C. brasilianum* CIAT 5234 persistió hasta finales del tercer año de pastoreo—con 17% a 19% de la leguminosa en la pradera—a pesar del intenso ataque de *Rhizoctonia* ocurrido durante la estación húmeda. Un atributo importante de *C. brasilianum* en estas pasturas fue su alta producción de semilla, que contribuyó a la reserva de semilla del suelo y, en consecuencia, a la persistencia de la leguminosa.

En otro experimento establecido en Carimagua, *A. gayanus* se ensaya en asociación con *C. acutifolium* CIAT 5277 y CIAT 5568, en pastoreo continuo con cargas de 0.75, 1.0 y 1.5 animales/ha y en pastoreo rotatorio con la mayor carga (1.5 animales/ha). Los resultados, después de 2 años de pastoreo, son muy alentadores (Cuadro 5), tanto por el aumento de peso de los animales como por el porcentaje de leguminosa que ha persistido en la pastura, en los diferentes tratamientos de manejo usados. Las ganancias anuales de peso vivo variaron entre 132 kg/animal, con la carga alta y

Digitized by Google

Cuadro 5. Comportamiento del ganado en pasturas de *A. gayanus* asociado con 'nuevas' especies de *Centrosema*, en Colombia.

Localidad	Leguminosa en asociación con *A. gayanus*	Cambios diarios de peso (g/animal)		Observaciones y fuentes
		Epoca seca	Epoca lluviosa	
Llanos Orientales (Carimagua)	*C. macrocarpum* CIAT 5065 + *S. capitata* CIAT 1019	-40 a 39	569 a 708	Pastoreo continuo y en rotación (7/21)[a], con 2 animales/ha durante 2 años (CIAT, 1986 y 1987)
	C. brasilianum CIAT 5234 + *S. capitata* CIAT 1315	34 a 67	661 a 667	
Llanos Orientales (Carimagua)	*C. acutifolium* CIAT 5277 + CIAT 5568	-9 a 115	530 a 671	Pastoreo continuo con 3 cargas (0.75, 1.0 y 1.0 y 1.5 animales/ha), y pastoreo en rotación (1.5 animales/ha) durante 2 años (CIAT, 1987)
Valle del río Cauca (Quilichao)	*C. acutifolium* CIAT 5277 + CIAT 5568	262 a 304	532 a 603	Manejo del pastoreo flexible, con 2 presiones de pastoreo durante 1 año (CIAT, 1987)
	C. macrocarpum CIAT 5713	445 a 471	579 a 711	

a. Siete días de pastoreo y 21 días de descanso.

Digitized by Google

pastoreo continuo, y 165 kg/animal con la carga animal baja. Tal como se observó en las pasturas de *C. brasilianum*, los animales ganaron hasta 115 g/animal por día durante la época seca. El porcentaje de leguminosa en la pastura varió de 20% a 40%, lo que indica que hay capacidad de persistencia con diferentes sistemas de manejo.

Un tercer experimento de pastoreo con 'nuevas' especies de *Centrosema* se lleva a cabo en Quilichao en un sitio caracterizado por un suelo ácido de baja fertilidad (Ultisol), pero con alto contenido de materia orgánica, y por una distribución de precipitación bimodal. Este experimento consta de pasturas de *A. gayanus* cv. Carimagua 1 asociadas con *C. acutifolium* CIAT 5277 y CIAT 5568, y con *C. macrocarpum* CIAT 5713, y manejadas con dos rangos de presión de pastoreo (3 a 5 y 6 a 8 kg/día de materia verde en base seca por cada 100 kg de PV) y con pastoreo flexible (Spain et al., 1985). Los resultados indican que *C. macrocarpum* CIAT 5713 está mejor adaptada a este ambiente que *C. acutifolium* CIAT 5277 y CIAT 5568. Esto se refleja en el mayor contenido de leguminosa en la pastura y en las mayores ganancias de peso animal, especialmente durante los períodos de baja precipitación. El potencial de producción animal anual de estas pasturas es de 170 a 200 kg/animal y de 400 a 600 kg/ha (Cuadro 5). Este potencial es mayor de lo que se esperaría obtener en los Llanos (200 a 300 kg/ha), pero similar al observado en regiones húmedas con suelos cuya fertilidad natural es intermedia y con pasturas de Guinea y centro, y en regiones de bosque húmedo con suelos ácidos de baja fertilidad en una asociación de *Centrosema* híbrido CIAT 438 con *A. gayanus* (Reátegui et al., 1985).

Hay información disponible proveniente de Australia sobre la producción animal obtenida en pasturas con *C. pascuorum* o *C. brasilianum*, usadas para pastoreo en la época seca (Clements, esta obra). Los bovinos han aumentado de peso, o lo han conservado, al tiempo que se registran pérdidas sustanciales de peso en las pasturas nativas.

Digitized by Google

Manejo del Pastoreo en Pasturas de *Centrosema*

La carga animal influye en el aumento de peso vivo del ganado bovino en pasturas de *Centrosema*. En las regiones tropicales húmedas, las cargas animales sostenibles para las pasturas que contienen *C. pubescens* varían entre 1 y 3 equivalentes de novillo/ha. Sin embargo, este rango se acorta a 2 ó 3 novillos/ha cuando se corrigen las deficiencias minerales del suelo. En regiones donde la época seca es definida y cuyos suelos son ácidos e infértiles, como los Llanos de Colombia, las pasturas que constan de "nuevas" especies de *Centrosema* han soportado hasta 2 novillos/ha con niveles de comportamiento animal relativamente altos (150 kg/animal por año).

El efecto del sistema de pastoreo en el aumento de peso vivo en pasturas de *Centrosema* no es congruente. En Australia, por ejemplo, Grof y Harding (1970) hallaron que, con la misma carga animal, en una pastura de Guinea con centro con un sistema de pastoreo alterno se producía 15% más de ganancia de peso vivo que con el pastoreo continuo. Sin embargo, en Uganda, Stobbs (1969a) no halló diferencias significativas en ganancia de peso vivo entre un ciclo de pastoreo de 17.5 días y otro de 35 días, en una pastura que contenía varias leguminosas—entre ellas *C. pubescens*—y soportaba la misma carga animal.

En forma similar, en los Llanos Orientales de Colombia la ganancia de peso vivo lograda en una pastura de *A. gayanus-C. brasilianum-S. capitata* no fue diferente bajo pastoreo continuo o bajo pastoreo rotatorio, empleando igual carga animal. Sin embargo, en este estudio el sistema de pastoreo ejerció un efecto significativo en la composición botánica de la pastura. En algunas pasturas utilizadas bajo pastoreo continuo hubo dominancia de la leguminosa (57%) y fuerte invasión de especies nativas; en cambio, en las pasturas utilizadas en rotación hubo más equilibrio en sus componentes que se manifestó en el 17% alcanzado por la leguminosa (CIAT, 1987). En Uganda se observó un efecto similar del sistema de pastoreo en la composición botánica de las pasturas mixtas, como en la asociación de *P. maximum* con siratro (Stobbs, 1969b). Al parecer, el sistema de pastoreo puede afectar la composición botánica de las pasturas de *Centrosema* y, en consecuencia, a largo plazo, la producción animal.

Digitized by Google

Integración de Pasturas de *Centrosema* en los Sistemas de Producción

Integración con pasturas nativas

Uno de los problemas de la cría de ganado bovino en las regiones tropicales es la fluctuación de peso de los animales durante el año, como resultado de su deficiente comportamiento en la estación seca, especialmente en las pasturas nativas (Paladines y Leal, 1979). La integración de pasturas de *Centrosema* spp. con gramíneas nativas ayudaría a superar las limitaciones de la estación seca. Se pueden usar estratégicamente áreas separadas de gramíneas nativas y de pasturas compuestas por especies de *Centrosema* y gramíneas mejoradas, en diferentes épocas del año, y según la categoría del animal; por ejemplo, vacas lactantes con altos requerimientos nutricionales o novillos de engorde (Lascano y Spain, 1986; Winks, 1975). Alternativamente, pasturas con *Centrosema* se pueden usar como reserva o alimento diferido (Horrell, 1958). En este sistema, el ganado bovino ocupa las pasturas nativas durante la época de crecimiento, y en la época seca pasa a una pastura con *Centrosema* que fue diferida para aprovechar la alta calidad de la leguminosa en esta época del año.

Otro uso alternativo de las especies de *Centrosema* es en asociación con gramíneas nativas que se manejan sin quema. Esta estrategia contempla la siembra de la leguminosa en franjas en la pastura nativa para estimular al animal en pastoreo a que consuma las gramíneas; el resultado es una mayor capacidad de carga y un mayor aumento de peso vivo animal, como se observó en los Llanos Orientales de Colombia cuando *S. capitata* persistía en las pasturas (CIAT, 1987).

Integración con pasturas mejoradas

Las pasturas de *Centrosema* y gramíneas alcanzan niveles altos de producción animal, aunque con fluctuaciones producidas por efectos estacionales—como períodos fríos o secos—en la producción de forraje. Las dificultades de manejo relacionadas con estas fluctuaciones fueron tratadas por Teitzel et al. (1974), quienes propusieron integrar las pasturas de gramínea y centro cuyo beneficio económico es conocido, con las pasturas de gramíneas

Digitized by Google

postradas y fertilizadas con nitrógeno, las cuales tienen mejor crecimiento estacional y características para contrarrestar bien el estrés ambiental. Sugieren estos autores que una combinación útil tendría, aproximadamente, 25% de gramínea con nitrógeno y 75% de gramínea con centro, de modo que la primera pastura se establecería en los suelos más pesados y más profundos cuyas características de retención de humedad durante las épocas fría o seca son mejores. En fincas caracterizadas por un mal drenaje, es posible usar, en la época húmeda, las pasturas de gramíneas establecidas en zonas bien drenadas y fertilizadas con nitrógeno (Teitzel y Middleton, 1979). En ambos casos, el objetivo de la pastura de gramíneas fertilizadas con nitrógeno es reducir al mínimo las fluctuaciones estacionales en la disponibilidad de forraje, y aliviar el estrés ambiental en las pasturas de gramínea y centro que son más sensibles al manejo.

Los sistemas integrados antes mencionados se compararon durante 12 años en un estudio de pastoreo (J. K. Teitzel, información no publicada). Los sistemas integrados produjeron de 20% a 27% más carne con cargas animales 13% a 20% superiores que sistemas equivalentes en que se asocian gramíneas con centro. Estudios de simulación con computador indicaron más tarde que la asignación óptima de pasturas (tipos y áreas) a tierras de clases diferentes dependía de dos factores: los precios de la carne de res y la forma en que se distribuyen las clases de tierra en las fincas (Teitzel et al., 1986).

Integración con cultivos

En regiones intensamente cultivadas de Asia y en otras regiones tropicales, la necesidad de establecer más cultivos alimenticios restringe mucho el uso de la tierra para el cultivo de especies forrajeras, especialmente en las fincas pequeñas. Esto ha creado la necesidad de integrar las especies forrajeras de corto plazo con cultivos alimenticios ya sea intercalados, en relevo, en franjas anchas (callejones) o en otras mezclas más simples. Generalmente, se prefiere sembrar leguminosas que no sean rastreras, como *Stylosanthes humilis*, *S. guianensis*, *S. hamata* y *Lablab purpureus*, en vez de *C. pubescens*, cuando se asocian con el sorgo, el maíz o el arroz para suministrar forraje en la estación seca. Centro se establece muy lentamente y tiene un hábito rastrero (Moog, 1986; Shelton y Humphreys, 1975; Topark-Ngarm y

Digitized by Google

Gutteridge, 1986). Sin embargo, el uso intensivo de pasturas de *Centrosema* en las tierras altas en que se suele pastorear ganado, en los bordes de campos de arroz y en las huertas caseras—durante la época húmeda o la época de cultivo del arroz—tiene un gran potencial. En Filipinas, el ganado bovino consume centro durante todo el año en las zonas en que se cultiva arroz de secano, junto con residuos y subproductos agrícolas (Montemayor, 1974).

En Africa Oriental, en el Caribe, y en América Central y del Sur se practica, por períodos cortos, la agricultura de rotación de pasturas y cultivos. Varias especies de *Centrosema* serían útiles en este sistema, como ocurre con *C. pascuorum* en regiones tropicales semiáridas del noroeste de Australia (Peake et al., 1983). En general, el mejoramiento de la estructura del suelo, de la retención de agua y del nitrógeno residual del suelo son algunos de los beneficios potenciales derivados de la agricultura de rotación de leguminosas y cultivos, ya sea usando especies de *Centrosema* solas o en mezcla con gramíneas.

Integración con árboles

Centro fue una de las primeras leguminosas cultivadas como cobertura del suelo en las plantaciones de caucho, coco y palma de aceite en el Sudeste Asiático, en India, en la región del Pacífico y en Africa (Whyte et al., 1953). Más información sobre esta práctica y la producción animal obtenida con dichas coberturas del suelo se encuentra en el trabajo de Chee y Wong (esta obra).

Thomas (1978) consideró que la mejor posibilidad de integrar leguminosas con árboles se daba en las plantaciones adultas de cocoteros, porque las variedades altas no mejoradas permiten mejores condiciones de luz a nivel del suelo que el denso follaje de las plantaciones adultas de palma de aceite y de caucho. Esto lo confirman Rika et al. (1981), quienes registraron un aumento anual de peso vivo de 550 kg/ha en una pastura de *Brachiaria decumbens* y centro establecida bajo cocoteros en Indonesia. Reynolds (1977) logró un nivel inferior de producción animal bajo cocoteros en el occidente de Samoa, aunque en estas condiciones la producción de una pastura de Guinea y centro fue 159% mayor que la de la pastura nativa. Esta situación no fue tan clara en las Islas Salomón, donde Watson y Whiteman (1981a) no observaron ninguna diferencia significativa en la productividad de pasturas

Digitized by Google

sembradas o naturalizadas, asociadas ambas con centro. Smith y Whiteman (1985a) intentaron mejorar la productividad relativa de la pastura sembrada aplicando pastoreo en rotación, pero no lograron diferencias significativas entre los tratamientos.

Posas (1981) evaluó en Filipinas el comportamiento de caprinos en pasturas asociadas con centro y establecidas bajo cocoteros, y no halló ninguna diferencia en la producción entre *Brachiaria mutica*-centro y *B. mutica*-siratro. Sin embargo, un sistema de pastoreo superó un sistema de corte y acarreo de forraje en el aumento anual de PV/ha. En Ghana, en otro sistema de corte y acarreo, Asiedu y Karikari (1985) alimentaron corderos estabulados con el forraje proveniente de pasturas de gramíneas y leguminosas, incluyendo centro, que cubrían el suelo de plantaciones de mango, y hallaron que daban mayores retornos que los corderos alimentados con una cobertura de leguminosa sola.

En el trabajo de Chee y Wong (esta obra) se proporciona información sobre la productividad animal en otras plantaciones con centro. En Malaysia, Chen y Omar (1984) evaluaron, en un experimento bajo corte, un rango de especies forrajeras en una plantación de palma de aceite; hallaron que *Desmodium ovalifolium* fue más productiva que *C. pubescens* y que *Calopogonium caeruleum* las cuales, a su vez, superaron a *D. heterophyllum* y a los cultivares Cook y Endeavour de *Stylosanthes guianensis*.

Investigaciones Futuras

En regiones tropicales húmedas cuyos suelos tengan una fertilidad natural intermedia, hay todavía limitaciones en el uso intensivo de pasturas de centro y de gramínea para la producción de carne o leche—o de ambos productos. Estas limitaciones se refieren a las deficiencias minerales o al manejo inadecuado—o a ambas condiciones—que afectan la productividad y la persistencia de esas pasturas. En consecuencia, se requiere más información sobre la persistencia de las pasturas asociadas de centro y gramíneas, en relación con el efecto que tienen en ella el sistema de manejo del pastoreo y la presión de pastoreo una vez enmendados los desequilibrios o deficiencias nutricionales del suelo.

Digitized by Google

Se debe dar prioridad también a la explotación del alto potencial forrajero del género *Centrosema*, ya que sólo unas pocas especies han sido bien evaluadas. Deben utilizarse 'nuevas' especies, como *C. pascuorum* para condiciones semiáridas, *C. virginianum* para condiciones subtropicales, y *C. macrocarpum*, *C. brasilianum* y *C. acutifolium* para regiones de suelos ácidos de baja fertilidad natural donde la estación seca sea prolongada; de este modo, habrá más alternativas para desarrollar pasturas en grandes extensiones tropicales.

La investigación debe considerar también el uso eficiente de los fertilizantes para el establecimiento y el mantenimiento de esas especies; asimismo, los métodos económicos de establecimiento de pasturas, la selección eficiente de cepas de *Rhizobium* para obtener una alta fijación de nitrógeno, y el desarrollo de estrategias de manejo de la pastura que den persistencia a largo plazo a las especies sembradas y una producción animal sostenida.

Referencias

Abaunza Amador, J. A. 1982. Growth and quality of nine tropical grasses and twelve tropical legumes under dry and rainy season conditions. Tesis (M.Sc). New Mexico State University, Las Cruces, NM, E.U. 128 p.

Asiedu, F. H. K. y Karikari, S. K. 1985. Energy and protein content and intake by stall-fed lambs of pure and mixed swards of *Centrosema pubescens* Benth., *Pueraria phaseoloides* Benth. and *Brachiaria mutica* Stapf. under a mango plantation. J. Agric. Sci. 104(parte 1):47-59.

Aronovich, S.; Serpa, A.; y Ribeiro, H. 1970. Effect of nitrogen fertilizer and legume upon beef production of pangolagrass pasture. En: Norman, M. J. T. (ed.). Proceedings of the XI International Grassland Congress, Surfers Paradise, Queensland, Australia, abril 1970. University of Queensland Press, St. Lucia, Qld., Australia. p. 796-800.

Bauer, P. J. 1984. Report of the Pasture Research Program 1978-1983. Darabif Sdn. BHD.

Digitized by Google

Belalcázar, J. y Schultze-Kraft, R. 1986. *Centrosema brasilianum* (L.) Benth.: descripción de la especie y evaluación agronómica de siete ecotipos. Pasturas Trop. Bol. 8(3):14-19.

Böhnert, E.; Lascano, C. E.; y Weniger, J. H. 1985. Botanical and chemical composition of the diet selected by fistulated steers under grazing on improved grass-legume pastures in the tropical savannas of Colombia; I: Botanical composition of forage available and selected. Z. Tierz. Züchtungsbiol. 102(5):385-394.

Chen, C. P. y Omar, O. 1984. Performance of tropical forages under the closed canopy of the oil palm, II: Legumes. MARDI (Malaysia Agricultural Research amd Development Institute) Res. Bull. 12(1):21-37.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). [1984]. Calidad de pasturas y nutrición. En: Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. p. 253-275.

_____ . 1986. Calidad y productividad de pasturas. En: Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. p. 295-317.

_____ . 1987. Calidad y productividad de pasturas. En: Informe anual 1986: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 24. Cali, Colombia. p. 252-273.

Clayton, A. M. 1983. Large scale commercial cattle operation in Darabif. En: Devendra, C.; Sivarajasingam, S.; Hamid, K.; y Vidyadaram, M. K. (eds.). Proceedings of the 7th Annual Conference of the Malaysian Society of Animal Production, Port Dickson, Malaysia. p. 7-15.

Clements, R. J. 1977. Agronomic variation in *Centrosema virginianum* in relation to its use as a sub-tropical pasture plant. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17(86):435-444.

_____ ; Winter, W. H.; y Reid, R. 1984. Evaluation of some *Centrosema* species in small plots in northern Australia. Trop. Grassl. 18(2): 83-91.

Cowan, R. T.; O'Grady, P.; Moss, R. J.; y Byford, I. J. R. 1974. Milk and fat yields of Jersey and Friesian cows grazing tropical grass-legume pastures. Trop. Grassl. 8(2):117-120.

Digitized by Google

Eng, P. K. 1981. Productivity of Droughtmaster cattle grazing four grass-legume pastures at Serdang, Malaysia; I: Animal liveweight change and pasture composition. En: Pathmasinghan, M. et al. (eds.). Proceedings of the 5th Annual Conference of the Malaysian Society for Animal Production on Exotic and Crossbred Livestock, Malaysia. p. 288-304.

_____ ; 't Mannetje, L.; y Chen, C. P. 1978. Effects of phosphorus and stocking rate on pasture and animal production from a Guinea grass-legume pasture in Johore, Malaysia; 2: Animal liveweight change. Trop. Grassl. 12(3):198-207.

Ford, C. W. 1978. *In vitro* digestibility and chemical composition of three tropical pasture legumes, *Desmodium intortum* cv. Greenleaf, *D. tortuosum* and *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro. Aust. J. Agric. Res. 29(5):963-974.

Gardener, C. J. 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on *Stylosanthes hamata*-native grass pastures. Aust. J. Agric. Res. 31(2):379-392.

Garza Treviño, R.; Portugal G., A.; y Aluja S., A. 1978. Producción de carne con pasto pangola (*Digitaria decumbens*) solo o asociado con leguminosas tropicales. Téc. Pecu. Méx. 35:17-22.

Grof, B. y Harding, W. A. T. 1970. Dry matter yields and animal production of Guinea grass (*Panicum maximum*) on the humid tropical coast of north Queensland. Trop. Grassl. 4(1):85-95.

Horrell, C. R. 1958. Herbage plants at Serere Experiment Station, Uganda, 1954-57; 2: Legumes. East Afr. Agric. J. 24:133-138.

Hunter, R. A.; Siebert, B. D.; y Breen, M. J. 1976. The botanical and chemical composition of the diet selected by steers grazing Townsville stylo-grass pastures during a period of liveweight gain. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 11:457-460.

Hutton, E. M. y Coote, J. N. 1966. Tannin content of some tropical legumes. J. Aust. Inst. Agric. Sci. 32:139-140.

Jones, R. M. y Clements, R. J. 1987. Persistence and productivity of *Centrosema virginianum* and *Vigna parkeri* cv. Shaw under grazing in the coastal lowlands of South-east Queensland. Trop. Grassl. 21(2):55-64.

Digitized by Google

Lascano, C. E.; Hoyos, P.; Schultze-Kraft, R.; y Amézquita, M. C. 1985. The effect of previous experience of animals on subsequent preference in a palatability grazing trial. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, agosto 1985, Kyoto, Japón. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 166-167.

_____ ; Huamán, H.; y Villela, E. 1981. Efecto de frecuencia e intensidad de pastoreo en una asociación gramínea + leguminosa sobre la selectividad animal. Agron. Trop. (Maracay) 31(1-6):171-188.

_____ y Salinas, J. G. 1982. Efecto de la fertilidad del suelo en la calidad de *Desmodium ovalifolium*. Pastos Trop. Bol. Inform. 7:4-5.

_____ y Spain, J. M. 1986. Animal nutrition on rangelands of the tropical American savannas. En: Kalmbacher, R. S.; Coleman, S. S.; Lewis, C. E.; and Tanner, G. W. (comps.). Tropical American Lowlands Range Symposium: Proceedings of the Society for Range Management 39th annual meeting, febrero 1986, Kissimmee, FL, E.U. p. 21-28.

Magadan, P. B.; Javier, E. Q.; y Madamba, J. C. 1974. Beef production on native (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) and Para grass (*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf) pastures in the Philippines. En: Iglovikov, V. G. y Movsisyants, A. P. (eds.). Proceedings of the XII International Grassland Congress, Moscú, URSS. Parte 1, p. 370-378.

Mellor, W.; Hibberd, M. J.; y Grof, B. 1973. Beef cattle liveweight gains from mixed pastures of some guinea grasses and legumes on the wet tropical coast of Queensland. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 30(3):259-266.

Montemayor, J. M. 1974. Beef production at different stocking rates on *Pennisetum purpureum* (Napier grass)/*Centrosema pubescens* (Centrosema) pasture. Tesis (M.Sc.). University of the Philippines at Los Baños, College, Laguna, Filipinas.

Moog, F. A. 1986. Forages in integrated food cropping systems. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture: Proceedings of an international workshop, Cisarua, Indonesia, agosto 1985. ACIAR proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 152-156.

Digitized by Google

Okorie, I. I.; Hill, D. H.; y McIlroy R. J. 1965. The productivity and nutritive value of tropical grass/legume pastures rotationally grazed by N'Dama cattle at Ibadan, Nigeria. J. Agric. Sci. 64(parte 2): 235-245.

Oyenuga, V. A. y Olubajo, F. O. 1966. Productivity and nutritive value of tropical pastures at Ibadan. En: Proceedings of the X International Grassland Congress, Universidad de Helsinki, Finlandia, julio 1966. p. 962-969.

Paladines, O. y Leal, J. A. 1979. Manejo y productividad de las praderas en los Llanos Orientales de Colombia. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 331-346.

Peake, D. C. I.; Jones, R. K.; y McCown, R. L. 1983. Dry land farming system for the semi-arid tropics of Australia. En: Byth, D. E.; Faole, M. A.; Mungomery, V. E.; y Wallis, E. S. (eds.). New technology in field crops. Australian Institute of Agricultural Science, Brisbane, Qld., Australia. p. 258-271.

Posas, O. B. 1981. Grazing versus cut-and-carry trials on goats under coconuts in Valencia, Ormoc City, Philippines. Tesis (Ph.D.). University of the Philippines at Los Baños, College, Laguna, Filipinas.

Reátegui, K.; Ara, M.; y Schaus, R. 1985. Evaluación bajo pastoreo de asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras en Yurimaguas, Perú. Pasturas Trop. Bol. 7(3):11-14.

Reid, R. L.; Post, A. J.; Olsen, F. J.; y Mugerwa, J. S. 1973. Studies on the nutritional quality of grasses and legumes in Uganda; I: Application of *in vitro* digestibility techniques to species and stage of growth effects. Trop. Agric. (Trinidad) 50(1):1-15.

Reynolds, S. G. 1977. A report on phase 3 of the cattle under coconuts grazing trial at Vailele, Western Samoa, May-February 1977. Livestock and pasture agronomy report series, no. 10. Livestock Division, Department of Agriculture, Apia, Samoa Occidental. 25 p.

Rika, I. K.; Nitis, I. M.; y Humphreys, L. R. 1981. Effects of stocking rate on cattle growth, pasture production and coconut yield in Bali. Trop. Grassl. 15(3):149-157.

Digitized by Google

Sartini, H. J.; Santamaria, M.; Abramides, P. L. G.; Lourenço, A. J.; y da Rocha, G. Leme. 1979. Ensaio de pastejo em capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv.) consorciado com *Centrosema pubescens* Benth. Bol. Ind. Anim. 36(2):201-211.

Schultze-Kraft, R.; y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.

_____ ; Benavides, G.; y Arias, A. 1987. Recolección de germoplasma y evaluación preliminar de *Centrosema acutifolium*. Pastur. Trop. Bol. 9(1):12-20.

_____ ; Keller-Grein, G.; Belalcázar, J.; y Benavides, G. 1985. *Centrosema macrocarpum* Benth., a promising tropical forage legume for acid soils. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, agosto 1985, Kyoto, Japón. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 152-154.

Serpa, A.; Ribeiro, H.; Matta, H.; de Lucas, E. Delgado; Mattos, S. da Cunha; y Aronovich, S. 1973. Influência da adubação nitrogenada e de leguminosas sôbre produção de leite no período seco, em pastagem de capim-pangola. Rev. Soc. Bras. Zootec. 2(2):227-244.

Shelton, H. M. y Humphreys, L. R. 1975. Undersowing rice (*Oryza sativa*) with *Stylosanthes guyanensis*; I: Plant density. Exp. Agric. 11(2):89-95.

Siota, C. M.; Castillo, A. P.; Moog, E. A.; y Javier, E. Q. 1977. Beef production on native, native/stylo and native/centro pastures. Philipp. J. Anim. Ind. 32(1-4):25-34.

Smith, M. A. y Whiteman, P. C. 1985a. Animal production from rotationally-grazed natural and sown pastures under coconuts at three stocking rates in the Solomon Islands. J. Agric. Sci. 104(parte 1):173-180.

_____ y _____ . 1985b. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands; 3: Comparison of existing mixtures with korinivia (*Brachiaria humidicola*) and with natural pastures. J. Agric. Sci. 104(parte 1):181-189.

Digitized by Google

Spain, J. M.; Pereira, J. M.; y Gualdrón, R. 1985. A flexible grazing management system proposed for the advanced evaluation of associations of tropical grasses and legumes. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, agosto 1985, Kyoto, Japón. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 1153-1155.

Stobbs, T. H. 1969a. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda; II: Grazing frequency. Trop. Agric. (Trinidad) 46(3):195-200.

_____. 1969b. The effect of grazing management upon pasture productivity in Uganda; III: Rotational and continuous grazing. Trop. Agric. (Trinidad) 46(4):293-301.

_____. 1969c. The value of *Centrosema pubescens* (Benth.) for increasing animal production and improving soil fertility in northern Uganda. East Afr. Agric. For. J. 35:197-202.

Teitzel, J. K.; Abbot, R. A.; y Mellor, W. 1974. Beef cattle pastures in the wet tropics; 4: Management of established pastures. Queensl. Agric. J. 100:204-210.

_____ y Middleton, C. H. 1979. New pastures for the wet tropical coast. Queensl. Agric. J. 105(2):98-103.

_____; Monypenny, J. R.; y Rogers, S. J. 1986. Tropical pastures in the farming system: Case studies of modelling integration through linear programming. En: Murtagh, G. J. y Jones, R. M. (eds.). Proceedings of the III Australian Conference on Tropical Pastures. Tropical Grassland Society of Australia, Brisbane, Qld., Australia. p. 101-109.

Thomas, D. 1978. Pastures and livestock under tree crops in the humid tropics. Trop. Agric. (Trinidad) 55(1):39-44.

Topark-Ngarm, A. y Gutteridge, R. C. 1986. Forages in Thailand. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture: Proceedings of an international workshop, Cisarua, Indonesia, agosto 1985. ACIAR proceedings series, no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 96-103.

Velloso, L. y de Freitas, E. A. N. 1973. Produção de leite com vacas manejadas em pastos de gramíneas e pastos consorciados (gramíneas + leguminosas). Zootecnia (São Paulo) 11(3):177-182.

Digitized by Google

Vilela, H.; dos Santos, E. J.; Valente, J. de Oliveira; y Vilela, D. 1983. Desempenho de novilhos mestiços (Holandês-Zebu) em pastagens de gramínea e de gramínea e leguminosas, suplementadas com uréia e minerais, durante o período de seca. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 35(2):197-204.

Villaquirán, M. y Lascano, C. E. 1986. Caracterización nutritiva de cuatro leguminosas forrajeras tropicales. Pasturas Trop. Bol. 8(2):2-6.

Warmke, N. E.; Freyre, R. H.; y Morris, M. P. 1952. Studies on palatability of some tropical legumes. Agron. J. 44(10):517-520.

Watson, S. E. y Whiteman, P. C. 1981a. Animal production from naturalized and sown pastures at three stocking rates under coconuts in the Solomon Islands. J. Agric. Sci. 97(parte 3):669-676.

_____ y _____ . 1981b. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands; 2: Effects of pasture mixtures and stocking rate on animal production and pasture components. J. Agric. Sci. 97(parte 2):353-364.

Whyte, R. O.; Nilsson-Leissner, G.; y Trumble, H. C. 1953. Legumes in agriculture. FAO agricultural studies no. 21. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 367 p.

Wilson, L. L.; Fisher, D. D.; Katsigianis, T. S.; y Baylor, J. E. 1981. Mineral composition of tropical forages and metabolic blood profiles of grazing cattle and sheep on calcium-dominanted Caribbean soils. Trop. Agric. (Trinidad) 58(1):53-62.

Winks, L. 1975. Integration of native and sown pastures for increased animal production. Trop. Grassl. 9(2):159-164.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 375-400).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 12

Centrosema en las Plantaciones de Especies Arbóreas

Chee Yan Kuan y Wong Choi Chee*

Resumen

En las plantaciones de coco, palma de aceite o caucho se acostumbra sembrar, entre los surcos, una mezcla de especies de leguminosas como cobertura del suelo. Al evaluar las especies de *Centrosema* respecto a este papel, *C. pubescens* fue superior en crecimiento, producción de materia seca, nodulación y resistencia a plagas y enfermedades. *Centrosema macrocarpum* dio un alto rendimiento pero fue menos persistente. Se discute aquí la importancia económica y biológica de *C. pubescens* como leguminosa de cobertura en las plantaciones de especies arbóreas. Se describen el establecimiento de leguminosas y los efectos benéficos de éstas, tales como fijación de nitrógeno, retorno de nutrimentos, control de la erosión del suelo y valor nutritivo, así como su empleo en la producción animal. *Centrosema pubescens* es más tolerante a la sombra que *Calopogonium mucunoides* o *Pueraria phaseoloides*. Las principales limitaciones que tiene el uso de leguminosas de cobertura son la deficiente calidad de la semilla, el alto costo de establecimiento, los problemas de mantenimiento, la competencia de las malezas y los ataques de plagas y enfermedades. Se sugieren además algunas prioridades de investigación.

* Rubber Research Institute Experiment Station, Selangor, Malaysia; y Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kuala Lumpur, Malaysia, respectivamente.

Digitized by Google

Introducción

Las plantaciones de especies arbóreas en Malaysia, Indonesia, Filipinas y Tailandia comprenden principalmente cultivos de coco, palma de aceite y caucho. El área total ocupada por estos importantes cultivos de especies arbóreas es de 15.41 millones de hectáreas, o sea, 6.66, 6.02 y 2.73 millones de hectáreas con coco, caucho y palma de aceite, respectivamente (Cuadro 1). El establecimiento de leguminosas como cobertura del suelo entre los surcos de caucho y palma de aceite es una práctica agronómica importante. *Centrosema pubescens* es una de las especies sembradas con ese fin. La importancia de *C. pubescens* se demuestra por la cantidad de semilla importada a Malaysia en 1981 y 1982, que es relativamente grande si la comparamos con la de semillas de otras leguminosas (Cuadro 2). La importación total

Cuadro 1. Area ocupada por cultivos de plantación (coco, palma de aceite, caucho) en Malaysia, Indonesia, Filipinas y Tailandia, en 1984.

País	Area (miles ha) en:		
	Coco	Palma de aceite	Caucho
Malaysia	15	1440	1971
Indonesia	3011	1253	2609
Filipinas	3217	—	64
Tailandia	420	35	1371
Total	6663	2728	6015

FUENTE: ASEAN, 1986.

Cuadro 2. Cantidad de semilla de leguminosas de cobertura importada a Malaysia peninsular, en 1981 y 1982.

Especie	Semilla importada (miles kg) en:		
	1981	1982	Total
Calopogonium caeruleum	130	254	384
Calopogonium mucunoides	537	732	1269
Centrosema pubescens	731	978	1709
Desmodium ovalifolium	16	37	53
Pueraria phaseoloides	813	1563	2376

FUENTE: Plant Quarantine Division, Ministry of Agriculture, Malaysia, comunicación personal, 1983.

Digitized by Google

fue de 1.7, 2.4 y 1.3 millones kg de *C. pubescens*, *P. phaseoloides* y *C. mucunoides*, respectivamente. La contribución agronómica de *C. pubescens* (centro) es difícil de cuantificar porque se cultiva en mezcla con otras especies de leguminosas, como *Calopogonium caeruleum*, *C. mucunoides* (calopo), *Mucuna cochinchinensis* y *Pueraria phaseoloides* (kudzú). Este trabajo trata de la evaluación agronómica de especies de *Centrosema*, de su establecimiento, su tolerancia a la sombra, sus efectos benéficos, y de las limitaciones que tiene su uso en los cultivos de especies arbóreas.

Introducción y Evaluación de Especies de *Centrosema*

La experiencia hecha con el cultivo de *Centrosema* en las plantaciones de especies arbóreas viene de comienzos del siglo 19, cuando *C. plumieri*, una especie voluble de grandes flores originaria de América tropical, fue introducida como cobertura del suelo en plantaciones de coco, de palma de aceite y de caucho. Más tarde fue remplazada por *C. pubescens*, la cual creció bien en suelos fértiles, sin aplicación de fertilizantes (Burkill, 1953). La línea de *C. pubescens* que se cultiva comercialmente se conoce como centro. Es una especie herbácea perenne muy frondosa y vigorosa con hábito de crecimiento rastrero, voluble y enredador. Las hojas son trifolioladas y los folíolos de color verde oscuro, elípticos u ovado-elípticos. Las flores son de color lila brillante o pálido. Las legumbres son lineales con márgenes prominentes, de 7.5 a 15 cm de largo, planas, gruesas y rectas o ligeramente encorvadas. Las legumbres son de color pardo oscuro cuando maduran y cada una contiene hasta 20 semillas. Las semillas son de ligeramente oblongas a cuadradas con esquinas redondeadas, y miden alrededor de 4 por 3 mm. La semilla es de color pardusco con trazos grises oscuros, y la textura de la testa de la semilla es suave y brillante. Mil semillas pesan cerca de 25 g. Un estudio reciente sobre las características de la germinación de muestras de semilla comercial (1979-1981) dio 28% de plántulas normales, 2% de plántulas anormales, 41% de semillas duras y 29% de semillas muertas (Chee y Tan, 1982). El alto porcentaje de semillas muertas se debió a las deficientes técnicas de cosecha y procesamiento y a las malas instalaciones de almacenamiento.

En Malaysia, Wong et al. (1982) y C. C. Wong (información no publicada) hallaron que, de las 32 accesiones de varias especies de

Digitized by Google

Centrosema introducidas de Australia y del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, *C. pubescens* superó a todas en crecimiento, producción de materia seca, nodulación y resistencia a plagas y enfermedades, aunque *C. macrocarpum* había parecido más promisoria al principio. Otras especies, entre ellas *C. pascuorum* y *C. brasilianum*, no sobrevivieron; fueron muy susceptibles al daño causado por el escarabajo *Epilachna indica* y a la infestación de *Rhizoctonia solani* durante la estación húmeda. *Centrosema schiedeanum* cv. Belalto se asemejó a centro común en el hábito de crecimiento, aunque su producción de materia seca fue mayor. Ambos cultivares crecen bien y producen semilla fácilmente. Estos caracteres les permitirían persistir ya que habría regeneración de plántulas a partir de la semilla caída. *Centrosema brasilianum* dio un rebrote pobre y una escasa persistencia por los graves daños causados por *E. indica* y *R. solani*. *Centrosema macrocarpum* presentó un crecimiento inicial muy bueno pero su vigor y persistencia disminuyeron con los años. Sólo *C. macrocarpum* CIAT 5645, 5730 y 5733 fueron accesiones satisfactorias, con una alta producción de materia seca en los años subsiguientes. La floración de *C. macrocarpum* fue estacional y la formación de semilla escasa. *Centrosema plumieri* no persistió bajo corte y pastoreo. En forma similar, *C. virginianum* mostró mal crecimiento en condiciones locales.

Establecimiento y Mantenimiento de Leguminosas de Cobertura

Cuando se establecen leguminosas de cobertura, *C. pubescens* se siembra con otras especies de leguminosas como *Calopogonium caeruleum*, *C. mucunoides* y *P. phaseoloides*. El objetivo es cubrir el suelo desnudo tan rápidamente como sea posible. Se recomienda sembrar una mezcla de especies a causa de las diferencias en el hábito de crecimiento de cada una de ellas, y para contrarrestar las plagas y enfermedades inherentes a las poblaciones de leguminosas puras. Dicha práctica tiene en cuenta la sucesión ecológica de las especies individuales de leguminosas cuando se cierre el dosel de follaje de los cultivos perennes y se reduzca la penetración de la luz. En la mezcla sembrada, *C. mucunoides* crece rápidamente durante los primeros meses después de la siembra, pero no persiste como componente fuerte de esa mezcla durante más de 12 meses. *Pueraria phaseoloides* domina durante los años segundo y tercero

Digitized by Google

después de la siembra, en tanto que *C. caeruleum* y *C. pubescens* persisten durante más tiempo que las otras dos especies de leguminosas cuando están bajo el creciente follaje del caucho. La mezcla recomendada de leguminosas, por tanto, es de 3.5, 2.0 y 0.5 kg/ha de semilla para *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *C. caeruleum*, respectivamente (Teoh et al., 1979).

Para asegurar una cobertura rápida de la leguminosa en el suelo expuesto durante la resiembra, es importante emplear un buen sistema de siembra y aplicar herbicidas antes y después de la emergencia. El control químico de las malezas reduce los costos de mano de obra total y de jornales para la desyerba, especialmente durante la fase de inmadurez del caucho. El Rubber Research Institute of Malaysia (Instituto de Investigaciones del Caucho de Malaysia) ha recomendado, para terreno plano, un sistema de siembra con un espacio entre surcos de más de 6 m de ancho, un sistema de siembra económico llamado "doble franja comprimida" (Chee et al., 1983).

Para iniciar el cultivo se tumban los árboles viejos de caucho y se desarraigan los tocones, los cuales se apilan y queman. Se mide el terreno y se marcan los surcos en que se sembrará el caucho. Con el rotocultivador se fresa una franja de un metro a ambos lados del surco de caucho, y en ella se siembran las leguminosas. El área restante entre los surcos no se ara.

Las semillas del cultivo de cobertura se examinan primero, y se seleccionan las de buena calidad. Antes de la siembra, las semillas se inoculan con compost de *Rhizobium* y se mezclan con un peso igual de CIRP (roca fosfórica de la isla de Christmas). Las semillas se siembran en una franja de 60 cm en la zona donde se pasó el rotocultivador, a ambos lados del surco de caucho (Figura 1).

Inmediatamente después de sembrar las semillas, se rocían herbicidas preemergentes. Algunos de éstos, que son efectivos contra una amplia variedad de especies de malezas y no son peligrosos para la mayoría de las leguminosas, son alaclor, metolaclor y oxifluorfeno; el último, sin embargo, es perjudicial para *C. pubescens*. La dosis recomendada es de 500 l/ha de una solución que contenga el producto químico a una concentración apropiada. Se recomienda aplicar estos herbicidas preemergentes en la franja de siembra.

Digitized by Google

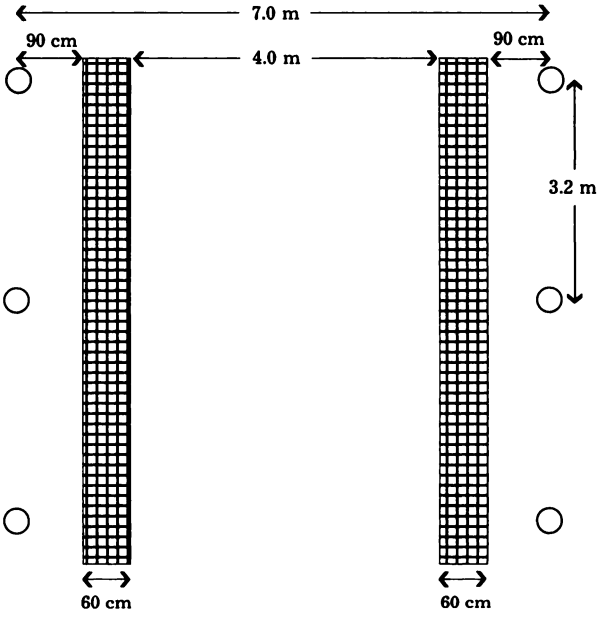


Figura 1. Sistema de siembra de doble banda comprimida para una leguminosa de cobertura plantada entre dos hileras de árboles de caucho (○ = árbol de caucho; ▦ = banda de siembra comprimida).

Después de la siembra, el manejo de la cobertura con leguminosas es muy importante. Cuando hay malezas cercanas a un cultivo de cobertura que crece vigorosamente, éstas se controlan aplicando herbicidas posemergentes. Los herbicidas recomendados dependen de las especies de malezas presentes, y se aplican en dosis de 500 l/ha de solución. Los herbicidas son paraquat, Para-col (paraquat y diurón), glifosato, 2,4-D, y Dasatox 325 (mezcla de DSMA, 2,4-D y diurón). Para estimular el crecimiento de las coberturas con leguminosas, 4 semanas después de la germinación de las semillas de las leguminosas se aplican 56 kg/ha del fertilizante compuesto N-P-K-Mg (15:15:6:4) y 630 kg de CIRP. La completa cobertura del suelo se puede lograr de 150 a 180 días después.

Digitized by Google

Efectos Benéficos de las Coberturas con Leguminosas

Beneficios económicos

Mainstone (1961 y 1963) halló que los árboles de caucho cultivados en asociación con leguminosas de cobertura se podían sangrar 12 meses antes y producían 20% más, durante los 10 años en que se explotaban, que aquéllos asociados con coberturas naturales. Pushparajah y Chellapah (1969) demostraron en dos ensayos el efecto residual de las coberturas con leguminosas; hallaron que para obtener un rendimiento de caucho similar al obtenido usando esas coberturas era necesario aplicar fertilizantes adicionales a los árboles en las áreas en que no había leguminosa. En el primer ensayo, aun aplicando 200 kg/ha de N adicional, el rendimiento del caucho en las parcelas cubiertas con una gramínea o con *Mikania micrantha* (una especie rastrera de hoja ancha), fue inferior al de las parcelas de caucho asociado con leguminosas de cobertura a las que sólo se hizo una aplicación mínima (17 kg/ha) de nitrógeno.

En el segundo ensayo, en el cual se registraron los rendimientos durante 13 años, los árboles plantados en parcelas cubiertas con gramíneas necesitaron una aplicación adicional, durante ese período, de por lo menos 737 kg/ha de N, mientras que aquéllos asociados con una cobertura natural requirieron todavía más nitrógeno. Ti et al. (1971), mediante análisis económico, mostraron que las coberturas con leguminosas eran lucrativas. Esto lo confirmaron Lim y Chai (1976), quienes hallaron que el costo adicional de las coberturas con leguminosas era compensado con un 6% a 8% de aumento en el rendimiento durante los primeros 6 años de explotación. La principal ventaja económica de las coberturas con leguminosas, cuando se comparan con una cobertura natural, está en que reducen en un año el período de inmadurez de los árboles de caucho. Este resultado se aplica a todos los niveles de precio del caucho. Partiendo de la evidencia disponible sobre los efectos residuales y sobre la fertilización adicional necesaria para las áreas donde no hay leguminosa, Pushparajah y Tan (1977) calcularon que, para resembrar 56,330 ha de caucho anualmente en Malaysia, el total de fertilizante nitrogenado ahorrado si se generalizara el uso de las leguminosas de cobertura sería de cerca de 64,665 t de N.

Digitized by Google

Gray y Hew (1968) observaron que, durante casi 5 años de ensayos, el mayor rendimiento de una plantación de palma de aceite se obtenía en las parcelas en que se sembraron *C. pubescens* y *P. phaseoloides*. Donde dominaba *Mikania micrantha,* el rendimiento disminuyó en un 20%; este efecto se podía reducir al 11% aplicando fertilizantes. En parcelas cubiertas de gramíneas se obtuvo 8% menos de rendimiento, mientras que las parcelas con *Nephrolepis biserrata* (un helecho) mostraron una notoria respuesta a las aplicaciones del fertilizante compuesto N-P-K-Mg. Las diferencias de rendimiento entre *Flemingia macrophylla* y otras dos leguminosas (*C. pubescens* y *P. phaseoloides*) fueron insignificantes (Cuadro 3). Durante los primeros 4 años y 9 meses de cosecha, las parcelas fertilizadas que contenían *C. pubescens* y *P. phaseoloides* dieron un rendimiento adicional de 0.75 t/ha de racimos de fruta fresca en comparación con las parcelas cubiertas por gramínea fertilizada.

Trabajando con cocoteros, Rika (1985) halló que en una pastura mejorada (*Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *C. pubescens*, *Panicum maximum* y *Brachiaria decumbens*) aumentaba el rendimiento mensual de coco entre 507 y 776 kg/ha, con diferentes cargas de ganado bovino; en la pastura nativa, en cambio, el rendimiento mensual de coco fue de sólo 483 kg/ha.

Cuadro 3. Rendimiento de palma de aceite (racimos de fruta fresca, t/ha) en parcelas con diferentes tipos de vegetación entre los surcos.

Fertilización[a]	Rendimiento (t/ha) con:					
	Gramínea	*Mikania micrantha*	*Nephrolepis biserrata*	Centro y *Pueraria phaseoloides*	*Flemingia macrophylla*	Centro y *Flemingia macrophylla*
Ninguna	9.18	7.79	8.54	9.74	9.18	9.31
Normal	9.17	8.81	9.66	9.92	9.53	9.64
Media	9.17	8.30	9.10	9.83	9.36	9.47

a. Cada palma de aceite recibió 1.36 kg de fertilizante 1 N-P-K (o sea, 10% N, 10% P_2O_5, 11% K_2O y 2% MgO) y 9.53 kg de fertilizante 2 N-P-K (o sea, 8% N, 8% P_2O_5, 17% K_2O y 2% MgO) durante el período experimental de 4 años y 9 meses.

FUENTE: Gray y Hew, 1968.

Digitized by Google

Fijación de nitrógeno

La fijación de nitrógeno por las leguminosas es de suma importancia porque reduce el requerimiento de fertilizante nitrogenado de los cultivos de caucho y de palma de aceite. Se ha estimado muchas veces la cantidad total de nitrógeno fijado por las leguminosas que nodulan. Los resultados varían según la leguminosa hospedante, la eficiencia de las cepas de *Rhizobium*, y las condiciones ambientales y edáficas que controlan el proceso de fijación. En un experimento con macetas, Watson (1957) observó que el nitrógeno fijado por *C. pubescens* fue de 235 kg/ha de N. Posteriormente, Watson et al. (1963) estimaron que la fijación anual de nitrógeno de una mezcla de leguminosas (*C. mucunoides*, *C. pubescens* y *P. phaseoloides*) en una plantación de caucho era de 170 kg/ha de N. Broughton (1977) halló un promedio anual de 150 kg/ha de N durante un período de 5 años en un cultivo de cobertura bajo los árboles de caucho que estaba compuesto por *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *C. mucunoides*. Establecida bajo una plantación de palma de aceite, una cobertura con leguminosas fijó, en promedio, 150 kg/ha de N (Agamuthu y Broughton, 1985).

Retorno nutricional

Watson et al. (1964a y 1964b) demostraron los beneficios que aportan los cultivos de leguminosas usados como cobertura al estado nutricional del suelo en comparación con los que da una cobertura natural. Los resultados del Cuadro 4 indican que las coberturas con leguminosas devolvieron 6038 kg/ha de hojarasca, en comparación con 5383 kg/ha devueltos por la cobertura natural, 24 meses después de la siembra. El Cuadro 5 muestra que la hojarasca de las coberturas con leguminosas devolvió de 226 a 353 kg/ha de N, en comparación con 13 a 117 kg/ha devueltos por la hojarasca de la cobertura natural, 5 años después del establecimiento de las leguminosas. Además, las leguminosas devolvieron al suelo mayores cantidades, en general, de fósforo, potasio y magnesio que la cobertura natural. Asimismo, estas grandes cantidades de hojarasca de leguminosa ejercen efectos benéficos en las propiedades físicas del suelo. Soong y Yap (1975) hallaron que las coberturas con leguminosas tuvieron efectos residuales benéficos en la estructura del suelo aumentando la agregación de las partículas finas de éste, el tamaño promedio de

Digitized by Google

Cuadro 4. Cantidad de nutrimentos en los residuos vegetales de distintas coberturas del suelo, 24 meses después de la siembra.

Vegetación de cobertura	Peso seco de residuos (kg/ha)	Nutrimento (kg/ha)			
		N	P	K	Mg
Leguminosas rastreras[a]	6038	140	11	31	19
Gramíneas[b]	6140	63	9	31	16
Mikania micrantha	4096	68	7	23	16
Cobertura natural[c]	5383	64	6	42	17

a. Mezcla de *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *C. mucunoides*.
b. Mezcla de *Axonopus compressus* y *Paspalum conjugatum*.
c. Mezcla de arbustos nativos.

FUENTE: Watson et al., 1964a.

Cuadro 5. Cantidad total de varios nutrimentos devueltos al suelo durante un período de 5 años por diferentes vegetaciones de cobertura en una plantación de caucho.

Vegetación de cobertura[a]	Nutrimento (kg/ha)			
	N	P	K	Mg
Leguminosas rastreras	226-353	18-27	85-131	15-27
Gramíneas	24-65	8-16	31-86	9-15
Mikania micrantha	74-119	19-14	63-99	9-24
Cobertura natural	13-117	13-10	46-140	3-8

a. Ver pies de página del Cuadro 4 para los detalles de las especies.

FUENTE: Watson et al., 1964b.

sus agregados, la porosidad total y la porosidad ocupada por aire, y la permeabilidad del suelo al movimiento descendente del agua.

La pérdida del nitrógeno aplicado en las plantaciones de caucho puede ser grave. Watson et al. (1962) hallaron que hasta 24% del nitrógeno aplicado se pierde por volatilización. El nitrógeno fijado por las leguminosas de cobertura y la forma en que éste es liberado lentamente al suelo tienen, por tanto, una gran importancia.

Control de la erosión del suelo

La mayor parte de las plantaciones de caucho se establecen en tierra ondulada o quebrada, propensa a la erosión. Malaysia peninsular tiene una precipitación anual entre 1800 y 3000 mm

Digitized by Google

(Ooi y Chia, 1974). La erosión es un problema serio cuando se renuevan los viejos árboles de caucho, que se talan primero y así se despeja el terreno. La superficie del suelo permanece descubierta durante cerca de 6 meses antes de que las leguminosas de cobertura formen una capa protectora sobre ella.

Las leguminosas rastreras mantenidas entre las hileras de caucho ayudan a evitar la erosión del suelo y reducen los efectos de las condiciones climáticas extremas. Protegen, por ejemplo, la superficie del suelo contra las gotas de lluvia, ofrecen resistencia al agua en movimiento y frenan la tasa de escorrentía. Además, las raíces de las leguminosas mantienen el suelo en su lugar y éstas, junto con los residuos del cultivo, ayudan a mejorar la estructura del suelo.

Haines (1932) demostró que en una población de árboles inmaduros de caucho, la cantidad de suelo depositado en un período de 20 meses en las terrazas y desprendido de las calles de 8 m entre las hileras de árboles, en suelos arenosos de la serie de Serdang, variaba según la clase y las características de la cobertura presente. La reducción de la erosión debida a la cobertura, que se midió por la deposición de suelo en las terrazas, varió de 3.3 a 13.4 cm. De las coberturas examinadas, las leguminosas rastreras contribuyeron a la menor deposición en las terrazas. Las leguminosas arbustivas, como *Crotalaria* y *Tephrosia*, permitieron la mayor deposición en esas terrazas. Estos resultados demostraron los efectos benéficos de una buena cobertura en los suelos propensos a la erosión.

Valor nutritivo de las leguminosas de cobertura

Devendra (1979) estudió el valor nutritivo de las leguminosas de cobertura (Cuadro 6) y halló que eran mayores que los de las gramíneas cultivadas como *Panicum maximum*, *Pennisetum purpureum* y *Brachiaria mutica*. El forraje de *C. pubescens* contenía 22% de proteína cruda y superaba al de *C. mucunoides* y al de *P. phaseoloides*. El contenido de fibra cruda de *C. pubescens* fue de 30.9%, similar al de *C. mucunoides* y al de *P. phaseoloides*.

Digitized by Google

Cuadro 6. Valor nutritivo de las hojas y tallos de las coberturas de leguminosa cultivadas bajo los árboles de caucho en Malaysia.

Especie	Materia seca en plantas frescas (%)	Proteína cruda (%)	Fibra cruda (%)	Extracto de éter (%)	Ceniza (%)	Extracto libre de N (%)	Energía bruta (kcal/kg)
Calopogonium mucunoides	25.6	15.6	31.5	2.3	6.2	44.4	2.60
Centrosema pubescens	24.3	22.2	30.9	2.5	9.5	34.9	3.62
Desmodium ovalifolium	24.0	9.2	40.0	2.1	9.2	39.5	3.10
Mucuna cochinchinensis	16.6	35.0	14.5	3.0	9.0	38.6	—
Pueraria phaseoloides	19.1	19.1	28.8	2.1	7.9	48.8	3.71

FUENTE: Devendra, 1979.

Uso de Leguminosas en las Plantaciones de Especies Arbóreas

Producción animal

Centro ha sido ampliamente cultivada como cobertura del suelo en las plantaciones de caucho, coco y palma de aceite, en el sudeste de Asia, en India, en la región del Pacífico y, en menor grado, en Africa. Muchas investigaciones publicadas sugieren que hay potencial para la producción pecuaria en las plantaciones de especies arbóreas, y que los agricultores pueden obtener ingresos adicionales de ella sin perjudicar el cultivo principal (Cuadro 7).

En las plantaciones maduras de coco, en Indonesia, las gramíneas nativas sostienen normalmente más de un bovino por hectárea. Sin embargo, si se establecen bajo el cultivo pasturas mejoradas como *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* var. *trichoglume*, siratro y centro, la carga se puede elevar hasta 3 ó 4 bovinos/ha (Rika et al., 1981). A una carga óptima de 800 kg/ha de peso animal se ha obtenido una ganancia de peso vivo anual en los bovinos de 550 kg/ha. Durante la estación húmeda, la carga no

Digitized by Google

Cuadro 7. Comportamiento del ganado en cultivos de especies arbóreas.

Pastura[a]	Carga animal (cabezas/ha)	Edad de árboles (años)	Aumento anual de peso vivo (kg/ha)	Fuente
Plantaciones de cocotero				
Guinea + centro	2.2-2.5	22-25	381	Reynolds, 1977
Mezcla compleja de pastos	2.7	60	385	Nitis y Rika, 1978
Braquiaria + guinea	3.6	60	497	Nitis y Rika, 1978
Paspalum spp.	4.8	60	647	Nitis y Rika, 1978
Centro y otros	6.3	60	732	Nitis y Rika, 1978
Centro + siratro + *P. maximum* var. *trichoglume* + braquiaria	5.0	60	550	Rika et al., 1981
Braquiaria + centro	1.5	—	117	Manidool, 1984
Mezcla compleja de braquiaria, Pará, *B. humidicola*, centro, kudzú, estilosantes	1.5-3.5	—	437	Watson y Whiteman, 1981
Gramíneas nativas + centro	2.5	—	363	Smith y Whiteman, 1985
Pastura nativa + centro	—	—	283	Sani y Basery, 1982
Pastura nativa + centro + suplemento de torta de copra	—	—	331	Sani y Basery, 1982
Plantaciones de palma de aceite				
Guinea + estilosantes + gramíneas nativas + leguminosas	1	5-7	117	Chen et al., 1978
Pastura nativa + estilosantes + centro + kudzú + *D. ovalifolium* + calopo	1	1-3	138	Chen y Othman, 1983
	2	1-3	234	Chen y Othman, 1983
	3	1-3	384	Chen y Othman, 1983

a. Guinea = *Panicum maximum*; centro = *Centrosema pubescens*; siratro = *Macroptilium atropurpureum*; braquiaria = *Brachiaria decumbens*; Pará = *B. mutica*; kudzú = *Pueraria phaseoloides*; calopo = *Calopogonium mucunoides*; estilosantes = *Stylosanthes guianensis*.

Digitized by Google

ejerce ningún efecto adverso en la relación entre gramínea y leguminosa de la pastura, ni en el contenido de proteína cruda, ni en la digestibilidad; se observó, sin embargo, que disminuía el valor nutritivo de la pastura durante la estación seca (Nitis y Lana, 1978). En Tailandia, la siembra de una pastura de centro y *B. decumbens* bajo los cocoteros también aumentó la productividad animal en más del doble (Manidool, 1984). En Malaysia, los bovinos mantenidos en la pastura nativa, con centro sembrada bajo los cocoteros, ganaron 769 g/animal por día, y 900 g/animal por día cuando se complementó su dieta con copra (Abdullah Sani y Basery, 1982).

En las Islas Salomón, el ganado bovino que pastoreaba una mezcla naturalizada de *Axonopus compressus*, *Mimosa pudica* y centro establecida en una plantación de cocoteros, cuya densidad era de 125 palmas/ha y donde la trasmisión de luz era de 60%, aumentó 340 g/cabeza por día, o sea, 292 kg/ha al año; este es un promedio de tres cargas animales (Watson y Whiteman, 1981). Infortunadamente, las gramíneas mejoradas no persistieron pero centro y kudzú permanecieron productivas. El pastoreo continuo, con 3.5 cabezas/ha, fue mejor que el sistema de pastoreo en rotación (Smith y Whiteman, 1985).

En Samoa Occidental, el peso del ganado bovino, que era de 180 kg/ha cuando pastoreaba gramíneas nativas con centro, pasó a 350 kg/ha al pastorear una mezcla de forrajes mejorados que contenía *Brachiaria miliiformis* (syn. *B. subquadripara*), *B. mutica*, *Ischaemum aristatum*, centro y kudzú (Reynolds, 1977). Sin embargo, el pastoreo selectivo del ganado facilitó muchas veces la invasión y la dominancia progresiva de malezas no palatables para el ganado.

En Malaysia, centro, *Calopogonium mucunoides*, *C. caeruleum* y kudzú, sembradas en plantaciones de caucho, coco y palma de aceite, proporcionan forraje de alta calidad para el ganado durante aproximadamente 7 años, al cabo de los cuales el follaje de la plantación se cierra mucho, y reduce significativamente la productividad y la persistencia de las leguminosas. Chee y Devendra (1979) hallaron que, en las plantaciones de caucho, eran factibles tres sistemas de cobertura con plantas forrajeras si los árboles tenían menos de 3 años de edad (Cuadro 8). El sistema 1 (cobertura natural) se halla principalmente en pequeñas fincas

Digitized by Google

Cuadro 8. Especies vegetales, producción de materia seca y capacidad de carga de tres sistemas de cobertura del suelo bajo los árboles de caucho en Malaysia.

Sistema	Vegetación	Especie	Materia seca (kg/ha)	Cabras u ovejas (no./ha)	Fuente
1	Cobertura natural	*Axonopus compressus* + *Paspalum conjugatum* + *Ottochloa nodosa* + *Mikania micrantha* + *Nephrolepis biserrata*	500	2	Devendra, 1976
2	Cobertura natural y leguminosas	como arriba, pero con *C. pubescens* + *C. mucunoides* + *P. phaseoloides*	1400	6	Tan Keh Huat, com. pers.
3	Leguminosas puras	*Cajanus cajan* + *C. pubescens*	2600	12	Devendra y Chee, 1979

(cerca de 2 ha), mientras los sistemas 2 y 3 se encuentran en propiedades grandes (más de 45 ha de árboles de caucho).

La vegetación bajo los árboles de caucho puede sustentar a cabras y ovejas (Devendra, 1978; Wan Embong, 1977). Dado un consumo de 3% de materia seca para un peso corporal de 20 kg en las ovejas nativas, el consumo diario es de 0.60 kg (Devendra, 1976). Por lo tanto, según el Cuadro 7, la capacidad de carga es de 2, 6 y 12 animales/ha para los sistemas 1, 2 y 3, respectivamente; es decir, se pueden sustentar tres y seis veces más animales por la mayor disponibilidad de forraje bajo los sistemas de cobertura natural + leguminosas y de leguminosas puras, respectivamente.

En plantaciones de palma de aceite, las ganancias de peso vivo del ganado descendieron de 379 a 123 g/cabeza por día en pastoreo continuo, lo que depende de la carga animal y de la edad de las palmas. Aproximadamente 2 años después de trasplantar al campo las palmas de aceite, pueden pastorear tres cabezas de ganado Kedah-Kelantan en cada hectárea de la plantación. Esta carga debe reducirse a 2 animales/ha en los años 4 a 5 de la plantación, y

Digitized by Google

de los años 6 ó 7 en adelante a 1 animal/ha (Chen et al., 1978; Chen y Othman, 1983). La productividad de centro disminuye con el comienzo del pastoreo y con el cierre gradual del dosel de follaje de las palmas pues éste reduce la luz solar.

Daños causados por el ganado bovino a cultivos de especies arbóreas

El ganado bovino causa algún daño a las palmas de aceite por el pastoreo. Sin embargo, el daño se puede reducir al mínimo adoptando un sistema de manejo adecuado que sirva tanto a los animales como a las palmas. Con una carga animal óptima, y cuando se dispone de suficiente forraje verde, muy poco daño se hace a la fronda de las palmas de aceite. En general, el número de frondas ramoneadas aumenta cuando hay mayor presión de pastoreo. Los datos de campo indican que 21%, 40% y 57% de las frondas fueron pastoreadas cuando la carga animal era de 1, 2 y 3 cabezas/ha de ganado bovino, respectivamente. La gravedad del daño individual de una fronda aumentó con el incremento de la presión de pastoreo. Sin embargo, casi todas las frondas dañadas se hallaban en el follaje inferior ya senescente. Si se permitiera el libre pastoreo muy temprano, cuando las palmas tuvieran un año de edad, habría un descenso de cerca de 30% en el peso de los racimos de fruta fresca por el daño causado por los animales a las frondas jóvenes en crecimiento (Haji-Idris et al., 1982).

Efecto del pastoreo en los cultivos de especies arbóreas

En Indonesia, el número y rendimiento de cocos aumentaron linealmente cuando la carga animal pasó de 2.7 a 6.3 cabezas/ha (Rika et al., 1981). En Malaysia, a pesar del daño causado a las frondas por el pastoreo del ganado, la producción de racimos de fruta fresca de palma de aceite por hectárea no fue gravemente afectada. En efecto, todos los tratamientos de pastoreo dieron mayor rendimiento—o uno semejante—de racimos de fruta fresca que los de parcelas no pastoreadas (Cuadro 9). No se observó un efecto adverso del pastoreo pesado en la producción de racimos de fruta fresca, hasta el cuarto año de producción de palma de aceite, en 1985; ese año hubo escasez de forraje y el rendimiento de racimos de fruta fresca, en la carga animal más alta fue 17% menor

Digitized by Google

que el obtenido con la carga intermedia (20.79 y 25.13 t/ha al año, respectivamente). A diferencia de lo que esperábamos, a mayor carga mayor era la producción de racimos de fruta fresca durante los primeros años. Se cree que este efecto benéfico proviene de la reducción de las malezas por acción del pastoreo. Cuando la oferta de forraje llegó de nuevo a un nivel adecuado en el quinto año, el rendimiento de racimos de fruta fresca se recuperó rápidamente. Otro resultado interesante de este experimento fue un tratamiento testigo de desyerba total, en que se aplicó herbicida desde finales de 1984; éste tardó más de 18 meses en alcanzar el rendimiento de los otros tratamientos. Es sorprendente que la desyerba total haya resultado más tarde el mejor tratamiento respecto al rendimiento de la palma de aceite. Por lo tanto, el pastoreo ejerce un efecto similar a la desyerba química en la producción de palma de aceite; sin embargo, el pastoreo evita los gastos adicionales de herbicidas y también los posteriores desajustes ecológicos.

Tolerancia a la Sombra

El crecimiento y la persistencia de las especies de leguminosas forrajeras están estrechamente relacionados con la cantidad de luz disponible bajo el follaje de los árboles de caucho y de palma de aceite. La sombra se asocia con tasas bajas de asimilación en esas plantas. La respuesta que da a la sombra la tasa neta de asimilación difiere de una especie a otra y determina su tolerancia a la sombra. *Centrosema pubescens* es más tolerante a la sombra que *P. phaseoloides* y *C. mucunoides,* puesto que posee una tasa

Cuadro 9. Efecto del pastoreo en el rendimiento de racimos de fruta fresca (RFF) de palma de aceite, en Malaysia.

Tratamiento	Rendimiento anual de RFF de palma de aceite (t/ha)				
	1982 (Ago.-Dic.)	1983	1984	1985	1986 (Ene.-Oct.)
1 animal/ha[a]	1.29	7.26	13.92	23.66	22.25
2 animales/ha	1.58	7.25	16.33	25.13	23.34
3 animales/ha	1.52	7.26	18.80	20.79	22.15
Testigo 1 (sin pastoreo)	1.70	7.50	13.54	21.78	17.09
Testigo 2 (sin pastoreo)[b]	1.06	6.04	10.65	19.51	24.92

a. Ganado Kedah-Kelantan.
b. Con desyerba total (iniciada a finales de 1984).

FUENTES: Chen et al., 1978; Chen y Othman, 1983.

Digitized by Google

neta de asimilación muy inferior a la de éstas. Yoon (1971) halló que, si variaba la densidad de los árboles de caucho, a los dos años y medio después de la siembra *P. phaseoloides* predominaba cuando era menor esa densidad, ya que allí la trasmisión de luz era alta (Cuadro 10). En cambio, cuando era mayor la densidad de árboles—y menor la disponibilidad de luz—el porcentaje de suelo cubierto por *P. phaseoloides* disminuyó gradualmente de 31% a 2%. Había sólo pequeñas cantidades de centro y de *Calopogonium mucunoides*, que no se relacionaron con la densidad de los árboles. Cuatro años después, *P. phaseoloides* y *C. mucunoides* habían desaparecido completamente, en tanto que *C. pubescens* daba una cobertura del 1% al 26% según la cantidad de luz recibida a través del follaje de los árboles de caucho.

Limitaciones de las Coberturas con Leguminosas

Economía

La principal desventaja de las coberturas con leguminosas es el costo de su establecimiento y mantenimiento. Teoh et al. (1979) hallaron que el costo total, durante el primer año de establecimiento en Malaysia, iba de US$158/ha a US$185/ha, según el tipo de suelo, el terreno y la localidad. Estos costos son un problema financiero aun para las grandes empresas que explotan plantaciones de especies arbóreas.

Plagas y enfermedades

Epilachna indica es la plaga más destructora de *C. pubescens* en Malaysia. Los adultos y las larvas destruyen el follaje comiéndose el tejido situado entre las nervaduras de las hojas, dejándoles sólo el armazón. Atacan también los tejidos recién desarrollados, y reducen a veces la cobertura del suelo a los meros tallos. Una pequeña mosca (*Melanagromyza centrosematis*) causa a veces graves pérdidas en las plántulas recién emergidas.

Centrosema pubescens es susceptible al ataque de *Rhizoctonia solani*. Esta enfermedad se difunde rápidamente en las condiciones de humedad que prevalecen en los cultivos de especies arbóreas. El tiempo seco detiene la infección y permite que la

Digitized by Google

Cuadro 10. Crecimiento de kudzú, calopo y centro bajo el dosel de follaje de árboles de caucho sembrados con diferentes densidades, en Malaysia.[a]

Arboles (no./ha)	Luz trasmitida después de 2.5 años (%)	Cobertura del suelo a los 2.5 años (%)			Luz trasmitida después de 4 años (%)	Cobertura del suelo a los 4 años (%)		
		kudzú	calopo	centro		kudzú	calopo	centro
210	83.1	31.3	5.0	6.0	55.8	0	0	26.3
297	75.8	22.5	8.0	4.0	42.3	0	0	18.8
398	61.9	13.8	5.5	9.3	23.3	0	0	3.0
556	46.7	9.3	5.5	6.8	16.8	0	0	1.5
741	36.6	5.5	5.5	8.5	16.0	0	0	1.5
1063	17.0	1.8	3.5	3.5	15.5	0	0	1.0

a. Calopo = *Calopogonium mucunoides*; centro = *Centrosema pubescens*; kudzú = *Pueraria phaseoloides*.

FUENTE: Yoon, 1971.

Digitized by Google

cobertura vegetal se regenere, pero la enfermedad retorna al iniciarse el siguiente período de lluvias. *Centrosema pubescens* es también susceptible al virus del mosaico.

Calidad de la semilla

La mala calidad de la semilla es otro factor que limita el éxito en la siembra de leguminosas. La mayor parte de la semilla de *C. pubescens* que se usa en Malaysia es importada desde Indonesia, Sri Lanka, India, Filipinas y Tailandia porque esta semilla es más barata que la producida localmente.

Malezas

Las malezas crean otro grave problema en las plantaciones de especies arbóreas de las zonas tropicales, especialmente donde la baja germinación conduce a una población dispareja en el cultivo de cobertura. Hasta hace poco las malezas se eliminaban manualmente, pero el aumento grande que experimentó el costo de la mano de obra hace desaconsejable esta práctica (Teoh y Chong, 1977).

Conclusiones

En plantaciones de caucho y de palma de aceite, el establecimiento de leguminosas, ya sea en siembras nuevas o en resiembras, es una práctica agronómica corriente. En las plantaciones de cocoteros, las leguminosas forrajeras tienen un gran potencial que, por desgracia, no se ha explotado plenamente. Se recomienda sembrar una mezcla de especies de leguminosas, en la que *C. pubescens* sea un componente importante. Puesto que los cultivos de especies arbóreas representan un área muy extensa, el potencial que tiene *C. pubescens* para ser empleado en combinación con otras leguminosas, no sólo como cobertura del suelo sino también como forraje, es muy grande.

Las siguientes áreas necesitan más investigación:

Recolección más intensa de *C. pubescens* y especies relacionadas, y evaluación de éstas respecto a la alta fijación

Digitized by Google

de nitrógeno, al crecimiento vigoroso, a la producción de gran cantidad de follaje, y a la resistencia a *E. indica* y a *R. solani*.

Producción de semilla y calidad de ésta, y propagación de especies promisorias de *Centrosema*.

Factores que afectan el crecimiento y la persistencia de *C. pubescens* cultivado en mezcla con otras especies de leguminosas, y en mezclas de gramíneas y leguminosas, bajo diferentes niveles de sombra.

Efectos de la competencia de las plantas en el sostenimiento de la carga animal, en el crecimiento de las plantas, en la economía del nitrógeno de éstas, y en su valor nutritivo.

Comparación entre los requerimientos nutricionales de *C. pubescens* y de otras leguminosas forrajeras promisorias.

Análisis económicos del uso de *C. pubescens* como leguminosa de cobertura y como especie forrajera bajo diferentes cultivos de especies arbóreas.

Reconocimientos

Los autores desean agradecer a la Junta Directiva del Rubber Research Institute, al Dr. Haji Abdul Aziz S. A. Kadir (Director del Rubber Research Institute), y al Dr. Haji Mohd. Yusof bin Hashim (Director General del Malaysian Agricultural Research and Development Institute) por concederles permiso para presentar este trabajo. Agradecen también al Dr. E. Pushparajah (Director Adjunto, Departamento de Biología, Rubber Research Institute) y al Dr. Chan Heun Yin (Director, Soils and Crop Management Division, Rubber Research Institute) por su ayuda y estímulo.

Referencias

Agamuthu, P. A. y Broughton, W. J. 1985. Nutrient cycling within the developing oil palm-legume ecosystem. Environment 13:111-123.

Digitized by Google

ASEAN (Association of South East Asian Nations). 1986. Statistical yearbook on food, agriculture and forestry (1978-1984). Agricultural Development Planning Centre, ASEAN, Bangkok, Tailandia.

Broughton, W. J. 1977. Effects of various covers and soil fertility under *Hevea brasiliensis* Muell. Arg. and growth of the trees. Agro-Ecosystems 3:147-170.

Burkill, I. H. 1935. A dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Crown Agent for the Colonies, Londres, Inglaterra. Vol. 1, 509 p.

Chee, Y. K. y Devendra, C. 1979. The nitrogen cycle: Role of legumes and animals in rubber cultivation. En: Wetselaar, R.; Simpson, J. R.; y Rosswall, T. (eds.). Proceedings of Symposium on Nitrogen Cycling in South East Asian Wet Monsoonal Ecosystems. University of Chiang Mai, Chiang Mai, Tailandia. p. 109-112.

_____ ; Lui, S.; y Chin, T. V. 1983. Establishment of legume cover crop on flat land. Plant. Bull. Rubber Res. Inst. Malays. 177:119-123.

_____ y Tan, G. K. 1982. Pre-treatment of legume cover crop seeds. Plant. Bull. Rubber Res. Inst. Malays. 170:10-13.

Chen, C. P.; Chang, K. C.; Sidhu, A. S.; y Wahab, H. 1978. Pasture and animal production under 5 year old oil palm at Serdang. En: Abraham, P. D.; Devendra, C.; Hutagalung, R. S.; Rajarao, J. C.; Venugopal, K.; Zainab, A. G.; y Zainal, T. (eds.). Proceedings of Seminar on Integration of Animals with Plantation Crops, Kuala Lumpur, abril 1978. Malaysian Society of Animal Production and Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 179-192.

_____ y Othman, A. 1983. Effect of cattle production on forage under oil palm: A preliminary report. En: Devendra, C.; Sivarajasingam, S.; Hamid, K.; y Vidyadaran, M. K. (eds.). Proceedings of the Seventh Annual Conference of the Malaysian Society of Animal Production, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 214-227.

Devendra, C. 1976. Goat production on small farms in South East Asia. En: Integration of livestock with crop production at small farm level: FAO Expert Group Meeting on Livestock for Small Farmers held at Bangkok, Thailand. Regional Office, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Bangkok, Tailandia. p. 176-210.

Digitized by Google

_____ . 1978. A model for the integration of goats with cropping systems in the ASEAN region. En: Abraham, P. D.; Devendra, C.; Hutagalung, R. S.; Rajarao, J. C.; Venugopal, K.; Zainab, A. G.; y Zainal, T. (eds.). Proceedings of Seminar on Integration of Animals with Plantation Crops, Kuala Lumpur, abril 1978. Malaysian Society of Animal Production and Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 84-87.

_____ . 1979. Malaysian feeding stuffs. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang, Selangor, Malaysia. p. 145.

_____ y Chee, Y. K. 1979. The utilization of pigeon pea (*Cajanus cajan*) by goats and sheep in Malaysia. En: Wetselaar, R.; Simpson, J. R.; y Rosswall, T. (eds.). Proceedings of an International Symposium on Legumes in the Tropics, Serdang, Selangor, Malaysia. Australian Academy of Science, Canberra, A.C.T., Australia. p. 457-464.

Gray, B. S. y Hew, C. K. 1968. Cover crop experiment in oil palms on the west of Malaysia. En: Turner, P. D. (ed.). Oil palm development in Malaysia. Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 56-65.

Haines, W. B. 1932. Effects of covers and cultivation methods on the growth of young rubber; III. J. Rubber Res. Inst. Malays. 4:123-129.

Haji-Idris, M. S.; Rosmawati, O.; y Musaddin, K. 1982. Integration of Kedah-Kelantan cattle with oil palms: A preliminary report. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 10(3):436-444.

Lim, K. P. y Chai, W. 1976. Leguminous covers versus natural covers: An economic exercise. En: Broughton, W. J.; John, C. K.; Rajarao, J. C.; y Lim, B. (eds.). Symposium on Soil Microbiology and Plant Nutrition. University of Malaya Press, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 495-502.

Mainstone, B. J. 1961. Effect of ground cover type and continuity of nitrogenous fertilizer treatment upon the growth of *Hevea brasiliensis*. En: Baulkwill, W. J. (ed.). Proceedings of Natural Rubber Conference. Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 362-375.

_____ . 1963. Residual effect of type of growth of cover and duration of nitrogen fertilizer treatment applied before tapping on the growth and yield of *Hevea brasiliensis*. Plant. Bull. Rubber Res. Inst. Malays. 68:130-138.

Digitized by Google

Manidool, C. 1984. Pastures under coconut in Thailand. En: FFTC (Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region). Asian pastures: recent advances in pasture research and development in southeast Asia. FFTC book series no. 25. Taiwan, República de China. p. 204-214.

Nitis, I. M. y Lana, K. 1978. Bali cattle grazing improved pasture under coconuts; II: Effects of stocking rate on nutritive values of improved pastures. En: Abraham, P. D.; Devendra, C.; Hutagalung, R. S.; Rajarao, J. C.; Venugopal, K.; Zainab, A. G.; y Zainal, T. (eds.). Proceedings of Seminar on Integration of Animals with Plantation Crops, Kuala Lumpur, abril 1978. Malaysian Society of Animal Production and Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 158-165.

_____ y Rika, I. K. 1978. Bali cattle grazing improved pasture under coconuts; I: Effect of stocking rate on steer performance and coconut yield. En: Abraham, P. D.; Devendra, C.; Hutagalung, R. S.; Rajarao, J. C.; Venugopal, K.; Zainab, A. G.; y Zainal, T. (eds.). Proceedings of Seminar on Integration of Animals with Plantation Crops, Kuala Lumpur, abril 1978. Malaysian Society of Animal Production and Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 103-111.

Ooi, J. B. y Chia, C. S. 1974. The climate of West Malaysia and Singapore. Oxford University Press, Singapur. 226 p.

Pushparajah, E. y Chellapah, K. 1969. Manuring of rubber in relation to covers. J. Rubber Res. Inst. Malays. 21(2):126-142.

_____ y Tan, K. H. 1977. Legumes in the nitrogen economy of rubber cultivation. En: Broughton, W. J.; John, C. K.; Rajarao, J. C.; y Lim, B. (eds.). Symposium on Soil Microbiology and Plant Nutrition. University of Malaysia Press, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 513-534.

Reynolds, S. G. 1977. A report on phase 3 of the cattle under coconut grazing trial at Vailele, Western Samoa, 20th May 1976-15th February 1977. Livestock and pasture agronomy report series no. 10. Department of Agriculture, Apia, Samoa Occidental. p. 25.

Rika, I. K. 1985. Forages in plantation crops. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture: Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, August 1985. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 157-160.

Digitized by Google

_____ ; Nitis, I. M.; y Humphreys, L. R. 1981. Effects of stocking rate on cattle growth, pasture production and coconut yield in Bali. Trop. Grassl. 15(3):149-157.

Sani R. A. y Basery, M. 1982. The integration of cattle with coconut cultivation; I: Growth performance and production systems. MARDI (Malaysia Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 10(3):384-392.

Smith, M. A. y Whiteman, P. C. 1985. Animal production from rotationally-grazed naturalized and sown pastures under coconuts at three stocking rates in the Solomon Islands. J. Agric. Sci. 104:173-180.

Soong, J. K. y Yap, W. C. 1975. Effect of cover management on physical properties of rubber growing soils. J. Rubber Res. Inst. Malays. 24:145-159.

Teoh, C. H.; Adam, A.; y Reid, W. M. 1979. Critical aspects of legume establishment and maintenance. En: Singh, M. y Rajarao, J. C. (eds.). Proceedings of the Rubber Research Institute Planters' Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 252-271.

_____ y Chong, C. F. 1977. Use of pre-emergence herbicides during establishment of leguminous cover crop. En: Earp, D. A. y Newall, W. (eds.). Proceedings of the Malaysian Institute of Agriculture's Oil Palm Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. The Incorporated Society of Planters, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 485-500.

Ti, T. C.; Pee, T. Y.; y Pushparajah, E. 1971. Economic analysis of cover policies and fertilizer used in rubber cultivation. En: Ng, S. K. y Rajarao, J. C. (eds.). Proceedings of the Rubber Research Institute Planters' Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 214-233.

Wan Embong, W. M. 1977. Utilisation of ground vegetation in rubber plantation for animal rearing. En: Rajarao, J. C. y Venugopal, K. (eds.). Proceedings of the Rubber Research Institute Planters' Conference, Kuala Lumpur, Malaysia. Rubber Research Institute of Malaysia, Kuala Lumpur, Malaysia. p. 265-281.

Watson, G. A. 1957. Nitrogen fixation by *Centrosema pubescens*. J. Rubber Res. Inst. Malays. 15:168-174.

_____ ; Chin, T. S.; y Wong, P. W. 1962. Loss of ammonia by volatilisation from surface dressing of urea in *Hevea brasiliensis*. J. Rubber Res. Inst. Malays. 17(3):77-90.

Digitized by Google

_____ ; Wong, P. W.; y Narayanan, R. 1963. Effect of cover plants on soil nutrient status and on growth of *Hevea*; II: The influence of application of rock phosphate, basic slag and magnesium limestone on the nutrient content of leguminous cover plants. J. Rubber Res. Inst. Malays. 8:28-37.

_____ ; _____ ; y _____ . 1964a. Effect of cover plants on soil nutrient status and on growth of *Hevea*; III: Comparison of legume creepers with grasses and *Mikania cordata*. J. Rubber Res. Inst. Malays. 18(3):80-95.

_____ ; _____ ; y _____. 1964b. Effect of cover plants on soil nutrient status and on growth of *Hevea*; IV: Leguminous creepers compared with grasses, *Mikania cordata* and mixed indigenous covers on four soil types. J. Rubber Res. Inst. Malays. 18(3):123-145.

Watson, S. E. y Whiteman, P. C. 1981. Animal production from naturalized and sown pastures at three stocking rates under coconuts in the Solomon Islands. J. Agric. Sci. 97:669-676.

Wong, C. C.; Chen, C. P.; y Ajit, S. S. 1982. A report on pasture and fodder introduction in MARDI. Report no. 76. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang, Malaysia. p. 8-9.

Yoon, P. K. 1971. Assimilation and productivity in tropical plants. Tesis (Ph.D.). University of Singapore, Singapur. 303 p.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 401-425).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 13

Experiencia Regional con *Centrosema*: Región del Caribe

R. T. Paterson*

Resumen

En la región del Caribe hay una fuerte influencia marítima; por esta razón, las temperaturas diurnas y anuales experimentan pocas fluctuaciones, excepto en algunos sitios de Cuba y de la isla La Española. La precipitación varía enormemente—de 1000 a 8000 mm por año—y la estación seca puede durar hasta 7 meses. Los años de sequía son relativamente frecuentes en las zonas más secas, y las tormentas violentas pueden ocasionar la pérdida de la precipitación por la escorrentía. Los suelos presentan gran variación en textura, pH y fertilidad.

Varias especies de *Centrosema* son nativas de la región, siendo las más comunes *C. pubescens*, *C. virginianum* y *C. plumieri*. Se han realizado evaluaciones, especialmente con *C. pubescens*, en los principales tipos de suelo. En general, esta especie no ha sido muy exitosa porque su establecimiento es lento, es susceptible a varias enfermedades, la atacan algunos insectos y tiende a desaparecer bajo pastoreo. Sin embargo, se recomienda en República Dominicana, y en algunas regiones de Cuba es una leguminosa importante. En Trinidad, *C. plumieri* dio buenos resultados en un experimento; en Antigua, en cambio, *C. schottii* (proveniente de Cuba) y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 han sido recomendados

* Caribbean Agricultural Research and Development Institute (CARDI), St. John's, Antigua, Indias Occidentales.

Digitized by Google

a nivel de finca, aunque no se ha hecho ningún intento de producir semilla en cantidades comerciales.

El trabajo con *Centrosema* deberá concentrarse en el futuro en algunas especies menos conocidas que parecen tener un potencial agronómico relativamente grande. Cepas más efectivas de *Rhizobium* pueden acelerar el crecimiento de la leguminosa en sus primeros estadios, y superar algunos de sus problemas de establecimiento.

Introducción

La región del Caribe comprende la cadena de islas situadas al oriente de Cuba y Jamaica en dirección hacia las Islas Vírgenes Británicas y Antigua, y hacia el sur hasta Trinidad. Forma por tanto un arco que se extiende desde la Península de Yucatán en México hasta el Delta del Orinoco en Venezuela. Aunque generalmente se considera que las islas Bahamas (incluyendo las islas Turcas y Caicos) quedan por fuera de esa región, en este trabajo, para hacerlo más completo, se tratan brevemente; en realidad, estas islas tienen condiciones climáticas y edáficas similares a las de varias islas que verdaderamente pertenecen al Caribe. La región, incluyendo las islas Bahamas, está situada entre las latitudes 10° y 27° N y las longitudes 59° y 85° O.

La isla más grande de la zona es Cuba (114,524 km^2; 10 millones de habitantes), aunque La Española, que está ocupada por Haití y República Dominicana, aloja una población más grande en una superficie terrestre más pequeña (76,484 km^2; 10.4 millones de habitantes). El clima de la región refleja su proximidad al mar; sin embargo, la altitud también lo afecta, especialmente en La Española y en algunas regiones de Cuba donde los picos más altos tienen más de 3000 m.s.n.m.

Clima y Suelos

Archibald (1982) describió el clima de la región como tropical moderado. La influencia marítima reduce al mínimo las fluctuaciones de la temperatura diurna y de la anual, de manera que, excepto donde dependen también de la altitud, las temperaturas ambientales rara vez restringen seriamente el

Digitized by Google

crecimiento de las pasturas tropicales. La precipitación, por su parte, varía considerablemente de una región a otra, aun dentro de las islas pequeñas, tanto en la cantidad total como en la distribución. La precipitación tiende a ser mayor hacia el extremo meridional de la cadena del Caribe, a pesar de que este factor depende de la topografía y de la localidad. Hay normalmente una estación seca bastante severa en toda la región, la cual dura de 3 a 7 meses y varía considerablemente de un año a otro. Las sequías son relativamente frecuentes, y durante éstas la precipitación anual llega sólo a la mitad de los promedios que se obtienen cuando se consideran períodos largos. Las tormentas tropicales causan intensos aguaceros, principalmente durante la temporada de huracanes. En las zonas más húmedas, la precipitación anual puede exceder de 8000 mm casi sin ninguna estación seca; en las zonas más áridas, en cambio, caen generalmente menos de 1000 mm, y la mayor parte de éstos en 3 ó 4 meses. Varios autores, como Brown y Bally (1970), Hill (1966) y Lang (1967), han notado que las siguientes tendencias climáticas se presentan en todos los países del Caribe de habla inglesa:

menos de 1000 mm: semiárido, déficit de precipitación cada mes, época seca intensa;

1000-1500 mm: subhúmedo, déficit de precipitación durante medio año, época seca intensa;

1500-2000 mm: subhúmedo, déficit de precipitación hasta de 6 meses, época seca definida;

2000-3000 mm: húmedo, déficit de precipitación hasta de 2 meses, estación seca benigna; y

más de 3000 mm: muy húmedo, sin déficit de precipitación, suelos siempre húmedos.

El Cuadro 1 presenta algunos datos de precipitación que se consideran representativos. Los suelos de la mayoría de los países del Caribe de habla inglesa han sido descritos por la UWI (1958 en adelante). Es conveniente agruparlos según su acidez así:

Suelos de pH alto. Muchos de los suelos de las islas más secas, como Antigua, las islas Bahamas y Barbados, se han desarrollado a partir de un material coralino o de arcilla marítimo.

Digitized by Google

Cuadro 1. Promedios de precipitación mensual tomados en estaciones meteorológicas centrales de Antigua, Dominica y centro de Trinidad.

Mes	Antigua	Dominica	Trinidad central
Enero	58	133	69
Febrero	37	81	41
Marzo	47	75	30
Abril	65	70	51
Mayo	91	98	117
Junio	49	196	264
Julio	89	279	224
Agosto	95	257	236
Septiembre	122	220	191
Octubre	136	201	157
Noviembre	140	203	191
Diciembre	91	153	145
Total anual	1018	1966	1716
Estación más húmeda[a]	1869	8459	3050
Estación más seca[a]	648	1225	1265

a. Promedios anuales obtenidos en estaciones localizadas en las áreas más húmedas y secas, respectivamente, de cada isla.

FUENTES: Antigua, V. C. Bird International Airport, información no publicada.
Dominica, Botanic Gardens, Roseau, información no publicada.
Trinidad, University of the West Indies, St. Augustine, información no publicada.

Son generalmente de textura fina, y con frecuencia tienen piedra caliza libre en el perfil; su pH es de 6.5 o más, y son relativamente fértiles dada su alta capacidad de intercambio de cationes, su alto nivel de saturación de bases y su alto nivel de fósforo intercambiable. Sin embargo, el pH alto puede afectar la disponibilidad de micronutrimentos. Los suelos más salinos de este grupo son pegajosos cuando están húmedos y se agrietan mucho durante la estación seca.

Suelos de pH intermedio. Muchos de los suelos derivados de material volcánico en islas como St. Lucia y San Vicente, tienen un pH que varía de 5.2 a 6.0. La alta precipitación, favorecida por la topografía, ha propiciado un grado de lixiviación que contribuye a que frecuentemente estos suelos se caractericen por tener una fertilidad intermedia en su estado virgen.

Digitized by Google

Suelos de pH bajo. Hay suelos muy ácidos e infértiles, a veces con un alto contenido de aluminio, en islas como Trinidad y Jamaica. En su estado virgen, estos suelos tienen un pH de 5.0 o inferior; en algunas regiones se han hecho intensas aplicaciones de cal y de fertilizantes orgánicos o químicos, para mejorar la fertilidad del suelo. Estos suelos van desde los tipos pesados y mal drenados hasta las arenas livianas y muy lixiviadas. A menudo se usan para la producción animal ya que no son muy adecuados para los cultivos.

En el Cuadro 2 se presentan los datos del análisis de algunos suelos típicos de estas tres categorías.

Especies de *Centrosema* Nativas de la Región

En un antiguo informe sobre la flora de las Islas Vírgenes, Eggers (1879) observó que *Centrosema virginianum* era muy común en canales y cercas de todas las islas. Millspaugh (1902) indicó que frecuentemente se la hallaba en localidades secas, y que la especie presentaba muchas variaciones en la forma y el tamaño de la hoja, especialmente en St. Croix. Stehle (1956) anotó a *C. virginianum* y a *C. pubescens* entre las leguminosas halladas en St. Croix. Liogier y Martorell (1982) se refirieron a la presencia de *C. plumieri* en Puerto Rico, St. Thomas, Antillas Mayores y desde St. Kitts hasta Trinidad. Registran a *C. pubescens* en bancos, arenales y matorrales, en elevaciones bajas a intermedias, en Puerto Rico, las Antillas Mayores y desde Antigua hasta Trinidad; informan además de *C. virginianum* en bancos, laderas y matorrales, a elevaciones bajas, en Puerto Rico, las Islas Vírgenes y las Indias Occidentales. Existen otras especies en la región (Schultze-Kraft et al., esta obra), de las cuales se destaca *C. schottii* en Cuba.

A causa de la amplia distribución del género en la región, hay ecotipos que están adaptados a una gran variedad de condiciones climáticas y edáficas. Sin embargo, su contribución a la producción pecuaria es, al parecer, limitada. Machado y Menéndez (1979) notaron la abundancia de *C. pubescens* nativa en los distritos centrales y orientales de Cuba, pero también mencionaron los pobres resultados que da cuando se cultiva, sola o asociada con gramíneas en pasturas mantenidas para pastoreo o para corte. En

Digitized by Google

Cuadro 2. Datos típicos de análisis de suelos en el Caribe.

Acidez del suelo, tipo de suelo, y país	Profundidad de muestra (cm)	pH (agua)	Conductividad eléctrica (micromhos/cm)	Bases intercambiables (meq/100 g)					Saturación de bases (%)	P_2O_5 (Truog) (ppm)	Fuente
				Ca	Mg	K	Na	CIC			
pH alto, arcilla Ottos, Antigua	0-3	7.0	164	29.4	9.3	0.46	1.94	40.0	98	33	Hill, 1966
	25-36	8.1	286	24.2	14.3	0.17	4.91	42.9	97	11	Hill, 1966
	90-100	8.4	622	n.d.[a]	n.d.	n.d.	n.d.	Salina	n.d.	n.d.	Hill, 1966
pH medio, arcilla Woodfords Hill, Dominica	0-15	5.5	n.d.	7.3	2.6	0.6	0.7	30.0	53	9	Lang, 1967
	23-115	5.2	n.d.	7.5	2.0	0.6	1.3	11.2	36	9	Lang, 1967
pH bajo, arena fina Piarco, Trinidad	0-13	4.3	50	0	0.5	0.05	0.71	2.0	20	Rastros	Brown y Bally, 1970
	38-96	4.3	26	0	0.2	0.06	1.03	3.7	16	Rastros	Brown y Bally, 1970
	137-167	4.6	17	0	0.2	0.05	1.09	2.9	7	Rastros	Brown y Bally, 1970

a. Datos no determinados.

Digitized by Google

St. Croix, *C. virginianum* suele hallarse en zonas no pastoreadas (Eggers, 1879; M. Michaud, comunicación personal), aunque en 28 pasturas evaluadas mediante una modificación de la técnica 'step point', Michaud y Michaud (1986) hallaron pocas plantas de *Centrosema*[1]. Estos resultados confirman observaciones no publicadas que se han hecho en Antigua durante los últimos 12 años (P. Philip, comunicación personal).

Investigación Agronómica en la Región

La mayor parte del trabajo hecho con *Centrosema* en la región se ha concentrado en *C. pubescens* y en *C. schiedeanum* cv. Belalto. El trabajo realizado en suelos de pH alto, medio y bajo se tratará separadamente.

Suelos de pH alto

Se han hecho detalladas evaluaciones de especies de *Centrosema* en suelos calizos en Antigua y Barbados, y se han obtenido datos complementarios en otras islas.

Antigua. En un programa de evaluación que comenzó en 1974, se probaron más de 100 accesiones de gramíneas y 300 de leguminosas (incluyendo varias de *Centrosema*) en cinco sitios diferentes. Se tuvo la precaución de lograr un buen establecimiento en el primer año mediante desyerbas y regímenes de corte cuidadosos. Se dejó luego que las introducciones compitieran con cualquier especie herbácea invasora. Aproximadamente 2 años después de la siembra, las parcelas se sometieron a pastoreo en rotación; después de un período de pastoreo bien manejado, se les aplicó un sobrepastoreo ocasional. Se hicieron mediciones durante todo el período de prueba; éstas comprendían el rendimiento de materia seca, el vigor de la planta, su propagación, el ataque de insectos y enfermedades, el consumo por rumiantes pequeños, la persistencia bajo pastoreo, y la contribución de la especie a la composición botánica de la pastura. Se seleccionaron algunas especies promisorias de este programa para usarlas en demostraciones de los sistemas de producción de

1. La técnica 'step point' permite la identificación de la composición botánica partiendo de puntos obtenidos al caminar por la vegetación.

Digitized by Google

forraje a nivel de la finca; a esas especies se les hizo seguimiento para obtener información adicional. Este trabajo ha sido documentado por Devers (1979) y Keoghan (1980) y resumido por CARDI (1982), en tanto que Keoghan (1985) observó y estudió de manera exhaustiva las técnicas de evaluación. Los resultados de este trabajo se resumen brevemente a continuación:

> En un suelo calcáreo arcilloso y poco profundo (arcilla Fitches), se probaron 10 accesiones de *C. virginianum*, el híbrido de *Centrosema* CIAT 438, dos accesiones de *C. pubescens* y *C. schiedeanum* cv. Belalto. Todas demostraron adaptabilidad edáfica de baja a intermedia, y tolerancia intermedia a las condiciones climáticas, pero ninguna se consideró agronómicamente promisoria (CARDI, 1982; Keoghan, 1980).
>
> En un suelo calcáreo arcilloso y profundo de la misma serie Fitches, una accesión de *C. brasilianum* (CPI 55698), tres accesiones de *C. pascuorum*, dos de *C. pubescens* (CPI 46543 y CPI 63895) y cuatro de *C. virginianum* mostraron una baja adaptabilidad agronómica, principalmente por falta de tolerancia a las condiciones edáficas. Siete accesiones de *C. schottii* y una accesión de *C. plumieri* (de Barbados) se clasificaron inicialmente como bien adaptadas al suelo y al clima, y se consideraron agronómicamente promisorias; no obstante, sólo una accesión de *C. schottii* de Cuba (Cu 12) fue posteriormente recomendada para pasturas de corto plazo o para bancos de proteína o de energía (CARDI, 1982).
>
> En un suelo arcilloso pesado que se resquebraja (arcilla Ottos) se probaron varias accesiones, entre ellas una de *C. brasilianum*, ocho de *C. pubescens*, una de *C. schottii*, nueve de *C. virginianum*, y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438. CIAT 438 se consideró productivo y persistente bajo pastoreo, y se recomendó para pasturas de largo plazo, mientras que la accesión cubana *C. schottii* se recomendó para siembras a corto plazo a causa de su vigor inicial. A todas las demás accesiones les faltaba productividad o persistencia (CARDI, 1982).

Los anteriores resultados, obtenidos en el suelo arcilloso Fitches de poca profundidad y en el suelo arcilloso Ottos, se sometieron a análisis de patrones para clasificar las accesiones y facilitar la

Digitized by Google

elección del germoplasma nuevo que se sometería a pruebas adicionales. Para cada tipo de suelo, el material vegetal se dividió en 10 categorías, que variaban desde 1 (más productivo y persistente) hasta 10 (menos productivo y no persistente). Ninguna accesión de *Centrosema* quedó en las categorías 1 ó 2; *C. schiedeanum* cv. Belalto, *C. pubescens* CPI 46599, *C. schottii* Cu 12 y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 quedaron en la categoría 3 en el suelo arcilloso Ottos; dos accesiones de *C. pubescens*, tres de *C. virginianum*, y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 quedaron en la categoría 4 en el suelo arcilloso Fitches (Keoghan, 1980).

Varios informes, como el de Bowen (1956), indican que las especies de *Centrosema* no son muy específicas con respecto a las cepas de *Rhizobium* que estimulan la nodulación. Sin embargo, los nódulos formados son a menudo ineficaces para fijar el nitrógeno. El estudio detallado de una accesión de *C. virginianum* en Antigua reveló la presencia de cepas de *Rhizobium* formadoras de nódulos en los suelos de varias regiones del Caribe. Las cepas de Antigua indujeron el mejor crecimiento de las plantas; se concluyó, sin embargo, que estando las bacterias efectivas tan difundidas en la región, es improbable que la inoculación traiga grandes beneficios a esta especie. Cuando cuatro líneas de *C. pubescens* se cultivaron en suelos arcillosos en Antigua, la mitad, o más, de las plantas examinadas no pudieron formar nódulos, y la mayoría de los nódulos parecían ineficaces (Ahmed, 1978). Es posible que esta deficiencia haya contribuido al mal comportamiento de las accesiones de *C. pubescens* en el trabajo anteriormente señalado.

Aunque *C. schottii* y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 han sido recomendados para suelos secos y calcáreos, sólo se han producido 0.5 kg de semilla de este último en 21 meses, hasta junio de 1982, y ninguna se ha cosechado desde entonces. En consecuencia, el uso comercial de *Centrosema* en Antigua se ha limitado a su inclusión en mezclas de leguminosas, que se han sembrado en pequeñas áreas de unas pocas fincas (CARDI, 1982). En contraposición, recientemente el uso anual de semilla de *Teramnus labialis* y de *Neonotonia wightii* llegó a cerca de 40 kg de cada especie y a aproximadamente 80 kg en el caso de *Macroptilium atropurpureum*. Estas especies ocurrieron frecuentemente en los primeros tres grupos del análisis de patrones en los dos grandes tipos de suelo, y se consideran

Digitized by Google

productivas y persistentes, ya sea bajo pastoreo o ya bajo regímenes de corte.

Barbados. La evaluación crítica de *Centrosema* en Barbados se inició en 1972 con el establecimiento de dos experimentos en que se comparó a *C. pubescens* con varias leguminosas comerciales australianas. Además, se sembró una serie de parcelas de observación con poblaciones puras de 13 leguminosas diferentes, incluyendo *C. pubescens* y *C. plumieri*, que proporcionaron material para ensayos de pastoreo o de nutrición (Quintyne, 1972 a 1976).

En el primer experimento, cuatro especies de leguminosas (*Clitoria ternatea*, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *Macrotyloma axillare* cv. Archer y *C. pubescens*) se fertilizaron con dos niveles de nitrógeno (0 y 110 kg/ha) y con tres niveles de potasio (0, 55 y 110 kg/ha). Las muestras se cortaron cuando las plantas maduraron lo suficientemente para producir vainas con semillas secas. Esta práctica daba un corte de *C. ternatea* cada 8 semanas, aproximadamente, y cada 16 semanas, de las otras especies. Los tratamientos de fertilización no produjeron respuestas significativas, pero *C. ternatea* y siratro superaron significativamente al cv. Archer y *C. pubescens*; los rendimientos fueron 17.77, 18.99, 13.30 y 13.13 t/ha de MS, respectivamente. *Clitoria ternatea* fue afectada por la pudrición radical, la mancha foliar y el ataque de insectos; el cv. Archer sufrió pudrición radical, *C. pubescens* mancha foliar y siratro daño de insectos.

En el segundo experimento, se estudiaron seis especies de leguminosas, con dos niveles de nitrógeno (0 y 110 kg/ha) y tres intervalos de corte (8, 12 y 16 semanas). Se hallaron diferencias significativas sólo entre las especies, de las cuales *C. pubescens* tuvo el menor rendimiento (Cuadro 3).

Se realizó una serie de estudios de consumo y digestibilidad de varias leguminosas, usando ovinos como animales de prueba (Cuadro 4). El material se secó o congeló para almacenarlo entre el momento del corte (16 semanas después del rebrote) y el de su uso en los experimentos. Aunque el contenido de proteína cruda de *C. pubescens* fue similar al de otras especies, el contenido de fibra en detergente neutro fue mayor (Cuadro 3) y la digestibilidad fue menor (Cuadro 4). El consumo voluntario de los ovinos fue también relativamente bajo (Cuadro 4), y el interés en la especie

Digitized by Google

Cuadro 3. Rendimiento de forraje y composición química de leguminosas forrajeras cultivadas en Barbados, 1972-1974.

Especies	Rend. total MS (t/ha)		Composición química (%)[a]			
	48 semanas	80 semanas	PC	FDN	Cel.	Cen.
C. pubescens	11.8	16.1	18.8	57.2	32.8	11.1
M. atropurpureum cv. Siratro	18.1	27.8	17.9	52.4	32.8	10.4
Clitoria ternatea	20.0	25.4	22.2	50.5	33.2	7.5
M. axillare cv. Archer	14.6	21.6	20.1	50.1	30.0	8.3
N. wightii cv. Cooper	25.4	41.7	17.7	55.3	29.3	9.9
N. wightii cv. Tinaroo	24.6	42.2	22.1	54.8	31.6	10.5

a. PC = proteína cruda; FDN = fibra en detergente neutro; Cel. = celulosa; Cen. = cenizas.

FUENTES: Quintyne, 1974, 1975 y 1976.

disminuyó. En varias ocasiones, desde 1974 en adelante, se hicieron introducciones de *C. pubescens*, *C. schottii* y *Centrosema* spp., pero ninguna llamó la atención.

Centrosema pubescens no está incluida en la lista de especies de leguminosas recomendadas para uso general en Barbados; no obstante, Proverbs y Quintyne (1986) observaron que, aunque la especie no persistía en los suelos arcillosos pesados de la zona de 1500 mm de precipitación, crecía bien en los suelos del Distrito Scotland. El uso de centro común y de *C. schiedeanum* cv. Belalto será probablemente limitado, a causa de su susceptibilidad al 2,4-D con que suelen controlarse las malezas en cultivos cercanos de caña de azúcar, y que frecuentemente es arrastrado por el viento.

Otras islas. Aunque Oakes (1970) incluye a *C. plumieri*, *C. pubescens* y *C. virginianum* entre las principales leguminosas herbáceas de las Islas Vírgenes de Estados Unidos, ninguna de ellas se menciona entre las principales leguminosas nativas,

Digitized by Google

Cuadro 4. Consumo voluntario, digestibilidad de la materia seca, e índice aproximado del valor nutritivo de leguminosas forrajeras secas y congeladas, ensayadas en ovinos en Barbados, 1973-1976.

Especies	Año	Consumo voluntario (CV) ($g/p^{0.75}$)	Materia seca digerible (MSD) (%)	Indice del valor nutritivo[a] (IVN)
Forraje seco				
C. pubescens	1973	51.0	36.4	23.2
	1974	34.7	39.8	17.3
M. atropurpureum	1973	58.9	50.9	37.5
cv. Siratro	1974	87.4	50.2	54.8
N. wightii	1974	66.7	50.3	42.1
cv. Tinaroo	1976	76.7	60.5	58.0
Clitoria ternatea	1976	64.7	54.5	44.1
Forraje congelado				
C. pubescens	1974	59.3	51.1	37.9
M. atropurpureum	1973	94.9	59.3	70.3
cv. Siratro	1974	89.6	56.8	63.6
N. wightii cv. Cooper	1974	86.2	57.6	61.7

a. IVN = CV x MSD x 100/80.

FUENTES: Quintyne, 1973, 1974 y 1976.

naturalizadas o introducidas en las islas, desde el punto de vista de la producción animal.

Se probaron seis accesiones de *C. pubescens* en St. Croix, de 1952 a 1965, en un suelo arcilloso pesado, de pH alto, superpuesto sobre marga ligera (suelo arcilloso Fredensborg). De ellas, la mejor fue P.I. 219833, pero todas se tornaron cloróticas, y luego necróticas, como resultado de ciertas deficiencias nutricionales (no especificadas) inducidas después de uno o dos cortes bajos. Además, se estudiaron las accesiones P.I. 212980, P.I. 224967 y P.I. 311505 (Virgin Islands..., 1952 a 1966). De las 16 leguminosas que disponen de datos de producción (Oakes, 1970), *Macroptilium atropurpureum* P.I. 270312 fue la más productiva (52.49 t/ha de peso fresco; 22.05 t/ha de materia seca); la menos productiva fue *C. pubescens* (7.39 t/ha de peso fresco; la materia seca no se registró). Evidentemente, las accesiones ensayadas de

Digitized by Google

C. pubescens no estaban bien adaptadas a ese ambiente. Se perdió luego el interés por este género y no se ha registrado allí ningún otro ensayo con especies de *Centrosema*.

En los suelos calizos de Cuba, donde *C. pubescens* no está bien adaptada, *C. plumieri* se comportó como una especie anual de estación húmeda (Menéndez y Martínez, 1980). Esto concuerda con los resultados obtenidos en Antigua, donde una accesión de Barbados se comportó de la misma manera, aunque tendió a convertirse en una especie perenne de poca duración en condiciones más favorables (Keoghan, 1980).

En las islas Bahamas, en Andros, se hizo un experimento en que *Panicum maximum* var. *trichoglume* se fertilizó con nitrógeno o se cultivó en asociación con una de las siguientes leguminosas: *M. atropurpureum*, *Stylosanthes humilis* o *C. pubescens* (Guyton, 1977). Cuando se aplicó riego, la asociación de *C. pubescens* con esta gramínea se comportó bien, aunque su rendimiento fue inferior al de la asociación de *M. atropurpureum* con la gramínea. Se registraron los más bajos rendimientos cuando la gramínea y *C. pubescens* se cultivaron juntas sin riego.

Suelos de pH intermedio

La mayor parte del trabajo hecho con *Centrosema* en suelos de acidez intermedia en la región del Caribe se llevó a cabo en Jamaica y Cuba. Se hicieron también trabajos en República Dominicana, pero ha sido difícil obtener información detallada. Recientemente se publicó en este país un resumen de las características agronómicas y del valor nutritivo de *C. pubescens*, junto con recomendaciones sobre las prácticas de cultivo de la leguminosa (Iturbide Collino, 1980).

Jamaica. Durante el período 1976-1978 se realizó un experimento de corte en un suelo franco arcilloso (Bodles), en el que se compararon cuatro leguminosas (Cuadro 5). Las parcelas se fertilizaron dos veces al año con fósforo y potasio, en una razón 4:3 para que la aplicación anual de K_2O fuera de 376 kg/ha. Las leguminosas se cortaron aproximadamente 4 meses después de la siembra, y más tarde se tomaron muestras a intervalos de 12 semanas. *Leucaena leucocephala* se cortó a una altura de 13 cm y las otras leguminosas se cortaron a 8 cm. Con este manejo,

Digitized by Google

Cuadro 5. Rendimiento de materia verde, MV (t/ha), y contenido de proteína cruda, PC (%), de leguminosas cultivadas en Jamaica, de 1976 a 1978.

Especie	En 1976		En 1977		En 1978		Media	
	MV	PC	MV	PC	MV	PC	MV	PC
Leucaena leucocephala	60.86	19.3	79.52	22.7	75.53	26.3	71.30	22.8
Neonotonia wightii	102.07	14.8	81.47	16.2	69.77	17.9	84.44	16.3
Centrosema pubescens	76.23	17.6	30.74	17.6	19.34	20.5	42.10	18.6
Pueraria phaseoloides	67.33	14.8	23.78	15.7	7.81	16.3	32.97	15.6

FUENTE: J. Logan, comunicación personal.

L. leucocephala y *N. wightii* produjeron los mayores rendimientos durante ese período de 3 años; en cambio, los rendimientos de *C. pubescens* y de *Pueraria phaseoloides* descendieron considerablemente en el segundo y tercer año del ensayo.

En un experimento adicional (Logan y McLeod, 1982), hecho entre septiembre de 1978 y octubre de 1979, se permitió el pastoreo de algunos novillos del cruce Jamaica Red Poll x Jamaica Hope en *Digitaria decumbens* (pasto pangola) sola, o en parcelas en las cuales el 75% era pasto pangola y el resto *C. pubescens*. Se empleó un pastoreo en rotación (36 días de rotación) en seis áreas similares entre sí, con una carga de 5.9 animales/ha. Todas las parcelas se fertilizaron con 524 kg/ha de superfosfato simple y con 375 kg/ha de cloruro de potasio, en dos aplicaciones; a su vez, todas las parcelas sembradas con pasto pangola recibieron sulfato de amonio (1500 kg/ha), dividido en seis aplicaciones iguales. El riego se aplicó cuando era necesario durante la estación seca. Los animales que pastorearon las gramíneas solas ganaron 0.31 kg/día (620 kg/ha), mientras que aquéllos que tenían acceso a la leguminosa ganaron 0.38 kg/día (776 kg/ha). Aunque la leguminosa elevó la tasa de crecimiento de los novillos, casi desaparece totalmente después de 7 meses de pastoreo: aparentemente, la carga animal fue muy alta.

Aunque el Ministerio de Agricultura de Jamaica ha hecho en ese país, desde 1949, trabajos con leguminosas asociadas con gramíneas, todavía no se ha identificado una mezcla plenamente satisfactoria de gramínea y leguminosa. Los resultados del experimento de pastoreo antes descrito se consideran regulares, mientras que leucaena y siratro parecen ser promisorias (JLA, 1983). La aceptación de las leguminosas en el comercio es

Digitized by Google

limitada, y se aplican todavía altos niveles de fertilizantes orgánicos y químicos a pasturas de gramíneas puras, especialmente para la producción de leche. Actualmente, la función de *Centrosema* parece reducirse a formar parte de la vegetación nativa de las pasturas no mejoradas, y a contribuir a la nutrición de los animales en los pastos naturales.

Cuba. En vista de la amplia distribución natural del género *Centrosema* en Cuba (Apéndice II, esta obra), no resulta sorprendente que haya sido incluida en muchos estudios de leguminosas forrajeras. Lo que no se explica fácilmente es que casi todos los estudios publicados se hayan hecho sobre *C. pubescens*, especie que ha logrado poco éxito en la isla. En un estudio que comparó 10 leguminosas en un suelo ferralítico, cuarcítico, *C. pubescens* no se pudo establecer (Menéndez et al., 1984). En otro ensayo en que esta especie se estableció con éxito, fue superada en rendimiento y persistencia por glicine (Valdés y Pérez, 1971) o siratro (Monzoti y Alvarez, 1978). Sin embargo, al este de las Provincias Orientales, Menéndez et al. (1979) la consideran de interés porque crece con vigor y se halla comúnmente en áreas pastoreadas. En cambio, al oeste de la misma región, en Latosoles situados a una altitud de 1000 m, sólo especies de *Teramnus* han persistido bien con gramíneas cespitosas cuando se someten a pastoreo (Menéndez y Machado, 1978).

En un suelo arenoso relativamente infértil con pH 5.4, en la Isla de la Juventud, se evaluaron 23 leguminosas, incluyendo cuatro accesiones de *Centrosema*, en un Ensayo Regional B de la RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales) (Gutiérrez y Delgado, 1986). Las dos accesiones de *C. pubescens*, CIAT 5053 y CIAT 5126, no pasaron al segundo año de evaluación. *Centrosema brasilianum* CIAT 5055 mostró una productividad moderada, mientras que, después de un comienzo lento, *C. macrocarpum* CIAT 5065 estuvo entre las mejores de las leguminosas ensayadas. Otras especies que se portaron bien fueron *Stylosanthes guianensis* var. *pauciflora* CIAT 1283 y *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. En este experimento, a pesar de la baja incidencia de enfermedades e insectos dañinos, todas las accesiones de *Centrosema* fueron atacadas por insectos.

De 44 accesiones de *Centrosema* ensayadas, tanto nativas como introducidas, J. Menéndez (comunicación personal) notó que 26 eran susceptibles al virus del mosaico dorado del frijol. Muchos

Digitized by Google

de los ecotipos susceptibles correspondían a *C. pubescens*, aunque CIAT 5172 se clasificó como altamente resistente al virus y muy productiva, tanto en forraje como en producción de semillas. La presencia generalizada del virus en Cuba puede explicar, en parte, la evidente falta de éxito de *Centrosema* spp.

Machado et al. (1979) consideraron que el futuro de *C. pubescens* en la isla dependía del desarrollo de nuevas variedades que pudieran producir, por lo menos, 10 t/ha de MS por año con 20% de PC, y que pudieran alimentar 2 vacas/ha. Otras prioridades comprendían la resistencia a enfermedades y una abundante producción de semilla.

Suelos de pH bajo

Sólo de Trinidad y República Dominicana se tienen informes sobre trabajos hechos con *Centrosema* en suelos muy ácidos.

Trinidad. Guyadeen (1951) consideró que *C. pubescens* era promisoria, especialmente por su alto nivel de proteína cruda y de fósforo, aunado a un bajo nivel de fibra cruda en su follaje. No obstante, la leguminosa no ha sido aceptada aún comercialmente por los agricultores.

El Ministerio de Agricultura, Tierras y Pesca, de Trinidad y Tobago (Ministry of Agriculture, Lands and Fisheries, MALF) ha incluido a *C. pubescens* en siembras de especies forrajeras hechas en suelos ácidos durante los últimos 20 años (MALF, 1965 a 1978). En 1965, una accesión que no había sido nombrada se introdujo desde Singapur, junto con otras cuatro leguminosas comercialmente disponibles: *Pueraria javanica* (syn. *P. phaseoloides*); *Calopogonium mucunoides*; *Stylosanthes gracilis* (syn. *S. guianensis*); y *Desmodium ovalifolium*. En el primer año se calificó como la peor de las cinco, por su lento crecimiento y por la susceptibilidad al ataque de insectos. En los años siguientes su comportamiento no mejoró mucho, de manera que salió del programa de evaluación en 1972. Aunque tenía alta calidad nutritiva y era bien aceptada por los rumiantes, su persistencia era baja porque se recuperaba lentamente de la defoliación y era susceptible al ataque de insectos comedores de hojas y a un virus foliar no identificado.

Digitized by Google

En años posteriores, *C. pubescens* entró de nuevo en la lista de las especies que se ensayaban. En un experimento adicional (MALF, 1975) con 11 leguminosas comerciales, se calificó entre las más altas en calidad aunque, una vez más, los rendimientos fueron bajos.

En un experimento más reciente (Harricharan et al., 1982) se evaluaron 44 leguminosas, que representaban los principales géneros y diversos orígenes y hábitos de crecimiento, durante un período de 18 meses en la Estación Experimental de la Universidad. Cada una recibió un puntaje de producción basado en su persistencia y en su adaptabilidad al ambiente, en el vigor con que crecía, en su rendimiento de materia seca, y en su resistencia a la sequía, las plagas y las enfermedades. El comportamiento de *Centrosema* spp. se expone en el Cuadro 6. Aunque la referencia no proporciona detalles del análisis de suelos, las ligeras aplicaciones básicas de fertilizantes (50 kg/ha de superfosfato triple y 50 kg/ha de KCl, proveniente de ácido muriático y potasa) sugieren que el suelo no era tal vez muy infértil o ácido, aunque muchos de los suelos de esa zona lo son. De las leguminosas evaluadas en este experimento, sólo cuatro, incluyendo a *C. pubescens*, tenían un contenido de proteína cruda mayor de 20%. Aparte de *C. plumieri*, otras ocho leguminosas lograron el puntaje de "muy productiva". A pesar de que esta especie es promisoria, no se ha emprendido ningún otro trabajo con *C. plumieri*.

En 1980 se sembró un Ensayo Regional B de la RIEPT en la Estación Experimental del Ministerio de Agricultura, en Centeno. Entre las especies sembradas había 12 leguminosas—dos de ellas eran introducciones de *Centrosema*—y 5 gramíneas. Los resultados fueron publicados por Persad (1983) y aparecen también, desde 1980, en los informes anuales no publicados de Centeno. *Centrosema pubescens* común y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 se establecieron mal; sus plántulas eran pequeñas comparadas con las de otras leguminosas. La cobertura del suelo fue escasa y el daño causado por insectos, principalmente por crisomélidos, fue alto. (Los insectos de este grupo son también plagas serias de las leguminosas forrajeras en Cuba, según Menéndez y Martínez, 1980). El rendimiento de forraje fue inicialmente mucho menor que el de las leguminosas más vigorosas, como *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 y CIAT 136 y *Zornia latifolia* CIAT 728. Para 1982, el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 ocupaba el quinto lugar en rendimiento, después de las tres accesiones antes nombradas y

Digitized by Google

Cuadro 6. Comportamiento de *Centrosema* spp. en Trinidad.

Especie	Contenido de proteína cruda (%)	Puntaje producción[a]
C. plumieri (de Barbados)	14.7	1
C. pubescens Florida 12461	21.0	2
C. schottii CF 589	14.7	2
C. pascuorum CPI 55697	19.6	3
C. virginianum CPI 55695	14.0	3

a. Puntaje: 1 = muy productiva; 2 = moderadamente productiva; 3 = la menos productiva.

FUENTE: Harricharan et al., 1982.

de *Desmodium ovalifolium* CIAT 350; sin embargo, su rendimiento durante la estación seca fue sólo el 65% del que dio la leguminosa más productiva (*S. guianensis* CIAT 184), en tanto que su rendimiento en la estación húmeda representó el 64% del de la mejor especie (*Z. latifolia*) y el 84% del de *S. guianensis*. *Centrosema pubescens* común arrojó el menor rendimiento entre todas las especies incluidas en el experimento. Ambas líneas de *Centrosema* fueron muy atacadas por los insectos; el menor puntaje de daño después del período de establecimiento inicial fue 3.7 en una escala de 1 (ningún ataque) a 4 (daño grave). Estos valores son muy deficientes comparados con los de especies como *S. guianensis*, *S. capitata* y *Z. latifolia*, que frecuentemente obtuvieron puntajes de 1.0 (ningún daño).

Cuando se cultivó *C. virginianum*, proveniente de Antigua, en un ensayo de macetas en arena fina, ácida e infértil, tipo Piarco, la inoculación con una cepa efectiva de *Rhizobium*, también de Antigua, indujo un mayor crecimiento de las plantas y aumentó la actividad de la nitrogenasa; esto sólo ocurrió en presencia de una solución nutritiva que incluía Ca, P y S (Ahmed, 1978; Ahmed y Quilt, 1981). Las plantas no inoculadas nodularon, también respondieron a la aplicación de nutrimentos, pero la respuesta más intensa se obtuvo con inoculación + aplicación de nutrimentos. Se obtuvieron resultados similares con *C. pubescens* en el mismo suelo. La peletización de la semilla con cal, ya sea sola o con Mo, no estimuló el crecimiento de las plantas, aunque la aplicación de 125 kg/ha de cal logró una respuesta positiva (Ahmed, 1978). Los

Digitized by Google

resultados mostraron que la peletización de la semilla con cal no satisfizo la necesidad de Ca de la planta en este suelo infértil.

República Dominicana. Los ensayos regionales B de la RIEPT se sembraron en 1983, en tres diferentes suelos arcillosos e infértiles (Germán, 1986a, 1986b y 1986c). En los tres sitios se sembraron las accesiones siguientes: *C. macrocarpum* CIAT 5062 y CIAT 5065, y *C. brasilianum* CIAT 5234. En uno de los sitios, estas accesiones estuvieron acompañadas por *C. acutifolium* CIAT 5112 y por *C. pubescens* CIAT 5189, y en los otros dos, por *C. acutifolium* CIAT 5278. En general, se obtuvieron resultados similares en los tres sitios.

La germinación fue buena, y aunque algunas accesiones fueron lentas en los primeros estadios de desarrollo, todas tuvieron una cobertura aceptable del suelo a los 3 meses. Las enfermedades no fueron generalmente un problema grave; todas las accesiones de *Centrosema* fueron atacadas por varios insectos, presentándose los ataques más fuertes el segundo año. Tanto en los períodos secos como en los húmedos, el rendimiento de *C. pubescens* fue bajo, mientras que la producción de MS de las accesiones de *C. macrocarpum* y *C. brasilianum* se pudo describir como aceptable o buena; los mejores resultados correspondieron a *C. macrocarpum* CIAT 5065. En todos los casos, las accesiones de *Centrosema* fueron superadas por otras leguminosas, especialmente por varias accesiones de *Stylosanthes* y de *Zornia*, de las cuales las más productivas fueron, al parecer, *S. guianensis* CIAT 1280 y *Z. brasiliensis* CIAT 7485.

Potencial de *Centrosema* en la Región del Caribe

Aunque las especies de *Centrosema* que se encuentran naturalmente son importantes en algunas regiones de Cuba, sólo en República Dominicana se intenta promover activamente su uso. En las Antillas Menores, *C. plumieri* en Trinidad, y *C. schottii* y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 en Antigua, han resultado muy prometedoras en algunos experimentos. CIAT 438 ha sido recomendado para uso comercial en Antigua, pero no se ha realizado ningún intento serio de proporcionar semilla a los agricultores; en realidad, otras leguminosas, como *Neonotonia*

Digitized by Google

wightii, *Macroptilium atropurpureum* y *Teramnus labialis*, ya fueron aceptadas y su semilla se produce en pequeñas cantidades (Paterson, 1986). Puesto que el esquema de producción de semilla es relativamente nuevo, no es deseable ampliar el rango de especies ofrecidas antes de que se satisfaga plenamente la demanda regional de las leguminosas existentes, o de que surjan problemas con estas especies y se requieran otras para sustituirlas.

Centrosema no está tan libre de limitaciones en la región caribeña como para recomendar su uso futuro sin temor a una equivocación. En muchos de los informes antes citados, la leguminosa se considera de establecimiento lento, aunque los resultados más recientes son satisfactorios (por ejemplo, Persad, 1983). Se han observado ocasionalmente ataques de enfermedades, como la roya de la hoja (*Uromyces appendiculatus*), en *C. schottii* en Antigua (CARDI, 1982); infecciones causadas probablemente por *Rhizoctonia*, *Pythium* o *Botrytis* en *C. virginianum* en Antigua (Ahmed, 1978); el virus del mosaico dorado del frijol en varias especies de *Centrosema* en Cuba (J. Menéndez, comunicación personal); y un virus no identificado de la hoja en *C. pubescens* en Trinidad (MALF, 1971). Se han observado daños causados por insectos, a menudo atribuidos a crisomélidos, en sitios tan lejanos entre sí como Cuba (Menéndez y Martínez, 1980) y Trinidad (MALF, 1980); la especie recomendada para Antigua, en cambio, estaba relativamente libre del daño de insectos en los informes. Estos problemas, aunados a la escasa persistencia cuando se someten a pastoreo (Logan y McLeod, 1982), inhiben la aceptación de *C. pubescens* y de *C. virginianum* en el Caribe. Se puede justificar entonces el uso más extenso de las especies menos conocidas, como *C. plumieri* y *C. schottii*.

Investigación Futura de *Centrosema*

La selección de cepas mejoradas de *Rhizobium* daría como resultado un crecimiento más vigoroso de las especies de *Centrosema*, especialmente en las primeras etapas de desarrollo de éstas (Ahmed, 1978). Esta práctica ayudaría a resolver las dificultades de un establecimiento deficiente o lento. Se debe prestar también más atención a especies distintas de *C. pubescens*, porque, en general, ésta ha decepcionado a los cultivadores en la región del Caribe. Es evidente que, en cualquier trabajo de selección o mejoramiento, debe prestarse mucha atención a la

Digitized by Google

resistencia del material a plagas y enfermedades, a su persistencia bajo pastoreo y a su productividad cuando se halla bajo un régimen mínimo de fertilización.

Reconocimientos

Muchos colegas proporcionaron la información que se presenta en esta revisión. Damos gracias especiales a Joy y Michael Michaud (St. Croix), Robbie Quintyne (Barbados) y Maritza Hee Houng (Trinidad), quienes emplearon su tiempo en facilitarnos el acceso a documentos no publicados.

Referencias

Ahmed, B. 1978. Growth and nitrogen fixation of some tropical forage legumes. Tesis (Ph.D.). Department of Soil Science, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad y Tobago. 211 p.

_____ y Quilt, P. 1981. Effect of inoculum concentration and seed pelleting on growth and nitrogenase activity of *Centrosema virginianum* cv. 'Antigua'. Trop. Agric. (Trinidad) 58(4):349-355.

Archibald, K. A. E. 1982. A review of forage research in the Caribbean with special reference to forage production. Trabajo presentado, IV Regional Livestock Meeting, septiembre-octubre 1982. Georgetown, Guyana.

Bowen, G. D. 1956. Nodulation of legumes indigenous to Queensland. Queensl. J. Agric. Sci. 13:47-60.

Brown, C. B. y Bally, G. S. 1970. Land capability survey of Trinidad and Tobago; vol. 4: Soils of central Trinidad. Government Printery, Port-of-Spain, Trinidad y Tobago. p. 116.

CARDI (Caribbean Agricultural Research and Development Institute). 1982. Grass and legume seed production and utilization in the drier areas of the Caribbean; final report. St. Augustine, Trinidad y Tobago. 89 p.

Devers, C. L. R. 1979. Selection of forage grasses, legumes and legume-grass associations for fine textured, high pH soils. Tesis (M.Sc.). Department of Soil Science, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad y Tobago. 142 p.

Digitized by Google

Eggers, Baron H. F. A. 1879. The flora of St. Croix and the Virgin Islands. Government Printing Office, Washington, DC, E.U. p. 44.

Germán, M. [1986]a. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en El Valle, República Dominicana. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 1037-1047.

_____. [1986]b. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Haras Nacionales en República Dominicana. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 711-725.

_____. [1986]c. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Pedro Brand, República Dominicana. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 727-742.

Gutiérrez, A. y Delgado, D. [1986]. Evaluación regional de gramíneas y leguminosas en la Isla de la Juventud, Cuba. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 141-157.

Guyadeen, K. D. 1951. A note on some promising forage legumes. Trop. Agric. (Trinidad) 28(2):231-232.

Guyton, R. F. 1977. Irrigation, harvest interval, and nitrogen effects on forage production and quality of green panicgrass (*Panicum maximum* var. *trichoglume* Eyles) alone and with tropical legumes. Tesis (Ph.D.) Pennsylvania State University, Philadelphia, PA, E.U. 58 p.

Harricharan, H.; Morris, J.; y Devers, C. 1982. The crude protein and mineral content of tropical forage legumes. Trabajo presentado, IV Regional Livestock Meeting, septiembre-octubre 1982. Georgetown, Guyana.

Digitized by Google

Hill, I. D. 1966. Soil and land use surveys, no. 19a, Antigua Regional Research Centre, Imperial College of Tropical Agriculture, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad y Tobago. 46 p.

Iturbide Collino, A. 1980. Apuntes sobre pasturas tropicales. Secretaría de Estado de Agricultura (SEA) e Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), Santo Domingo, República Dominicana. 57 p.

JLA (Jamaica Livestock Association). 1983. Livestock manual for the tropics. Kingston, Jamaica. p. 127-145.

Keoghan, J. M. 1980. The adaptability and agronomic potential of tropical forage legumes on fine-textured high pH soils. Trabajo presentado, Symposium on the Management of Clay Soils in the Tropics. University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad y Tobago. 30 p.(Mecanografiado.)

_____. 1985. A relevant approach to identifying well adapted and productive forage legumes for tropical third world countries. Proc. Agron. Soc. N. Z. 15:131-135.

Lang, D. M. 1967. Soil and land-use surveys, no. 21; Dominica. Regional Research Centre, Imperial College of Tropical Agriculture, University of the West Indies, St. Augustine, Trinidad y Tobago.

Liogier, H. A. y Martorell, L. F. 1982. Flora of Puerto Rico and adjacent islands: A systematic synopsis. Editorial de la Universidad de Puerto Rico, San Juan, Puerto Rico. p. 66-67.

Logan, J. y McLeod, D. S. 1982. Performance of Jamaica Red Poll x Hope steers on grass and grass/legume pastures. Trabajo presentado, IV Regional Livestock Meeting, septiembre-octubre 1982. Georgetown, Guyana.

Machado, H.; Simo, P.; y Segui, E. 1979. Mejoramiento genético. En: Funes, F.; Febles, G.; Sistachs, M.; Suárez, J. J.; y Pérez Infante, F. (eds.). Los pastos en Cuba: Producción. Asociación Cubana de Producción Animal, La Habana, Cuba. Vol. 1, p. 153-165.

Machado, R. y Menéndez, J. 1979. Descripción de gramíneas y leguminosas. En: Funes, F.; Febles, G.; Sistachs, M.; Suárez, J. J.; y Pérez Infante, F. (eds.). Los pastos en Cuba: Producción. Asociación Cubana de Producción Animal, La Habana, Cuba. Vol. 1, p. 91-123.

Digitized by Google

MALF (Ministry of Agriculture, Lands and Fisheries), Grasslands Division. 1965 a 1980. Annual reports. Centeno, Trinidad y Tobago. (Mecanografiado.)

Menéndez, J.; Delgado, D.; Tang, M.; y Quincoses, G. 1984. Evaluación zonal de leguminosas en suelo ferralítico cuarcítico de Isla de la Juventud. Pastos Forrajes. 7(1):47-58.

_____ y Machado, R. 1978. Leguminosas silvestres de Cuba: Oeste de las provincias orientales. Pastos Forrajes 1(3):349-365.

_____ y Martínez, J. F. 1980. Evaluación de leguminosas tropicales en suelos calcáreos. Pastos Forrajes 3:373-388.

_____ ; Reid, R.; Machado, R.; y Martínez, J. F. 1979. Leguminosas silvestres de Cuba: Este de las provincias orientales. Pastos Forrajes 2(3):377-392.

Michaud, P. J. y Michaud, M. 1986. Composition and management studies of native pastures in the U.S. Virgin Islands. Trabajo presentado, 22nd Annual Meeting of the Caribbean Food Crops Society, agosto 1986, St. Lucia.

Millspaugh, C. D. 1902. Flora of the Island of St. Croix. Publication no. 68, Botanical Series, 1(7). Field Columbian Museum, Chicago, IL, E.U. p. 496.

Monzoti, M. y Alvarez, S. 1978. Efecto de niveles de fósforo en el establecimiento de leguminosas en pasto natural de Tunas. En: Primer Seminario Científico Técnico, Provincia de las Tunas, Cuba, 1978; trabajos. La Habana, Cuba. Vol. 1, p. 173-176.

Oakes, A. J. 1970. Legumes in the U.S. Virgin Islands. Turrialba 20(2):153-165.

Paterson, R. T. 1986. Pasture seed production in Antigua. Trabajo presentado, 22nd Annual Meeting of the Caribbean Food Crops Society, agosto 1986, St. Lucia.

Persad, N. K. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Centeno, Trinidad. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982. Segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 393-401.

Digitized by Google

Proverbs, G. A. y Quintyne, R. C. 1986. Grass and legume species for pasture establishment in Barbados. Trabajo presentado, 22nd Annual Meeting of the Caribbean Food Crops Society, agosto 1986, St. Lucia.

Quintyne, R. C. 1972 a 1976. En: Annual reports. Animal Nutrition and Grassland Research Unit, Ministry of Agriculture, Barbados. (Mecanografiado.) p. 5, 9, 12, 7 y 13 (para sendos años).

Stehle, H. 1956. Survey of forage crops in the Caribbean. Caribbean Commission, Central Secretariat, Port-of-Spain, Trinidad y Tobago. p. 255-256.

UWI (University of the West Indies), Imperial College of Tropical Agriculture, Regional Research Centre. 1958 en adelante. Soil and land use survey series. St. Augustine, Trinidad y Tobago.

Valdés, L. R. y Pérez, D. 1971. Observaciones en mezclas de gramíneas leguminosas en pastoreo. En: Estación Experimental de Pastos y Forrajes Indio Hatuey. Memoria anual, 1971. Matanzas, Cuba. p. 98-105.

Virgin Islands Research and Extension Programme. 1952 a 1966. Reports of activities. St. Croix, Islas Vírgenes. (Mecanografiado.)

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 427-454).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 14

Experiencia Regional con *Centrosema*: América Central y México

P. J. Argel, A. Peralta M. y E. A. Pizarro*

Resumen

Se considera a América Central junto con México, donde se han recolectado 10 especies de *Centrosema*, como uno de los centros de diversificación de este género. *Centrosema pubescens* es la especie más ampliamente distribuida en esa región, y ha sido además la más investigada durante las décadas de los 60 y los 70. Desde 1980, el trabajo de evaluación hecho en los ensayos de adaptación y de producción de forraje se ha extendido a otras 12 especies; de ellas, *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* mostraron la mejor adaptación a las condiciones edáficas y climáticas de la región. Las plagas y enfermedades más comunes son los comedores de hojas y el añublo foliar causado por *Rhizoctonia*, respectivamente.

Pocas veces se han efectuado evaluaciones regionales con *Centrosema* bajo pastoreo; éstas se han limitado a *C. pubescens* y a *C. macrocarpum*. Los únicos resultados disponibles sobre producción animal obtenida en pasturas con *Centrosema* se

* Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá (IDIAP) y proyecto de la Universidad de Rutgers, David, Ch., Panamá (actualmente en CIAT/IICA, San José, Costa Rica; Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Campo Agrícola Experimental de Iguala, Iguala, Guerrero, México; y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en CIAT-EMBRAPA/CPAC, Planaltina, DF, Brasil, respectivamente.

Digitized by Google

refieren al tipo común de *C. pubescens* en México; estos resultados indican aumentos diarios de peso de 524 g/animal en pasturas de *C. pubescens* y *Digitaria decumbens*, frente a 385 g/animal en una pastura de *D. decumbens* sola.

El género *Centrosema* tiene un alto potencial para la región. Las investigaciones futuras deben centrarse en la recolección e introducción de germoplasma; en estudios agronómicos y de control de malezas, especialmente en áreas tropicales húmedas; en ensayos de pastoreo para determinar la persistencia de la leguminosa y la producción animal; y en la integración de cultivos con pasturas de *Centrosema* en los sistemas agrosilvopastoriles que son comunes en América Central y en México tropical.

Distribución Natural de *Centrosema* en la Región

Centrosema es un género de leguminosas del Nuevo Mundo con cerca de 35 especies distribuidas desde los Estados Unidos hasta Argentina, incluyendo el Caribe (Schultze-Kraft et al., esta obra). Por lo menos 11 especies se consideran nativas de América Central y de México (Abaunza Amador, 1978; D'Arcy, 1980; Meyrat, 1975; Standley y Steyermark, 1946; Taylor, 1976). En cuanto a germoplasma, Panamá y la parte tropical de México son, al parecer, las regiones donde se ha recolectado el mayor número de ecotipos nativos de *Centrosema*, de los cuales hay semilla disponible (Duque et al., 1985; Peralta M. et al., 1987; Reid, 1983).

La información disponible sugiere que *C. pubescens* es la especie más frecuente y más ampliamente distribuida en la región. Se localiza principalmente en suelos de fertilidad moderada a alta y en regiones de clima húmedo a subhúmedo y de cálido a moderado. Esta amplia distribución ha dado lugar a una gran variación intraespecífica representada por tipos morfológicos que expresan las condiciones climáticas y edáficas en que se desarrollan. Por ejemplo, en los climas semisecos, es común hallar tipos precoces de porte bajo, y gran desarrollo vegetativo, floración limitada y vainas basales pequeñas. En climas húmedos y suelos de alta fertilidad se hallan tipos volubles muy vigorosos, de floración profusa y durable y de vainas grandes. En los Ultisoles ácidos, típicos de los bosques y de los ecosistemas derivados de sabana, son muy comunes los

Digitized by Google

tipos postrados, estoloníferos y de buena capacidad de enraizamiento en los nudos.

Otras especies que se hallan con frecuencia y tienen amplia distribución son *C. macrocarpum* y *C. plumieri*. *Centrosema schiedeanum*, una especie que tiene una relación taxonómica muy estrecha con *C. pubescens*, parece tener dos centros de distribución: México, y el área de Costa Rica y Panamá; en ambos suele encontrarse en sitios de mayor altitud. *Centrosema sagittatum* y *C. pascuorum* son especies ampliamente distribuidas en América Central, pero no son comunes; *C. pascuorum* se encuentra exclusivamente en regiones de baja altitud que tengan menos de 1000 mm de precipitación anual. *Centrosema virginianum* es muy frecuente en México, aunque se conocen algunos sitios de recolección de material botánico en Guatemala, Honduras y Costa Rica. La distribución de *C. schottii* se limita a zonas de suelos calcáreos en México, especialmente en la Península de Yucatán. Por otro lado, *C. angustifolium* sólo se ha hallado en Panamá y Costa Rica. Otras especies de *Centrosema* que se consideran nativas de Panamá son *C. brasilianum* y *C. vexillatum*.

Adaptación y Producción Estacional de Materia Seca

La evaluación de leguminosas forrajeras tropicales adaptadas a las condiciones de México y de otros países centroamericanos se inició en la década de los 60 (FAO, 1972; Sánchez, 1968). Estos trabajos se concentraron principalmente en el estudio de la productividad de cultivares forrajeros comerciales de origen australiano (Claverán Alonso, 1978). *Centrosema* fue hallado como uno de los géneros más promisorios y mejor adaptados a las regiones calientes y húmedas de México (Ramos, 1985; Sánchez, 1968), Panamá (FAO, 1972) y Belice (Lazier, 1980a y 1980b). Las observaciones se realizaron principalmente en parcelas pequeñas sometidas a corte o a pastoreo periódico controlado.

En Belice, por ejemplo, se evaluaron en 1975 cuatro líneas pertenecientes a tres especies de *Centrosema*: *C. pubescens*, representada por un ecotipo nativo y por centro común, *C. plumieri* y *C. schiedeanum* cv. Belalto; en esta prueba hubo 25 leguminosas que comprendían 13 géneros y 19 especies (J. R. Lazier,

Digitized by Google

comunicación personal). *Centrosema plumieri* no mostró un comportamiento sobresaliente en ninguna de las pruebas, mientras que *C. schiedeanum* cv. Belalto creció bien en los mismos sitios. *Centrosema pubescens* tuvo mejor comportamiento cuando se aplicó un nivel más alto de P (40 versus 10 kg/ha de P). Se hizo otra prueba con 30 leguminosas (19 géneros que comprendían 27 especies) entre las que estaban *C. plumieri* CF 16-1 y *C. pubescens* CF 177, en un Planosol de una región que recibe 2200 mm de precipitación anual. Estas dos especies persistieron después de 10 ciclos de corte que se hicieron cada 6 semanas, pero su rendimiento fue sólo una tercera parte del observado en *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, considerada la mejor leguminosa de la prueba (J. R. Lazier, comunicación personal).

De estas pruebas iniciales de evaluación que se hicieron en la región no se formularon recomendaciones para el uso comercial de *Centrosema*.

A partir de 1980 se incrementó considerablemente la evaluación del género *Centrosema* en la región. En un programa intensivo de recolección, introducción y evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Belice se evaluaron, durante el período 1981-1984, por ejemplo, 19 accesiones de *C. pubescens*, 10 de *C. plumieri*, 6 de *C. macrocarpum*, 4 de *C. schottii* y un híbrido (Parham, 1984). En estas evaluaciones preliminares, *C. pubescens* demostró nuevamente el mejor comportamiento.

Los estudios realizados en otros países de la región han formado parte de un conjunto de ensayos regionales organizado dentro de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), con germoplasma proporcionado principalmente por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). El germoplasma ensayado comprende 13 especies de *Centrosema* (Cuadro 1). Se han evaluado numerosas accesiones en México y Panamá, especialmente de *C. pubescens*, *C. macrocarpum*, *C. brasilianum*, *C. acutifolium*, *C. schiedeanum* y *C. pascuorum*. Las evaluaciones consistieron en pruebas de adaptación, o ensayos regionales A (ERA), en las cuales se observó la supervivencia del germoplasma con insumos mínimos de fertilización durante 2 años (Toledo y Schultze-Kraft, 1982). Al mismo tiempo, o en forma paralela a estas evaluaciones, se midió el rendimiento estacional de materia seca de las leguminosas durante los períodos de máxima y mínima precipitación (ensayos regionales B, ERB). Se han hecho también

Digitized by Google

Cuadro 1. Especies de *Centrosema* y número de accesiones de cada especie evaluadas en América Central y México desde 1980 por la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT).

Especie	Accesiones por país (no.)					
	México	C. Rica	Honduras	Nicaragua	Panamá	Belice[a]
C. acutifolium	5	3	3	1	2	
C. angustifolium	1					
C. brachypodum	1					
C. brasilianum	10	2	2	1	4	
C. macrocarpum	12	2	1		4	6
C. pascuorum	1				3	
C. plumieri	1				1	10
C. pubescens	20	1	1	2	4	21
C. rotundifolium	1					
C. sagittatum	1					
C. schiedeanum	5					
C. schottii	1					4
C. virginianum	1					
Híbrido CIAT 438	1	1	1	1	1	1
Total	61	9	8	5	19	42

a. Germoplasma evaluado fuera de la RIEPT.

FUENTES: RIEPT, información no publicada, y J. R. Lazier, comunicación personal.

otras pruebas empleando la metodología convencional para la evaluación agronómica, especialmente en Tocumen y Gualaca en Panamá.

La región tomada en consideración se extiende desde la latitud 7° N a la 30° N, y desde la longitud 77° O a la 107° O. El ecosistema predominante es el bosque húmedo tropical (BHT) (Cuadro 2). En este ecosistema, la precipitación anual varía de 2099 mm en Hojancha, Costa Rica, a 4000 mm en Gualaca, Panamá, con períodos secos que pueden durar de 3 a 6 meses. También se ha evaluado *Centrosema* en el bosque seco tropical (BST) representado por El Ejido y Río Hato en Panamá; en este mismo país existen ecosistemas de sabana derivados del bosque húmedo tropical (SD-BHT) en Calabacito y Chepo. El ecosistema de bosque estacional semi-siempreverde tropical (BEST) se encuentra en La Esperanza (Honduras) y en Huimanguillo, Jericó y Niltepec (México). En este último país también se ha evaluado germoplasma de *Centrosema* en el ecosistema de sabana. Los suelos de la región son principalmente ácidos (pH 4.5-5.5), con un

Digitized by Google

Cuadro 2. Ecosistemas predominantes, precipitación y características edáficas de los sitios de evaluación de germoplasma de *Centrosema* en países de América Central y en México, desde 1980.

País	Sitio	Ecosistema predominante[a]	Precipitación mm/año	Precipitación No. de meses secos[b]	Suelo pH (1:1)	Suelo Sat. Al (%)	Suelo P (ppm)
Nicaragua	Nueva Guinea	BHT	2536	3-4	4.4	21.0	—
	Pto. Cabezas	BHT	2693	3	—	52.0	2.0
	El Recreo	BHT	3159	3-4	4.3	34.0	6.0
Costa Rica	San Isidro	BHT	2954	4	5.2	49.2	5.0
	San Carlos	BHT	3425	3-4	5.9	1.5	6.0
	Turrialba	BHT	2634	3	5.2	—	1.2
	Hojancha	BHT	2099	5	6.0	—	
10.0							
	Piedades Sur	BEST	1765	5	4.8	5.6	6.0
Panamá	El Ejido	BST	1000	5-6	5.9	—	3.3
	Río Hato	BST	1002	5	6.7	2.3	6.0
	Soná (La Soledad)	BHT	2750	4-5	5.1	63.6	1.1
	Gualaca	BHT	4000	3-4	4.7	21.0	3.5
	Calabacito	SD-BHT	2500	5	4.8	12.0	2.5
	Chepo	SD-BHT	2090	4	4.4	64.3	1.3
Honduras	La Ceiba	BHT	2933	3-4	4.5	13.1	13.3
	La Esperanza	BEST	1300	5-6	4.5	—	10.2
México	Huimanguillo	BEST	2200	3	4.5	85.0	0.2
	Isla Veracruz	Sabana	996	5-6	4.8	—	13.5
	Loma Bonita	Sabana	1845	5-6	4.0	—	20.0
	Tonalá	Sabana	1600	6	5.8	—	3.0
	Jalapa	BHT	2500	3	4.9[c]	—	—
	Jericó	BEST	2200	4-5	6.0[c]	—	3.3
	Ebano	BST	878	8	—	—	—
	Niltepec	BEST	1465	6	7.2[c]	—	4.5
	Arriaga	Sabana	1500	6	5.4	—	10.7

a. BHT = bosque húmedo tropical; BEST = bosque estacional semi-siempreverde tropical; BST = bosque seco tropical; SD-BHT = sabana derivada del bosque húmedo tropical.
b. Menos de 100 mm de precipitación por mes.
c. El pH se midió en una suspensión 1:2.

FUENTE: RIEPT, información no publicada.

contenido variable de P—que va generalmente de bajo a moderado—y una saturación de Al que varía de baja a muy tóxica.

Centrosema pubescens

Las evaluaciones de *Centrosema* en América Central y México se iniciaron casi siempre con una o dos accesiones de *C. pubescens*, una de las cuales se conoce ahora como *C. schiedeanum* (Clements

Digitized by Google

et al., 1983) y está representada por el cultivar Belalto. Otra variedad muy evaluada ha sido centro común.

Kretschmer (1970) informó que en pruebas hechas en fincas de Costa Rica, *C. pubescens* (centro) tuvo un buen comportamiento agronómico y alta producción de semilla en comparación con otras leguminosas, como *Stylosanthes humilis* y *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo.

Se han realizado evaluaciones más recientemente, en los ensayos regionales A y B de la RIEPT, en ecosistemas de bosque y de sabana de la región (Cuadro 3). Las accesiones CIAT 438 (un híbrido de *Centrosema*), CIAT 5189 y CIAT 5126 han mostrado, en general, una adaptación entre buena y excelente en el ecosistema de bosque, lo que refleja el efecto de las condiciones climáticas, bióticas y edáficas de este ecosistema en el crecimiento y desarrollo de las plantas. La accesión CIAT 5126, por ejemplo, presentó una excelente adaptación en Turrialba, Costa Rica, pero se comportó mal en Puerto Cabezas, Nicaragua. Las accesiones CIAT 438 y 5189 no se adaptaron bien en Soná, Panamá, a causa de los graves ataques del añublo foliar causado por *Rhizoctonia*.

Se observaron grandes variaciones en el rendimiento de materia seca tanto estacionalmente—midiéndolo durante períodos de crecimiento de 12 semanas—como entre sitios diferentes de varios países, y tanto en el ecosistema de bosque como en el de sabana. La tendencia de todas las accesiones, incluyendo a CIAT 438, en el ecosistema de sabana, fue de mayores rendimientos durante la estación de máxima precipitación, lo cual contrasta con lo observado en el ecosistema de bosque húmedo de San Isidro, Costa Rica. Tal vez en el ecosistema de bosque el crecimiento se reduce por la incidencia de enfermedades foliares y de insectos chupadores y comedores de hojas durante la estación lluviosa.

Araya (1968) estudió a *C. pubescens* en Tocumen, Panamá, en un suelo aluvial (pH 6.7) con altos niveles de P (42.6 ppm), de K (114 ppm), de Ca y de Mg. Los niveles crecientes de P que se aplicaban (de 0 hasta 33 kg/ha) tendieron a reducir el rendimiento de *Centrosema*; sin embargo, aunque se observaron grandes diferencias entre los tratamientos, éstas no fueron estadísticamente significativas porque los rendimientos de materia seca fueron muy variables. El contenido de proteína de la leguminosa se acercó a 20%, sin que importara la cantidad de P aplicado.

Digitized by Google

Cuadro 3. Resultados de las evaluaciones de adaptación (ensayos regionales A, RIEPT[a]) y del rendimiento estacional de materia seca (ensayos regionales B, RIEPT) de accesiones de *Centrosema pubescens* en México y América Central.

País	Localidad	Accesión CIAT no.	Adaptación[b]	Rendimiento de materia seca (kg/ha de MS cada 12 semanas)		Fuente
				Período de mínima precipitación	Período de máxima precipitación	
Ecosistemas de bosque						
Costa Rica	San Isidro	438	—	663	382	Prado A., 1983
	San Carlos	438, 5189	B, R	—	—	Chaverri Oller et al., 1986
		5126	B		—	
	Turrialba	5126, 5189	E, B	—	—	Borel, 1986
	Hojancha	438, 5189	—	2250, 2431	—	Gómez y de Lucía, 1986
	Piedades Sur	5126, 5189	B, B	—	—	M. Rodríguez, com. pers.
Panamá	Los Santos	5189	B		—	Duque y Vargas, 1986
	Río Hato	438, 5126	B, B	3197, 2493	—	G. González, com. pers.
		5189	B		3195	
	Soná	438, 5189	M, M	—	—	Arosemena et al., 1986
	Chepo	438, 5053	—	—	1031, 673	Quintero y Rodríguez, 1983
		5126	—	—	4975 (9 sem.)	
	Calabacito	5126	B		—	Aranda y Pinilla, 1986
Nicaragua	El Recreo	438	—	310 (9 sem.)	1373 (9 sem.)	Castro y Cruz M., 1983
	Pto. Cabezas	5126, 5189	M, B	—	—	Miranda, 1986
	Nueva Guinea	438	B		—	Avalos, 1983
Honduras	La Ceiba	438, 5189	B, B	—	—	Valle Aguilar, 1986

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 3. Continuación.

País	Localidad	Accesión CIAT no.	Adaptación[b]	Rendimiento de materia seca (kg/ha de MS cada 12 semanas)		Fuente
				Período de mínima precipitación	Período de máxima precipitación	
México	Jericó	438, 5189	—	—	3000, 4200	Cigarroa y Palomo, 1986
	Huimanguillo	5189, 438	—	1564, 1328	—	López Naranjo, 1986a
Ecosistemas de sabana						
México	Isla Veracruz	5189, 438	—	995, 373	2304, 1483	Enríquez Quiroz, 1986
	Loma Bonita	5189, 438	—	686, 949	3589, 911	J. Enríquez, com. pers.
	Tonalá	438, 5053	—	864, 900	2875, 2970	
		5126, 5189	—	1000, 423	3080, 2233	Cigarroa, 1985

a. RIEPT = Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.
b. E = excelente; B = bueno; R = regular; M = malo.

Digitized by Google

En México, en una prueba de invernadero en que se usó suelo de sabana, Meléndez N. et al. (1976) también observaron una baja respuesta de *C. pubescens* a la aplicación de P. Sin embargo, Urrutia R. (1972) observó una reducción en la producción de follaje y de raíces de *C. pubescens* cuando se cultivó en un Oxisol de Guatemala encalado con $CaCO_3$ a una tasa mayor de 1200 ppm. Esto se corrigió con aplicaciones de 50 a 75 ppm de P, lo que indica la baja disponibilidad de este nutrimento en ese suelo.

Centrosema pubescens (centro) se evaluó en varios ensayos de corte en Gualaca, Panamá. La precipitación anual en este sitio, que es de aproximadamente 4000 mm, se distribuye entre abril y noviembre. Los suelos son Inceptisoles ácidos (pH 4.7), con bajo nivel de P (1.3 ppm) y 21% de saturación de Al. Se encontraron variaciones en el rendimiento de MS según las diferentes frecuencias de corte y según las estaciones del año (FAO, 1972; Ortega y Samudio, 1980). Los mayores rendimientos (2000 kg/ha de MS) se obtuvieron durante la estación lluviosa, mientras que sólo se obtuvo de 10% a 15% del rendimiento durante los meses secos. El rendimiento total se redujo con la edad de corte—probablemente por el efecto combinado de la alta humedad, la temperatura, las enfermedades, y probablemente los insectos en las tasas de envejecimiento y de descomposición del material vegetal. Durante la estación seca, los cortes a intervalos de 84 días dieron el rendimiento más alto; sin embargo, el total de la producción de un año indicó que un intervalo de corte de 45 días era el más adecuado. Centro retuvo su follaje durante la estación seca pero careció de vigor; durante esta época las plantas no presentaron alta incidencia de insectos comedores de hojas ni enfermedades foliares.

En Belice, en un sitio con una precipitación anual de 1500 mm y un suelo aluvial fértil (pH 6.3 y 41 ppm de P), centro produjo más bajo corte que un ecotipo nativo de *C. pubescens* (Lazier, 1980b). Sin embargo, cuando ambas se sometieron a pastoreo rápido e intenso cada 6 semanas durante cerca de 2 horas al día, la accesión nativa *C. pubescens* CF 6-1 arrojó mayores rendimientos de materia seca que centro, y logró mayor cobertura del área de pastoreo en asociación con *Brachiaria mutica* (Lazier, 1980a). En otras palabras, la accesión nativa que dio menores rendimientos bajo corte fue más productiva que centro común bajo pastoreo, probablemente por su hábito de crecimiento más estolonífero.

Digitized by Google

En general, *C. pubescens* ha dado un rendimiento intermedio en toda la región en estudio, especialmente en las áreas de bosque húmedo. En México, Panamá y Costa Rica, la mancha foliar causada por el hongo *Cercospora* ha reducido su producción. Los ecotipos nativos crecen espontáneamente a lo largo de los caminos bajo una gran variedad de condiciones ecológicas, pero su productividad estacional es generalmente inferior a la de las accesiones introducidas. No obstante, la poca persistencia de centro bajo pastoreo (C. Ortega, comunicación personal) puede ser una limitación para la especie. Sin embargo, las numerosas accesiones y la gran diversidad de *C. pubescens* en los jardines de introducción de las instituciones nacionales en esta región sugieren que hay material abundante para futuras evaluaciones.

Centrosema macrocarpum

Esta especie, que es relativamente nueva en los programas de evaluación, es una de las más promisorias para la región en estudio, especialmente en ecosistemas de bosque (Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985). El Cuadro 4 muestra que, en estos ecosistemas, su adaptación ha sido buena en Panamá, excepto en Soná donde la accesión CIAT 5065 sufrió ataques de micoplasma que causa hoja pequeña (Arosemena et al., 1986). En Jericó, México, esta accesión ha dado rendimientos de materia seca hasta de 4426 kg/ha durante la época de máxima precipitación, una cifra comparable con la obtenida en Río Hato, Panamá, durante la época de mínima precipitación. Hay considerable variación en el rendimiento dentro de los países, como en las localidades de Ebano y Destierro, en México. Se ha observado también que la variación del rendimiento en ecosistemas de sabana es menor que en el de bosque húmedo, principalmente durante el período de mínima precipitación.

En un ecosistema de bosque seco tropical (Río Hato, Panamá), las accesiones CIAT 5062, CIAT 5434, CIAT 5478 y CIAT 5065 han dado rendimientos que varían entre 2825 y 4789 kg/ha de MS durante la época de mínima precipitación. Sin embargo, CIAT 5065 tiene un hábito de crecimiento menos estolonífero y retiene menos follaje durante los períodos secos que otras accesiones. En los suelos ácidos (pH 4.5) con alta saturación de Al (78%), como en Calabacito, Panamá, esa accesión mostró síntomas de clorosis moderada durante las primeras semanas de crecimiento,

Digitized by Google

Cuadro 4. Resultados de las evaluaciones de adaptación (ensayos regionales A, RIEPT[a]) y del rendimiento estacional de materia seca (ensayos regionales B, RIEPT) de accesiones de *Centrosema macrocarpum* en México y América Central.

País	Localidad	Accesión CIAT no.	Adaptación[b]	Rendimiento de materia seca (kg MS/ha cada 12 semanas)		Fuente
				Período de mínima precipitación	Período de máxima precipitación	
Ecosistemas de bosque						
México	Jericó	5065	—	—	4426	Cigarroa y Palomo, 1986
Ebano		5065, 5744	—	813, 940	—	C. Maldonado, com. pers.
		5887	—	840	—	
	Huimanguillo	5065	—	2376	—	López Naranjo, 1986a
Panamá	Río Hato	5062, 5065	B, B	2825, 4230	—	G. González, com. pers.
		5434, 5478	B, B	3133, 4789	—	
	Soná	5065	R	—	—	Arosemena et al., 1986
	Calabacito	5062, 5434	B, E	—	—	Aranda y Pinilla, 1986
Costa Rica	Hojancha	5062, 5065	—	0, 0	1020, 603	Gómez y de Lucía, 1986
Ecosistemas de sabana						
México	Isla Veracruz	5065	—	1366	3875	Enríquez Quiroz, 1986
	Loma Bonita	5065	—	1374	2924	Enríquez Quiroz, 1986
	Tonalá	5065	—	—	831	Cigarroa, 1985

a. RIEPT = Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.
b. E = excelente; B = bueno; R = regular.

Digitized by Google

probablemente por falta de inoculación de las semillas, pero el fenómeno desapareció a medida que las plantas se desarrollaban. Esta condición no se presenta en suelos fértiles o cuando las semillas se inoculan con una cepa apropiada de *Rhizobium*. Los ataques de insectos y enfermedades a esta especie han sido moderados en toda la zona de estudio (Aranda y Pinilla, 1986; López Naranjo, 1986b).

Centrosema macrocarpum forma buenas asociaciones con gramíneas erectas como *Hyparrhenia rufa*, *Panicum maximum* y *Andropogon gayanus*. En Chiriquí, Panamá, se realizó un experimento de fertilización en un Ultisol ácido (pH 4.5, saturación de Al 78% y bajo nivel de bases intercambiables) con una asociación de *C. macrocarpum* CIAT 5062 y *A. gayanus*. La leguminosa respondió positivamente a la aplicación de 60 y 100 kg/ha de K y de P, respectivamente, durante el establecimiento (Cuadro 5). Sin embargo, la respuesta fue mayor cuando se aplicaron 40 kg/ha de S, lo que aumentó el rendimiento total a 4297 kg/ha de MS. Esta cifra fue similar a aquélla obtenida con la aplicación de 40, 100 y 60 kg/ha de S, P y K, respectivamente. En este experimento, el azufre fue el nutrimento más limitante del rendimiento en ambos componentes de la asociación.

Cuadro 5. Efecto del azufre (S), del fósforo (P) y del potasio (K) en el rendimiento de la asociación *Centrosema macrocarpum* CIAT 5062 y *Andropogon gayanus*, en un Ultisol en Chiriquí, Panamá[a].

Fertilizante (kg/ha)			Rendimiento MS (kg/ha)[b]		Total
S	P	K	*A. gayanus*	*C. macrocarpum*	
0	0	0	1882	253	2135
0	0	60	2660	332	2992
0	100	0	1958	435	2393
0	100	60	2489	283	2772
40	0	0	3835	462	4297
40	0	60	4023	620	4643
40	100	0	3403	506	3909
40	100	60	3840	681	4521

a. La aplicación básica, en kg/ha, fue 20 de Mg, 2 de Zn, 1 de B y 0.1 de Mo. La leguminosa se inoculó con *Rhizobium*.
b. Cosechado 96 días después de la siembra.

FUENTE: B. Pinzón, comunicación personal.

Digitized by Google

Las accesiones de *C. macrocarpum* han tenido buen comportamiento y buena productividad en ecosistemas de bosque tropical húmedo y seco, así como en sabanas derivadas, en toda la zona de estudio. Crecen vigorosamente y producen una considerable cantidad de follaje, que es retenido durante la mayor parte de la estación seca, aún en regiones donde la sequía dura 5 meses como en la Península de Azuero en Panamá. En esta localidad, las accesiones CIAT 5062 y 5434 han sido más estoloníferas y productivas que CIAT 5065, y han presentado también menor incidencia de plagas y enfermedades.

La principal limitación de *C. macrocarpum* parece ser su escasa floración y formación de semillas, ya sea bajo corte o en pastoreo asociada con gramíneas; esto restringe su regeneración y su persistencia en las pasturas. Sin embargo, CIAT 5065 persistió, después de un año de pastoreo, en asociación con *H. rufa* en Chiriquí, Panamá (Pitty et al., 1986). La leguminosa dominó aun en el tratamiento de alta carga animal (2.5 UA/ha), y produjo numerosos estolones en la base de los tallos de las plantas madre, después de que las plantas fueron defoliadas por los animales y se había destruido la corona apical. Obviamente, el manejo es importante para asegurar la persistencia de la especie. La accesión CIAT 5062 tiende a ser más estolonífera que CIAT 5065 en las condiciones que prevalecen en Calabacito, Panamá; también presenta buena compatibilidad con *A. gayanus* y una excelente aceptabilidad por los animales (E. Arosemena, comunicación personal).

Por lo tanto, el éxito futuro de la especie en esta región depende de variedades que posean un hábito de crecimiento particularmente estolonífero capaz de producir nuevas plantas en los nudos enraizados o una buena capacidad para producir semilla bajo pastoreo. La producción de semilla comercial se podría hacer en sitios en que los períodos de crecimiento sean adecuados y las épocas secas bien definidas; condiciones como éstas se encuentran en todos los países centroamericanos y en México.

Centrosema brasilianum

El rango de adaptación de esta especie varía de malo a excelente en esta región (Cuadro 6). Con frecuencia se observa que se adapta bien en los ecosistemas de bosque tropical, a pesar de que la especie ha sufrido graves ataques del añublo foliar causado por

Digitized by Google

Cuadro 6. Resultados de las evaluaciones de adaptación (ensayos regionales A, RIEPT[a]) y del rendimiento estacional de materia seca (ensayos regionales B, RIEPT[a]) de accesiones de *Centrosema brasilianum* en México y América Central.

País	Localidad	Accesión CIAT no.	Adaptación[b]	Rendimiento de materia seca (kg MS/ha cada 12 semanas)		Fuente
				Período de mínima precipitación	Período de máxima precipitación	
Ecosistemas de bosque						
México	Jericó	5055, 5184	—	0, 789	2346, 3015	Cigarroa y Palomo, 1986
		5234	—	734	3307	
	Huimanguillo	5234	—	1176	—	López Naranjo, 1986a
Panamá	Soná	5234, 5247	B, M	—	—	Arosemena et al., 1986
	El Bongo	5234, 5247	B, E	—	—	Duque y Vargas, 1986
	Calabacito	5234, 5247	E, B	—	—	Aranda y Pinilla, 1986
Nicaragua	Pto. Cabezas	5234	E	—	—	Miranda, 1986
Honduras	La Ceiba	5234, 5247	B, B	—	—	Valle Aguilar, 1986
	La Ceiba	5487	B	—	—	G. Valle, com. pers.
Costa Rica	San Carlos	5234	R	—	—	Chaverri Oller et al., 1986
	Turrialba	5234	B	—	—	Borel, 1986
	Hojancha	5234	—	3008	—	Gómez y de Lucía, 1986
	Piedades Sur	5234, 5487	B, B	—	—	M. Rodríguez, com. pers.
Ecosistemas de sabana						
México	Isla Veracruz	5234	—	770	1685	Enríquez Quiroz, 1986
	Loma Bonita	5234	—	942	1950	Enríquez Quiroz, 1986
	Niltepec	5234	—	—	3674	Córdoba y Peralta M., 1986
	Tonalá	5234, 5184	—	702, 899	990, 1400	Cigarroa, 1985
		5055	—	702	976	
	Arriaga	5055, 5184	—	—	2586, 2469	Cigarroa, 1985

a. RIEPT = Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.
b. E = excelente; B = bueno; R = regular; M = malo.

Digitized by Google

Rhizoctonia (AFR) durante la estación lluviosa. La accesión CIAT 5234 ha sido la más ampliamente evaluada en los ecosistemas de sabana y de bosque, especialmente en pruebas de adaptación. En ecosistemas de sabana, los rendimientos de esta accesión han sido inferiores a los obtenidos en los ecosistemas de bosque, aunque en Niltepec, México, se obtuvo un rendimiento de 3674 kg/ha de MS durante la estación de máxima precipitación. En general, se ha observado mayor rendimiento de esta especie durante la estación de máxima precipitación, prescindiendo del ecosistema, lo que demuestra el potencial de productividad de la especie a pesar de su susceptibilidad al AFR.

En esta especie se ha observado que la floración y la producción de semilla son abundantes en toda la zona en estudio. Esto contribuye a la persistencia de la planta y compensa por la reducción del rendimiento causada por el AFR. En ecosistemas de bosque, sin embargo, las parcelas son invadidas por malezas estoloníferas agresivas después del corte; la causa es la reducida capacidad competitiva de la especie cuando sobreviene una infección de AFR (Arosemena et al., 1986). Esta situación parece ser diferente en ecosistemas de sabana derivados del bosque, donde el complejo de malezas es menos agresivo.

La especie persiste y proporciona forraje verde permanente durante los períodos secos. Emite bastantes rebrotes y se regenera bien cuando comienza la estación lluviosa—un resultado de la abundante producción de semillas—y llega a tener poblaciones, en promedio, de 200 plántulas por m^2. Su principal limitación se presenta en la estación lluviosa, cuando la especie es atacada por el AFR. Una considerable defoliación puede ocurrir después de períodos de lluvia intensa seguidos por cortos intervalos secos. Aun en estas condiciones, *C. brasilianum* continúa floreciendo y produciendo semilla si la enfermedad se presenta tarde en la estación lluviosa. En México se ha observado que el daño por AFR de plantas adultas es mayor bajo pastoreo—hasta 25% o más—que bajo corte.

La productividad y la persistencia de la especie no se han evaluado todavía con animales durante un tiempo razonable y en diferentes condiciones de manejo que sean relevantes los sistemas de producción de la región en estudio. Sin embargo, no hay duda de que esta especie es compatible con gramíneas macolladoras o

Digitized by Google

erectas y que nodula adecuadamente con cepas nativas de *Rhizobium*.

Centrosema acutifolium

Esta especie ha sido recientemente evaluada en las áreas tropicales centroamericanas y mexicanas. Su adaptación a la región se ha considerado moderada, buena o excelente (Cuadro 7). La accesión más ampliamente evaluada ha sido CIAT 5112, cuyo rendimiento ha variado entre sitios y entre países siendo mayor en los ecosistemas de bosque. Los resultados obtenidos hasta el presente indican que el potencial de la especie es bueno en sitios apropiados.

La accesión CIAT 5112 ha mostrado buena persistencia y buena capacidad de competir con las malezas en el ecosistema de bosque en México (Amaya Hernández, 1986). En un ecosistema de sabana derivado del bosque tropical, en Calabacito, Panamá, las accesiones CIAT 5112 y CIAT 5278 han mostrado buena adaptación y buena producción de materia seca, una aceptable tolerancia a la sequía, abundante floración y formación de semillas, hábito de crecimiento especialmente estolonífero y menos susceptibilidad al AFR que *C. brasilianum*. La accesión CIAT 5278 se comportó en forma similar en Los Santos, Panamá, en un ecosistema de bosque seco tropical con un período seco de 5 a 6 meses. Esta especie debe ser incluida en evaluaciones futuras dados su amplia adaptación y buen comportamiento.

Evaluación Bajo Pastoreo

Se han hecho pocas evaluaciones del comportamiento de *Centrosema* bajo pastoreo en América Central y en México, probablemente porque se observó poca persistencia de centro común (*C. pubescens*) en los ensayos preliminares de producción animal (C. Ortega, comunicación personal).

Garza Treviño y Portugal G. (1978) midieron la producción de carne de res en pasturas de *Digitaria decumbens* bajo riego, asociada con leguminosas tropicales, entre ellas especies de *Centrosema*, en un clima tropical subhúmedo de México. La ganancia de peso por animal fue superior en la asociación (0.524 kg/día) en comparación con la que se obtuvo en la gramínea

Digitized by Google

Cuadro 7. Resultados de las evaluaciones de adaptación (ensayos regionales A, RIEPT[a]) y del rendimiento estacional de materia seca (ensayos regionales B, RIEPT[a]) de accesiones de *Centrosema acutifolium* en México y América Central.

País	Localidad	Accesión CIAT no.	Adaptación[b]	Rendimiento de materia seca (kg MS/ha cada 12 semanas)		Fuente
				Período de mínima precipitación	Período de máxima precipitación	
Ecosistemas de bosque						
México	Ebano	5568	—	1026	—	C. Maldonado, com. pers.
	Jericó	5112	—	334	480	Cigarroa y Palomo, 1986
	Huimanguillo	5112	—	2584	—	López Naranjo, 1986a
Costa Rica	San Carlos	5112	B	—	—	Chaverri Oller et al., 1986
	Turrialba	5112	B	—	—	Borel, 1986
	Hojancha	5112	—	2343	1413	Gómez y de Lucía, 1986
	Piedades Sur	5277, 5568	B, B	—	—	M. Rodríguez, com. pers.
Honduras	La Ceiba	5112, 5278	B, B	—	—	Valle Aguilar, 1986
Nicaragua	Pto. Cabezas	5112	R	—	—	Miranda, 1986
Panamá	Los Santos	5278	B	—	—	Duque y Vargas, 1986
	Soná	5278, 5112	E, E	—	—	Arosemena et al., 1986
	Calabacito	5278, 5112	E, B	—	—	Aranda y Pinilla, 1986
Ecosistemas de sabana						
México	Isla Veracruz	5112	—	1113	3397	Enríquez Quiroz, 1986
	Loma Bonita	5112	—	—	1020	Enríquez Quiroz, 1986
	Tonalá	5112	—	160	477	Cigarroa, 1985

a. RIEPT = Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.
b. E = excelente; B = bueno; R = regular.

Digitized by Google

pura (0.385 kg/día). El nivel de proteína cruda de la dieta fue, en promedio, de 8.9% y 13%, respectivamente. Garza Treviño (1979) informó que la incorporación de *C. pubescens* a una pastura similar de *D. decumbens* dio un aumento de 36% en la producción de carne de res (636 kg/ha) durante 364 días de pastoreo, en comparación con la producción obtenida en pasturas de gramínea sola (468 kg/ha). En la misma localidad, esta asociación produjo diariamente 9.4 kg de leche por vaca durante un período de observación de 86 días; esta producción fue 5.6% mayor que la obtenida en *D. decumbens* solo y fertilizado con N (Portugal G. et al., 1977). Es obvio entonces que esta leguminosa ofrece un forraje de alta calidad, ya que mejora el forraje producido por gramíneas como *D. decumbens* cuya calidad es excelente. Sin embargo, no hay informes sobre la persistencia de estas pasturas después del primer año de pastoreo.

También se ha observado la compatibilidad y la producción potencial de *C. plumieri* en pruebas de corte (Lazier 1981a) y de pastoreo en asociación con *B. mutica* en Belice (Lazier, 1981b); no obstante, estas observaciones se hicieron en condiciones muy específicas de pastoreo rápido e intensivo y durante períodos que no excedían de 18 meses. Aunque *C. plumieri* persistió y mejoró la cobertura del suelo durante el período de observación, no fue tan productiva como otras leguminosas, por ejemplo *Codariocalyx gyroides*. Se necesita más investigación antes de llegar a conclusiones confiables sobre el valor de *C. plumieri* bajo pastoreo.

Nodulación

El género *Centrosema* puede nodular con varias cepas nativas de *Rhizobium* en la región considerada. Esta promiscuidad es un factor favorable para la buena adaptación de una especie. Existe, no obstante, cierta especificidad, especialmente en *C. macrocarpum*. Algunas accesiones, como CIAT 5065, necesitan ser inoculadas para lograr un crecimiento inicial vigoroso, especialmente si se establecen en suelos ácidos y de baja fertilidad.

Se ha observado una excelente nodulación con cepas nativas en *C. plumieri* y *C. pubescens* en México (González, 1977). Velasco Z. et al. (1980) informaron de la existencia de dos cepas efectivas entre 21 que fueron probadas en condiciones de invernadero, en Tabasco, México. La cepa CC-18 fue significativamente superior al

Digitized by Google

tratamiento no inoculado y fertilizado, y produjo además el mayor número de nódulos.

Producción de Semilla

En Iguala, Guerrero (México), localidad ubicada en la latitud 18° 20' N, varias especies y accesiones de *Centrosema* han mostrado buena capacidad de producción de semilla (Cuadro 8). Se observó alto rendimiento en *C. brasilianum* y *C. pubescens* y menor en *C. acutifolium* y *C. macrocarpum*. Toda la semilla se cosechó manualmente, en varios pases.

En Gualaca, Panamá (latitud 9° N, 4000 mm de precipitación anual, 25 °C de temperatura media), *C. macrocarpum* ha florecido bien cuando se cultiva en espalderas, pero su rendimiento, que ha sido menor que en México, llega en promedio a sólo 50 kg/ha de semilla cosechada a mano. Esta especie no floreció durante el año de establecimiento en esta localidad, posiblemente porque no hubo un período seco definido durante ese año en particular, o por alguna condición fisiológica de la planta que se desconoce. Sin embargo, en El Bongo, Panamá, en un ecosistema de bosque seco tropical con 900 mm de precipitación y una estación seca bien definida, *C. macrocarpum* floreció y formó semilla, aun sin usar espaldera y después de varios cortes de uniformidad (Duque y Vargas, 1986). Lo mismo ocurrió en Río Hato, Panamá, en un ecosistema similar (G. González, comunicación personal).

Cuadro 8. Producción de semilla de varias especies de *Centrosema* en Iguala, Guerrero, México.

Especie	Accesión CIAT no.	Rendimiento anual (kg/ha)
C. macrocarpum	5065	505
C. brasilianum	5234	1390
C. pubescens	5189	1066
Centrosema híbrido	438	1450
C. acutifolium	5112	275
C. acutifolium	5277	716

FUENTE: A. Peralta M., información no publicada.

Digitized by Google

En Panamá, otras especies como *C. brasilianum* y *C. acutifolium* florecen y producen semilla en ecosistemas de bosque como en Soná y Chepo. También forman semilla en ecosistemas de sabana derivados del bosque, como en Calabacito.

Potencial y Limitaciones

La evaluación de *Centrosema* en América Central y México, en la última década, ha permitido la identificación de especies que tienen alto potencial de producción. *Centrosema brasilianum* crece bien en suelos de sabana, infértiles y ácidos y, lo mismo que *C. macrocarpum*, retiene su follaje durante períodos secos prolongados. Produce gran cantidad de semilla que garantiza la regeneración de las plantas, aun en condiciones de bosque húmedo tropical, donde la especie sufre graves ataques de *Rhizoctonia*. En cuanto a la nodulación, *C. brasilianum* es más promiscua con cepas nativas de *Rhizobium* que otras especies de *Centrosema*, especialmente en ecosistemas de sabana. Del mismo modo que *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y *C. acutifolium*, la especie es compatible con gramíneas erectas por su hábito de crecimiento voluble.

En ecosistemas de bosque tropical de alta precipitación, las accesiones de *C. macrocarpum* y *C. acutifolium* han tenido buen comportamiento y buena productividad; además, *C. macrocarpum* muestra un crecimiento inicial más vigoroso cuando se inocula con una cepa de *Rhizobium* apropiada. La principal desventaja de esta especie es la limitada capacidad de enraizamiento en sus estolones, presente al menos en las accesiones que se han evaluado hasta ahora en América Central y México. *Centrosema acutifolium* posee un hábito de crecimiento más rastrero y emite estolones vigorosos y ramificados, lo que puede influir positivamente en la persistencia y en la competitividad de sus plantas.

El potencial de adaptación y de buen desempeño agronómico observado en *Centrosema* en esta región indica que es un género de leguminosas tropicales muy importante que puede mejorar sustancialmente el rendimiento de los actuales sistemas de producción de ganado. Sin embargo, la escasa evaluación que se ha hecho con animales impide cuantificar el potencial de producción animal del género *Centrosema* en las condiciones climáticas y de manejo de la región.

Digitized by Google

Prioridades en la Investigación

Gran parte de la investigación realizada con forrajes tropicales, incluyendo en ellos el género *Centrosema*, en América Central y en México durante los últimos 25 años, se orientó a generar información sobre el comportamiento agronómico de las especies y la función de éstas en las pasturas. Su utilidad en los sistemas de producción animal no se ha definido claramente. Además, en su mayoría, las especies de *Centrosema* ensayadas fueron seleccionadas en áreas tropicales que no fueron las de América Central y México, y se ha prestado poca atención a las variedades locales o a las que provienen de regiones similares de América Latina. Por ello, las siguientes prioridades de investigación son fundamentales para el desarrollo del género a nivel local:

Continuar la recolección e introducción sistemática de nuevo germoplasma, para ampliar la base genética y la variabilidad del género. Esto permitirá la selección de material promisorio por su productividad, persistencia y tolerancia a los estreses ambientales y bióticos de los diferentes ecosistemas.

Realizar estudios agronómicos y de control de malezas, principalmente en los ecosistemas de bosque tropical con los materiales más promisorios, especialmente con *C. macrocarpum*, *C. brasilianum* y *C. acutifolium*. Esto ayudará a identificar limitaciones y determinará la productividad estacional y el uso potencial de esas especies.

Intensificar los estudios de pastoreo con los materiales más promisorios agronómicamente, para definir la persistencia de las especies bajo pastoreo, su producción animal y la estrategia con que se incluirán en los sistemas de producción de la región.

Evaluar sistemas de manejo que contemplen la integración de cultivos y pasturas mejoradas, conformadas éstas por asociaciones de *Centrosema* y gramíneas en los sistemas de producción agrosilvopastoriles de México tropical y América Central.

Digitized by Google

Referencias

Abaunza Amador, J. A. 1978. Estudio cualitativo y cuantitativo de algunas especies de leguminosas nativas en los pastizales del noreste de Chontales. Tesis (Ing. Agr.). Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria, División de Educación Agrícola Superior, Managua, Nicaragua. 99 p.

Amaya Hernández, S. [1986]. Evaluación de gramíneas y leguminosas forrajeras en suelos rojos Alfisoles en Jalapa, Tabasco, México. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT); Cali, Colombia. Vol. 2, p. 931-944.

Aranda, H. y Pinilla, M. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Calabacito, Panamá. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 953-954.

Araya, B. M. 1968. Variación de *Centrosema pubescens* (Benth.) Kuntze ante aplicaciones de fósforo en un suelo aluvial. Tesis (Lic. Ing. Agr.). Universidad de Panamá, Panamá. 34 p.

Arosemena, E.; Tasón, L.; y Flores, M. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras al sur de Soná, Veraguas, Panamá. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 961-964.

Avalos, C. 1983. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Nueva Guinea, Nicaragua. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 329-330.

Borel, R. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Turrialba, Cartago, Costa Rica. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 895-900.

Digitized by Google

Castro, A. y Cruz M., A. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en El Recreo, Nicaragua. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 319-328.

Chaverri Oller, P.; Núñez López, J. L.; y Sánchez Bonilla, O. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Carlos, Costa Rica. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 891-894.

Cigarroa, D. A. 1985. Programa de Forrajes: Informe anual. Campo Agrícola Experimental Costa de Chiapas, Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Escuintla, Chiapas, Mexico. p. 20-59.

_____ y Palomo, J. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Jericó, Municipio de Pijijiapan, Chiapas, México. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 595-602.

Claverán Alonso, R. 1978. Leguminosas forrajeras. En: Cervantes Santana, T. (ed.). Análisis de los recursos genéticos disponibles en México; sesiones de trabajo, mayo 1978. Sociedad Mexicana de Fitotecnia, Chapingo, Mexico. p. 171-178.

Clements, R. J.; Williams, R. J.; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

Córdoba, A. y Peralta M., A. [1986]. Establecimiento y producción de leguminosas forrajeras en Niltepec, Edo. de Oaxaca, Méx. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 237-242.

D'Arcy, W. G. 1980. *Centrosema*. En: Woodson, R. E., Jr.; Schery, R. W.; y otros colaboradores. Flora of Panama, part V, Fascicle 5. Ann. Mo. Bot. Gard. 67(3):571-579.

Digitized by Google

Duque, O. M.; Argel, P. J.; y Schultze-Kraft, R. 1985. Recolección de germoplasma nativo de leguminosas forrajeras en Panamá. Pasturas Trop. Bol. 8(1):10-14.

_____ y Vargas, E. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas en El Bongo, Los Santos-Panamá. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 957-960.

Enríquez Quiroz, J. F. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en el Municipio de Isla, Ver., México. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 205-220.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1972. Pasture improvement in Panama; Informe preparado para el gobierno de Panamá, basado en el trabajo de J. M. Rattray. AGP: SF 323/PAN 10 technical report 3. United Nations Development Programme (UNDP) y FAO, Roma, Italia. 98 p.

Garza Treviño, R. 1979. Producción de carne en el trópico húmedo de México. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 309-319.

_____ y Portugal G., A. 1978. Producción de carne en asociaciones de Zacate pangola (*Digitaria decumbens*) con tres leguminosas; memorias de la sexta reunión. Asociación Latinoamericana de Producción Animal (ALPA), Ciudad de México, México.

Gómez, J. y de Lucía, R. [1986]. Evaluación de leguminosas y gramíneas en Hojancha, Guanacaste, Costa Rica. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 901-911.

González, J. A. 1977. Colección, introducción y establecimiento de leguminosas forrajeras en condiciones de trópico húmedo. Agric. Trop. (Mexico) 1(2):134-144.

Digitized by Google

Kretschmer, A. E., Jr. 1970. Use of tropical legumes for pasture improvement. University of Florida report. San José, Costa Rica.

Lazier, J. R. 1980a. Performance of four persistent forage legumes with *Brachiaria mutica* in Belize under regular grazing using observational techniques and clipping. Trop. Agric. (Trinidad) 57(4):353-361.

_____. 1980b. Productivity of four commercial forage legumes and two native lines under clipping in Belize, C.A. Trop. Agric. (Trinidad) 57(4):343-351.

_____. 1981a. Dry matter productivity of eighteen native Belizean legumes and *Codariocalyx gyroides* with Pará grass (*Brachiaria mutica*) under clipping. Trop. Agric. (Trinidad) 58(3):221-233.

_____. 1981b. Performance of three persistent native legumes and *Codariocalyx gyroides* with *Brachiaria mutica* under grazing. Trop. Agric. (Trinidad) 58(3):235-243.

López Naranjo, J. I. [1986]a. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en la sabana de Huimanguillo, Tab., México. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 191-204.

_____. 1986b. Programa de Forrajes: Informe anual. Campo Agrícola Experimental de Huimanguillo, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP), Huimanguillo, Tabasco, México. p. 22-38.

Meléndez N., F.; González, A.; y Pérez, J. 1976. Evaluación de roca fosfórica y molibdeno para el establecimiento de *Centrosema pubescens* en suelos de sabana. Agric. Trop. (México) 1(1):64-72.

Meyrat, A. 1975. Identificación y descripción de algunas leguminosas presentes en pastizales del noreste de Chontales. Tesis (Ing. Agr.). Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, Managua, Nicaragua. 184 p.

Miranda, O. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Puerto Cabezas, Zelaya, Nicaragua. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 945-951.

Digitized by Google

Ortega, C. M. y Samudio, C. 1980. Productividad estacional de cuatro leguminosas tropicales bajo tres frecuencias de corte. Cienc. Agropecu. (Panamá) 3:87-93.

Parham, H. A. 1984. Interim technical report, phase III, of the IDRC-Belize Forage Legume and Pasture Research Programme, November 1981-March 1984. Central Farm, Belize. p. 112. (Mecanografiado.)

Peralta M., A.; Schultze-Kraft, R.; Martínez, J. M.; Aguirre, J. F.; Amaya, H. S.; y Enríquez, J. 1987. Recolección de leguminosas forrajeras nativas en el trópico de México. Pasturas Trop. Bol. 9(1):21-26.

Pitty, N.; Rodríguez, M.; y Argel, P. J. [1986]. Evaluación de persistencia y producción de carne de varias asociaciones de especies forrajeras tropicales. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 1059-1062.

Portugal G., A.; Garza Treviño, R.; de León, E. R.; y Molina, Z. I. 1977. Explotación de pastoreo de ganado productor de leche en clima tropical. En: Memorias de la XIV reunión anual. Sección Trópico, Instituto Nacional de Investigaciones Pecuarias (INIP), Jalapa, Veracruz, México. 49 p.

Prado A., V. Ml. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en San Isidro, Costa Rica. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 275-284.

Quintero, J. y Rodríguez, M. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en El Chepo, Panamá. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 117-122.

Ramos, S. A. 1985. Aportaciones del programa de forrajes en las zonas cálido húmedas de México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH), Ciudad de México, México. 38 p.

Reid, R. 1983. Pasture plant collecting in Mexico with emphasis on legumes for dry regions. Aust. Plant Introd. Rev. 15(2):1-11.

Digitized by Google

Sánchez, D. A. 1968. Leguminosas y zacates forrajeros potenciales para las zonas cálidas de México. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas (INIA), Secretaría de Agricultura y Ganadería (SAG), Ciudad de México, México. 36 p.

Schultze-Kraft, R. y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

Standley, P. C. y Steyermark, J. A. 1946. Flora of Guatemala, part V: Leguminosae. Fieldiana [series]: Botany, vol. 24, part V. Chicago Natural History Museum, Chicago, IL, E.U. p. 1-367.

Taylor, A. S. 1976. Las leguminosas herbáceas y arbustivas de Panamá. Editorial Universitaria, Panamá. 62 p.

Toledo, J. M. y Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Toledo, J. (ed.). Manual para la evaluación agronómica: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 91-110.

Urrutia R., V. M. 1972. Effects of lime, phosphorus, and other nutrients applied to tropical soils and a Florida Spodosol on growth and mineral composition of forage legumes. Tesis (Ph.D.). University of Florida, Gainesville, FL, E.U. 348 p.

Valle Aguilar, G. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en el litoral atlántico de Honduras. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 915-920.

Velasco Z., M.; Valdés R., M.; González, J. A.; y Meléndez N., F. 1980. Inoculación cruzada de leguminosas forrajeras tropicales con *Rhizobium* spp. nativos del Estado de Tabasco. Agric. Trop. (México) 2(2):116-125.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 455-488).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 15

Experiencia Regional con *Centrosema*: Norte de América del Sur

B. Grof, A. J. Flores, P. E. Mendoza y E. A. Pizarro*

Resumen

En varias especies de *Centrosema* se ha hallado nueva variación así como potencial forrajero. De 1979 a 1985 se evaluaron 381 accesiones, que representan 15 especies de *Centrosema*, en experimentos de parcela pequeña bajo corte o bajo pastoreo en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Simultáneamente, la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT) evaluó germoplasma de *Centrosema* en los ecosistemas de sabana tropical y de bosque tropical ubicados en el norte de América del Sur.

Las formas estoloníferas de *C. acutifolium* han mostrado buena producción bajo corte y en pastoreo, en los Llanos de Colombia. Estas han tolerado mejor las condiciones de sabana de suelos ácidos, así como las plagas y enfermedades; han resistido el pastoreo pesado y han nodulado bien; y han persistido mejor que otras especies.

* Proyecto CIAT-EMBRAPA sobre Pastos Tropicales en los Cerrados, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, DF, Brasil (actualmente en Campo Grande, MS, Brasil); Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Estación Experimental Anzoátegui, El Tigre, Anzoátegui, Venezuela; Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), El Dorado, Bogotá, Colombia; y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en CIAT-EMBRAPA/CPAC, Planaltina, DF, Brasil, respectivamente.

Digitized by Google

En 12 ensayos regionales hechos en los Llanos de Colombia, las accesiones de *C. acutifolium*, *C. macrocarpum* y *C. brasilianum* mostraron buena adaptación en todos los sitios. En los Llanos de Venezuela, los ecotipos de *C. brasilianum* y de *C. macrocarpum* demostraron ser muy promisorios con respecto a su producción de materia seca y a su tolerancia a la sequía. En las sabanas intermedias de Moblissa, Guyana, las accesiones de *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens* han resultado promisorias. En más de 22 sitios pertenecientes a ecosistemas de bosque tropical, las especies más promisorias de *Centrosema* fueron *C. acutifolium*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y un híbrido de *C. pubescens* x *C. acutifolium*. Aunque *C. brasilianum* está bien adaptada a la baja fertilidad del suelo, fue menos productiva en los ecosistemas de sabana y en los de bosque que *C. acutifolium* o que *C. macrocarpum*. En pastoreo pesado (3 animales/ha), los rendimientos de materia seca fueron significativamente mayores en *C. acutifolium* que en *C. macrocarpum*. En pastoreo liviano (1.5 animales/ha), las diferencias de rendimiento fueron insignificantes.

Introducción

El norte de América del Sur, que abarca geográficamente a Colombia, Venezuela y las Guayanas, comprende una gran diversidad de ambientes climáticos y edáficos. De éstos importan, pues se trata de ampliar la producción de pasturas y ganado, las regiones de suelos ácidos y de baja fertilidad de las tierras tropicales bajas que incluyen las sabanas isohipertérmicas bien drenadas, las mal drenadas, los bosques húmedos tropicales y los bosques estacionales semi-siempreverdes. Hasta el presente, los estudios se han centrado en las sabanas isohipertérmicas bien drenadas (ecosistema de los Llanos) y en los ecosistemas de bosque tropical, tanto de Colombia como de Venezuela, donde varias especies de *Centrosema* han manifestado un gran potencial como leguminosas forrajeras (Figura 1).

El ecosistema de los Llanos se caracteriza por una evapotraspiración potencial total de 900 a 1060 mm en la época húmeda, la cual dura de 6 a 8 meses (Cochrane et al., 1985). La precipitación anual promedio va de 1600 a 2200 mm y ocurre de abril a noviembre. Hay una época seca intensa desde mediados de diciembre hasta finales de marzo o principios de mayo, según la

Digitized by Google

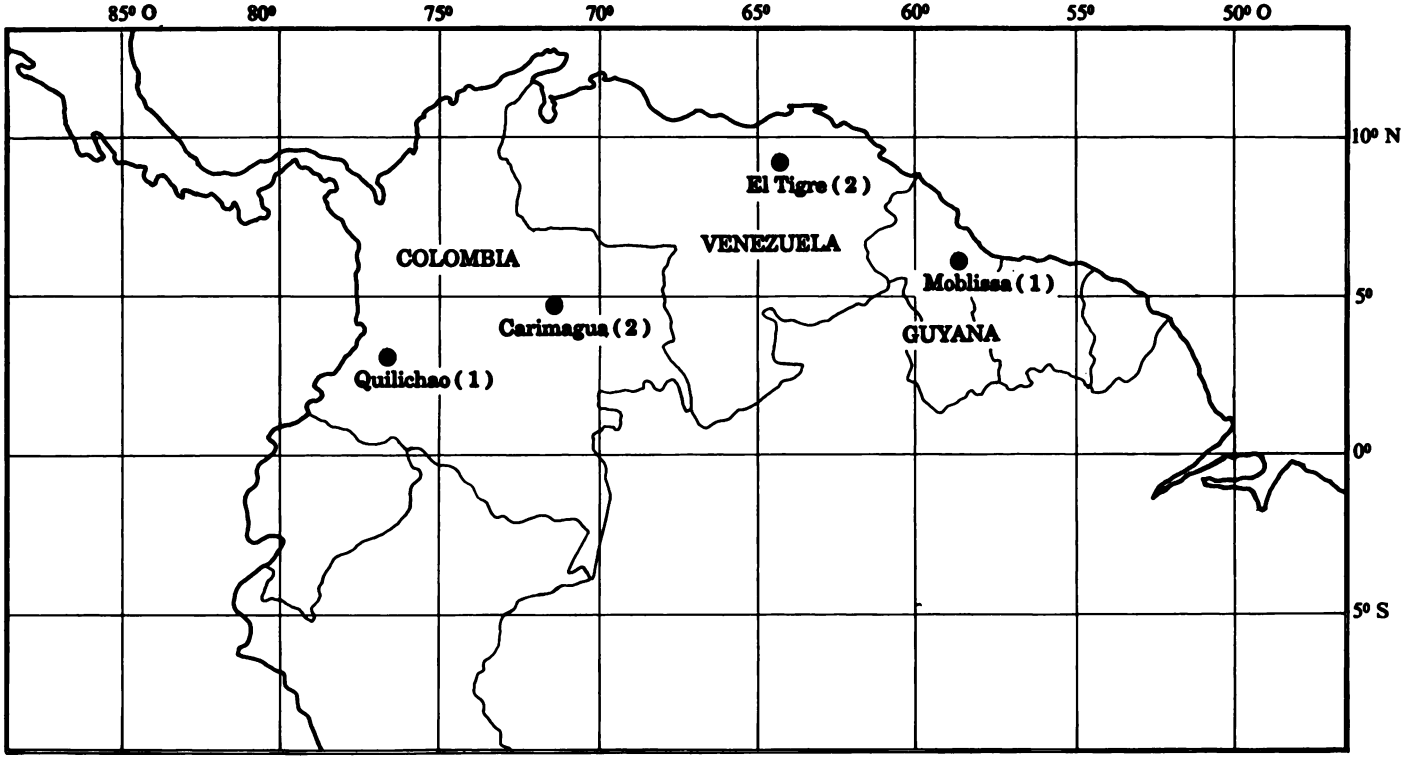


Figura 1. Principales sitios de evaluación de *Centrosema* en América del Sur septentrional. 1 = bosque tropical semi-siempreverde estacional; 2 = sabana isohipertérmica bien drenada (ecosistema de Llanos).

Digitized by Google

localidad. En los suelos predominan los Oxisoles (pH 4.3-4.5) de bajo nivel de bases, alta saturación de aluminio (80%), y con deficiencias de N, P, K, Ca, Mg, S y de algunos micronutrimentos.

Considerando sólo la situación venezolana, según la clasificación realizada por Ewel et al. (1976) y MAC (1960), el 80% de Venezuela queda en una región de temperaturas mínimas y máximas, en promedio, de 21 y 29 °C, respectivamente, en que la precipitación promedio anual va de 700 a 2000 mm, en que hay 3 a 6 meses de época seca y altitudes de 0 a 1000 m. Según Comerma y Paredes (1978), el 32% de Venezuela está cubierto por suelos de baja fertilidad y, por limitaciones edáficas y topográficas, sólo el 30% del país tiene potencial para la producción de pasturas. Esta fracción corresponde a tierras de fertilidad generalmente baja (Sánchez, 1986). En el Cuadro 1 se presentan algunas características climáticas y edáficas de los sitios de evaluación de *Centrosema* en Venezuela.

Los ecosistemas de bosque húmedo tropical y de bosque estacional semi-siempreverde tropical se caracterizan por una evapotraspiración potencial total en la época húmeda que fluctúa entre 1061 y 1300 mm, y por una época húmeda que dura de 8 a 10 meses (Cochrane et al., 1985). La precipitación anual promedio varía de 1600 a más de 4000 mm. Los bosques estacionales tienen una estación seca definida de 3 a 4 meses, mientras que los bosques húmedos tropicales tienen una época húmeda de más de 9 meses. Los suelos varían enormemente en todos estos ecosistemas; comprenden Oxisoles y Ultisoles de bajo pH (<5.0) y con deficiencias nutricionales.

Centrosema pubescens es la única especie conocida del género que haya sido ampliamente evaluada y esté disponible comercialmente. Sin embargo, en años recientes la exploración de plantas ha incrementado mucho el germoplasma de *Centrosema* que mantienen diversas instituciones. Actualmente, hay cerca de 1800 accesiones de *Centrosema* en el banco de germoplasma del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (Schultze-Kraft et al., 1986) y más de 450 accesiones venezolanas nativas en el Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP) (Flores, 1986).

Digitized by Google

Cuadro 1. Datos climáticos y edáficos de sitios de evaluación de *Centrosema* en Venezuela.

Localidad, estado (Fuente)	Altitud (msnm)	Clima		Profundidad (0-20 cm)										
		Precip. media (mm/año)	Temp. media (°C)	Arena	Limo	Arcilla	pH	MO (%)	P, Olsen (ppm)	Ca	K	Mg	Al	Sat. Al (%)
				(%)						(meq/100 g de suelo)				
Barinas, Barinas (Corrales y González, 1972)	250	2300	27.5	—	—	—	5.8	—	4.0	—	0.15	—	—	—
Calabozo, Guárico (Arias et al., 1986)	86	1193	27.4	48	30	22	4.5	—	17.0	0.7	0.22	0.34	0.75	37.3
El Tigre, Anzoátegui (Sanabria y González, 1983)	286	928	26.3	93	3	4	4.9	0.8	1.7	0.4	0.03	—	—	7.6
Maracay, Aragua (Guenni y Gil, 1986)	450	998	24.7	66	16	17	6.6	2.5	45.0	2.5	0.34	—	—	—
Guachi, Zulia (Urdaneta et al., 1982)	50	2743	28.0	34	36	30	4.6	3.6	2.5	1.0	0.32	0.61	1.90	—
Espino, Guárico (Barreto M., 1986)	175	1100	26.3	40	42	18	4.2	—	2.0	1.1	0.10	0.80	0.50	6.8

Digitized by Google

Evaluación de Especies: Reseña Histórica

En Colombia, *C. pubescens* y, en menor grado, *C. plumieri* se consideraban anteriormente como leguminosas forrajeras valiosas, tolerantes a la sequía, y adaptadas a suelos de fertilidad intermedia y alta, y a altitudes de 0 a 1600 msnm (Bermúdez García, 1973; ICA, 1970). Las progenies de un cruzamiento entre accesiones brasileñas de *C. pubescens* y de *C. acutifolium* fueron evaluadas por el CIAT cerca de Cali, Colombia (Grof, 1982). El híbrido de *Centrosema* CIAT 438 mostró buena adaptación a los ecosistemas de bosque talado, en Colombia. La ganancia de peso del ganado bovino en pasturas en que esta leguminosa se asoció con *Andropogon gayanus* durante un período de 3 años varió de 389 a 553 g/animal (CIAT, 1978 a 1980; Ramírez P., 1983). El híbrido CIAT 438, sin embargo, no está adaptado a los suelos ácidos de baja fertilidad que prevalecen en los Llanos Orientales de Colombia. El cultivar comercial australiano de *C. pubescens* tampoco persistió en los Llanos de Colombia donde se probó primero en 1976 (B. Grof, información no publicada).

Hutton (1985) obtuvo cruzamientos fértiles entre *C. pubescens* y accesiones de *C. macrocarpum* y *C. acutifolium* y los ensayó en el norte de América del Sur. Los híbridos de *C. pubescens* x *C. macrocarpum* resultaron muy satisfactorios: combinan el alto rendimiento de semilla y el hábito estolonífero de *C. pubescens* con la tolerancia a los suelos ácidos y la resistencia a las enfermedades de *C. macrocarpum* (Miles et al., esta obra).

Cuando se reconoció que había otras especies de *Centrosema* que se adaptaban a ambientes más marginales que los cultivares comerciales de *C. pubescens*, se inició una amplia evaluación del género. El trabajo se concentró primero en Colombia: en Quilichao, Cauca, y en Carimagua, Meta; este último es el sitio principal de evaluación del CIAT para el ecosistema de los Llanos. De 1977 a 1986 se ensayaron 805 accesiones que representaban 25 especies, y 381 accesiones que representaban 15 especies, en Quilichao y en Carimagua, respectivamente (Cuadro 2). Las evaluaciones se llevaron a cabo en jardines de introducción y en experimentos de corte o de pastoreo en parcelas pequeñas. Esas accesiones son una fracción relativamente alta del número total de especies registradas en el género (Williams y Clements, esta obra).

Digitized by Google

Cuadro 2. Germoplasma de *Centrosema* evaluado en las estaciones experimentales del CIAT en Quilichao y Carimagua, Colombia, de 1977 a 1986.

Especie	Accesiones ensayadas (no.) en:	
	Quilichao	Carimagua
C. acutifolium	25	17
C. angustifolium	6	1
C. arenarium	2	1
C. bifidum	2	1
C. brachypodum	9	1
C. brasilianum	198	128
C. carajasense	2	—
C. coriaceum	3	—
C. fasciculatum	2	—
C. grazielae	19	6
C. macrocarpum	250	159
C. pascuorum	10	7
C. platycarpum	1	—
C. plumieri	24	1
C. pubescens	150	42
C. rotundifolium	4	4
C. sagittatum	6	—
C. schiedeanum	7	1
C. schottii	25	—
Centrosema sp. n. No. 4	6	—
C. tetragonolobum	12	—
C. triquetrum	1	—
C. venosum	1	—
C. vexillatum	2	2
C. virginianum	38	4
C. híbridos	—	6
Total	805	381

FUENTES: CIAT, 1978 a 1982, 1984a, 1984b a 1987.

Muchas de las especies ensayadas son originarias del norte de América del Sur. Para Venezuela, Flores (1986) enumera las siguientes especies nativas, de las cuales se recogió germoplasma durante las misiones conjuntas de recolección FONAIAP-CIAT: *Centrosema acutifolium*, *C. angustifolium*, *C. brasilianum*, *C. grazielae*, *C. macrocarpum*, *C. pascuorum*, *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. sagittatum*, *C. schottii*, *C. tetragonolobum*, *C. triquetrum*, *C. venosum*, *C. vexillatum* y *C. virginianum*. Algunas de estas especies han sido descritas por Pittier (1944) y Ramia (1974). A excepción de *C. pascuorum* y de *C. triquetrum*, esas mismas especies también se han recogido en Colombia, y

Digitized by Google

además *C. capitatum*, *C. latidens* y *C. schiedeanum* (R. Schultze-Kraft, comunicación personal).

Flores (1986) observó, durante sus viajes de recolección, que las especies más representadas en la flora venezolana eran *C. pubescens* (35% de las accesiones de *Centrosema* recogidas), *C. macrocarpum* (30%) y *C. brasilianum* (15%); cada una de ellas tiene una amplia distribución geográfica en Venezuela. En tanto que *C. pubescens* está ampliamente distribuida, *C. macrocarpum* es más frecuente en los márgenes del bosque a altitudes desde 0 hasta más de 1000 m, y *C. brasilianum* se encuentra generalmente entre 0 y 500 m, especialmente en regiones donde la temperatura es alta y hay de 5 a 7 meses de época seca. Estas especies están adaptadas a una amplia variedad de suelos venezolanos; *C. macrocarpum*, por ejemplo, ha sido recolectada desde suelos de buena fertilidad y alto pH (estados de Aragua, Trujillo, Táchira, Barinas y Monagas) hasta suelos muy pobres de pH 4.1 (Territorio Federal del Amazonas, Estados de Bolívar y Anzoátegui) (Flores, 1986). Las accesiones de estas especies, así como el germoplasma que ha sido introducido, se hallan en evaluación en diversas localidades de Venezuela, especialmente en la Estación Experimental de FONAIAP en El Tigre, Anzoátegui.

Se está realizando también una importante evaluación de *Centrosema* a través de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), la cual, entre 1979 y 1985, se extendió considerablemente y abrazó los ecosistemas de bosque tropical situados al norte de América del Sur. Se han llevado a cabo más de 25 ensayos regionales A y B (pruebas de adaptación y de productividad en parcelas pequeñas) en muchos sitios de la región; entre las accesiones evaluadas había líneas elite de *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, y algunos híbridos.

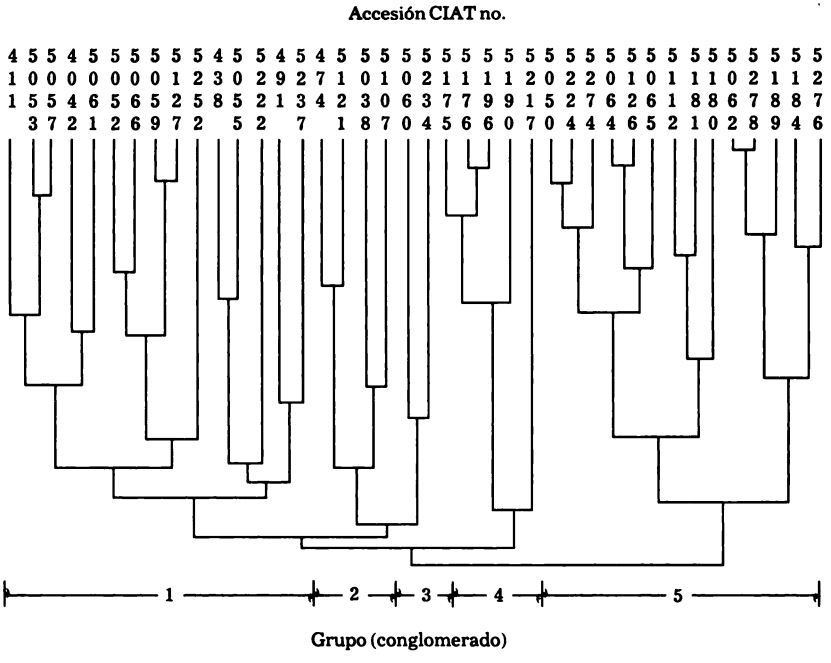
Evaluación Agronómica bajo Corte

Ecosistema de sabana: Carimagua, Colombia

En Carimagua se realizó, de 1979 a 1982, un experimento preliminar para estudiar la variabilidad agronómica de nueve especies de *Centrosema*, representadas por 40 accesiones que se sembraron en parcelas monoespecíficas. Las 40 accesiones fueron

Digitized by Google

calificadas por varios atributos agronómicos, como rendimiento de materia seca (MS), relación hoja-tallo, rendimiento de semilla y resistencia a plagas y enfermedades. Luego se empleó un análisis de conglomerado (Ward, 1963) para relacionar los datos y establecer grupos de especies con caracteres agronómicos específicos. El análisis generó cinco grupos distintos en los cuales ciertos tipos agronómicos eran inmediatamente obvios (Figura 2). Por ejemplo, el conglomerado 5, con alto rendimiento y resistencia a las enfermedades, contenía un grupo de especies perennes deseables para las sabanas isohipertérmicas donde la precipitación anual pasa de 2000 mm. El rendimiento de semilla de este grupo, sin embargo, era inadecuado, y grave el daño que le causaron los insectos. Este grupo comprendía todas las accesiones ensayadas de *C. macrocarpum* y *C. acutifolium*, así como 4 accesiones de



1 = Rendimiento moderado de MS
2 = Rendimiento bajo de MS, máxima relación hoja/tallo
3 = Rendimiento moderado de MS, alta relación hoja/tallo
4 = Plantas anuales, mínimo rendimiento de MS, máxima producción de semilla
5 = Máximo rendimiento de MS, resistente a enfermedades, muy susceptible a insectos

Figura 2. Dendrograma para clasificar 40 accesiones que representan nueve especies de *Centrosema*, obtenido mediante el análisis de conglomerados de varios atributos agronómicos evaluados en Carimagua. (Adaptado de Thomas y Grof, 1986.)

Digitized by Google

C. brasilianum y 3 de *C. pubescens*, la mayoría de las cuales había sido recogida en varios hábitat de suelos ácidos y baja fertilidad, en ecosistemas de sabana y de bosque tropical (R. Schultze-Kraft, comunicación personal).

Las cinco accesiones de la especie anual *C. pascuorum* quedaron en el grupo caracterizado por los más bajos rendimientos de MS (conglomerado 4). El mayor rendimiento de semilla y el mayor número de plántulas espontáneas se registraron también en estas líneas. Se observó una alta relación hoja-tallo en el conglomerado 3, un grupo que contenía una accesión promisoria de *C. brasilianum* (CIAT 5234). El conglomerado 2 contenía tres accesiones de *C. virginianum* y una de *C. grazielae*, especies ambas de bajo rendimiento y con una alta relación hoja-tallo. Las accesiones de diversas especies (*C. pubescens*, *C. brasilianum*, *C. grazielae* y *C. schiedeanum*) del conglomerado 1 se caracterizan por ser sólo moderadamente productivas.

Esta evaluación preliminar (Thomas y Grof, 1986) condujo a estudios más detallados de algunas accesiones escogidas de las "especies clave", o sea, las más adaptadas a los Llanos de Colombia.

Los modelos de variación entre las especies de *Centrosema* con respecto a la distribución estacional del rendimiento de materia seca se consideraron buenos indicadores de la idoneidad y de la adaptabilidad de una especie a las condiciones locales. Cinco accesiones de *C. macrocarpum* presentaron diferencias significativas en la producción de MS y en la distribución del rendimiento estacional. La clasificación de las accesiones por su rendimiento fue similar en las épocas húmeda y seca (Cuadro 3).

Trece accesiones de seis especies de *Centrosema* se evaluaron en parcelas pequeñas (Cuadro 4). *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 fue la accesión sobresaliente en esta prueba. Dio el mayor rendimiento de MS, y superó ($P<.05$) a las demás introducciones durante la época seca, entre ellas una forma similar, la accesión CIAT 5118. *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 es nativa de los Llanos de Colombia (Schultze-Kraft et al., 1987) y, por lo tanto, está bien adaptada edáficamente. Tiene un alto nivel de resistencia a la sequía y una excelente tolerancia a las plagas y enfermedades. Florece tarde en la estación y, en consecuencia, la cosecha de semilla se reduce a menudo por el estrés de humedad. En este experimento, las accesiones de *C. pubescens* tuvieron

Digitized by Google

Cuadro 3. Distribución estacional del rendimiento de materia seca (MS) de cinco accesiones de *Centrosema macrocarpum* en Carimagua, Colombia.

Accesión CIAT no.	Rendimiento de MS (kg/ha)[a] Estación húmeda	Estación seca
5062	5361	1881
5064	4497	1710
5065	4693	1982
5274	4243	1517
5276	3644	1642

a. Las diferencias entre las accesiones fueron significativas en ambas estaciones.

FUENTE: B. Grof, información no publicada.

Cuadro 4. Distribución estacional del rendimiento de materia seca (MS) de 13 accesiones pertenecientes a seis especies de *Centrosema*, en Carimagua, Colombia.

Especie y no. de accesión CIAT		Rendimiento de MS (kg/ha) Estación húmeda	Estación seca
C. acutifolium	5277	3397	4429
C. acutifolium	5118	3253	2414
C. pubescens	5188	3093	1984
C. rotundifolium	5283	1309	1469
C. schiedeanum	5161	2575	1414
C. pubescens	5155	1969	1379
C. pubescens	5151	1648	1235
C. pubescens	5059	760	1043
C. virginianum	5246	685	946
C. pubescens	5172	1229	921
C. pubescens	5144	1048	811
C. brasilianum	5185	1622	776
C. pubescens	5169	1986	696

FUENTE: B. Grof, información no publicada.

grandes variaciones en el rendimiento (Cuadro 4), y la única accesión de *C. virginianum* incluida en él presentó un rendimiento bajo en ambas épocas. Como lo han demostrado otras evaluaciones en Carimagua, no se ha identificado, hasta ahora, ninguna accesión de *C. virginianum*, adaptada a las condiciones de sabana de suelo ácido. *Centrosema rotundifolium* ocupó una posición intermedia en producción total de materia seca; su rendimiento fue bajo a causa del añublo foliar por *Rhizoctonia* (AFR) durante la época húmeda, pero el comportamiento de la especie en la época seca fue bueno.

Digitized by Google

Se ha observado considerable variación en el comportamiento de las accesiones de *C. brasilianum*. El rendimiento, en las épocas seca y húmeda, de 14 accesiones de *C. brasilianum*, de una accesión de *C. plumieri*, de una de *C. pubescens* y de otra de *C. pascuorum* se midió en parcelas y se clasificó mediante análisis de conglomerado (Cuadro 5). En general, las enfermedades foliares, especialmente AFR, y los insectos chupadores causaron reducciones del rendimiento en la mayoría de esas accesiones durante la época húmeda. El conglomerado 5 comprendía las siete accesiones de *C. brasilianum* que arrojaron los rendimientos de materia seca total más altos y bien distribuidos durante todo el año; entre ellas estaban dos líneas sobresalientes, CIAT 5234 y CIAT 5178, que fueron seleccionadas para ensayos avanzados. Las accesiones de los conglomerados 3 y 4 dieron rendimientos modestos durante la época seca. La única accesión que contiene el conglomerado 2 dio un rendimiento bajo durante la época húmeda, cuando fue seriamente afectada por el AFR, pero mostró mayor productividad durante la época seca. Puesto que las nuevas accesiones de *C. brasilianum* que se están evaluando actualmente son más productivas que las líneas superiores anteriormente seleccionadas, se justifica una evaluación más intensa de esta especie.

En general, las accesiones de *C. pascuorum* no parecen muy prometedoras en Carimagua, a causa de su hábito anual y su corta época de crecimiento (Cuadro 5 y B. Grof, información no publicada). A diferencia de otras accesiones de esta especie, *C. pascuorum* CIAT 5376, del conglomerado 1 (Cuadro 5), y CIAT 5176, en un experimento anterior, tuvieron una larga época de crecimiento y una prolongada producción de hojas en la época seca. Ambas son de floración tardía.

Las introducciones tempranas de *C. macrocarpum* ensayadas en Carimagua comprendían principalmente formas erectas, volubles y no estoloníferas que estaban representadas por CIAT 5062 y CIAT 5065. Aunque fueron productivas en pruebas de corte o bajo pastoreo ligero (1.5 animales/ha), mostraron intolerancia a la defoliación intensa y frecuente causada por los animales en pastoreo (CIAT, 1986; Grof, 1986). El examen de 29 accesiones de *C. macrocarpum* y de una accesión de *C. acutifolium* como control reveló una amplia variación en la densidad de estolones enraizados entre las accesiones de esta especie (Cuadro 6). Cinco accesiones de *C. macrocarpum* y *C. acutifolium* (grupo 4) fueron las "mejores"

Digitized by Google

Cuadro 5. Clasificación de 14 accesiones de *Centrosema brasilianum*, y de sendas accesiones de *C. plumieri*, *C. pubescens* y *C. pascuorum* mediante análisis de conglomerados del rendimiento en las épocas húmeda y seca, en Carimagua, Colombia.

Dendrograma	Grupo del conglomerado	Accesiones (no.)	Promedio grupal del rendimiento de MS (kg/ha)		Especies y accesiones
			Epoca húmeda	Epoca seca	
	1	3	1537	984	*C. brasilianum* (2 accesiones) y *C. pascuorum* CIAT 5376
	2	1	654	1113	*C. brasilianum* CIAT 5368
	3	4	1151	861	*C. brasilianum* (3 accesiones) y *C. pubescens* CIAT 5270
	4	2	2275	797	*C. brasilianum* CIAT 5369 y *C. plumieri* CIAT 5070
	5	7	1999	1655	Todas las accesiones de *C. brasilianum*, incluyendo CIAT 5178 y CIAT 5234

FUENTE: B. Grof, información no publicada.

Digitized by Google

de todas, porque combinan dos características deseables: gran producción de MS, bien distribuida, y alta densidad (por unidad de área) de estolones enraizados. El abundante desarrollo de raíces estoloníferas se correlacionó estrechamente con la persistencia y el rendimiento. Este resultado se confirmó en un experimento de pastoreo a pequeña escala, en que se ensayaron formas estoloníferas y no estoloníferas de *Centrosema* (Grof, 1986).

El ecosistema de los Llanos se caracteriza por una época seca bien definida que se extiende desde finales de diciembre hasta marzo o, en algunos sitios de Venezuela, más allá de este mes. Durante este período, la precipitación no es confiable y es inefectiva (<30 mm/mes). En consecuencia, la tolerancia a la sequía y la producción de materia seca hasta bien entrada la época seca son características de capital importancia para el éxito de las especies forrajeras en este ecosistema. En otro ensayo de corte en pequeñas parcelas en Carimagua, el rendimiento relativo de materia seca durante la estación seca fue, en orden decreciente, el siguiente: *C. macrocarpum*, *C. acutifolium*, *C. brasilianum* > *C. pubescens* > *C. grazielae*, *C. schiedeanum*, *C. virginianum* > *C. pascuorum* (Cuadro 7).

Ecosistema de sabana: evaluación regional en los Llanos de Colombia

Desde 1979 se han realizado 12 ensayos en varias localidades de los Llanos de Colombia, que han incluido accesiones de *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens*. Los resultados, expresados como rendimiento estacional durante períodos de crecimiento de 12 semanas, se resumen en el Apéndice 1 de este capítulo. Hasta el momento, *C. acutifolium* CIAT 5112, CIAT 5277 y CIAT 5278, y *C. macrocarpum* CIAT 5065 y CIAT 5062 han demostrado que se adaptan a los diferentes sitios. Los insectos comedores de hojas y varias enfermedades foliares son limitaciones potenciales de estas accesiones (Calderón, 1983; Lenné, 1983; Lenné et al., 1985) y, en algunos sitios, es necesario inocular con *Rhizobium* (R. Sylvester-Bradley, comunicación personal).

Digitized by Google

Cuadro 6. Distribución estacional del rendimiento de materia seca (MS) y densidad de estolones enraizados de 29 accesiones de *Centrosema macrocarpum* en Carimagua, Colombia.

Grupo no.	Accesión CIAT no.	Rendimiento de MS (kg/ha)				Densidad estolones enraizados (no./m²)	
		Estación húmeda		Estación seca			
		Rango	Media	Rango	Media	Rango	Media
1	5065, 5563, 5573, 5887	2762-3881	3054	2378-3045	2727	0-27	11.5
2	5713, 5733, 5735, 5743	2788-3726	3243	2092-3058	2603	49-69	59.8
3	5730, 5740, 5864, 5798, 5904, 5888, 5739	3570-5445	4363	2763-3045	3036	21-44	32.4
4	5275, 5418, 5450, 5645, 5736, 5278[a]	3138-4994	3943	3702-4760	4103	23-26	51.9
5	5460, 5732	4396-4994	4695	4229-4400	4315	26-48	37.2
6	5392, 5395, 5452, 5616, 5620, 5674, 5901	2256-3825	2972	3448-4162	3760	19-52	37.7

a. *Centrosema acutifolium* como control.

FUENTE: B. Grof, información no publicada.

Digitized by Google

Cuadro 7. Distribución estacional del rendimiento de materia seca de 31 accesiones pertenecientes a ocho especies de *Centrosema* en Carimagua, Colombia.

Especie	Número de accesiones	Rendimiento de MS[a] (kg/ha)	
		Epoca húmeda	Epoca seca
C. macrocarpum	5	4501	1756
C. acutifolium	2	3579	1653
C. brasilianum	6	3263	1511
C. pubescens	8	2874	1349
C. pascuorum	5	1855	59
C. grazielae	2		
C. virginianum	2	1530[b]	455[b]
C. schiedeanum	1		

a. Promedio de 3 años.
b. Rendimiento promedio de MS de cinco accesiones de *C. grazielae*, *C. virginianum* y *C. schiedeanum*.

FUENTE: B. Grof, información no publicada.

Ecosistema de sabana: evaluacion regional en los Llanos de Venezuela

La evaluación hecha en los ensayos regionales A (pruebas de adaptación) en Venezuela sólo se ha hecho en El Tigre, Anzoátegui, donde *C. brasilianum* y *C. pubescens* se comportaron mejor el primer año (Sanabria y González, 1983). La evaluación de *Centrosema* en los ensayos regionales B (medición de la producción de MS) en los Llanos de Venezuela se ha restringido a tres sitios, o sea, Calabozo y Espino, en Guárico, y El Tigre, en Anzoátegui; los resultados respectivos se resumen en el Cuadro 8. Información adicional sobre el ensayo de Guárico indicó que *C. brasilianum* CIAT 5234 tuvo mejor adaptación y más tolerancia a la sequía que *C. macrocarpum* CIAT 5062 y *C. pubescens* (Arias et al., 1986). En el ensayo de Espino se estudiaron, además de las tres accesiones de *C. brasilianum* indicadas en el Cuadro 8, las siguientes accesiones: *C. acutifolium* CIAT 5112, *C. macrocarpum* CIAT 5065 y *C. pubescens* CIAT 5050, CIAT 5053 y CIAT 5126. *Centrosema brasilianum* se comportó mejor, pero fue superada por *Stylosanthes guianensis* y *S. capitata* (Flores, 1986).

En el Cuadro 9 se presentan los datos de producción de MS de las accesiones individuales evaluadas en El Tigre (se resumen en el Cuadro 8) junto con información sobre la floración, la producción de

Digitized by Google

Cuadro 8. Rendimiento de materia seca (MS) de varias especies de *Centrosema* usadas para corte, en Venezuela.

Localidad y estado (o territorio)	Especie	Rendimiento de MS (t/ha)	Observaciones	Fuente
Ecosistema de sabana				
Calabozo, Guárico	*C. brasilianum* CIAT 5234	0.4; 1.8; 0.8; 1.3	Corte a 3, 6, 9, 12 semanas, respect., en época lluviosa	Arias et al., 1986
Espino, Guárico	*C. brasilianum* CIAT 5055 *C. brasilianum* CIAT 5234 *C. brasilianum* CIAT 5247	0.1; 0.7; 0.2; 0.4 0.1; 0.7; 0.2; 0.4 0.2; 0.3; 0.1; 0.8	Corte a 3, 6, 9, 12 semanas, respect., en época lluviosa	Barreto M., 1986
El Tigre, Anzoátegui	*C. brasilianum* 7 acc. *C. macrocarpum* 15 acc. *Centrosema* híbrido[a] 6 acc.	0.8 1.2 0.8	Promedio de 2 cortes a intervalos de 8 semanas, en época lluviosa	Flores, 1986
Ecosistema de bosque				
Delta del Orinoco, Territorio Federal Delta Amacuro	*C. plumieri* *C. pubescens*	5.6 4.2	Producción anual; en asociación con *D. decumbens*	Velásquez y Bryan, 1975
Guachi, Zulia	*C. pubescens* común *Centrosema* híbrido CIAT 438	Ll: 0.6; 0.8; 1.4; 1.1 S: 0.6; 0.6; 0.6; 0.6 Ll: 0.6; 1.0; 1.4; 1.4 S: 0.6; 0.8; 0.8; 1.1	Corte a 3, 6, 9, 12 semanas, respect., época lluviosa (Ll) y seca (S), respectivamente	Urdaneta et al., 1982
Maracay, Aragua	*Centrosema* sp. IIZ-11 *C. pubescens*	Ll: 0.3; 0.6 S: 0.3; 0.1	Promedio de 2 cortes en época lluviosa (Ll) y 3 cortes en época seca (S), respectivamente	Rodríguez et al., 1984

a. Híbridos de *C. macrocarpum* x *C. pubescens*.

Digitized by Google

Cuadro 9. Evaluación de 29 accesiones de especies de *Centrosema* en El Tigre, Venezuela.

Especie[a]	No. CIAT	Floración[b]		Producción de semilla (kg/ha)	Produción de MS[c] (t/ha)		Proteína cruda (%)
		Iniciación (DDS)	Floración máxima (DDS)		Corte 1	Corte 2	
C. acutifolium	5568	110	133	284	0.7	0.5	15.2
C. macrocarpum	5065	115	168	91	1.1	1.0	18.4
C. macrocarpum	5434	123	171	33	1.6	1.5	9.0
C. macrocarpum	5452	119	182	63	1.7	1.5	9.4
C. macrocarpum	5620	133	182	79	1.1	0.9	21.0
C. macrocarpum	5629	122	181	137	1.7	1.3	19.8
C. macrocarpum	5633	118	182	53	1.2	1.2	19.4
C. macrocarpum	5645	116	173	217	1.6	1.3	20.7
C. macrocarpum	5674	130	176	58	0.6	0.4	18.5
C. macrocarpum	5713	120	169	166	2.2	1.9	20.7
C. macrocarpum	5730	153	199	47	1.1	1.2	18.7
C. macrocarpum	5735	133	188	93	1.3	1.1	21.8
C. macrocarpum	5737	146	106	49	1.5	1.1	19.0
C. macrocarpum	5740	139	187	60	0.8	0.7	20.5
C. macrocarpum	5744	108	194	64	1.3	0.9	18.4
C. macrocarpum	5887	93	166	286	1.2	1.3	19.2
Centrosema híbrido	5930	88	118	500	0.7	0.6	26.7
Centrosema híbrido	5931	90	125	357	1.4	1.1	25.3
Centrosema híbrido	5932	91	124	126	0.6	0.7	26.1
Centrosema híbrido	5933	82	117	414	1.0	0.7	26.7
Centrosema híbrido	5934	88	121	314	0.8	0.9	24.8
Centrosema híbrido	5935	91	120	120	0.5	0.6	24.7
C. brasilianum	5234	90	138	157	0.5	0.3	22.1
C. brasilianum	5430	83	111	200	1.1	0.5	24.6
C. brasilianum	5487	92	116	343	1.4	0.7	25.1
C. brasilianum	5657	72	125	286	1.5	1.2	25.7
C. brasilianum	5671	87	113	243	0.8	0.8	27.5
C. brasilianum	5712	67	104	300	0.8	0.5	25.6
C. brasilianum	5810	85	120	214	1.0	0.6	22.7

a. Los híbridos eran *C. macrocarpum* x *C. pubescens*.
b. DDS = días después de la siembra. Se sembró el 1 de agosto de 1984.
c. Epoca lluviosa de 1985, rebrote a las 8 semanas.

FUENTE: Flores, 1986.

Digitized by Google

semilla y el contenido de proteína cruda. Hasta el momento se considera que dos accesiones de *C. brasilianum* y ocho de *C. macrocarpum* son muy promisorias con respecto a la producción de MS y a la tolerancia a la sequía (Flores, 1986).

Ecosistema de sabana: evaluación regional en Guyana

La evaluación regional de *Centrosema* consistió en una prueba de adaptación en las sabanas intermedias de Moblissa. Estas sabanas están ubicadas entre los 4° y 6° de latitud N y entre los 57° y 57° 30' de longitud O, entre 25 y 30 msnm. La precipitación media anual es de 2000 mm y la temperatura media anual de 26 °C. En esta localidad tan arenosa, *C. macrocarpum* CIAT 5065 fue especialmente promisoria por su tolerancia al AFR; la siguieron *C. pubescens* CIAT 5053 y CIAT 5126. *Centrosema brasilianum* CIAT 5055 y CIAT 5184 fueron susceptibles a enfermedades (Wickham y Osuji, 1985).

Ecosistemas de bosque: Quilichao, Colombia

Desde 1977 se han hecho trabajos de evaluación, en parcelas pequeñas, de germoplasma de *Centrosema* spp. en la estación experimental del CIAT en Quilichao, Colombia (latitud 3° 06' N, longitud 76° 31' O; altitud 990 msnm; temperatura media 23 °C; 1800 mm de precipitación anual; Ultisol ácido, con alta saturación de Al) (CIAT, 1979 a 1982, 1984a, 1984b a 1987). Una porción sustancial de la colección de germoplasma de *Centrosema* del CIAT (Cuadro 2) ha sido caracterizada y evaluada aquí por su adaptación a las limitaciones edáficas y bióticas predominantes, especialmente las enfermedades. El resultado fue la descripción de la variación intraespecífica de una serie de especies adaptadas como *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum*, y la identificación de germoplasma promisorio; esto justifica más ensayos en los principales sitios de evaluación, así como ensayos regionales (Belalcázar y Schultze-Kraft, 1986; Keller-Grein, 1984; Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985; Schultze-Kraft et al., 1985; Schultze-Kraft et al., 1987).

Digitized by Google

Ecosistemas de bosque: evaluación regional en Colombia

Desde 1979 se han sembrado 22 ensayos regionales en 18 sitios diferentes cuyas características climáticas y edáficas presentan gran variabilidad. La altitud varía de 50 a 1600 msnm, y la precipitación media anual de 1042 a 4775 mm; los suelos varían mucho en fertilidad, siendo el rango de saturación de Al de 0% a 90%. Dentro de esta diversidad de ambientes se evaluaron accesiones de *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *C. schiedeanum*, *C. pascuorum*, *C. rotundifolium*, *C. virginianum* y también híbridos de *Centrosema*. Para los ensayos regionales B se midió la distribución del rendimiento estacional por períodos de 12 semanas de crecimiento, en épocas de máxima y mínima precipitación (Apéndice 2 de este capítulo). Considerando todos los sitios, las accesiones más promisorias fueron *C. macrocarpum* CIAT 5062 y CIAT 5065, *C. pubescens* CIAT 5189, el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 y *C. acutifolium* CIAT 5112. En sitios específicos se observó también el excelente comportamiento de *C. macrocarpum* CIAT 5452, CIAT 5434 y CIAT 5629 (en Macagual), y de *C. acutifolium* CIAT 5568 (en Urabá) (datos no presentados). En general, *C. brasilianum* fue afectado por el AFR. El híbrido de *Centrosema* CIAT 438 y *C. pubescens* CIAT 5189 fueron las mejores accesiones en los sitios talados más fértiles del ecosistema de bosque.

Ecosistemas de bosque: evaluación regional en Venezuela

Se han hecho algunos ensayos regionales en los ecosistemas de bosque de Venezuela (Cuadro 8). En un experimento similar a los ensayos regionales B de la RIEPT realizado por Urdaneta et al. (1982) en Guachi, Zulia, se evaluaron 13 leguminosas, incluyendo a *C. pubescens* (centro común) y al híbrido CIAT 438. El híbrido superó a centro común, pero *Stylosanthes guianensis*, *S. capitata*, *Desmodium ovalifolium* y *Zornia latifolia* fueron superiores a las especies de *Centrosema*. Los insectos comedores de hojas también atacaron fuertemente a esas accesiones de *Centrosema* (Calderón, 1983).

Digitized by Google

Evaluación Bajo Pastoreo

Carimagua, Colombia

En estudios agronómicos realizados en Carimagua se compararon, bajo pastoreo, 16 accesiones de cuatro especies de *Centrosema* (Wege, 1984). En uno de estos ensayos, *C. plumieri* se comparó con dos accesiones de *C. acutifolium*. Bajo una carga animal variable, las parcelas que presentaban mayor contenido de leguminosa fueron las de la asociación de *C. acutifolium* CIAT 5278 con *Andropogon gayanus* cv. Carimagua 1. En otro ensayo, Wege (1984) comparó algunas accesiones de *C. macrocarpum* con *C. acutifolium* CIAT 5278, y halló una disminución relativamente rápida del contenido de leguminosa en la asociación de *C. macrocarpum* y *A. gayanus*; se observó con claridad que había más tolerancia al pastoreo pesado en la accesión estolonífera *C. acutifolium* CIAT 5278. Esta observación se confirmó en otros dos experimentos de pastoreo en parcelas pequeñas (Grof, 1986). En uno de estos experimentos realizado con *C. macrocarpum* CIAT 5065 y CIAT 5062 asociadas con *A. gayanus*, se registraron en el tratamiento de 1.5 animales/ha un rendimiento y un contenido de leguminosa mucho mayores que los obtenidos en un tratamiento de alta carga (3 animales/ha). En los tratamientos de carga alta, los rendimientos globales fueron significativamente mayores en la accesión estolonífera *C. acutifolium* CIAT 5568 que en las accesiones de *C. macrocarpum*. Las tres accesiones superaron a *C. brasilianum*. En el tratamiento de baja carga animal, no hubo diferencia significativa entre *C. acutifolium* y las dos accesiones de *C. macrocarpum*. Sin embargo, todas superaron a *C. brasilianum*.

Quilichao, Colombia

De 1980 a 1983 se hizo un experimento para evaluar, bajo pastoreo, estrategias alternativas de manejo de asociaciones de gramíneas y leguminosas, y para seleccionar las asociaciones más productivas (Giraldo y Toledo, 1986). Las asociaciones se componían así: *Panicum maximum* CIAT 604 y *A. gayanus* cv. Carimagua 1, cada uno con *S. capitata* CIAT 1315 y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438; además, *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk con *Desmodium ovalifolium* CIAT 350. Se aplicaron tres presiones de pastoreo. Las asociaciones de *A. gayanus* con

Digitized by Google

Centrosema y de *B. decumbens* con *D. ovalifolium* fueron muy compatibles, y mantuvieron un contenido de leguminosa aceptable durante la prueba bajo todas las presiones de pastoreo (Giraldo y Toledo, 1986).

Desde 1983 se han evaluado otras especies y accesiones de *Centrosema*, bajo pastoreo, en Quilichao. En un ensayo de pastoreo en parcelas pequeñas, *C. acutifolium* CIAT 5277 y CIAT 5568, así como *C. macrocarpum* CIAT 5065 y CIAT 5434, se asociaron con *A. gayanus* y se sometieron a diferentes frecuencias de pastoreo (2, 4, 6 semanas de descanso) y a intensidades diferentes de carga animal (2.4 y 3.6 UA/ha, donde UA = 400 kg de peso vivo). Tres años después, los resultados indican que la accesión más estolonífera de *C. macrocarpum* CIAT 5434 ha persistido con la carga animal alta y con la baja, teniendo 2 ó 4 semanas de descanso. En cambio, la accesión más erecta de *C. macrocarpum* CIAT 5065 ha persistido sólo con la carga baja, dadas 2 ó 4 semanas de descanso. *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 y CIAT 5568 también persistieron sólo con la carga baja, combinada con 4 semanas de descanso (C. E. Lascano, comunicación personal).

El excelente comportamiento de las accesiones estoloníferas de *C. macrocarpum* se manifestó también en otro ensayo de pastoreo adelantado en Quilichao (CIAT, 1987). Después de 2 años de pastoreo, el contenido de leguminosa de una asociación de *C. macrocarpum* CIAT 5713 y *A. gayanus*, en que la presión de pastoreo era baja (6.8 kg de MS en base verde por 100 kg de peso vivo), aumentó del 30% inicial hasta un 50%. En cambio, en el tratamiento de alta presión de pastoreo (3 a 5 kg de MS en base verde por 100 kg de peso vivo), el contenido de leguminosa se redujo drásticamente de 30% a 10%. En ese mismo experimento, *C. acutifolium* CIAT 5277 y CIAT 5568 contribuyeron como leguminosas con un 10% a la MS de la pastura, prescindiendo de la presión de pastoreo (C. E. Lascano, comunicación personal).

Venezuela

La evaluación de *Centrosema* bajo pastoreo que se ha hecho en Venezuela tuvo lugar en Maracay. Zerpa y Villalobos (1953) observaron el excelente comportamiento de *C. pubescens* con *Digitaria decumbens* y, en menor grado, con *B. decumbens*. Posteriormente, *C. pubescens* se comparó con *Leucaena*

Digitized by Google

leucocephala, *Pueraria phaseoloides* y *Teramnus uncinatus*, asociadas con *B. mutica*, *Panicum maximum*, *Hyparrhenia rufa*, *D. decumbens* y *Pennisetum purpureum*. Sólo las asociaciones *D. decumbens-C. pubescens* y *D. decumbens-P. phaseoloides* fueron satisfactorias. En la misma localidad, Valenti (1983) observó que *C. pubescens* se comportaba mejor que *S. guianensis* asociada con *D. decumbens* y que *C. plumieri* asociada con *D. decumbens*. En Barinas y en la región al sur del Lago Maracaibo, *C. pubescens* forma asociaciones espontáneas con gramíneas naturalizadas e introducidas, como *Echinochloa polystachya*, *P. maximum*, *H. rufa* y *B. mutica* (Corrales y González, 1972; MAC, 1975).

En las sabanas bien drenadas de El Tigre, Parra y Flores (1977) y Parra et al. (1978) observaron que *C. pubescens* y *C. plumieri*, como cultivo puro o en asociación, se comportaban bien en la época húmeda, pero se defoliaban en la época seca. Guenni y Gil (1986) y Rodríguez et al. (1984) hicieron observaciones similares en un experimento en que *P. phaseoloides* y *C. pubescens* produjeron más durante la época húmeda que *M. atropurpureum* y *L. leucocephala*, pero fueron superadas por ellas durante la época seca. Hasta el presente, ninguna otra especie de *Centrosema* se ha evaluado bajo pastoreo en Venezuela.

Información detallada sobre la producción animal obtenida en las pasturas de *Centrosema*, en el norte de América del Sur, se puede hallar en Lascano et al. (esta obra).

Potencial y Limitaciones

Hasta hace poco, *C. pubescens*, o centro común, era la única especie del género *Centrosema* que se había usado comercialmente en la región. Como resultado de estudios exhaustivos realizados en los Llanos de Colombia y Venezuela, y en las zonas tropicales húmedas, se han domesticado especies de *Centrosema* recientemente introducidas.

Tanto por sus condiciones edáficas como climáticas, el ecosistema de sabana isohipertérmica (los Llanos) es un ambiente de fuerte estrés. Los ecosistemas de bosque presentan, generalmente, menos estrés edáfico. Las especies forrajeras promisorias seleccionadas para estos ambientes mostraron buena adaptación a un rango de condiciones de fertilidad del suelo, y en

Digitized by Google

general, se han desarrollado bien en suelos algo más fértiles. En ambos ecosistemas, sin embargo, la presión de las plagas y las enfermedades en las especies de leguminosas es extremadamente grave.

En general, las especies recolectadas en zonas climáticas similares se comportaban agronómicamente mejor bajo las mismas condiciones. Hasta el momento, algunas formas estoloníferas de *C. acutifolium* han dado buena producción forrajera bajo corte y pastoreo. En varios experimentos, el mejor comportamiento lo tuvieron CIAT 5277 y CIAT 5278, ambas nativas de Vichada, en los Llanos Orientales de Colombia (Schultze-Kraft et al., 1987). Estas accesiones son más tolerantes a las condiciones de sabana de suelo ácido, resisten el pastoreo fuerte, toleran las plagas y las enfermedades, nodulan, y persisten mejor que otras especies en la pastura. El Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) liberó a CIAT 5277 como cultivar Vichada en octubre de 1987.

Las especies de *Centrosema* deben florecer y su semilla debe madurar con suficiente antelación para que la formación de semilla sea confiable y asegure la autoregeneración de la especie. La mayoría de las accesiones de *C. macrocarpum* son genotipos de floración tardía; el rendimiento de semilla de éstas se reduce mucho en un período normal de crecimiento si la humedad del suelo desciende en el momento en que se inicia la floración. La accesión *C. acutifolium* CIAT 5277, que es muy promisoria, también produce poca semilla en algunos ambientes porque tiene un hábito de floración tardía. Además, las accesiones disponibles de *C. brasilianum* se pueden usar muy poco en las regiones de sabana de alta precipitación (2000 mm), por su susceptibilidad al AFR y a los insectos chupadores. Aunque se ha indicado que no hay correlación entre la tolerancia al AFR y la precipitación en los sitios en que se recolectó originalmente *C. brasilianum* (Schultze-Kraft y Belalcázar, 1988), sería conveniente aumentar la base de germoplasma proveniente de ambientes más húmedos.

Centrosema es un género de gran potencial económico, el cual no ha sido explorado aún completamente. Todavía es relativamente fácil domesticar especies "nuevas" (formas), y aún se puede hallar mucha variación útil en las especies establecidas, como
C. pubescens. Hay considerable margen para el desarrollo de nuevos cultivares de *Centrosema*, especialmente de aquéllos que

Digitized by Google

puedan superar los poblemas causados por las enfermedades, la limitada producción de semillas, la poca palatabilidad y la escasa persistencia.

Otra opción atractiva es la explotación de la evidente compatibilidad interespecífica entre especies del "complejo" *C. pubescens* (Miles et al.; Williams y Clements, esta obra). Este incluye formas de *C. macrocarpum*, *C. acutifolium*, *C. pubescens* y, posiblemente, algunas otras especies estrechamente relacionadas, cuya adaptación ecológica y agronómica es amplia. Si se hicieran hibridaciones exitosas dentro de este complejo de especies, se abrirían nuevos horizontes al desarrollo de pasturas, y se suministraría nueva variabilidad para la selección de genotipos con los caracteres agronómicos deseables que no están disponibles en los ecotipos de *Centrosema* presentes en la naturaleza.

Investigaciones Futuras

Hasta el momento, la mayor parte del trabajo hecho con especies de *Centrosema* en el norte de América del Sur se ha realizado en las estaciones de Quilichao y Carimagua, en Colombia. Se debe dar más importancia a los ensayos de comportamiento animal en diferentes sitios en el ecosistema de los Llanos de Colombia, y especialmente en los ecosistemas de bosque. Se han identificado accesiones promisorias en ensayos hechos en muchas localidades y es necesario ensayarlas asociadas con gramíneas y sometidas a pastoreo.

Hay varios problemas de enfermedades y plagas que son limitaciones potenciales (Lenné et al., esta obra) y requieren más evaluación, especialmente si ésta se hace bajo pastoreo.

Aunque hay otras especies que también merecen más atención, los recursos se invertirían mejor, a corto plazo, si las accesiones más promisorias se promovieran hasta el nivel comercial.

Digitized by Google

Referencias

Arias, P.; Gamboa, V.; López, O.; Cásares, R.; Martínez, C.; y Molina, W. [1986]. Evaluación de genotipos promisorios de gramíneas y leguminosas en sabanas bien drenadas de los Llanos Centrales, Venezuela. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 275-278.

Barreto M., L. A. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Espino, Venezuela. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 279-286.

Belalcázar, J. y Schultze-Kraft, R. 1986. *Centrosema brasilianum* (L.) Benth.: Descripción de la especie y evaluación agronómica de siete ecotipos. Pasturas Trop. Bol. 8(3):14-19.

Bermúdez García, L. A. 1973. Leguminosas espontáneas de posible valor forrajero en Colombia. Boletín técnico no. 21. Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Ministerio de Agricultura, Tibaitatá, Colombia. p. 80-85.

Calderón, M. 1983. Interpretación del análisis hecho a la evaluación del daño causado por las plagas. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 423-427.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1978. Programa de Ganado de Carne. En: Informe anual 1977. Cali, Colombia. p. A-1 a A-124.

_____ . 1979. Programa de Ganado de Carne. En: Informe anual 1978. Cali, Colombia. p. B-1 a B-188.

_____ . 1980. Informe anual del Programa de Pastos Tropicales 1979. Cali, Colombia. 186 p.

_____ . 1981. Programa de Pastos Tropicales: Informe 1980. Cali, Colombia. 138 p.

Digitized by Google

_____. 1982. Informe anual: Programa de Pastos Tropicales 1981. Cali, Colombia. 302 p.

_____. 1984a. Programa de Pastos Tropicales: Informe anual 1982. Cali, Colombia. 362 p.

_____. [1984]b. Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 387 p.

_____. 1985. Informe anual 1984: Programa de Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 5. Cali, Colombia. 279 p.

_____. 1986. Informe anual 1985: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 17. Cali, Colombia. 408 p.

_____. 1987. Informe anual 1986: Pastos Tropicales. Documento de trabajo no. 24. Cali, Colombia. 348 p.

Cochrane, T. T.; Sánchez, L. G.; de Azevedo, L. Guimarães; Porras, J. A.; y Garver, C. L. 1985. La tierra en América tropical: Una guía para agrónomos del clima, el paisaje y los suelos de la Amazonia, el piedemonte andino, el centro de Brasil, y el Orinoco. 3 vols. Edición trilingüe (español, inglés, portugués). Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC), Planaltina, Brasil. Vol. 1, mapa en lámina 1 [p. 59].

Comerma, J. y Paredes, R. 1978. Principales limitaciones y potencial agrícola de las tierras en Venezuela. Agron. Trop. (Maracay) 28(2):71-85.

Corrales, F. y González, N. 1972. Situación actual del recurso pastizal en el Estado Barinas. Proyecto MAC-FAO Venezuela no. 17. Ser. I, no. 5. Barinas, Venezuela. 75 p.

Ewel, J. J.; Madriz, A.; y Tosi, J. A., Jr. 1976. Zonas de vida de Venezuela: Memoria explicativa sobre el mapa ecológico. 2a ed. Ministerio de Agricultura y Cría (MAC) y Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), Caracas, Venezuela. 270 p.

Flores, A. 1986. *Centrosema* (D.C.) Benth. en Venezuela. Estación Experimental Anzoátegui, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), El Tigre, Anzoátegui, Venezuela. 20 p. (Mecanografiado.)

Digitized by Google

Giraldo, H. y Toledo, J. M. [1986]. Compatibilidad y persistencia de gramíneas y leguminosas bajo pastoreo en pequeñas parcelas. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 1079-1083.

Grof, B. 1982. Breeding *Centrosema pubescens* in tropical South America. Trop. Grassl. 16(2):80-83.

_____. 1986. Forage potential of some *Centrosema* species in the Llanos Orientales of Colombia. Trop. Grassl. 20(3):107-112.

Guenni, O. y Gil, J. 1986. Informe sobre resultados de investigación del año 1985. Trabajo presentado en el Taller de Trabajo de Producción y Sanidad Animal, agosto 1986. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela.

Hutton, E. M. 1985. *Centrosema* breeding for acid tropical soils, with emphasis on efficient Ca absorption. Trop. Agric. (Trinidad) 62(4):273-280.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1970. Gramíneas y leguminosas forrajeras en Colombia. Asistencia técnica, manual no. 10. Bogotá, Colombia. 327 p.

Keller-Grein, G. 1984. Untersuchungen über die Eignung von Herkünften verschiedener wenig bekannter Leguminosenarten als Weidepflanzen für südamerikanische Savannengebiete. Tesis (Dr.sc.agr.) Göttinger, Beiträge zur Land- und Forstwirtschaft in den Tropen und Subtropen, Heft 5, 236 p.

Lenné, J. M. 1983. Interpretación del análisis hecho a la evaluación del daño causado por enfermedades. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 417-422.

_____; Vargas, A.; y Torres, C. 1985. Damaging fungal diseases of promising pasture legumes in the tropical American lowlands. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, Japón, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 807-809.

MAC (Ministerio de Agricultura y Cría). 1960. Atlas agrícola de Venezuela. Dirección de Planificación Agrícola, MAC, Caracas, Venezuela.

Digitized by Google

_____ . 1975. Especies forrajeras de la zona sur del Lago de Maracaibo, sector de la Panamericana. Proyecto MAC-FAO Venezuela no. 17. San Cristóbal, Táchira, Venezuela. 11 p.

Parra, O. y Flores, A. 1977. Observaciones sobre gramíneas y leguminosas forrajeras introducidas en la Mesa de Guanipa. Estación Experimental Anzoátegui, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), El Tigre, Venezuela. (Mecanografiado.)

_____ ; _____ ; y González, S. 1978. Cultivo y manejo de asociaciones forrajeras. Estación Experimental Anzoátegui, Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias (FONAIAP), El Tigre, Venezuela. (Mecanografiado.)

Pittier, H. 1944. Leguminosas de Venezuela; I: Papilionaceae. Boletín técnico no. 5. Ministerio de Agricultura y Cría (MAC), Caracas, Venezuela. p. 70-72.

Pizarro, E. A. (ed.). [1983]. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982: segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 460 p.

_____ . (ed.). [1986]. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 1228 p.

Ramia, M. 1974. Plantas de las sabanas llaneras. Monte Avila Editores, Caracas, Venezuela. p. 191-192.

Ramírez P., A. 1983. Mejores rendimientos en carne con andropogon asociado. Pastos Trop. Bol. Inf. 5(3):5-7.

Rodríguez, S.; Guenni, O.; Perdomo, E.; y León, L. 1984. Recolección, introducción y selección de gramíneas y leguminosas forrajeras. Trabajo presentado en las XI Jornadas Agronómicas de Venezuela, Maracaibo, Venezuela. 9 p.

Sanabria, D. M. y González, S. 1983. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en El Tigre, Venezuela. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 123-127.

Digitized by Google

Sánchez, A. 1986. Características ecológicas de las zonas del país, actuales y potenciales, afectadas por el síndrome parapléjico de los bovinos. Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CENIAP), Maracay, Venezuela. 9 p. (Mecanografiado.)

Schultze-Kraft, R.; Arenas, J. A.; Franco, M. A.; Belalcázar, J.; y Ortiz, J. 1986. La colección de *Centrosema* de CIAT: Datos de pasaporte básicos y distribución geográfica del germoplasma en la colección del CIAT. Documento interno del Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 232 p., 18 mapas.

_____ y Belalcázar, J. 1988. Germplasm collection and preliminary evaluation of the pasture legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trop. Agric. (Trinidad) 65(2):137-144.

_____ ; Benavides, G.; y Arias, A. 1987. Recolección de germoplasma y evaluación preliminar de *Centrosema acutifolium*. Pasturas Trop. Bol. 9(1):12-20.

_____ y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

_____ ; _____ ; Belalcázar, J.; y Benavides, G. 1985. *Centrosema macrocarpum* Benth., a promising tropical forage legume for acid soils. En: Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, Japón, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. p. 152-154.

Thomas, D. y Grof, B. 1986. Some pasture species for the tropical savannas of South America; II: Species of *Centrosema*, *Desmodium* and *Zornia*. Herbage Abstr. 56:512-525.

Urdaneta, I.; Paredes, R.; y Landaeta, T. 1982. Comparación de diferentes gramíneas y leguminosas forrajeras en suelos del bosque húmedo tropical. Trabajo presentado en el Séptimo Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo, San Cristóbal. Universidad del Zulia, Maracaibo, Venezuela. 13 p.

Valenti, G. 1983. Evaluación preliminar de cuatro tipos de asociaciones y tres métodos de establecimiento. Tesis (Agrón.). Facultad de Agronomía, Universidad Central de Venezuela, Maracay, Venezuela.

Digitized by Google

Velásquez, E. R. y Bryan, W. B. 1975. Pasture and livestock investigations in the humid tropics, Orinoco Delta, Venezuela; III: Grass-legume associations. Bulletin no. 44. IRI Research Institute, Nueva York, NY, E.U. 34 p.

Ward, J. H. 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. J. Am. Stat. Assoc. 58:236-244.

Wege, L. 1984. Untersuchung über die Eignung von Arten und Ökotypen verschiedener Leguminosengattungen zur Verbesserung tropischer Savannen Südamerikas, am Beispiel der kolumbianischen Llanos Orientales. Tesis (Dr.sc.agr.). Technische Universität Berlin, Berlín. 214 p.

Wickham, C. y Osuji, P. [1986]. Evaluation of grass and legume forages on the intermediate savannahs of Moblissa, Guyana. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 161-168.

Zerpa, H. y Villalobos, H. 1953. Asociaciones de gramíneas y leguminosas tropicales. Agron. Trop. (Maracay) 3(2):123-127.

Digitized by Google

Apéndice 1. Rendimiento estacional de MS de algunas especies de *Centrosema* en el ecosistema de sabana tropical (llanos) de Colombia, durante los ensayos de la RIEPT[a].

Especie	Accesión CIAT no.	Sitio	Rendimiento de MS (kg/ha durante 12 semanas)	
			Epoca húmeda	Epoca seca
C. acutifolium	5112	El Viento	306	60
		El Paraíso	1364	86
		Guayabal	193	33
		Orocué	2544	310
	5277	Las Leonas	1433	316
		La Alegría	3126	—
		La Reserva	3735	—
	5278	Alto Menegua	1715	433
		Bonanza	1763	1820[b]
		Guadalupe	886	643
		Pachaquiaro	1513	2215[b]
	5568	La Alegría	1378	—
		La Reserva	1946	—
		Las Leonas	1369	430
C. brasilianum	5055	Carimagua	2328	—
	5184	Orocué	2216	443
	5234	El Viento	220	43
		El Paraíso	280	116
		Guayabal	286	30
C. macrocarpum	5062	Alto Menegua	718	176
		Bonanza	1645	916
		Guadalupe	540	286
		Los Cerezos	1134	0
		Pachaquiaro	2129	3623[b,c]
	5065	Orocué	2005	282
		Carimagua	1014	184[c]
		Las Leonas	1127	346
	5735	Las Leonas	1204	383
	5744	Las Leonas	509	236
C. pubescens	5050	Orocué	326	148
		Guayabal	—	120
		El Paraíso	—	20
	5053	Carimagua	250	57
	5126	Carimagua	590	72
		El Viento	—	23
		Orocué	126	100

a. RIEPT = Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.
b. El rendimiento de MS fue mayor en la época seca a causa de la precipitación no estacional que ocurrió en esa época.
c. Rendimiento de 9 semanas.

FUENTES: Pizarro, 1983 y 1986.

Digitized by Google

Apéndice 2. Rendimiento estacional de algunas especies de *Centrosema* en los ecosistemas de bosque tropical, en Colombia, durante los ensayos de la RIEPT[a].

Especie	Accesión CIAT no.	Sitio	Rendimiento de MS (kg/ha durante 12 semanas)	
			Epoca húmeda	Epoca seca
C. acutifolium	5112	La Libertad	2150	1246
		Líbano	3336	2516
		El Nus	4340	1041
		Leticia	1595	1620
		Mutatá	3152	2980
		Macagual	1206	855
	5277	Quilichao	5058	130
		Unillanos	1197	1179
		Andes	1373	1520
		Caucasia II	857[b]	1795
	5278	Villavicencio	790	732
	5568	Tulenapa	2334	4913
		Macagual	1369	430
		Quilichao	952	1112
		Unillanos	1170	373
		Andes	2577	3571
		Caucasia II	1119[b]	1263
		Arboletes	1402	866
C. brasilianum	5234	El Nus	2665	1650
		Macagual	487	737
		La Libertad	2031	—
		Mutatá	1451	3178
		Villavicencio	625	824[b]
		Caucasia II	1006[b]	2533[b]
		Arboletes	788	—
		Líbano	2712	1826
C. macrocarpum	5062	La Libertad	2150	866
		Mutatá	2178	3936
		El Nus	3373	2375
		Líbano	2748	1843
	5065	Líbano	2573	1923
		El Nus	4266	2833
		Macagual	1152	1191
		Mutatá	4193	4145
		La Libertad	1229	1647
		Caucasia II	1262[b]	2683
		Andes	1661	2433

(Continúa)

Digitized by Google

Apéndice 2. Continuación.

Especie	Accesión CIAT no.	Sitio	Rendimiento de MS (kg/ha durante 12 semanas)	
			Epoca húmeda	Epoca seca
		Arboletes	915	853
		Tulenapa	2216	5553
		Caucasia I	3992	1046
		Supía	4775	4308
		Quilichao	4108	625
		La Romelia	9382	3331
		Gigante	2891	2669
	5713	Arboletes	1151	710
		Caucasia II	1308[b]	3677
	5744	Caucasia II	1088[b]	2633
		Arboletes	1065	1184
Centrosema híbrido	438	Tulenapa	2419	3333
		Caucasia I	2080	2346
		Mutatá	5139	1611
		Leticia	840	3100
		Venecia	2044	—
		Gigante	3310	—
		La Romelia	8384	—
		Paraguancito	4380	—
		El Nus	3323	1745
		Andes	2130	5059
		Líbano	3149	1903
		Arboletes	1120	500
C. pubescens	5126	Quilichao	4216	100
	5189	Arboletes	1309	300[c]
		Líbano	3164	2213
		Andes	1690	2532
		Unillanos	814	944
		El Nus	4710	2880
		Quilichao	2758	520
		Venecia	2193	—
		Caucasia II	1249[b]	1979
		La Libertad	1418	—
		Leticia	466	2823
		Mutatá	3004	2770
		Tulenapa	2200	3897

a. RIEPT = Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.
b. Rendimiento de 9 semanas.
c. Rendimiento de 6 semanas.

FUENTES: Pizarro, 1983 y 1986.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 489-518).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 16

Experiencia Regional con *Centrosema*: Perú, Bolivia y Ecuador

C. A. Reyes, G. Keller-Grein y R. C. Pérez*

Resumen

Los estudios sobre las variedades comerciales de *Centrosema pubescens* en Perú, Bolivia y Ecuador se iniciaron hace cerca de 20 años. En la última década se han evaluado otras especies de *Centrosema* que fueron introducidas principalmente del CIAT. Casi todas las investigaciones se han realizado en la región amazónica que posee suelos ácidos e infértiles. Se han ensayado 200 accesiones, 179 de las cuales son introducciones recientes establecidas en 1986, principalmente en Pucallpa, Perú. El material más promisorio para esta región pertenece a las especies *C. acutifolium*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y, en menor grado, *C. brasilianum*. Aunque una accesión de *C. macrocarpum* y dos de *C. pubescens* han sido evaluadas bajo pastoreo, asociadas con gramíneas, ninguna de estas especies se ha comercializado todavía.

Diversos factores restringen el empleo de *Centrosema*, especialmente factores bióticos. Entre éstos están, en general, la susceptibilidad a los insectos comedores de hojas y, especialmente en las especies *C. brasilianum* y *C. pubescens*, la susceptibilidad a las enfermedades causadas por los hongos *Rhizoctonia* sp.

* Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Pucallpa, Perú; Proyecto Cooperativo de Investigación en Pasturas Tropicales INIPA-IVITA-CIAT, Pucallpa, Perú (actualmente en CIAT, Cali, Colombia); e Instituto Superior Tecnológico (IST), Tarapoto, Perú, respectivamente.

Digitized by Google

y *Cercospora* sp., respectivamente. La ausencia de un período seco bien definido puede afectar la producción de semilla. La alta saturación del suelo con agua restringe la producción de materia seca.

En el futuro, las prioridades de investigación son la evaluación de una base más amplia de germoplasma de *Centrosema*, los estudios sobre el potencial que tiene el germoplasma promisorio para la recuperación de pasturas degradadas y la investigación sobre el potencial de *Centrosema* en los sistemas de producción silvopastoril.

Introducción

La región amazónica de Perú, Bolivia y Ecuador, que cubre cerca del 60% de estos países, tiene un considerable potencial agrícola. Sin embargo, las explotaciones pecuarias de la región están todavía en una fase inicial de desarrollo. Se basan éstas principalmente en pastos nativos; sin embargo, el uso de gramíneas introducidas, como *Hyparrhenia rufa*, *Brachiaria* spp. y *Panicum maximum*, está aumentando.

De las leguminosas, la más ampliamente conocida en la región es el kudzú tropical (*Pueraria phaseoloides*), que se ha convertido en especie naturalizada. Sin embargo, es indiscutible la necesidad de ofrecer leguminosas alternas que se puedan sembrar solas o en asociación con gramíneas, en diferentes ecosistemas típicos de la región. El trabajo hecho con *C. pubescens* en muchas regiones tropicales ha indicado que *Centrosema* puede desempeñar una función importante, especialmente por su gran potencial para mejorar la calidad de la pastura.

Varias especies de *Centrosema* son nativas de Perú, Bolivia y Ecuador. Son éstas *C. angustifolium*, *C. brasilianum*, *C. capitatum*, *C. fasciculatum*, *C. latidens*, *C. macrocarpum*, *C. pascuorum*, *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. sagittatum*, *C. schottii*, *C. tapirapoanense*, *C. triquetrum*, *C. vexillatum* y *C. virginianum* (Schultze-Kraft et al., esta obra). Se ha observado que algunas de estas especies crecen espontáneamente en las pasturas.

Digitized by Google

Este documento resume la información sobre el estado actual de los conocimientos y la experiencia adquirida acerca de varias especies de *Centrosema* en esta región, especialmente en Perú. La mayor parte de los estudios realizados con *Centrosema* corresponden a evaluaciones hechas en la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). La Figura 1 muestra los principales sitios de evaluación mencionados en este capítulo.

Características Ambientales

Las evaluaciones de las especies de *Centrosema* en Perú, Bolivia y Ecuador se han hecho en diversas condiciones climáticas y edáficas, que se muestran en los Cuadros 1 y 2 para la mayoría de los sitios de evaluación. Estos pertenecen a dos ecosistemas: el bosque estacional semi-siempreverde tropical y el bosque húmedo tropical (Cochrane, 1982); la diferencia más notoria entre los dos es el número de meses secos (Cuadro 1). *Centrosema* se ha evaluado también a altitudes elevadas (más de 1000 msnm) en Bolivia, con una precipitación anual menor que 800 mm (British Mission in Tropical Agriculture, 1979). Los suelos de los sitios de evaluación de *Centrosema* pertenecen a varios órdenes, y son variables en su pH (4.2 a 6.1) y en sus valores de saturación de Al (0% a 80%). También se observa una considerable variación en el contenido de materia orgánica y de nutrimentos así como en las características físicas de estos suelos (Cuadro 2). Sin embargo, la mayoría de las pruebas de evaluación de *Centrosema* se han hecho en suelos ácidos cuya fertilidad varía de intermedia a baja.

Evaluación de Especies

Hasta hoy se han evaluado nueve especies de *Centrosema*, la mayoría en 20 sitios (Figura 1, Cuadro 3). Estos sitios se han concentrado en Perú donde, en 1986, la estación experimental de IVITA (Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura) en Pucallpa se convirtió en un importante centro de evaluación de germoplasma forrajero para las regiones tropicales húmedas. Las especies que han sido evaluadas en el mayor número de sitios son *C. pubescens* y *C. macrocarpum*. De las accesiones evaluadas, la mayor cantidad pertenece a tres especies: *C. macrocarpum*, *C. brasilianum* y *C. acutifolium*. Casi todo el trabajo realizado con *Centrosema* ha consistido en evaluaciones

Digitized by Google

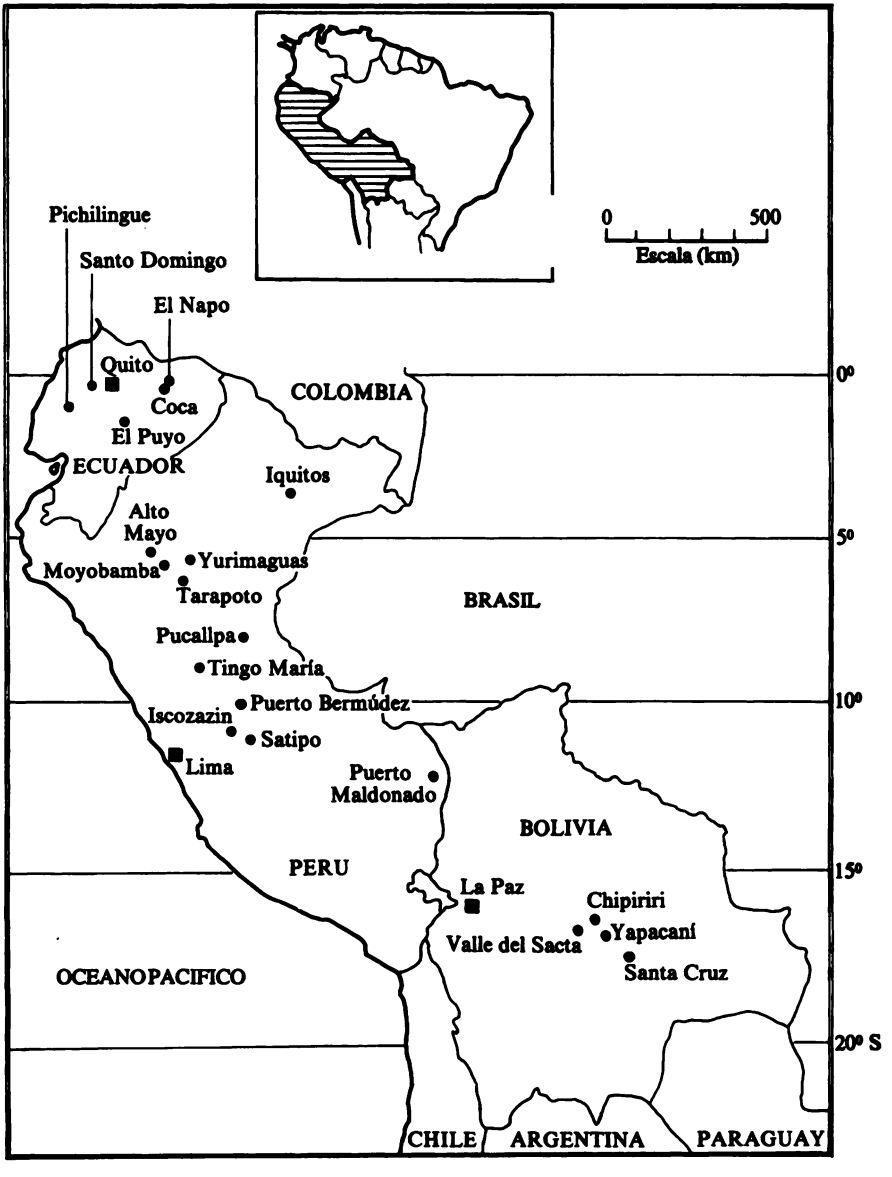


Figura 1. Sitios de evaluación de *Centrosema* en Perú, Bolivia y Ecuador. El mapa insertado arriba muestra la ubicación de estos países en América del Sur.

Digitized by Google

Cuadro 1. Características climáticas de algunos sitios representativos del trabajo de evaluación de *Centrosema*, en Perú, Bolivia y Ecuador.

Característica ambiental	Perú						Bolivia		Ecuador	
	Moyobamba	Pucallpa	Puerto Bermúdez	Puerto Maldonado	Tarapoto	Yurimaguas	Chipiriri	Yapacaní	El Puyo	Pichilingue
Latitud S	06°00'	08°22'	10°18'	12°35'	06°31'	05°56'	16°50'	17°20'	01°37'	01°06'
Longitud O	77°02'	74°34'	74°54'	69°14'	76°21'	76°05'	64°20'	63°50'	77°52'	79°29'
Altitud (msnm)	900	250	300	263	310	184	250	280	900	73
Precipitación anual (mm)	1284	1770	3312	1986	1230	2376	4668	1825	4100	2208
Meses secos[a] (no.)	6(2)	3(0)	0(0)	5(0)	5(1)	2(1)	0(0)	6(1)	0(0)	5(4)
Temp. anual media (°C)	21.9	25.0	26.0	26.0	26.6	26.0	23.7	24.0	21.0	24.7
Ecosistema[b]	BEST	BEST	BHT	BHT	BEST	BHT	BHT	BHT	BHT	BEST
Fuentes	Palacios y Díaz, 1986	Ordóñez y Reyes, 1983	Reátegui, 1986a	Chumbimune y Reátegui, 1986	Silva y López, 1983	Ara y Schaus, 1986	Saavedra, 1983	Vega y Velasco, 1986	Freire, 1983	Hudgens, 1973

a. Meses con menos de 100 mm; los paréntesis se refieren al número de meses que tienen menos de 60 mm de precipitación.
b. BEST = bosque estacional semi-siempreverde tropical; BHT = bosque húmedo tropical.

Digitized by Google

Cuadro 2. Características del suelo de algunos sitios representativos del trabajo de evaluación de *Centrosema*, en Perú, Bolivia y Ecuador.

Característica del suelo de 0 a 20 cm de profundidad	Perú						Bolivia		Ecuador
	Moyobamba	Pucallpa[a]	Puerto Bermúdez[b]	Puerto Maldonado	Tarapoto	Yurimaguas	Chipiriri	Yapacaní	Pichilingue[c]
Arena (%)	43	39	—	—	80	75	59	59	50
Arcilla (%)	20	29	—	—	10	8	11	26	30
Limo (%)	36	32	—	—	10	17	30	15	20
Materia orgánica (%)	—	1.6	—	—	1.2	2.2	0.9	1.4	5.62
P (ppm)	10.2[d]	1.0[e]	8.0[e]	2.5[e]	4.0[d]	11.4[e]	13.7[d]	2.5[e]	28.3[f]
pH	4.7	4.1	4.2	4.9	6.0	4.5	5.1	5.7	6.1
Cationes intercambiables (meq/100 g)									
Al	6.3	6.6	—	—	0.05	2.4[g]	3.2	—	0
Ca	2.3	3.2	4.0	—	2.12	} 2.3	0.41	3.50	13.0
Mg	0.8	0.6	1.1	—	0.42		0.41	0.50	2.4
K	0.2	0.2	0.1	—	0.22	—	0.18	0.22	1.6
Saturación de Al (%)	66	62	77	—	1.77	51.1	79.6	—	0
Orden de suelos	Inceptisol	Ultisol	Ultisol	Ultisol	Alfisol	Ultisol	Inceptisol	Inceptisol	Entisol
Fuentes	Palacios y Díaz, 1986	Reyes y Ordóñez, 1986	Reátegui, 1986a	Chumbimune y Reátegui, 1986	Silva y López, 1983	Ara y Schaus, 1986	Saavedra, 1983	Vega y Velasco, 1986	Hudgens, 1973; Santillán, 1983

a. A 0-25 cm prof. suelo.
b. A 0-15 cm prof. suelo.
c. A 0-30 cm prof. suelo
d. Bray II.
e. Olsen.
f. Método no disponible.
g. Al y H.

Digitized by Google

Cuadro 3. Evaluación del germoplasma de *Centrosema* en algunos sitios[a] de Perú, Bolivia y Ecuador, hasta febrero de 1987.

Especie	No. de accesiones																				Total de diferentes accesiones evaluadas
	Perú											Bolivia				Ecuador					
	AM	I	IS	M	P	PB	PM	S	T	TM	YU	CH	SC	VS	YA	C	EN	EP	PI	SD	
C. acutifolium			1		21	2		2	3		2					1					21
C. arenarium						1		1	1						1						1
C. brasilianum		1	1		28	2		2	1		2	1			1	1	1				28
C. macrocarpum	1	1	2	1	136	2	1	2	37	1	5	1			2	2					139
C. pascuorum					2																2
C. plumieri									1												1
C. pubescens	2	3	2	2	4	3	2	2	4	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	5
C. schiedeanum					1																1
C. virginianum					2																2
Total de accesiones evaluadas por sitio	3	5	6	3	194	10	3	9	47	3	12	4	2	2	7	6	3	2	2	2	

a. Identificación de los sitios:
Perú: AM = Alto Mayo; I = Iquitos; IS = Iscozazin; M = Moyobamba; P = Pucallpa; PB = Puerto Bermúdez; PM = Puerto Maldonado; S = Satipo; T = Tarapoto; TM = Tingo María; YU = Yurimaguas.
Bolivia: CH = Chipiriri; SC = Santa Cruz; VS = Valle del Sacta; YA = Yapacaní.
Ecuador: C = Coca; EN = El Napo; EP = El Puyo; PI = Pichilingue; SD = Santo Domingo.

FUENTE: RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), información no publicada.

Digitized by Google

agronómicas hechas con cultivos puros en jardines de introducción o en pequeñas parcelas bajo corte. Se han evaluado solamente dos accesiones de *C. pubescens* y una de *C. macrocarpum*, bajo pastoreo en asociación con gramíneas.

Centrosema pubescens

Los estudios sobre *Centrosema* se iniciaron en la región con *C. pubescens*; esta especie ha sido la más estudiada y la que se encuentra más ampliamente distribuida. Las primeras evaluaciones se hicieron hace unos 20 años con semilla comercial traída de Australia. Esta introducción australiana comenzó a extenderse por la región a nivel de investigación, con el nombre de "*C. pubescens* común" o "*C. pubescens* comercial". Este material y la accesión CIAT 438 (un híbrido de *C. acutifolium* x *C. pubescens*, muy parecido a esta última especie) son las introducciones que han sido evaluadas en el mayor número de sitios de la región; otras accesiones de *C. pubescens* ensayadas son CIAT 5126, CIAT 5172 y CIAT 5189. Los estudios hechos con *C. pubescens* abarcan una amplia variedad de actividades de evaluación, desde los estudios de laboratorio hasta los ensayos de pastoreo.

Fertilización y establecimiento. En Pucallpa se realizó una prueba de laboratorio para estudiar la germinación de las especies *C. pubescens* común, *Desmodium intortum*, *Pueraria phaseoloides*, *Sorghum vulgare* cv. Trudan y *Stylosanthes guianensis* con diferentes concentraciones de Al (0, 5, 10, 15 y 20 meq/100 ml de agua). *Centrosema pubescens* fue la leguminosa más tolerante: resistió hasta el nivel de 15 meq de Al (Santhirasegaram et al., 1972). En otro estudio hecho en macetas con plantas forrajeras adaptadas a la zona de Pucallpa, Santhirasegaram (1974) halló que *C. pubescens* no requería grandes cantidades de fósforo para su establecimiento y su crecimiento inicial, y que no respondía al encalamiento. Sin embargo, mientras estudiaba dos suelos de bajo contenido de P de la región de Santo Domingo, Ecuador, Loor Triviño (1975) observó que, en condiciones de invernadero, el P y el S fueron los nutrimentos que más afectaron la producción total de materia seca de la parte aérea, de los nódulos y de las raíces de *C. pubescens*.

Centrosema pubescens, *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, *S. guianensis* CIAT 136 y *Lablab purpureus* cv. Rongai

Digitized by Google

fueron introducidas en pasturas de gramíneas puras de Santa Cruz, Bolivia, haciendo una preparación mínima del suelo y sembrando a voleo. Este método no tuvo éxito en ninguno de los casos (British Mission in Tropical Agriculture, 1979). Partiendo de esta experiencia, se planeó otro ensayo en San Javier, Bolivia, en un suelo de fertilidad intermedia a baja empleando *C. pubescens*, *Macrotyloma axillare* cv. Archer, *Neonotonia wightii* y *S. guianensis* CIAT 136. El ensayo consistía en preparar un 25% del área en franjas de 1.4 m, sembrar a voleo y hacer un pase de rastra. Aunque el establecimiento de *C. pubescens* y *N. wightii* fue bueno, mostraron escaso vigor con el trascurso del tiempo (British Mission in Tropical Agriculture, 1979).

Ensayos agronómicos: leguminosa pura. En un experimento de macetas hecho en Pucallpa para estudiar el efecto de la altura de corte y de la defoliación en el rebrote de *C. pubescens*, *P. phaseoloides* y *S. guianensis*, la mayor producción de materia seca se registró en las plantas que se cortaron a 15 cm, a diferencia de las cortadas a 5 cm, y cuando no hubo defoliación también se favoreció el rendimiento, que siempre fue más alto para *C. pubescens* (Reyes y Santhirasegaram, 1974). En un ensayo con 12 introducciones de leguminosas sometidas a diferentes frecuencias de corte en Pichilingue, Ecuador, dos accesiones de *C. pubescens* (la comercial y el híbrido CIAT 438) dieron rendimientos de materia seca similares a los de las demás leguminosas. Sin embargo, la calidad nutricional de esas dos accesiones, expresada como proteína cruda, fue superior tanto en la época lluviosa como en la seca (Tuárez Cobeña, 1977).

En una prueba de adaptación realizada en un Ultisol ácido y de baja fertilidad, en Jenaro Herrera, Perú, *C. pubescens* común fue una de las leguminosas de comportamiento satisfactorio (Abreu y Díaz, 1975). Con respecto a las evaluaciones regionales, el Cuadro 4 muestra el potencial de producción de materia seca de tres accesiones de *C. pubescens* (común, CIAT 5189 y el híbrido CIAT 438) en diferentes sitios de evaluación. Salvo en las localidades peruanas de Pucallpa, Satipo y Yurimaguas, la mayor producción se observó durante el período de máxima precipitación. Hubo considerable variación en el rendimiento entre las localidades de evaluación y entre las accesiones. La mayor producción se obtuvo en Coca-Payamino, Ecuador, donde el híbrido CIAT 438 y la accesión CIAT 5189 produjeron 3061 y 3734 kg/ha de MS,

Digitized by Google

Cuadro 4. Rendimiento de MS de *Centrosema pubescens* en pruebas de evaluación agronómica en Perú, Bolivia y Ecuador, de 1982 a 1986.

Localidad	Accesión CIAT no.	MS (kg/ha por 6 semanas) Período de mínima precip.	Período de máxima precip.
Perú			
Alto Mayo	común	240	400
	híbrido 438	221	600
Iscozazin	híbrido 438	93[a]	90[a]
	5189	20[a]	—
Pucallpa	común	273[b]	—
	híbrido 438	486	380
	5189	513	440
Puerto Bermúdez	híbrido 438	946	483
	5189	566	256
Puerto Maldonado	común	116	699
	híbrido 438	106	455
Satipo	híbrido 438	806	320
	5189	804	296
Tarapoto, COPERHOLTA	común	150	580
	híbrido 438	256	630
Tarapoto, IST	híbrido 438	419	356
	5189	176	400
Tarapoto, ESEP 1981	común	390	742
	híbrido 438	570	1090
Tarapoto, ESEP 1983	híbrido 438	303	559
	5189	420	628
Tarapoto, Porvenir	común	183	1112
	híbrido 438	430	781
Tingo María, La Morada	común	1043	1256
	híbrido 438	1246	1680
Tingo María, Pumahuasi	común	1026	1893
	híbrido 438	1070	2363
Yurimaguas	común	766	523
	híbrido 438	926	406
Bolivia			
Chipiriri	común	92	628
	híbrido 438	71	576
Valle del Sacta	común	361	656
	híbrido 438	537	800
Yapacaní	híbrido 438	—	375[c]
	5189	—	160[c]
Ecuador			
Coca	híbrido 438	986	3061
	5189	1367	3734
El Napo	común	1029	1821
	híbrido 438	843	1655
El Puyo	común	589	1257
	híbrido 438	553	1487

a. Rebrote de 5 semanas.
b. Rebrote de 7 semanas.
c. Rebrote de 10 semanas.

FUENTE: RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), información no publicada.

Digitized by Google

respectivamente, en rebrotes de 6 semanas, durante el período de máxima precipitación.

En diferentes sitios del área de Santa Cruz, Bolivia, que son representativos de un amplio rango de condiciones ecológicas (suelos de fertilidad baja a alta, con un pH de menos de 5.0 a neutro, y una precipitación anual desde 600 hasta más de 4000 mm), se estudió la adaptación de 82 introducciones de leguminosas, entre las que estaban tres accesiones de *C. pubescens* (centro común de Australia, centro común de Colombia, y el híbrido CIAT 438). Sin embargo, ninguna de estas accesiones ingresó en la lista de leguminosas promisorias porque fueron atacadas por insectos y por la antracnosis (British Mission in Tropical Agriculture, 1979).

El híbrido de *Centrosema*, CIAT 438, mostró una buena adaptación cuando se cultivó bajo los cocoteros en Tarapoto (R. C. Pérez, información no publicada). Sin embargo, en una plantación de palma de aceite en Pucallpa, esta accesión, junto con CIAT 5126, CIAT 5189 y *C. pubescens* común, no parecieron especialmente promisorias a causa de los graves ataques de insectos comedores de hojas y de la susceptibilidad a *Cercospora* sp. (G. Keller-Grein, información no publicada).

Ensayos agronómicos: asociaciones con gramíneas. Se estudió la compatibilidad de tres leguminosas con *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa* y *Paspalum plicatulum*, en pequeñas parcelas en Pucallpa. Se obtuvo el siguiente orden para las leguminosas según su habilidad competitiva: *S. guianensis* < *C. pubescens* < *P. phaseoloides* (Reyes, 1974). Este trabajo se complementó con la evaluación del comportamiento de una mezcla de *H. rufa* y *C. pubescens*, bajo cuatro frecuencias de corte (3, 6, 9 y 12 semanas). Se halló que la leguminosa no tenía problemas de competencia con la gramínea; con el tiempo, el contenido de esta leguminosa en la pastura fue de 27%, 24%, 26% y 19%, respectivamente (Reyes y Toledo, 1979).

En un experimento agronómico hecho en Pichilingue, Ecuador, Hudgens (1973) estudió la compatibilidad y la producción de materia seca de seis gramíneas (*Cenchrus ciliaris*, *Cynodon plectostachyus*, *Digitaria decumbens*, *H. rufa*, *Panicum maximum* y *Pennisetum purpureum*) en asociación con tres leguminosas (*C. pubescens*, *D. intortum* y *Macroptilium atropurpureum*). Se

Digitized by Google

compararon con cultivos puros de las mismas gramíneas fertilizadas con N (100 kg/ha de N al año) o sin fertilizar, bajo dos frecuencias de corte (3 y 6 semanas) y en dos épocas del año. Los resultados mostraron que la compatibilidad con todas las gramíneas, la persistencia y la calidad nutricional fueron mayores para *C. pubescens* que para las otras leguminosas. La producción de materia seca en las asociaciones de gramínea y *C. pubescens* no fue significativamente diferente de la obtenida en los tratamientos de fertilización nitrogenada, independientemente de la especie de gramínea, de la época o de la frecuencia de corte. Sin embargo, las asociaciones produjeron más proteína cruda.

En El Prado, 15 km al norte de Santa Cruz, Bolivia, se evaluaron asociaciones de *P. maximum* cv. Petrie con siete leguminosas, entre ellas *C. pubescens* común y el híbrido CIAT 438, en un suelo arenoso de baja fertilidad, cuyo pH era 5.5. El contenido de *C. pubescens* en las mezclas no alcanzó el 5% en promedio, probablemente a causa de problemas de adaptación (British Mission in Tropical Agriculture, 1979)

Pruebas de pastoreo. Santhirasegaram et al. (1975) estudiaron el efecto de dos frecuencias e intensidades de pastoreo en las asociaciones de *C. pubescens* y de *P. phaseoloides* con *Paspalum conjugatum*, en Pucallpa, Perú. Cuando la frecuencia y la intensidad del pastoreo eran bajas, los contenidos de leguminosa, a los 48 días de pastoreo, fueron 51% y 42% para *P. phaseoloides* y *C. pubescens*, respectivamente, en comparación con 10% y 20% para las respectivas leguminosas a altas intensidades de pastoreo. Esto sugiere que *C. pubescens* está mejor adaptada que *P. phaseoloides* a las altas presiones de pastoreo. En Pichilingue, Ecuador, Chávez Sión (1974) estudió la asociación de *P. maximum* y *C. pubescens* bajo pastoreo continuo y con carga animal variable, y la comparó con la pastura de gramínea sola. Sólo se logró un 6% de contenido promedio de leguminosa a causa de las dificultades del establecimiento de ésta en un pastizal ya desarrollado, las cuales probablemente estuvieron relacionadas con el bajo contenido de P del suelo y la compactación de éste. No hubo ningún efecto de la leguminosa en el valor nutritivo (proteína cruda y digestibilidad) del forraje, y la productividad de los dos tipos de pastura fue similar.

En la misma estación de investigación, Santillán (1983) estudió la respuesta de la asociación múltiple de *P. maximum* y

Digitized by Google

P. purpureum con *C. pubescens* y *Neonotonia wightii* a diferentes sistemas de manejo de pastoreo y niveles de fertilización con P. Los sistemas de manejo consistieron en períodos de pastoreo de 1, 7, 14, 21 y 28 días; en períodos de descanso de 0, 14, 28, 42 y 56 días; en presiones de pastoreo de 1.6, 3.3, 5.0, 6.6 y 8.3 kg de MS disponible por 100 kg de peso corporal. La fertilización fosforada consistió en 0, 100, 200, 300 y 400 kg de superfosfato por hectárea. La presión baja de pastoreo y los períodos prolongados de descanso disminuyeron el rendimiento y el contenido de leguminosa. La fertilización con P y los días de pastoreo tuvieron efectos insignificantes en la respuesta de la pastura. Se concluyó que, para obtener una alta producción de forraje y un alto rendimiento de leguminosa, es necesario emplear niveles intermedios de períodos de descanso y de presión de pastoreo. Aunque no se puede extraer ninguna conclusión respecto al efecto del manejo de pastoreo en el comportamiento particular de *C. pubescens*, ésta pareció tolerar mejor las altas presiones de pastoreo que *N. wightii*.

En otro estudio, en Santo Domingo, Ecuador, Berrezueta A. (1975) evaluó bajo pastoreo las gramíneas *Brachiaria ruziziensis* y *P. maximum* (dos accesiones: común y mejorada), solas y en asociación con *C. pubescens*, *D. intortum* y *N. wightii* para determinar la compatibilidad entre gramínea y leguminosa y la contribución de las leguminosas a la producción y al valor nutritivo del forraje. Se aplicó una sola presión de pastoreo, que fue aproximadamente de 15 kg de MS por animal de unos 400 kg de peso vivo, con varios períodos de descanso (21, 35, 42, 49 y 63 días). Ninguna de las leguminosas tuvo un efecto en la producción de MS de las pasturas. Sin embargo, el contenido y el rendimiento de proteína cruda de todos los tratamientos que contenían leguminosa fueron, en general, mayores en las asociaciones que en las pasturas de gramínea sola, registrándose valores más altos para las asociaciones de *C. pubescens* y de *D. intortum* que para las de *N. wightii*. Además, las leguminosas contribuyeron a la disminución de malezas. La proporción de leguminosa disminuyó al incrementar el período de descanso. El contenido promedio de *C. pubescens* en las asociaciones con *P. maximum* común, *P. maximum* mejorada y *B. ruziziensis* fue de 11%, 11% y 13%, respectivamente, siendo algo más bajo que el de las otras dos leguminosas.

En Yurimaguas, Perú, se estableció un ensayo de pastoreo hace más de 5 años para medir la productividad animal en seis

Digitized by Google

Cuadro 5. Producción animal y contenido de leguminosa de seis asociaciones de gramíneas y leguminosas en la estación experimental de San Ramón, Yurimaguas, Perú. Los datos son promedios de los años de evaluación correspondientes.

Asociación	Años de evaluación (no.)	Carga animal promedio (an./ha)[a]	Aumentos de peso g/an./día	Aumentos de peso kg/ha	Contenido promedio de leguminosa (%)
P. maximum + *P. phaseoloides*[b]	3	4.4	296	455	77
A. gayanus + *S. guianensis* CIAT 184	5	4.4	412	482	49
A. gayanus + *Centrosema* híbrido CIAT 438	4	4.4	430	606	100
B. decumbens + *D. ovalifolium* CIAT 350	5	4.4	356	606	26
B. humidicola + *D. ovalifolium* CIAT 350	3	5.5	447	748	30
A. gayanus + *C. macrocarpum* CIAT 5065	1	3.3	775	502	13

a. an. = animal de 200 kg de peso aproximado.
b. Eliminada en 1983.

FUENTE: O. Paladines, comunicación personal.

asociaciones de gramíneas y leguminosas (Cuadro 5). A causa de los problemas del establecimiento de la gramínea, el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 siempre contribuyó con más del 90% del forraje en la asociación con *Andropogon gayanus*. En estas condiciones, y con pastoreo alterno, los aumentos de peso diarios fueron de 430 g/animal, y de 606 kg/ha al año, a una carga animal de 4.4 cabezas/ha, no obstante que la gramínea desapareció completamente con el tiempo.

En un Alfisol de Tarapoto, Perú, se hizo un estudio para medir la producción de leche de vacas 5/8 Brown Swiss, en la asociación de *A. gayanus* con el híbrido de *Centrosema* CIAT 438, en comparación con una pastura pura de *B. decumbens* fertilizada

Digitized by Google

Cuadro 6. Rendimiento de semilla de *Centrosema pubescens* común aplicando diferentes dosis de fertilización con P (superfosfato de calcio simple) y dos sistemas de manejo, en Pucallpa, Perú.

Manejo	Rend. anual de semilla (kg/ha) fertilizando con P a razón de:[a]					Promedio
	0	20	40	60	80	
Sin espalderas	86.0	112.5	140.3	97.8	96.1	106.5
Con espalderas	341.7	426.4	483.3	350.0	368.0	393.9

a. Dosis en kg/ha de P_2O_5 al año.

FUENTE: Adaptado de Reyes, 1979.

anualmente con 100 kg/ha de N. Las cargas aplicadas en la gramínea sola y en la asociación fueron de 2.0 y 2.6 animales/ha, respectivamente. La producción diaria de leche fue de 7.8 l/vaca en la pastura de *Brachiaria* solo y de 8.4 l/vaca en la asociación (R. C. Pérez, información no publicada).

Producción de semilla. En Pucallpa, Perú, Reyes (1979) halló que el rendimiento de *C. pubescens* común se cuadruplicaba cuando se ofrecía un soporte físico a las plantas (Cuadro 6). La fertilización con fósforo—hasta 40 kg/ha de P_2O_5—también favoreció la producción de semilla ($P < .05$). En un estudio posterior que duró 3 años, se confirmó esta respuesta al P (Figura 2).

En un ambiente más seco en Ecuador, Farfán (1979) halló una tendencia similar en la producción de semilla de *C. pubescens* comercial, empleando espalderas y aplicando 50 kg/ha de P. En Tarapoto, Perú, Silva (1986) obtuvo más de 500 kg/ha de semilla de *C. pubescens* común, aplicando 50 kg/ha de P_2O_5, 40 kg/ha de K_2O, y usando espalderas. Este rendimiento fue levemente mayor que el obtenido con el híbrido de *Centrosema* CIAT 438. Recientemente se inició la producción de semilla comercial de esta última accesión en Tarapoto (Pérez et al., 1987).

Experimentos en fincas. Se han hecho evaluaciones con el híbrido de *Centrosema* CIAT 438, a nivel de la finca, en Yurimaguas, Perú, para recuperar pasturas degradadas. Este híbrido se sembró, por ejemplo, en una pastura degradada de 4 ha, después de una labranza mínima, y aplicando 25 kg/ha de P_2O_5 (roca fosfórica) y 50 kg/ha de Ca (cal dolomítica). En otro caso, la

Digitized by Google

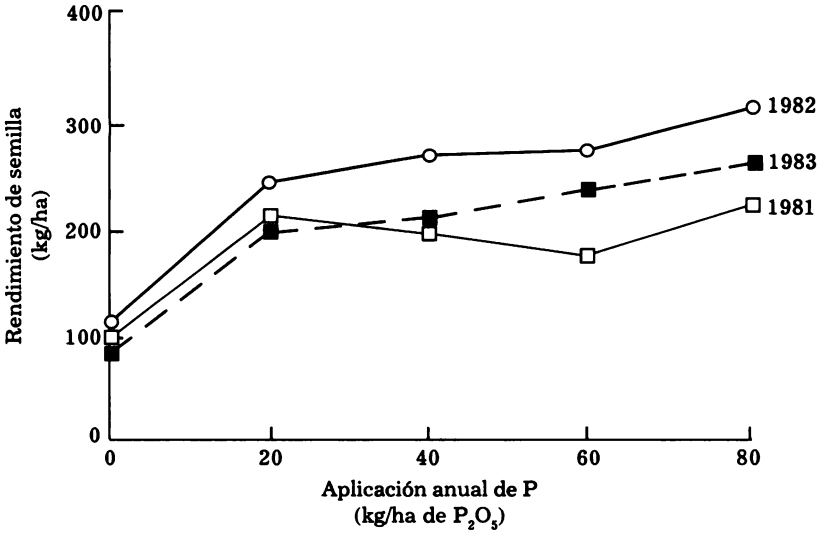


Figura 2. Efecto de la fertilización con P en el rendimiento de semilla de *C. pubescens* común, durante 3 años, en Pucallpa, Perú. (Adaptada de Reyes, 1983.)

leguminosa se estableció en franjas alternas, a 4 m una de otra, en una pastura de 5 ha ubicada en terreno con pendiente, en la que también se sembró *B. humidicola* y *Erythrina poeppigiana* (M. Ayarza y R. Dextre, comunicación personal). En una finca cerca de Tarapoto, *C. pubescens* está demostrando poca capacidad competitiva con las malezas en una pastura sembrada también con *A. gayanus* (G. Silva, comunicación personal).

Otras especies

Además de *C. pubescens*, se están evaluando otras ocho especies de *Centrosema* en esta región (Cuadro 3). En estos estudios, que empezaron hace menos de 10 años, *C. macrocarpum*, *C. acutifolium* y *C. brasilianum* han demostrado tener potencial. De estas especies, *C. macrocarpum* ha avanzado hasta los ensayos de pastoreo.

Centrosema macrocarpum. Las accesiones CIAT 5062 y CIAT 5065 han sido evaluadas durante un tiempo relativamente largo y en la mayoría de los sitios en que se estudió *Centrosema* en la región. En muchos de ellos han sido leguminosas promisorias

Digitized by Google

Cuadro 7. Rendimiento de materia seca de *Centrosema macrocarpum* en experimentos de evaluación agronómica hechos en Perú, Bolivia y Ecuador, de 1982 a 1986.

Localidad	Accesión CIAT no.	MS (kg/ha por 6 semanas) Período mínima precip.	Período máxima precip.
Perú			
Alto Mayo	5065	135	356
Iscozazin	5062	488[a]	299[a]
	5065	538[a]	399[a]
Pucallpa	5062	994	720
	5065	812	870
Puerto Bermúdez	5062	1030	478
	5065	653	183
Satipo	5062	1301	354
	5065	1132	253
Tarapoto, IST	5062	730	446
	5065	510	326
Tarapoto, ESEP 1983	5062	560	905
	5065	785	1016
Tingo María, La Morada	5065	1953	2443
Tingo María, Pumahuasí	5065	970	1645
Bolivia			
Chipiriri	5065	1040	747
Yapacaní	5062	—	295[a]
Ecuador			
Coca	5062	2329	3734
	5065	1124	3216

a. Rebrote de 5 semanas.

FUENTE: RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), información no publicada.

(Cuadro 7) y, por lo tanto, parece que tienen un amplio rango de adaptación. Como resultado, se dio prioridad a estudios más avanzados con esta especie, para evaluar su aceptación relativa por el ganado bovino y su comportamiento bajo pastoreo.

En estudios en que se evaluó la aceptación relativa de 12 accesiones de leguminosas en Pucallpa, Perú, *C. macrocarpum* CIAT 5065 fue mejor aceptada por el ganado bovino durante la época de mínima precipitación que las otras accesiones de *Centrosema*, a saber, *C. brasilianum* CIAT 5234, *C. pubescens* común y el híbrido CIAT 438. Durante la época de máxima

Digitized by Google

precipitación, sin embargo, su aceptación fue muy baja (IVITA y CIID, 1985).

Centrosema macrocarpum CIAT 5065 se está evaluando en Yurimaguas, Perú, en una mezcla con *A. gayanus*. Después de un año de evaluación bajo pastoreo alterno (42 días de pastoreo y 42 de descanso) y con una carga de 3.3 animales/ha, se han obtenido ganancias de peso diarias de 775 g/animal (Cuadro 5). Sin embargo, en un experimento que se inició en Puerto Bermúdez, Perú, para evaluar *C. macrocarpum* CIAT 5065 en asociación con *A. gayanus*, bajo pastoreo, ambas especies tuvieron dificultades en su establecimiento. Este resultado se atribuyó a una falta de agresividad y de capacidad competitiva contra las malezas en las condiciones de alta precipitación de ese sitio (Reátegui, 1986b).

En un experimento en que se evaluó la producción de semilla, en Tarapoto, *C. macrocarpum* CIAT 5065 presentó un ciclo vegetativo más largo que *C. brasilianum* CIAT 5234 y *C. pubescens* (el híbrido CIAT 438 y la accesión común), y su rendimiento anual de semilla fue de 384 kg/ha (Cuadro 8). En condiciones ambientales similares, en Moyobamba, Perú, *C. macrocarpum* CIAT 5065 dio un rendimiento mayor de semilla (E. Díaz, comunicación personal). En Yurimaguas, *C. macrocarpum* parece tener dificultades para producir semilla; se ha observado en ella una grave abscisión de flores, posiblemente por la alta precipitación (R. Dextre, comunicación personal).

Se han hecho estudios sobre el comportamiento de *C. macrocarpum* bajo sombra en las localidades de Tarapoto y Pucallpa; la accesión CIAT 5065 se adapta bien bajo los cocoteros en la primrera y bajo especies de *Pinus* en la segunda (C. A. Reyes

Cuadro 8. Potencial de producción de semilla de cuatro accesiones de *Centrosema* spp. en Tarapoto, Perú.

Especie y accesión CIAT no.	Días de la siembra a la floración	Rend. anual de semilla (kg/ha)
C. brasilianum CIAT 5234	90	1247
C. macrocarpum CIAT 5065	156	384
Centrosema híbrido CIAT 438	120	340
C. pubescens común	120	521

FUENTE: Adaptado de Silva, 1986.

Digitized by Google

y R. C. Pérez, información no publicada). En forma similar, en otro estudio, las accesiones CIAT 5065, CIAT 5452, CIAT 5713 y CIAT 5735 toleraron las condiciones de luz restringida de una plantación de palma de aceite (G. Keller-Grein, información no publicada).

Los resultados preliminares de una prueba de fertilización, realizada en Chipiriri, Bolivia, en la cual las fuentes de los nutrimentos eran de baja solubilidad (roca fosfórica y azufre elemental), indicaron que *C. macrocarpum* CIAT 5065 respondió a las aplicaciones de P y S, en tanto que *C. brasilianum* CIAT 5234 no dio ninguna respuesta. CIAT 5065 respondió sólo a la tasa más alta de P (35 kg/ha), mientras que se obtuvo respuesta a la fertilización con S tanto a una tasa baja (10 kg/ha) como a una alta (30 kg/ha) de este elemento (Ferrufino, 1984).

Puesto que *C. macrocarpum* ha demostrado tener potencial en la región, convenía estudiar la adaptación ambiental de una base más amplia de germoplasma de esta especie. Por tal razón, en 1986 se estableció en Pucallpa una nueva colección de 135 accesiones, en parcelas pequeñas. Treinta y tres de estas accesiones se sembraron también en Tarapoto. Las observaciones preliminares indican que esta nueva colección contiene materiales que, respecto a las accesiones anteriormente introducidas, son superiores en cuanto al rendimiento de materia seca, a la capacidad de enraizamiento en los nudos de los tallos rastreros, y a la resistencia a las enfermedades fungosas.

Centrosema brasilianum. La accesión más ampliamente estudiada en la región es CIAT 5234. El Cuadro 9 muestra los datos de producción de materia seca de esta accesión y de CIAT 5712 en diferentes sitios. El rendimiento de CIAT 5234 durante la estación de máxima precipitación varió para un rebrote de 6 semanas entre 430 y 3109 kg/ha, en Puerto Bermúdez y Coca, respectivamente. En algunos sitios se obtuvo mayor rendimiento durante la época de mínima precipitación, resultado que refleja posiblemente los graves ataques de *Rhizoctonia* durante la época lluviosa.

En la prueba de aceptabilidad—ya mencionada, p. 505—que se hizo en Pucallpa con 12 accesiones de nueve especies de leguminosas, las cuatro introducciones de *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens* fueron aceptadas relativamente bien por los animales. Entre éstas, *C. brasilianum* CIAT 5234 fue

Digitized by Google

Cuadro 9. Rendimiento de materia seca de *Centrosema brasilianum* en experimentos de evaluación agronómica hechos en Perú, Bolivia y Ecuador, de 1982 a 1986.

Localidad	Accesión CIAT no.	MS (kg/ha por 6 semanas) Período mínima precip.	Período máxima precip.
Perú			
Iscozazin	5234	63[a]	117[a]
Puerto Bermúdez	5234	950	430
	5712	720	601
Satipo	5234	1034	461
	5712	702	230
Pucallpa	5234	886	453
Tarapoto, IST	5234	336	469
Tarapoto, ESEP 1983	5234	707	875
Bolivia			
Yapacaní	5712	—	380[a]
Ecuador			
Coca	5234	—	3109

a. Rebrote de 5 semanas.

FUENTE: RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), información no publicada.

la mejor aceptada durante la época de máxima precipitación, pero la preferencia animal disminuyó durante la época de mínima precipitación (IVITA y CIID, 1985).

En Tarapoto, *C. brasilianum* CIAT 5234 floreció antes y produjo más semilla que dos accesiones de *C. pubescens* y una de *C. macrocarpum* (Cuadro 8). En Pucallpa, C. A. Reyes (información no publicada) observó que *C. brasilianum* CIAT 5234 floreció más abundantemente que las accesiones *C. acutifolium* CIAT 5112, *C. macrocarpum* CIAT 5062 y CIAT 5065, *C. pubescens* común, y que el híbrido de *C. pubescens* CIAT 438.

En 1986 se introdujo una nueva colección de 26 accesiones de *C. brasilianum* en Pucallpa. Las observaciones preliminares (G. Keller-Grein, información no publicada) indican que hay introducciones superiores a CIAT 5234 por su vigoroso establecimiento y por su producción de materia seca. Esta

Digitized by Google

colección varía en la susceptibilidad al añublo foliar de *Rhizoctonia* (AFR), que es la principal limitante de esta especie en las zonas tropicales húmedas.

Centrosema acutifolium. Las primeras evaluaciones de esta especie se hicieron con las introducciones CIAT 5112, CIAT 5277 y CIAT 5568. De éstas, CIAT 5112 ha sido evaluada en más sitios que las otras y parece promisoria por su buena adaptación general y su satisfactorio rendimiento de materia seca (Cuadro 10). Aunque produce casi 4000 kg/ha en un rebrote de 6 semanas durante la época de máxima precipitación en Coca, Ecuador, tiende a producir mayor rendimiento de materia seca durante la época de mínima precipitación.

En 1986, se introdujo en Pucallpa una nueva colección de 21 accesiones que incluía las tres accesiones indicadas arriba. En general, esta colección muestra una buena adaptación al suelo ácido de baja fertilidad que es típico de la región. Las observaciones preliminares indican que las accesiones CIAT 5277, CIAT 5278, CIAT 15086 y CIAT 15088 son promisorias. Las

Cuadro 10. Rendimiento de materia seca de *Centrosema acutifolium* en experimentos de evaluación agronómica hechos en Perú y Ecuador, de 1982 a 1986.

Localidad	Accesión CIAT no.	MS (kg/ha por 6 semanas) Período mínima precip.	Período máxima precip.
Perú			
Iscozazin	5112	308[a]	185[a]
Puerto Bermúdez	5112	1185	373
	5568	855	303
Satipo	5112	1036	223
	5568	1233	626
Pucallpa	5112	880	666
Tarapoto, IST	5112	456	400
Tarapoto, ESEP 1983	5112	678	766
Ecuador			
Coca	5112	1713	3895

a. Rebrote de 5 semanas.

FUENTE: RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), información no publicada.

Digitized by Google

introducciones menos adaptadas presentan problemas relacionados, principalmente, con el añublo foliar y los insectos comedores de hojas (G. Keller-Grein, información no publicada).

Centrosema arenarium. La introducción CIAT 5236 se ha evaluado en cinco localidades. Aparentemente, esta accesión no tiene potencial para esta región. En Puerto Bermúdez, por ejemplo, *C. arenarium* no se adaptó (Reátegui, 1986a).

Centrosema pascuorum. Las introducciones CIAT 5171 y CIAT 5230 se evaluaron en una prueba de adaptación en Pucallpa. Ninguna accesión se adaptó a las condiciones de ese ambiente: CIAT 5171 fue susceptible a *Rhizoctonia*, y CIAT 5230 tuvo problemas en la germinación y por ello su establecimiento fue lento (Ordóñez y Reyes, 1983).

Centrosema plumieri. La accesión CIAT 470 se estableció en Tarapoto en 1986, en parcelas pequeñas para su evaluación agronómica (G. Silva, comunicación personal). Todavía no se dispone de los resultados de esta evaluación.

Centrosema schiedeanum. Sólo la accesión CIAT 5066 se evaluó en un Ultisol de Pucallpa. Se observó buen establecimiento y buen comportamiento de la leguminosa durante los primeros 8 meses. No obstante, después del segundo corte las plantas desaparecieron; esta desaparición coincidió con la época de mínima precipitación (Ordóñez y Reyes, 1983).

Centrosema virginianum. Se estudió la adaptación de *C. virginianum* CIAT 474 y CIAT 5246 en Pucallpa. Las accesiones tuvieron dificultades desde el comienzo: tanto la germinación como el vigor de las plántulas fueron muy bajos (Ordóñez y Reyes, 1983).

Limitaciones

Al revisar el trabajo hecho con *Centrosema* en Perú, Bolivia y Ecuador, se tiene la impresión de que las principales limitaciones ambientales de esa región son bióticas; las climáticas y edáficas son de menor importancia.

Varios investigadores han observado ataques de insectos, especialmente de comedores de hojas como los crisomélidos, los

Digitized by Google

lepidópteros y las hormigas; las especies más afectadas son *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y *C. acutifolium*, especialmente durante la época de máxima precipitación. En Pucallpa, las observaciones preliminares sobre *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens*, sembradas en una plantación de palma de aceite, indican que la preferencia de los comedores de hojas aumenta en las especies de *Centrosema* que se cultivan bajo sombra (G. Keller-Grein y H. Ordóñez, información no publicada). En Moyobamba, Perú, un grave ataque de hormigas (*Atta* sp.) causó la pérdida total de *C. pubescens* común cuando se establecía en asociaciones con *A. gayanus* y *Brachiaria dictyoneura* (R. Díaz, comunicación personal).

Una enfermedad importante, que restringe el uso de *Centrosema* en esta región, es el AFR. El principal hospedante del patógeno es *C. brasilianum* (A. Ferrufino, comunicación personal; H. Ordóñez, comunicación personal). El AFR también se ha observado en *C. acutifolium*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens*, aunque sólo en niveles bajos. Se ha observado además una alta susceptibilidad a *Cercospora* sp., el agente causal de la mancha foliar, en el germoplasma de *C. pubescens* establecido bajo la sombra de una plantación de palma de aceite, en Pucallpa (H. Ordóñez, comunicación personal). Se detectaron también síntomas menores de bacteriosis (*Pseudomonas fluorescens* biotipo II) en *C. acutifolium* y *C. brasilianum*, en la misma localidad (H. Ordóñez, comunicación personal).

Se observó también alta susceptibilidad de *C. pubescens* al hongo *Cylindrocladium* sp. en un experimento de pastoreo en Pichilingue, a comienzos de la época lluviosa. No obstante, las plantas dieron un buen rebrote y las hojas nuevas no manifestaron síntomas de la enfermedad (Hudgens, 1973).

El suelo altamente saturado de agua puede inhibir el crecimiento de *Centrosema*. En varios sitios de evaluación, las plantas de *C. macrocarpum*, *C. brasilianum* y *C. acutifolium* tienden a aumentar su materia seca durante la época de mínima precipitación (Cuadros 7, 9 y 10). Este resultado, sin embargo, puede relacionarse también con la menor radiación solar que se recibe durante la época lluviosa.

La abundante precipitación que se registra en gran parte de la región y la ausencia de un período seco bien definido, afectan la

Digitized by Google

producción de semilla de *Centrosema*, particularmente en *C. macrocarpum*.

Una limitación importante de *Centrosema* es que las especies en general requieren un manejo especial para estimular la floración y la producción de semilla. Un soporte físico para las plantas, por ejemplo, requiere una mayor inversión, y ésta restringe el establecimiento de un área grande destinada a la producción de semilla. Además, la maduración de las semillas no es uniforme y las vainas sufren dehiscencia, dos características que pueden causar pérdidas de semilla. Para evitarlas, es necesario hacer varios pases en la cosecha manual.

Otro problema de *Centrosema* es que su establecimiento es a veces difícil, como indican varias experiencias hechas en la región (Chávez Sión, 1974; British Mission in Tropical Agriculture, 1979; R. C. Pérez, información no publicada).

Perspectivas

Se han realizado estudios agronómicos en esta región con un amplio rango de germoplasma de *Centrosema*. Sólo con *C. pubescens* (común y el híbrido CIAT 438) y con *C. macrocarpum* CIAT 5065 se han hecho investigaciones más avanzadas. Hasta ahora no se ha liberado comercialmente ninguna especie de este género. Sin embargo, se están haciendo evaluaciones aisladas de material promisorio a nivel de la finca, bajo pastoreo y como cultivo de cobertura; un ejemplo es el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 en Tarapoto y en Yurimaguas, Perú.

El progreso logrado hasta el presente indica que el híbrido de *Centrosema* CIAT 438, y las accesiones *C. macrocarpum* CIAT 5065 y *C. acutifolium* 5112 son, al parecer, promisorias para esta región. Algunas accesiones nuevas de las últimas dos especies han demostrado mayor potencial para las zonas tropicales húmedas que las accesiones probadas anteriormente, aunque los resultados son aún preliminares. La calidad del forraje (proteína cruda, P, Ca) de las tres especies de *Centrosema* antes mencionadas es mayor que la de *Desmodium ovalifolium*, especie que se halla en ensayos avanzados en la región, o que la de *S. guianensis* cv. Pucallpa. En comparación con *P. phaseoloides*, una especie ya naturalizada en la región, el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 presenta mayor

Digitized by Google

resistencia al pisoteo, suele ser mejor aceptado por los animales y tolera mayores presiones de pastoreo.

Las futuras prioridades de investigación sobre *Centrosema* en esta región son las siguientes:

Intensificar la recolección de germoplasma de *Centrosema* que sea nativo de Perú, Bolivia y Ecuador, región que ha sido poco explorada.

Continuar la evaluación de la amplia base genética de *Centrosema* spp., en un sitio o en unos pocos que sean representativos, para seleccionar posiblemente algunos materiales nuevos de comportamiento superior para ensayos agronómicos en mayor número de localidades.

Determinar los requerimientos de nutrimentos minerales de los mejores materiales y estudiar la necesidad de inocular el germoplasma promisorio con *Rhizobium*; si esta inoculación fuera necesaria, desarrollar inoculantes y técnicas de inoculación adecuadas.

Continuar la identificación de enfermedades y plagas de *Centrosema* spp. en la región, y hacer estudios sobre la relación entre los organismos patógenos, los insectos plaga y las plantas.

Estudiar el establecimiento de *Centrosema* en pasturas degradadas, desde la preparación del suelo hasta los métodos de siembra y de control de malezas.

Medir el potencial de producción animal y la persistencia de las pasturas de *Centrosema*, en mezclas con gramíneas y bajo diversos sistemas de manejo.

Hacer estudios relacionados con la selección de sitios que posean un gran potencial para la producción de semilla de *Centrosema*; multiplicar la semilla del germoplasma promisorio con la ayuda de la industria de semillas.

Estudiar el potencial que tengan las especies de *Centrosema* para los sistemas de explotación silvopastoril.

Digitized by Google

Exponer el germoplasma promisorio a las condiciones de las fincas desde los primeros pasos del proceso de evaluación.

Referencias

Abreu, C. y Díaz, E. 1975. Resúmenes de las investigaciones agrostológicas en Jenaro Herrera. Ministerio de Agricultura (Zona Agraria VIII) y Cooperación Técnica del Gobierno Suizo, Iquitos, Perú 45 p.

Ara, M. A. y Schaus, R. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Yurimaguas I, Perú. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 1017-1032.

Berrezueta A., L. G. 1975. Evaluación de gramíneas solas y asociadas con leguminosas, sometidas a pastoreo, en Santo Domingo de los Colorados. Tesis (Ing. Agr.). Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador. 53 p.

British Mission in Tropical Agriculture. 1979. Tropical pastures in Santa Cruz, research and development: Informe preparado para el Centro de Investigación Agrícola Tropical, Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, Santa Cruz, Bolivia. 68 p.

Chávez Sión, J. E. 1974. Evaluación de la asociación Guinea-*Centrosema* sometida a pastoreo en épocas seca y húmeda en Pichilingue. Tesis (Ing. Agr.). Facultad de Ingeniería Agronómica y Medicina Veterinaria, Universidad Central del Ecuador, Quito, Ecuador. 57 p.

Chumbimune, R. y Reátegui, K. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Puerto Maldonado, Perú. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 995-1006.

Cochrane, T. T. 1982. Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical. En: Toledo, J. M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 23-44.

Digitized by Google

Farfán, C. A. 1979. Producción de semillas de especies forrajeras tropicales; II: Efecto de fertilización y uso de tutores en leguminosas. Rev. Téc. INIAP (Inst. Nac. Invest. Agropecu. Ecuad.) 2(2):34-37.

Ferrufino, A. 1984. Potencial de producción de leguminosas forrajeras con fertilización de fósforo, potasio y azufre en Chipiriri, Bolivia. En: Informe anual 1983-1984. Estación Experimental Chipiriri, Instituto Boliviano de Tecnología Agropecuaria (IBTA), Cochabamba, Bolivia. 8 p.

Freire, M. T. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en El Puyo, Ecuador. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados de 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 301-309.

Hudgens, R. E. 1973. The compatability, persistence, and nutritive value of grass-legume associations in the wet-dry tropics of coastal Ecuador. Tesis (M.Sc.). University of Florida, Gainesville, FL, E.U. 120 p.

IVITA y CIID (Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura, y Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo). 1985. Informe de las actividades técnicas del proyecto "Sistemas de Producción Amazónicos"; segunda fase, enero-diciembre 1985. Pucallpa, Perú. 77 p.

Loor Triviño, M. A. 1975. Estudio de la disponibilidad de nutrientes minerales para el crecimiento de *Centrosema pubescens* Benth. en dos suelos de Santo Domingo. Tesis. Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. 60 p.

Ordóñez, H. y Reyes, C. A. 1983. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en Pucallpa, Perú. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 341-348.

Palacios, E. y Díaz, R. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Moyobamba-Calzada-Perú. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1982. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 641-646.

Digitized by Google

Pérez, R. C.; Ferguson, J. E.; y López, W. 1987. Producción de semillas de tres especies forrajeras en Tarapoto, Perú. Pasturas Trop. Bol. 9(2):18-23.

Reátegui, K. [1986]a. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Puerto Bermúdez-Perú. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 987-994.

_____. [1986]b. Persistencia de germoplasma forrajero evaluado bajo pastoreo en pequeñas parcelas en Puerto Bermúdez, Perú. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 1089-1091.

Reyes, C. A. 1974. Estudio preliminar de compatibilidad de 3 gramíneas y 3 leguminosas en la zona de Pucallpa. Tesis. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, Iquitos, Perú. 60 p.

_____. 1979. Potencial para la producción de semillas de *Centrosema pubescens* común, en la zona de Pucallpa. En: Informe anual. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) e Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Lima, Perú. p. 25-28.

_____. 1983. Zonificación de la producción de semilla de pastos tropicales. En: Informe anual 1983. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA) e Instituto de Investigaciones de la Amazonia Peruana (IIAP), Pucallpa, Perú. 17 p.

_____ y Ordóñez, H. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Pucallpa, Perú. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 647-656.

_____ y Santhirasegaram, K. 1974. Rendimiento de rebrotes en diferentes tratamientos de defoliación en tres leguminosas tropicales. Rev. Invest. Pecu. (Inst. Vet. Invest. Trop. Altura Perú) 3(1):47-52.

Digitized by Google

_____ y Toledo, J. M. 1979. Manejo y productividad de pasturas asociadas. En: Informe anual. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA) e Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Lima, Perú. p. 15-20.

Saavedra, F. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Chipiriri, Bolivia. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados de 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 151-159.

Santhirasegaram, K. 1974. Manejo de praderas de leguminosas y gramíneas en un ecosistema de selva lluviosa tropical en Perú. En: Bornemisza, E. y Alvarado, A. (eds.). Manejo de suelos en la América tropical. University Consortium on Soils of the Tropics, Soil Science Department, North Carolina State University, Raleigh, NC, E.U. p. 445-464.

_____ ; Morales, V.; Pinedo, L.; y Díez, J. 1972. Interim report on pasture development in the Pucallpa region. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Pucallpa, Perú. 134 p.

_____ ; _____; _____ ; y Reyes, C. A. 1975. Second interim report on pasture development in the Pucallpa region. Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA), Pucallpa, Perú. 230 p.

Santillán, R. A. 1983. Response of a tropical legume-grass association to systems of grazing management and levels of phosphorus fertilization. Tesis (Ph.D.). University of Florida, Gainesville, FL, E.U. 169 p.

Silva, G. 1986. Fenología y producción de semilla de *Centrosema* spp. en Tarapoto. En: Avances en investigación en pastos y forrajes. Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (INIPA) y Centro de Investigación y Promoción Agropecuaria (I y II) (CIPA), Tarapoto, Perú. Vol. 1, p. 15-19.

_____ y López, W. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Tarapoto, Perú (ESEP). En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados de 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 365-374.

Digitized by Google

Tuárez Cobeña, J. A. 1977. Evaluación de rendimiento y valor nutritivo de gramíneas y leguminosas forrajeras, pertenecientes a la colección de la Estación Experimental Pichilingue. Tesis. Facultad de Ciencias Veterinarias, Universidad Técnica de Manabí, Portoviejo, Manabí, Ecuador. [90 p].

Vega, G. y Velasco, O. [1986]. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Yapacaní, Bolivia. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 743-746.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 519-545).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 17

Experiencia Regional con *Centrosema*: Brasil, Zona Tropical Húmeda

E. A. S. Serrão, M. A. Moreno R. y J. B. da Veiga*

Resumen

La explotación ganadera, especialmente del ganado de carne, ha sido una industria en expansión en las regiones tropicales húmedas de Brasil (Amazonia y Bahía), cuya extensión aproximada es de 400 millones de hectáreas. Antes de la década de los 60, la explotación ganadera dependía casi exclusivamente de la utilización extensiva de las praderas nativas. A partir de esa década, la explotación ganadera se ha extendido hacia áreas de bosque donde se sembraron gramíneas en más de 6 millones de hectáreas. Este proceso de expansión ha suscitado mucho interés por las leguminosas forrajeras porque éstas mejoran la productividad y la estabilidad de las pasturas. *Pueraria*, *Centrosema*, *Stylosanthes*, *Desmodium* y *Leucaena* han sido los géneros más promisorios.

Este capítulo da información sobre la distribución natural de *Centrosema*—por lo menos nueve especies se encuentran naturalmente en la región—y sobre los resultados de la evaluación de germoplasma. Las especies de *Centrosema* tienen gran potencial para esta región, comparable al de *P. phaseoloides*, que es la leguminosa más usada. *Centrosema brasilianum*,

* Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU), Belém, PA, Brasil; Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC), Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC), Itabuna, BA, Brasil; y EMBRAPA/CPATU, respectivamente.

Digitized by Google

C. macrocarpum, *C. acutifolium* y *C. pubescens* se consideran las especies más promisorias.

Se describen también las limitaciones conocidas y potenciales, directas e indirectas, tanto climáticas como edáficas, de *Centrosema*. Se sugieren luego algunas prioridades para la investigación. La investigación objetiva, ordenada, integral e ininterrumpida es esencial si se pretende desarrollar eficientemente, para las regiones tropicales húmedas de Brasil, una tecnología de pasturas basada en *Centrosema*.

Introducción

La explotación ganadera, especialmente del ganado de carne, está creciendo en la zona tropical húmeda de Brasil; ésta comprende la región amazónica y la región tropical húmeda en la parte sur de Bahía (Figura 1). Ambas cubren un área de cerca de 400 millones de hectáreas.

Antes de la década de los 60, los productores de ganado de carne de la región amazónica dependían, casi exclusivamente, de la explotación extensiva de ecosistemas de pasturas nativas en las sabanas bien o mal drenadas y en los suelos aluviales de las planicies inundables. Sin embargo, esas sabanas sólo permiten una productividad bovina baja porque la calidad del forraje es, en general, baja. Las praderas de suelo aluvial, a pesar de su gran productividad y buena calidad, son de poca utilidad porque sus áreas de mayor altitud están periódicamente inundadas por aguas fangosas de los ríos (Serrão, 1986b; Serrão y Falesi, 1977; Serrão y Simão Neto, 1975). Desde mediados de la década de los 60, cuando la construcción de vías hizo que la región fuera accesible, se remplazaron más de 6 millones de hectáreas de bosque por gramíneas forrajeras introducidas, para la explotación ganadera (Serrão, 1986a). Las gramíneas más útiles introducidas durante este proceso evolutivo fueron *Panicum maximum*, *Hyparrhenia rufa*, *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola* y *Pennisetum purpureum* (Serrão, 1986a y 1986b; Serrão y Falesi, 1977; Serrão y Simão Neto, 1975). Recientemente, *Andropogon gayanus* y *Brachiaria brizantha* han demostrado tener buen potencial para pasturas en las regiones tropicales húmedas de Brasil (Camarão et al., 1986; da Veiga y Lima, 1985; Dias Filho, 1983; Serrão, 1986a y 1986b).

Digitized by Google

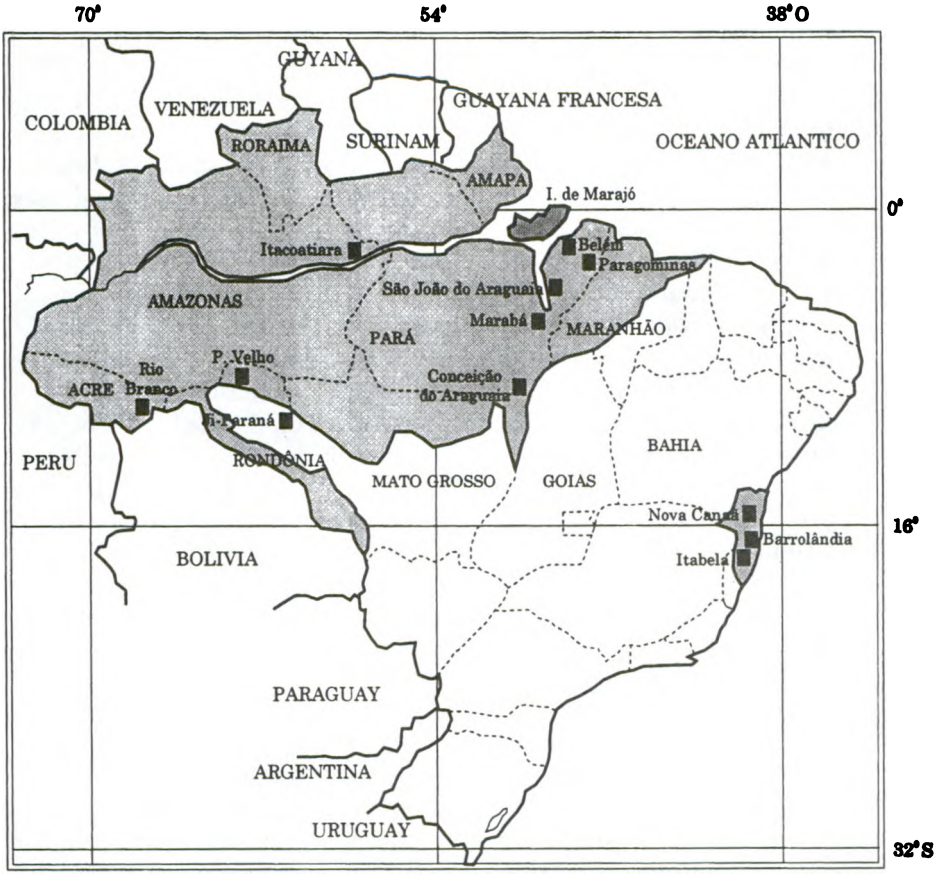


Figura 1. La zona tropical húmeda de Brasil ( ) con los sitios ( ) en que se evaluó *Centrosema*.

En el sur de Bahía, la contribución de los pastos nativos ha sido limitada, en tanto que las gramíneas introducidas han desempeñado una función muy importante en el desarrollo de la industria pecuaria de esa región. Estas especies de gramínea son las mismas especies que se introdujeron en la región amazónica.

Las limitaciones nutricionales de las pasturas compuestas de gramíneas puras y el reconocimiento de la función que pueden desempeñar las leguminosas en el mejoramiento de los pastos cultivados han aumentado el interés en el uso de leguminosas. De las leguminosas introducidas, evaluadas y adoptadas en la región, los géneros *Pueraria*, *Centrosema*, *Stylosanthes*, *Leucaena* y

Digitized by Google

Desmodium han sido los más promisorios, y constituyen la principal base genética para la selección de las leguminosas que formarán pasturas en las tierras altas de esa región (Serrão, 1986a y 1986b). Según Serrão (1991a), de los pastos totales cultivados (entre 6 y 8 millones de hectáreas) en la zona tropical húmeda de Brasil, probablemente menos del 5% (350,000 ha) se ha sembrado con leguminosas forrajeras; la principal de éstas es *P. phaseoloides*, y la siguen *C. pubescens* y, en menor cantidad, S. *guianensis* y *L. leucocephala*. Serrão y Couto (1987) estiman que, en esta región, se han sembrado cerca de 100,000 ha de pasturas con gramíneas asociadas con *C. pubescens* (variedades comerciales australianas), en mezclas con otras leguminosas, principalmente con *P. phaseoloides* y *S. guianensis*. Así ha sucedido, principalmente de mediados de los 60 a mediados de los 70, bajo la influencia de algunas empresas de semilla comercial del sur de Brasil. Después de este período, la falta de semilla comercial y, probablemente, las limitaciones biológicas, restringieron la ampliación del uso de *Centrosema*.

Zona Tropical Húmeda de Brasil

La zona tropical húmeda de Brasil (Figura 1) ocupa cerca del 50% de ese país. El clima de la zona es cálido y húmedo, y tiene cuatro regímenes de precipitación (SUDAM, 1984): un régimen, que se extiende por el noroeste y nordeste de la zona, tiene una precipitación anual de más de 3000 mm; el nordeste y oeste reciben entre 2500 y 3000 mm; la mayor parte de la región, y especialmente la central, recibe entre 2000 y 2500 mm; y las zonas ubicadas en el nordeste y sur de la región, a latitudes mayores que 14 °S, reciben menos de 2000 mm.

Considerada como un todo, la región tiene, por lo menos, dos períodos climáticos bien definidos durante el año: uno se caracteriza por la precipitación frecuente y abundante (período lluvioso), y el otro por lluvias menos frecuentes que a veces ocasionan una época seca (Bastos et al., 1986).

La temperatura anual promedio varía entre 22 y 27 °C; la máxima anual, entre 28 y 33 °C; y la mínima anual, entre 17 y 23 °C (SUDAM, 1984). Aunque hay una notoria fluctuación térmica durante el día, la fluctuación anual es pequeña (Bastos et al., 1986). La humedad relativa varía en el año entre 60% y 90%

Digitized by Google

(SUDAM, 1984), y la distribución mensual de la humedad del aire se relaciona fuertemente con los patrones de precipitación, ya que se registran valores altos de humedad durante los períodos de alta precipitación (Noe-Dobrea y Santos, 1979).

El número promedio de horas de luz solar varía al año entre 1400 y 2500, concentrándose ésta en áreas definidas (Bastos et al., 1986). Los déficit y los excedentes de agua muestran grandes variaciones; los excedentes pueden descender a sólo 100 mm y crecer hasta cerca de 2400 mm, y los déficit varían desde cero hasta 600 mm (Bastos, 1972).

Según la clasificación de Köppen, en esta región existen los siguientes climas tropicales lluviosos: Afi (estación seca no definida), Ami (estación seca limitada), y Awi (estación seca bien definida). En zonas donde se cría ganado bovino en pastos cultivados, los climas Ami y Awi son los más comúnes. En estos casos, especialmente en el clima Awi (que ocurre principalmente en el sur de la región), la época seca puede ser una limitante para el desarrollo de las pasturas.

Según Falesi (1986), casi el 92% de la región amazónica tiene suelos distróficos (ácidos de fertilidad baja) y un 8% tiene suelos eutróficos (generalmente ácidos pero fértiles). Los suelos distróficos son principalmente Latosoles (Oxisoles) y suelos Podzólicos Rojo-amarillos (Ultisoles), arenas de cuarzo (Entisoles), Cambisoles (Inceptisoles), y Plintosoles (Oxisoles o Ultisoles—o ambos). En las áreas de suelo eutrófico hay suelos Podzólicos Rojo-amarillos, Cambisoles eutróficos (Inceptisoles), suelos eutróficos "Terra roxa" (Alfisoles, Ultisoles o Mollisoles), suelos Hidromorfos húmicos (Entisoles, Inceptisoles), y suelos aluviales (Entisoles) (Amaral Filho et al., 1985). La producción de carne bovina a base de gramíneas cultivadas se concentra en los suelos ácidos de baja fertilidad, especialmente los Oxisoles y Ultisoles.

La mayor parte de la región amazónica está cubierta por bosques húmedos tropicales o **hileia** (Ducke y Black, 1954). Hay otros tipos de vegetación en las áreas donde el bosque se interrumpe, como en la **caatinga** (arbustos espinosos), en los **campos** (sabanas), en las **campinas** (tierra de pastoreo sin árboles grandes), y en los **campos de várzea** (planicies temporalmente inundadas) (Pires, 1973). La mayor parte de las praderas cultivadas de la región se halla en los bosques húmedos tropicales

Digitized by Google

caracterizadas por distintas densidades de vegetación (do Nascimento y Homma, 1984; Serrão, 1986a).

La región tropical húmeda de Bahía es similar a las áreas más húmedas de la región amazónica en clima, suelo y vegetación. La industria pecuaria, la segunda actividad económica más importante de la región, también se orienta hacia la producción de pasturas cultivadas (da Silva et al., 1975).

Distribución Natural de *Centrosema*

En el género *Centrosema* hay varias especies nativas de la zona tropical húmeda de Brasil. En los primeros inventarios botánicos llevados a cabo en la Amazonia, Huber (1898) halló que *C. brasilianum*, *C. plumieri*, y otras especies no identificadas crecían en praderas nativas en la Isla de Marajó, en el estado de Pará. Tomando como base varios inventarios botánicos hechos en diferentes áreas de la Amazonia brasileña, Ducke (1949) enumeró las siguientes ocho especies amazónicas de *Centrosema*: *C. pubescens*, *C. brasilianum*, *C. plumieri*, *C. platycarpum*, *C. vexillatum*, *C. venosum*, *C. triquetrum* y *C. tapirapoanense*. En 1970, Cavalcante describió una novena especie nativa: *C. carajasense*. En estudios recientes, sobre la isla de Marajó, das Neves y Cruz (1983) comprobaron la presencia generalizada de *C. brasilianum*, y sugirieron que esa isla puede ser un centro de diversidad significativo para esta especie.

En la región tropical húmeda de Bahía, según Lewis (1987), las siguientes especies se encuentran naturalmente: *C. arenarium*, *C. brasilianum*, *C. pubescens*, *C. sagittatum* y *C. virginianum*.

En general, parece que la zona tropical húmeda de Brasil es una buena fuente de germoplasma para la recolección y el mejoramiento agronómico de *Centrosema*.

Resumen de la Investigación sobre *Centrosema* en la Región

Durante la década de los 70 se despertó el interés por investigar especies de *Centrosema* para emplearlas en pasturas de la región,

Digitized by Google

una vez conocido su potencial; hubo varios intentos, en el sector privado, de establecer pasturas de gramíneas tradicionales en asociación con *C. pubescens* comercial.

En 1976, el Programa de Mejoramiento de Pasturas en la Amazonia (PROPASTO, o sea, Projeto Melhoramento de Pastagem da Amazônia) inició la evaluación de *Centrosema* y de otras leguminosas en haciendas privadas (EMBRAPA-CPATU, 1980). Hasta 1980, la evaluación se concentró en leguminosas comerciales y semicomerciales que estaban siendo introducidas en la región por algunas empresas comerciales. En 1980, la evaluación se amplió para incluir germoplasma de leguminosas de diferentes fuentes.

En la Amazonia, la investigación sobre *Centrosema* se llevó a cabo en Belém, Paragominas, São João do Araguaia, Conceição do Araguaia y Marabá, en Pará; Itacoatiara, en Amazonas; Porto Velho y Ji-Paraná, en Rondônia; y Rio Branco, en Acre. En Bahía, la evaluación se ha llevado a cabo en Itabela, Barrolândia y Nova Canaã (Figura 1).

El Cuadro 1 resume las características climáticas de los diferentes sitios donde *Centrosema* ha sido evaluado, y presenta alguna información sobre su vegetación y sus tipos de suelo. La mayoría de estos sitios se había sometido a tratamientos anteriores que incluían desmonte y quema de la biomasa del bosque, siembra de gramíneas (generalmente *P. maximum*), explotación de las pasturas durante un número variable de años, y posterior degradación de éstas. Se iniciaron estudios orientados a recuperar el área con pasturas más estables y más productivas.

El Cuadro 2 muestra las características físicas y químicas del suelo en los sitios de estudio. En general, los suelos son ácidos y de baja fertilidad (excepto en Nova Canaã, Bahía), y la textura varía entre arenosa y arcillosa. En el proceso de establecimiento de los pastos, después de quemar la biomasa original, las características químicas de los suelos cambian considerablemente (Falesi, 1976; Serrão et al., 1979); estos cambios son generalmente favorables, salvo en lo referente al contenido de fósforo; efectivamente, este elemento, después de algunos años, es el nutrimento más limitante para la producción de pasturas en la región (Serrão et al., 1979).

Digitized by Google

Cuadro 1. Clima de los sitios de evaluación de *Centrosema* en la zona tropical húmeda de Brasil, con algunos detalles sobre la vegetación y los tipos de suelo.

Localidad[a]	Tipo climático de Köppen[b]	Temperatura (°C) Promedio	Temperatura (°C) Rango	Humedad relativa promedio (%)	Precipit. anual promedio (mm)	Meses con menos de 60 mm de lluvia (no.)	Vegetación nativa original	Suelo[c]
Región amazónica								
Belém	Afi	26	23-32	84	2170	Ninguno	Selva densa	LADA
Paragominas	Ami/Awi	26	21-32	82	1950	1-3	Selva densa	LADMA
Marabá	Awi	26	22-31	87	1930	2-3	Selva rala	SLDC
São João do Araguaia	Awi	26	20-31	78	1900	2-3	Selva densa	SPRADTM
Conceição do Araguaia	Awi	25	18-32	80	1650	2-3	Selva rala	SLDHFA
Itacoatiara	Ami	27	23-32	82	2200	1-2	Selva densa	LADMA
Porto Velho	Ami	25	21-32	86	2340	2	Selva densa	LADMA
Ji-Paraná	Ami/Awi	25	23-32	83	2000	2-3	Selva densa	SPRADTM
Rio Branco	Ami	24	20-31	86	1920	1-2	Selva densa	SPRADTM
Región tropical húmeda de Bahía								
Itabela	Ami	24	20-29	80	1350	Ninguno	Selva densa	LADA
Barrolândia	Afi	24	20-29	82	1450	Ninguno	Selva densa	LADTM
Nova Canaã	Awi	22.5	17-28	75	1200	2-3	Selva rala	SPRAETM

a. Referencias: para Belém, tomadas de Serrão et al. (1971) y Cruz et al. (1985); para Itabela, de Moreno R. et al. (1986); para Barrolândia, de Pereira y Moreno R. (1983); para Nova Canaã, de Salviano (1981); y para las demás localidades, de EMBRAPA-CPATU (1980).

b. Afi = sin época seca definida; Ami = época seca limitada; Awi = época seca bien definida.

c. Suelos descritos como sigue: LADA = Latosol amarillo distrófico arenoso; LADMA = Latosol amarillo distrófico muy arcilloso; SLDC = Suelos lateríticos distróficos con concreciones; SPRADTM = Suelos podzólicos rojo-amarillos distróficos de textura media; SLDHFA = Suelos lateríticos distróficos hidromórficos de fase alta; LADTM = Latosoles amarillos distróficos de textura media; SPRAETM = Suelos podzólicos rojo-amarillos eutróficos de textura media.

Digitized by Google

Cuadro 2. Características físicas y químicas del suelo en los sitios de evaluación de *Centrosema* en la zona tropical húmeda de Brasil.

Localidad[a]	Profundidad (cm)	Arena	Limo	Arcilla	Materia orgánica	pH (agua)	Ca + Mg	Al	CIC	P	K
		(%)					(meq/100 g)			(ppm)	
Región amazónica											
Belém	0-20	84	7	9	1.6	4.7	0.6	1.2	5.7	4.0	40
Paragominas	0-20	3	34	63	2.7	5.9	5.4	0	—	1.0	58
Marabá	0-20	—	—	—	—	5.0	3.6	0.7	—	1.5	60
São João do Araguaia	0-20	71	13	16	2.0	6.0	3.0	0.2	—	2.5	80
Conceição do Araguaia	0-20	—	—	15	2.0	5.5	2.5	0.2	—	2.0	45
Itacoatiara	0-20	—	—	—	—	5.0	2.5	0.2	—	1.5	45
Ji-Paraná	0-20	—	—	—	3.0	5.8	4.2	0.3	—	6.0	118
Porto Velho	0-20	—	—	—	—	4.5	1.2	1.6	—	1.0	46
Rio Branco	0-20	—	—	—	—	5.9	1.5	0.1	—	2.0	138
Región tropical húmeda de Bahía											
Itabela	0-7	65	10	7	—	4.3	1.9	0	4.1	1.0	31
	7-20	65	12	9	—	5.3	0.9	0	3.8	1.0	24
Barrolândia	0-20	72	12	16	—	4.9	2.2	0.8	—	2.0	43
Nova Canaã	0-20	—	—	—	—	6.5	—	2.0	—	11.0	115

a. Referencias: para Belém, tomadas de Serrão et al., 1971; para Itabela, de Moreno R. et al., 1986; para Barrolândia, de Pereira y Moreno R., 1983; para Nova Canaã, de Salviano, 1981; y para las demás localidades, de EMBRAPA-CPATU, 1980.

Digitized by Google

Resultados de la Investigación

Centrosema pubescens (comercial)

Pruebas agronómicas bajo corte. Dos variedades de *C. pubescens*, IRI 1282 y cv. Comum (centro común) se evaluaron en una serie de ensayos entre 1976 y 1979.

En uno de esos estudios, los cultivares se compararon con otras leguminosas comerciales y semicomerciales, sembradas con fertilización fosfórica y sin ella, y se recortaron periódicamente a una altura de 10 a 15 cm. Su producción de materia seca (MS) se presenta en el Cuadro 3. El gran potencial de *C. pubescens* para la producción de forraje es evidente: produjo lo mismo, o más, que *P. phaseoloides*, la leguminosa forrajera más importante de la región. Otra consideración importante del estudio es la aparentemente baja exigencia de fosfatos de *C. pubescens*, carácter que la hace útil para aquellos sistemas de pasturas de bajos insumos que predominan en la región.

En otro estudio se sembró *C. pubescens* cv. Comum con las gramíneas más importantes, en diferentes localidades, y se dio una

Cuadro 3. Producción de materia seca (t/ha) con fertilización (F) y sin ella (No), de dos variedades comerciales de *Centrosema pubescens* y de *Pueraria phaseoloides* (usada como testigo), en diferentes localidades de la región amazónica, en Brasil.

Localidad	*C. pubescens* IRI 1282		*C. pubescens* cv. Comum		*P. phaseoloides*	
	F[a]	No	F	No	F	No
Paragominas[b]	17.7	9.8	—	—	17.7	14.6
Marabá[b]	32.4	33.8	38.5	33.9	35.3	30.9
São João do Araguaia[b]	25.1	21.7	22.5	16.5	22.2	20.0
Itacoatiara[c]	12.5	12.6	9.6	8.4	25.3	22.2
Porto Velho[b]	22.6	18.8	20.5	14.0	26.1	21.0
Ji-Paraná[b]	31.6	25.8	—	—	32.6	23.1
Rio Branco[c]	14.5	11.9	13.0	10.2	14.6	12.0

a. En São João do Araguaia, Itacoatiara, Porto Velho, Ji-Paraná y Rio Branco, la fertilización fue de 50 kg/ha de P_2O_5; en Paragominas y Marabá fue de 137.4 kg/ha de P_2O_5.
b. Producción acumulada durante 3.5 años, aproximadamente.
c. Producción acumulada durante 3 años, aproximadamente.

FUENTES: de Azevedo et al., 1982a y 1982b; Dias Filho y Serrão, 1982; EMBRAPA-CPATU, 1980; Gonçalves et al., 1982.

Digitized by Google

fertilización básica de 50 kg/ha de P_2O_5. Se tomaron muestras de forraje para determinar la composición botánica y el rendimiento de MS cuando las asociaciones estaban listas para el pastoreo. Los rendimientos de estas asociaciones de *C. pubescens* con gramíneas erectas y rastreras fueron adecuados y eran comparables a los de las asociaciones de *P. phaseoloides* (Cuadro 4). *Centrosema pubescens* pareció ser más compatible con las gramíneas erectas que *P. phaseoloides*, la cual tuvo tendencia a dominar a la gramínea acompañante.

Producción animal. Aunque se han realizado experimentos de pastoreo en la zona tropical húmeda de Brasil para medir el comportamiento animal en las pasturas basadas en leguminosas (EMBRAPA-CPATU, 1980), *C. pubescens* fue incluida en ellos sólo como componente de un "coctel" de leguminosas. Otras leguminosas, como algunas variedades comerciales de *P. phaseoloides* y *S. guianensis*, también estaban incluidas, pero no se determinó la contribución de cada una.

Cuadro 4. Producción (t/ha) de materia seca (MS) en mezclas de *Centrosema pubescens* cv. Comum o de *Pueraria phaseoloides* (usada como testigo) con diferentes gramíneas en varias localidades de la región amazónica, en Brasil.

Localidad	Mezcla gramínea-leguminosa	Producción MS	
		Gramínea	Leguminosa[a]
Itacoatiara[b]	*P. maximum-C. pubescens*	16.7	5.3 (24%)
	P. maximum-P. phaseoloides	11.1	12.8 (53%)
	H. rufa-C. pubescens	14.8	5.6 (27%)
	H. rufa-C. phaseoloides	5.0	15.8 (76%)
	B. humidicola-C. pubescens	14.0	6.4 (31%)
	B. humidicola-P. phaseoloides	6.5	15.5 (70%)
Ji-Paraná[c]	*P. maximum-C. pubescens*	15.7	6.1 (28%)
	P. maximum-P. phaseoloides	20.0	12.3 (38%)
Conceição do Araguaia[c]	*P. maximum-C. pubescens*	12.9	5.2 (29%)
	P. maximum-P. phaseoloides	10.4	10.5 (50%)
	B. humidicola-C. pubescens	15.0	8.9 (37%)

a. Las cifras entre paréntesis son los porcentajes de leguminosa en la MS total.
b. Producción acumulada durante 3 años, aproximadamente.
c. Producción acumulada durante 2 años, aproximadamente.

FUENTES: de Azevedo et al., 1982a y 1982b; Dias Filho y Serrão, 1982; EMBRAPA-CPATU, 1980; Gonçalves et al., 1982.

Digitized by Google

Salviano (1981) informó acerca de un experimento hecho en Bahía que, al parecer, es uno de los pocos de su tipo que han sido publicados; en él se midió el comportamiento animal, aunque fuera sólo durante un año. El objetivo del experimento era comparar el efecto de la fertilización nitrogenada con el efecto del N fijado por las leguminosas (entre éstas, *C. pubescens* cv. Comum), en una pastura de *P. maximum* cv. Colonião con diferentes cargas animales. El Cuadro 5 indica que, cualitativamente (aumento/animal) y cuantitativamente (aumento/hectárea), hubo cierta ventaja biológica al suministrar nitrógeno al sistema mediante el uso de leguminosas fertilizadas con P. La adición de fertilizante nitrogenado no fue benéfica. Hubo cierta tendencia a la disminución de la ganancia de peso por animal cuando aumentó la carga animal, pero se compensó con la mayor ganancia de peso por hectárea. Parte del mayor beneficio del tratamiento leguminosa + P se puede atribuir a *C. pubescens* porque su contribución al forraje total disponible en la mezcla de la pastura llegó al 50%. Varios años después del comienzo de este estudio, esa leguminosa estaba

Cuadro 5. Efecto de la fertilización con nitrógeno y fosfato, y de las leguminosas (entre ellas *Centrosema pubescens*) en la producción animal obtenida en pasturas de Colonião (*Panicum maximum*) en Nova Canaã, Bahía, Brasil[a].

Tratamiento	Carga (animales/ha)		Aumento promedio (kg/día) por animal	Aumento promedio (kg/día) por hectárea
Testigo	0.8		0.354	0.283
	1.4		0.482	0.675
	2.0		0.345	0.690
		Promedio	0.394	0.549
Nitrógeno (45 kg/ha) + fósforo (30 kg/ha de P_2O_5)	0.8		0.458	0.410
	1.4		0.405	0.567
	2.0		0.345	0.690
		Promedio	0.403	0.557
Leguminosas[b] + fósforo (30 kg/ha de P_2O_5)	0.8		0.512	0.410
	1.4		0.461	0.646
	2.0		0.426	0.851
		Promedio	0.466	0.636

a. Efecto observado en pasturas experimentales de 10 ha, con pastoreo continuo, 1980.

b. *Centrosema pubescens* (la disponibilidad dentro de la pastura fue mayor al 50%) + *Macroptilium atropurpureum* + *Neonotonia wightii.*

FUENTE: Salviano, 1981.

Digitized by Google

todavía bien presente en la pastura (F. G. Cardoso, comunicación personal), demostrando así su persistencia bajo pastoreo.

Nuevo germoplasma de *Centrosema*

El germoplasma se obtuvo de fuentes como el Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN) de EMBRAPA, y la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT) coordinada por el CIAT. La selección empezó en la década de los 80.

Ensayos agronómicos bajo corte. Dentro de la RIEPT se hicieron diversos ensayos regionales de tipo A (Toledo y Schultze-Kraft, 1982) en diferentes sitios de la región, para evaluar la adaptación y la producción de forraje del nuevo germoplasma de *Centrosema*.

En Paragominas, Pará, uno de los ensayos incluía 65 accesiones de leguminosas forrajeras, de las cuales 15 eran del género *Centrosema* (Dias Filho y Serrão, 1986). En Itabela, Bahía, otro estudio comprendía ocho accesiones de *Centrosema* en un área de pastura degradada (Moreno R. y Pereira, 1983) y cinco accesiones en un área de bosque recientemente talada (Moreno R. et al., 1986). Las accesiones estudiadas fueron muy variables en producción de forraje durante los períodos más húmedos y más secos (Cuadro 6). En Paragominas, *C. macrocarpum* CIAT 5065 sobresalió durante todo el período experimental y superó a *P. phaseoloides* CIAT 9900. La principal limitación de *C. macrocarpum* CIAT 5065 es su baja producción de semilla en la región (datos no presentados), lo que justifica ensayar otros ecotipos de esta especie. Otras líneas que se desarrollaron bien en Paragominas fueron *C. pubescens* Itaguaí Sintético 80, *C. acutifolium* CIAT 5112, *C. brasilianum* CIAT 5234, *C. pubescens* CIAT 5189 y el híbrido de *Centrosema* CIAT 438. El comportamiento de *C. virginianum* CIAT 474, *C. pascuorum* CIAT 5230 y *C. brasilianum* CIAT 491 indicó falta de adaptación y reflejó el ataque de un insecto no identificado del orden Homoptera, el cual causó graves daños foliares. El añublo foliar causado por *Rhizoctonia* (AFR) fue la enfermedad más común en estos estudios. Sólo *C. pubescens* CIAT 5189 y *C. pascuorum* CIAT 5230 no fueron afectadas, lo que sugiere la presencia de resistencia genética a esta importante enfermedad. En Itabela, la mayoría de las accesiones

Digitized by Google

Cuadro 6. Adaptación al medio y producción de forraje de *Centrosema* spp. en tres sitios de la zona tropical húmeda de Brasil.

Especie	Accesión CIAT no.	Grado de adaptación[a] evaluado durante año 1982	1983	Producción de forraje (t/ha) Período máxima precip.	Período mínima precip.
Paragominas, Ene. 1982 a Sept. 1983 (pastura degradada)[b]					
C. macrocarpum	5065	E	E	3.72	0.98
C. pascuorum	5230	M	M	2.22	—
C. pubescens	5189	E	B	2.08	0.53
C. acutifolium	5112	B	E	1.94	0.58
C. brasilianum	5180	E	B	1.90	1.01
C. pubescens Itaguaí Sint.	80	E	E	1.86	0.83
C. acutifolium	5118	B	B	1.81	0.36
Centrosema híbrido	438	E	B	1.52	0.48
C. brasilianum	5234	E	E	1.50	1.01
C. pascuorum	5171	B	R	1.43	—
C. brasilianum	491	B	B	1.36	0.80
C. schiedeanum	5066	B	B	1.35	0.45
C. pubescens	5126	B	B	1.33	0.53
C. brasilianum	494	B	R	1.15	0.95
C. virginianum	474	R	M	0.73	0.20
P. phaseoloides	testigo	E	B	2.04	0.58

Especie	Accesión CIAT no.	Grado de adaptación[a] (promedio de período experimental)	Producción forraje (t/ha) Período máxima precip.	Período mínima precip.
Itabela, Bahía, Feb. 1981 a Abril 1982 (pastura degradada)[c]				
C. macrocarpum	5065	B	1.76	0.90
C. brasilianum	491	E	1.64	1.15
C. brasilianum	5234	B	1.60	0.99
C. brasilianum	5180	B	1.29	1.94
Centrosema híbrido	438	B	1.15	0.77
C. schiedeanum	5066	B	1.04	0.68
C. pascuorum	5230	B	1.03	1.24
C. pascuorum	5171	R	0.89	0.80
Itabela, Bahía, Feb. 1981 a Feb. 1984 (bosque talado)[d]				
C. acutifolium	5118	B	3.40	1.17
C. macrocarpum	5062	E	3.16	2.30
C. brasilianum	5247	B	2.58	2.12
C. pubescens	5189	B	2.45	2.20
C. acutifolium	5112	B	2.02	2.00

a. Calificación: E = excelente, B = bueno, R = regular, M = malo, con respecto a tamaño de la planta, capacidad de rendimiento, cobertura, vigor y condiciones generales (ataques de insectos y enfermedades).
b. Producción de forraje de un corte por período en 1982; fertilizado con 50 kg/ha de P_2O_5.
c. Producción de forraje de un corte por período; fertilizado con 50 kg/ha de P_2O_5.
d. Producción promedio de forraje de tres cortes durante el período de máxima precipación y de dos cortes durante el período de mínima precipitación; fertilizado con 50 kg/ha de P_2O_5 y 50 kg/ha de K_2O.

FUENTES: Dias Filho y Serrão, s.f.; Moreno R. y Pereira, 1983; Moreno R. et al., 1986.

Digitized by Google

creció bien, especialmente en el sitio en que se había talado el bosque.

Se realizaron estudios en varios sitios para evaluar las nuevas leguminosas forrajeras bajo corte, en diferentes edades de rebrote (3, 6, 9 y 12 semanas), siguiendo la metodología del Ensayo Regional B de la RIEPT (Toledo y Schultze-Kraft, 1982). El Cuadro 7 presenta datos obtenidos en pasturas degradadas (Paragominas, en Pará, y Porto Velho, en Rondônia), en un área de bosque recientemente talado (Porto Velho, en Rondônia), y en áreas de bosque secundario (Itabela, en Bahía). En la mayoría de los casos, el rebrote de 12 semanas no dio un rendimiento mayor que el de 6 ó 9 semanas, especialmente durante el período de mínima precipitación. Los ensayos también mostraron a *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* como especies productivas.

Ensayos agronómicos bajo pastoreo. Se realizó un ensayo regional C de la RIEPT (Paladines y Lascano, 1983) en Paragominas, Pará, con el fin de evaluar la composición botánica y la persistencia de una mezcla de *C. macrocarpum* CIAT 5065 y *Andropogon gayanus* CIAT 621, con diferentes condiciones de manejo (da Veiga y Serrão, 1986). Este ensayo comprendía una pastura de 5 ha, con tres presiones de pastoreo: la altura de las gramíneas fue de 28, 52 y 74 cm después de cada uno de los respectivos períodos de pastoreo. Se empleó un sistema de pastoreo rotatorio en el cual se pastoreaba cada pastura durante 10 a 16 días, y luego se la dejaba descansar de 45 a 75 días.

Los resultados obtenidos después de 392 días se presentan en el Cuadro 8. Los valores de densidad de plantas muestran que la contribución de la leguminosa fue muy poca. A juzgar por las densidades registradas durante el experimento, *C. macrocarpum* fue sensible a las variaciones de la presión de pastoreo. La presión de pastoreo alta (residuos cortos de gramínea) propició una mayor presencia relativa de la leguminosa en la pastura, probablemente porque fue menor la competencia de la gramínea por la luz.

En otro experimento de pastoreo se usó simultáneamente la misma infraestructura ya descrita (da Veiga y Serrão, 1986) para determinar la persistencia de *C. macrocarpum* CIAT 5737, CIAT 5740 y CIAT 5744, y de *C. acutifolium* CIAT 5568, sembradas al azar en pequeñas parcelas dentro de las pasturas experimentales de manera que formaran cuatro asociaciones

Digitized by Google

Cuadro 7. Producción estacional de forraje de *Centrosema* spp. a diferentes edades de rebrote en varias localidades de la zona tropical húmeda de Brasil.

Localidad, especie y accesión	Producción de materia seca (t/ha) a:							
	3 semanas[a]		6 semanas		9 semanas		12 semanas	
	Precip.		Precip.		Precip.		Precip.	
	max.	min.	max.	min.	max.	min.	max.	min.
Paragominas (pastura degradada)[b]								
C. pubescens cv. Comum	0.25	—	0.29	—	0.46	—	0.49	—
Centrosema híbrido 438	0.40	—	0.58	—	0.82	—	0.68	—
P. phaseoloides (testigo)	0.38	—	0.55	—	0.65	—	0.58	—
Porto Velho (pastura degradada)[c]								
C. pubescens cv. Comum	0.15	0.24	0.21	0.75	0.79	0.54	1.02	0.79
Centrosema híbrido 438	0.36	0.23	0.45	0.74	1.01	0.41	1.08	0.75
P. phaseoloides (testigo)	0.26	0.23	0.51	0.52	1.15	0.52	1.40	1.27
Porto Velho (bosque recientemente talado)[d]								
C. brasilianum 5234	1.97	0	2.86	2.03	1.09	1.91	1.70	1.24
C. brasilianum 5247	1.75	0	1.71	3.92	1.05	1.24	1.16	1.00
C. macrocarpum 5065	2.06	1.42	2.30	3.11	2.44	4.75	3.47	1.39
C. macrocarpum 5062	1.63	1.41	2.31	4.47	2.62	3.44	3.49	1.47
Centrosema híbrido 438	1.62	0.79	2.29	2.43	3.25	2.30	2.72	1.51
C. pubescens 5189	2.12	0.63	1.94	2.78	3.39	2.04	2.92	1.06
C. acutifolium 5112	2.23	0.55	1.93	2.90	3.80	3.02	3.50	1.31
Itabela (bosque talado)[e]								
C. brasilianum 5234	0.80	0.06	1.51	0.51	2.34	0.89	3.17	1.00
C. brasilianum 5180	0.06	0.13	0.23	0.11	0.29	0.11	0.49	0.09
C. macrocarpum 5065	0.76	0.40	1.46	0.94	2.98	1.47	2.70	2.23
C. macrocarpum 5062	0.89	0.23	1.09	0.61	2.46	1.57	2.51	1.57
C. pubescens 5189	0.69	0.37	1.37	0.46	2.14	1.03	2.23	1.49
C. acutifolium 5112	0.76	0.31	1.00	0.81	2.34	1.30	2.34	1.83

a. Precip. = precipitación; max. = máxima; min. = mínima.
b. Medido una vez durante un período de máxima precipitación (1983); fertilizado con 50 kg/ha de P_2O_5.
c. Cada período fue medido durante 2 años, de 1981 a 1983; fertilizado con 50 kg/ha de P_2O_5.
d. Medido durante un período por año, en 1983 y 1984; fertilizado con 50 kg/ha de P_2O_5.
e. Medido durante un período por año, en 1983 y 1984; fertilizado con 50 kg/ha de P_2O_5 y 50 kg/ha de K_2O.

FUENTES: Gonçalves, 1986; Gonçalves y Oliveira, 1983; Pereira et al., 1986; M. B. Dias Filho, comunicación personal.

Digitized by Google

Cuadro 8. Efecto de la presión de pastoreo—expresado en la altura y el peso de las macollas de la gramínea—en la persistencia de *Centrosema macrocarpum* CIAT 5065 asociada con *Andropogon gayanus* CIAT 621 en Paragominas, Pará, Brasil[a]

Altura de gramínea[b] (cm)	Disponibilidad de forraje[c] (g de MS por macolla de gramínea)	Densidad de plantas de *C. macrocarpum* (no./m²)	
		Antes del pastoreo	Después del pastoreo
28	805	2.6	1.5
52	888	2.6	0.7
74	1007	2.6	0.3

a. Resultados obtenidos en seis ciclos de pastoreo rotatorio (períodos de pastoreo de 10 a 16 días y de descanso de 47 a 75 días) durante un período experimental de 392 días.
b. Promedio de la altura de la gramínea al finalizar un período de pastoreo.
c. Promedio antes de iniciar el período de pastoreo.

FUENTE: da Veiga y Serrão, 1986.

nuevas con *A. gayanus*. Estas asociaciones también se sometieron al mismo manejo del pastoreo que se empleó en el experimento principal. Todas las accesiones manifestaron baja persistencia (Cuadro 9). No hubo ningún efecto de la presión de pastoreo en la persistencia de las leguminosas, ni entre las especies ni dentro de ellas.

Exito de la Investigación sobre *Centrosema*

La investigación sobre la selección de germoplasma de *Centrosema* para la región ha tenido, desafortunadamente, poco éxito. La mayor contribución se ha hecho mediante las actividades de investigación a nivel de la finca, es decir, por el énfasis que se ha dado a la importancia de las leguminosas como componentes de las pasturas (EMBRAPA-CPATU, 1980). *Pueraria phaseoloides* y *C. pubescens*—la única especie de *Centrosema* con variedades comerciales en Brasil—han sido recomendadas como leguminosas importantes y han sido sembradas en pasturas comerciales.

Las principales razones de la falta de éxito en la selección y liberación de cultivares de *Centrosema* que sean adecuados para la región han sido las siguientes: escasa continuidad en la evaluación

Digitized by Google

Cuadro 9. Efecto de la presión de pastoreo en la persistencia de tres accesiones de *Centrosema macrocarpum* y de *C. acutifolium* asociadas con *Andropogon gayanus* en Paragominas, Pará, Brasil[a].

Altura de gramínea[b] (cm)	No. de plantas de *Centrosema* por surco de 16 m[c]							
	C. macrocarpum CIAT 5737		*C. macrocarpum* CIAT 5740		*C. macrocarpum* CIAT 5774		*C. acutifolium* CIAT 5568	
	DI	DF	DI	DF	DI	DF	DI	DF
28	252	12 (5%)	166	26 (16%)	198	18 (9%)	180	13 (7%)
52	181	18 (10%)	206	14 (7%)	118	8 (7%)	140	16 (11%)
74	238	10 (4%)	255	18 (7%)	132	11 (11%)	138	14 (10%)
Promedio	224	13 (6%)	209	19 (10%)	149	12 (9%)	153	14 (9%)

a. Resultados obtenidos durante seis ciclos de pastoreo rotatorio (períodos de pastoreo de 10 a 16 días y de descanso de 47 a 75 días) en un período experimental de 392 días.
b. Promedio de altura de la gramínea al final de cada período de pastoreo.
c. DI = densidad inicial; DF = densidad final. Los paréntesis se refieren a los porcentajes de supervivencia en relación con la densidad inicial.

FUENTE: da Veiga y Serrão, 1986.

de nuevo germoplasma en las estaciones experimentales; falta de semilla de accesiones promisorias en las estaciones de investigación para hacer evaluación más avanzada, principal cuello de botella en la continuidad de ésta; ausencia de adecuada integración y complementariedad entre las diversas instituciones responsables de la investigación sobre pasturas en la región; y baja demanda de leguminosas por la industria ganadera porque en la región se han establecido tradicionalmente pasturas de sólo gramíneas. Se ha dado mayor énfasis al germoplasma de gramíneas—son y seguirán siendo éstas el principal componente de las pasturas—que al germoplasma de leguminosas.

A pesar de estas limitaciones, cada día se reconoce más la importancia de las leguminosas, especialmente de *Centrosema*. Se necesita organizar mejor la investigación, así como disponer de mejor asistencia técnica para satisfacer, a corto y mediano plazo, la necesidad que tenga la industria ganadera de establecer pasturas en la región. Este proceso debe ser guiado por el Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU) de EMBRAPA, en asociación con EMBRAPA-CENARGEN, por instituciones internacionales (como el CIAT a través de la RIEPT), y por otras unidades brasileñas de investigación, responsables de la investigación sobre pasturas en la región.

Digitized by Google

Potencial de *Centrosema* y sus Limitaciones en esta Región

E. A. S. Serrão (información no publicada) ha observado el desarrollo de cerca de 10,000 ha de pasturas sembradas con *P. maximum*, *B. humidicola* y *B. decumbens*, en asociación con mezclas de *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *S. guianensis* comerciales durante los últimos 10 años, en una hacienda donde estas mezclas se habían sembrado a principios de la década de los 70. A pesar del mal manejo, de la quema excesivamente frecuente de las pasturas y de la gran incidencia de AFR, *C. pubescens* ha sido la más persistente de las leguminosas y, especialmente donde la mayoría de las gramíneas ha desaparecido, parece estar contribuyendo sustancialmente al comportamiento animal. Su regeneración por semilla es otro factor importante. Este ejemplo ilustra el potencial de *Centrosema* para la región. La evaluación de las 500 accesiones de *Centrosema* mantenidas en el banco de germoplasma de CPATU ayudará seguramente a desarrollar mejores cultivares.

Cuando las dos especies más conocidas de *Centrosema*, o sea, *C. pubescens* y *C. brasilianum*, se comparan con otras leguminosas tradicionales como *P. phaseoloides*, sobresalen algunas de sus características positivas: son especies nativas de la región y en consecuencia ofrecen diversidad genética regional para la selección; son productoras de semilla potencialmente buenas —característica necesaria en una región donde la semilla es difícil de obtener; tienen agresividad intermedia, que las hace más apropiadas para la asociación con gramíneas cespitosas; son más resistentes al fuego y, por tanto, más persistentes—otra característica indispensable en una región donde la quema forma parte del manejo tradicional de las pasturas; y son tolerantes a la sequía, lo que las hace más adaptables a un rango climático más amplio.

A pesar de su indudable potencial, hay algunos factores ambientales, principalmente de naturaleza climática y edáfica, que pueden limitar a *Centrosema* como leguminosa forrajera en esta región. La fertilidad del suelo, especialmente el bajo nivel de fósforo, es tal vez la mayor limitante registrada en la literatura (Falesi, 1976; Serrão et al., 1979). La deficiencia de fósforo aumenta en importancia de 5 a 8 años después del establecimiento

Digitized by Google

de las pasturas, en el cual—dado que comprende generalmente el desmonte y la quema de la biomasa forestal—se eleva temporalmente la fertilidad del suelo (Falesi, 1976; Serrão et al., 1979). Ya sea que la mezcla de la pastura incluya a *Centrosema*, o que la leguminosa se siembre en una pastura ya establecida, es probable que se necesite fertilización con fósforo para renovar este elemento en el suelo.

No existe información sobre la importancia de otros macro y micronutrimentos para las leguminosas forrajeras de la región. Sin embargo, se ha observado que *C. pubescens* cv. Comum es regularmente afectada por deficiencias de potasio, azufre, magnesio y zinc (E. M. Hutton, comunicación personal).

El clima tropical húmedo estimula la proliferación de enfermedades y plagas. El AFR es la enfermedad más importante de *Centrosema* en la región; viene luego la antracnosis causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Cruz et al., 1986; Dias Filho y Serrão, 1983; EMBRAPA-CPATU, 1980). Ambas enfermedades son importantes durante la fase de establecimiento porque a veces eliminan muchas plántulas, y en plantas ya establecidas, pues reducen su persistencia productiva. En general, el AFR prevalece más en *C. pubescens*. Otra enfermedad menos importante, que en ocasiones daña a algunas especies de *Centrosema*, es una mancha foliar causada por *Cercospora* spp. (Dias Filho y Serrão, 1983).

Aunque ocurren esporádicamente, algunos insectos pueden convertirse en una limitante de *Centrosema*. *Diabrotica* sp. ha sido observado con más frecuencia, especialmente en *C. pubescens* comercial (EMBRAPA-CPATU, 1980).

Hay buenas posibilidades para la producción de semilla de *C. pubescens* y *C. brasilianum*; por ejemplo, en una hacienda grande en Paragominas, Pará, se han obtenido rendimientos satisfactorios de semilla de *C. pubescens* comercial en pasturas de *C. pubescens*-*P. maximum*. Sin embargo, las fuentes locales de semilla de *Centrosema* son escasas. Es necesario identificar variedades, zonas apropiadas, y métodos de producción de semilla de *Centrosema* y de otras leguminosas para el establecimiento de pasturas.

Digitized by Google

Necesidad de la Investigación con *Centrosema*

Como se indicó antes, la investigación en esta región se ha concentrado en las gramíneas, que son los principales componentes de las pasturas sembradas. Parece razonable mantener esta prioridad durante algún tiempo, ya que el principal problema sigue siendo la cantidad, no la calidad del forraje.

No obstante, es necesario hacer un esfuerzo de investigación regional bien organizado, integral y complementario, con el fin de lograr un uso más eficiente y generalizado de las leguminosas en las pasturas. En este contexto, *Centrosema* debe desempeñar un papel importante. La investigación con *Centrosema* debe recalcar, por tanto, los puntos siguientes:

Investigación básica. Esta debe centrarse en la recolección, introducción y preservación de germoplasma; la caracterización y la evaluación inicial de germoplasma; la monitoría de enfermedades y plagas; y finalmente, la fijación y transferencia del nitrógeno.

Investigación aplicada. Debe recalcarse la selección de germoplasma; la agronomía de *Centrosema* (producción estacional de materia seca, potencial de producción de semilla y compatibilidad con las gramíneas); las interacciones entre suelo, planta y animal (requerimientos nutricionales mínimos, interacción de plantas y microorganismos en el suelo, aceptabilidad relativa para los animales, tolerancia al pastoreo, digestibilidad); el establecimiento (métodos, fertilización, control de malezas, manejo durante el establecimiento); y finalmente, manejo de pasturas y producción animal. La investigación aplicada debe hacer énfasis en las especies más promisorias de *Centrosema*, de las cuales hay ahora numerosas accesiones disponibles.

Finalmente, es necesario recalcar que, a pesar del reconocido potencial de *Centrosema* para aumentar la productividad de las pasturas en esta región, su desarrollo requiere una investigación agresiva, objetiva, ordenada y continua. La variabilidad genética pierde su valor cuando no se usa de manera eficiente. La producción de semilla, por su parte, cumple una función fundamental de apoyo a este proceso.

Digitized by Google

Referencias

Las siguientes siglas corresponden a los nombres—muy largos y de frecuente aparición—de algunas instituciones editoras:

CEPLAC = Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira.
CIAT = Centro Internacional de Agricultura Tropical.
CPATU = Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido.
EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária.
IPEAN = Instituto de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Norte.
UEPAE = Unidade de Execução de Pesquisa de Ambito Estadual.

Amaral Filho, Z. P.; Novaes, A. S. S.; Vieira, P. C.; Fraga, A. G. G.; y Costa, J. R. S. 1985. Mapa dos solos da Amazônia Legal: Projeto RADAMBRASIL, Goiânia, Goiás, Brasil. Trabajo presentado en el XX Congresso Brasileiro de Ciencia do Solo, Belém, PA, Brasil.

Bastos, T. X. 1972. O estado atual dos conhecimentos das condições climáticas da Amazônia brasileira. Boletín técnico no. 54. IPEAN, Belém, PA, Brasil. p. 68-122.

_____; da Rocha, E. J. P.; Rolim, P. A. M.; Diniz, T. D. de A. S.; dos Santos, E. C. R.; Nobre, R. A. A.; Cutrim, E. M. C.; y de Mendonça, R. L. D. 1986. O estado atual dos conhecimentos de clima da Amazônia brasileira com finalidade agrícola. En: Memorias del primer Simpósio do Trópico Úmido, Belém, 1984. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. Vol. 1, p. 19-36.

Camarão, A. P.; Batista, H. A. M.; y Serrão, E. A. S. 1986. Efeito de diferentes métodos de eliminação pós-pastejo na produção e valor nutritivo de capim Andropogon (*Andropogon gayanus*). Boletín de investigación no. 74. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 17 p.

Cavalcante, P. B. 1970. *Centrosema carajasense*, uma nova Leguminosae da Amazônia. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi Nova Ser. Bot. (37):1-4.

Cruz, E. D.; das Neves, M. do P. H.; y Serrão, E. A. S. [1986]. Caracterização e avaliação de leguminosas forrageiras na região de Belém, Pará, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. CIAT, Cali, Colombia. Vol. 2, p. 747-750.

Digitized by Google

da Silva, L. F.; Carvalho Filho, R.; y de Melo, A. A. O. 1975. Aptidão agrícola dos solos da região cacaueira. En: CEPLAC. Diagnóstico sócio-econômico da região cacaueira. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA-OEA) y CEPLAC, Ilhéus, BA, Brasil. Vol. 2, p. 165-179.

da Veiga, J. B. y Lima, P. B. 1985. Manejo das pastagens de quicuio-da-amazônia e andropógon em Paragominas, PA. Comunicado técnico no. 59. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 7 p.

_____ y Serrão, E. A. S. [1986]. Consorciação de *Andropogon gayanus* com *Centrosema macrocarpum* e quatro centrosemas sob pastejo, em Paragominas, Pará, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. CIAT, Cali, Colombia. Vol. 2, p. 1073-1077.

das Neves, M. do P. H. y Cruz, E. D. 1983. Coleta de forrageiras nativas na Ilha de Marajó. Pesquisa em andamento no. 122. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 5 p.

de Azevedo, G. P. C.; Camarão, A. P.; da Veiga, J. B.; y Serrão, E. A. S. 1982a. Introdução e avaliação de forrageiras no município de Marabá-Pará. Boletín de investigación no. 46. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 21 p.

_____ ; _____ ; y Serrão, E. A. S. 1982b. Introdução e avaliação de forrageiras no município de São João do Araguaia, Estado do Pará. Boletín técnico no. 47. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 23 p.

Dias Filho, M. B. 1983. Recomendações para a formação e manejo de pastagens de capim andropogon (*Andropogon gayanus* Kunth) no Estado do Pará. Comunicado técnico no. 38. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 4 p.

_____ y Serrão, E. A. S. 1982. Introdução e avaliação de leguminosas forrageiras na região de Paragominas, Pará. Circular técnica no. 29. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 18 p.

_____ y _____ . 1983. Principais doenças associadas a leguminosas e gramíneas forrageiras cultivadas em ecosistemas de floresta da Amazônia Oriental brasileira. Comunicado técnico no. 37. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 4 p.

_____ y _____ . 1986. Avaliação da adaptação de leguminosas forrageiras tropicais na Amazônia Oriental brasileira. En: Memorias del primer Simpósio do Trópico Úmido, Belém, 1984. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. Vol. 5, Documentos, 36. p. 43-53.

Digitized by Google

do Nascimento, C. N. B. y Homma, A. K. O. 1984. Amazônia: meio ambiente e tecnologia agrícola. Documento no. 27. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 282 p.

Ducke, A. 1949. Notas sobre a flora neotrópica; II: As leguminosas da Amazônia brasileira. Boletín técnico no. 18. Instituto Agronômico do Norte (IAN), Belém, PA, Brasil. 248 p.

_____ y Black, G. A. 1954. Notas sobre a fitogeografia da Amazônia brasileira. Boletín técnico no. 29. IPEAN, Belém, PA, Brasil. p. 3-62.

EMBRAPA-CPATU. 1980. Projeto Melhoramento de Pastagem da Amazônia (PROPASTO); informe técnico 1976/79. Belém, PA, Brasil. 298 p.

Falesi, I. C. 1976. Ecosistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira. Boletín técnico no. 1. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. 193 p.

_____. 1986. Estado atual de conhecimento de solos da Amazônia brasileira. En: Memorias del primer Simpósio do Trópico Úmido, Belém, 1984. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. Vol. l, p. 168-91.

Gonçalves, C. A. [1986]. Adaptação de novos germoplasmas de leguminosas forrageiras em Porto Velho, RO, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. CIAT, Cali, Colombia. Vol. 1, p. 453-454.

_____; Medeiros, J. da C.; y Oliveira, J. R. da C.1982. Introdução e avaliação de gramíneas e leguminosas forrageiras em Rondônia. Boletín de investigación no. 1. EMBRAPA-UEPAE de Porto Velho, Porto Velho, RO, Brasil. 35 p.

_____ y Oliveira, J. R. da C. 1983. Adaptação de leguminosas forrageiras em Porto Velho (RO). Pesquisa em andamento no. 8. EMBRAPA-UEPAE de Porto Velho, Porto Velho, RO, Brasil. 3 p.

Huber, J. 1898. Materiais para a flora amazônica; I: Lista das plantas coligidas na Ilha de Marajó no ano de 1896. Bol. Mus. Para. Emílio Goeldi 2(1/4):288-321.

Lewis, G. P. 1987. Legumes of Bahia. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Reino Unido. 369 p.

Digitized by Google

Moreno R., M. A. y Pereira, J. M. 1983. Adaptación de gramíneas y leguminosas en Itabela, Bahía, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. CIAT, Cali, Colombia. p. 203-208.

_____ ; _____ ; y Cantarutti, R. B. [1986]. Adaptação de gramíneas e leguminosas forrageiras em Itabela, Bahia, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. CIAT, Cali, Colombia. Vol. 1, p. 429-437.

Noe-Dobrea, I. y Santos, O. C. 1979. Esboço de uma zonificação climática da bacia amazônica brasileira. Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia y Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia (SUDAM/PHCA), publicación PHCA no. 39. Belém, PA, Brasil. 254 p. (Mecanografiado.)

Paladines, O. y Lascano, C. E. (eds.). 1983. Germoplasma forrajero bajo pastoreo en pequeñas parcelas: Metodologías de evaluación; memorias de una reunión de trabajo celebrada en Cali, Colombia septiembre 1982. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). CIAT, Cali, Colombia. p. 183-201.

Pereira, J. M. y Moreno R., M. A. 1983. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Barrolândia, Bahía, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1979-1982; segunda reunión de la RIEPT, septiembre 1982. CIAT, Cali, Colombia. p. 183-201.

_____ ; _____ ; y Cantarutti, R. B. [1986]. Estabelecimento e produção de gramíneas e leguminosas em Itabela, Bahia, Brasil. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. CIAT, Cali, Colombia. Vol. 1, p. 455-458.

Pires, J. M. 1973. Tipos de vegetação da Amazônia. Publicações avulsas no. 20. Museu Paraense Emílio Goeldi, Belém, PA, Brasil. p. 170-202.

Salviano, L. M. C. 1981. Programa de melhoramento e manejo de pastagens. Documentos. Vol. 2, no. 4. PROPASTO de Nordeste, EMBRAPA, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Petrolina, PE, Brasil. 110 p.

Digitized by Google

Serrão, E. A. S. 1986a. Pastagens em área de floresta no trópico úmido brasileiro: conhecimentos atuais. En: Memorias del primer Simpósio do Trópico Úmido, Belém, 1984. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. Vol. 5, Documentos, 36. p. 146-181.

_____ . 1986b. Pastagens nativas do trópico úmido brasileiro: conhecimentos atuais. En: Memorias del primer Simpósio do Trópico Úmido, Belém, 1984. EMBRAPA-CPATU, Belém, PA, Brasil. Vol. 5, Documentos, 36. p. 183-205.

_____ ; Cruz, E. de S.; Simão Neto, M. S.; de Souza, G. F.; Bastos, J. B.; y Guimarães, M. C. de F. 1971. Resposta de três gramíneas (*Brachiaria decumbens* Stapf, *Brachiaria ruziziensis* Germain et Evrard e *Pennisetum purpureum* Schum.) a elementos fertilizantes em latossolo amarelo textura média. Serie fertilidade do solo, vol. 1, no. 2. IPEAN, Belém, PA, Brasil. 42 p.

_____ y de Conto, A. J. [1988]. Aspectos bio-sócio-econômicos relacionados as pastagens do trópico úmido amazonico brasileiro. En: La investigación en pastos dentro del contexto científico y socioeconómico de los países. Documento de trabajo de la Quinta Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, David, Chiriquí, Panamá, mayo 1987. CIAT, Cali, Colombia. p. 91-145. (Mecanografiado.)

_____ y Falesi, I. C. 1977. Pastagens do trópico úmido brasileiro. En: Memorias del cuarto Simpósio sobre Manejo de Pastagens, Piracicaba, 1977. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo (ESALQ), Piracicaba, SP, Brasil. p. 177-247.

_____ ; _____ ; da Veiga, J. B.; y Teixeira Neto, J. F. 1979. Productividad de praderas cultivadas en suelos de baja fertilidad de la Amazonia del Brasil. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. y (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. CIAT, Cali, Colombia. p. 211-243.

_____ y Simão Neto, M. S. 1975. The adaptation of tropical forages in the Amazon region. En: Doll, E. C. y Mott, G. O. (eds.). Proceedings of the Symposium on Tropical Forages in Livestock Production Systems, Las Vegas, Nevada, 1973. Special publication no. 24. American Society of Agronomy, Madison, WI, E.U. p. 31-52.

SUDAM (Superintendência do Desenvolvimento da Amazônia), Projeto de Hidrologia e Climatologia da Amazônia. 1984. Atlas climatológico da Amazônia brasileira. Publicación no. 39. Belém, PA, Brasil. 125 p.

Digitized by Google

Toledo, J. M. y Schultze-Kraft, R. 1982. Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales. En: Toledo, J. M. (ed.). Manual para la evaluación agronómica; Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. p. 91-110.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 547-574).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 18

Experiencia Regional con *Centrosema*: Sabanas de Brasil

D. Thomas y M. I. de O. Penteado*

Resumen

Centrosema es uno de varios géneros de leguminosas capaces de proporcionar especies productivas y adaptadas para el mejoramiento de pasturas en las sabanas tropicales bien drenadas del centro de Brasil conocidas como los "Cerrados." Gran parte de la literatura sobre *Centrosema* para los Cerrados se refiere a la evaluación de cultivares comerciales de *C. pubescens* en pruebas de maceta hechas en el invernadero, en surcos con plantas espaciadas, en pequeñas parcelas de leguminosa pura o de asociaciones gramínea-leguminosa bajo corte o en pastoreo, y en experimentos de pastoreo a gran escala en los que se mide el comportamiento animal.

Este documento trata de la adaptación de *C. pubescens* a factores climáticos, edáficos y bióticos. También informa sobre otras especies de *Centrosema*, en particular aquéllas evaluadas en los dos principales sitios de selección: Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, Distrito Federal; y Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Campo

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Gran Bretaña); y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Campo Grande, MS, Brasil, respectivamente.

Digitized by Google

Grande, Mato Grosso do Sul. Se mencionan brevemente algunos estudios regionales de evaluación hechos en otros sitios de los Cerrados, entre las latitudes 3° N y 22° S. Finalmente, se discuten las futuras prioridades de investigación para *C. pubescens* y un grupo de otras especies de *Centrosema*.

Introducción

Las sabanas tropicales bien drenadas del centro de Brasil (conocidas localmente como "Cerrados") ocupan cerca de 180 millones de hectáreas, un 21% del territorio nacional (Figura 1). Estas zonas han sido clasificadas como sabanas

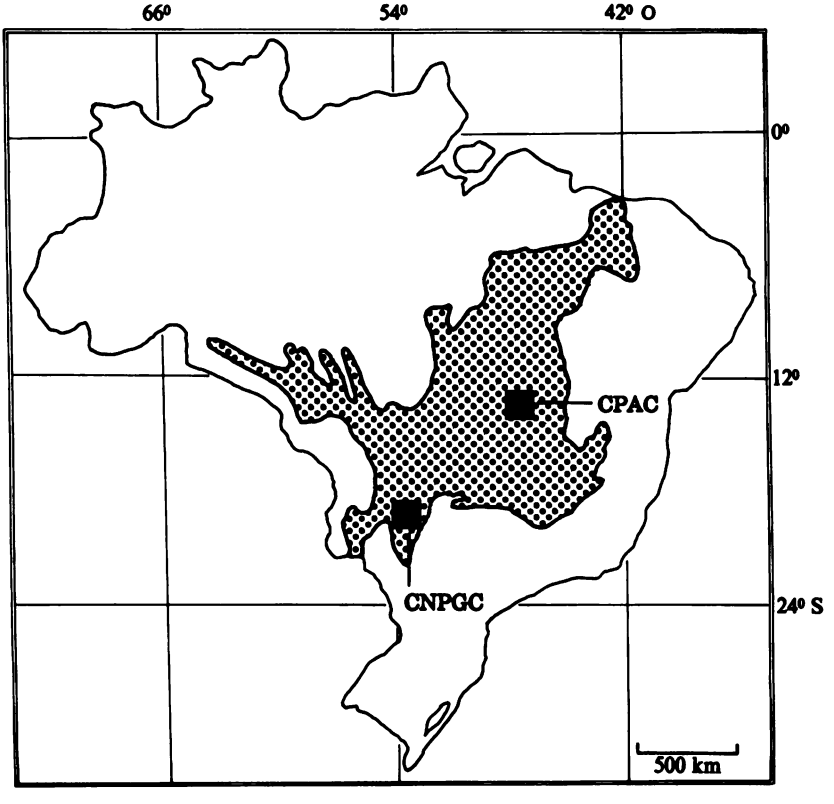


Figura 1. Localización de los Cerrados (área sombreada) en Brasil. (CPAC = ubicación del Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, Planaltina, DF; CNPGC = ubicación del Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, Campo Grande, MS.) (Tomada de Azevedo y Caser, 1980.)

Digitized by Google

isotérmicas por Cochrane et al. (1985) y la vegetación ha sido descrita por Eiten (1972). Los Cerrados se concentran principalmente en los estados de Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais y el Distrito Federal que rodea la ciudad capital de Brasilia. Casi el 40% de la población bovina brasileña se encuentra en esta zona, aunque el comportamiento de los animales es, en general, deficiente (Thomas et al., 1983). Sin embargo, el potencial de aumento de la producción animal, mediante una tecnología mejorada, es grande, y una opción económicamente atractiva para explotarlo son las pasturas a base de leguminosas. Varios géneros de leguminosas, entre ellos *Centrosema*, pueden proveer especies productivas y adaptadas que mejorarían las pasturas de los Cerrados. El género *Centrosema*, que según Williams y Clements (esta obra) comprende 35 especies de leguminosas tropicales herbáceas, está bien representado en Brasil (Costa et al., 1978; da Rocha et al., 1979; Reid, 1977; Schultze-Kraft et al., 1986).

A pesar de la diversidad genética que hay en este género, sólo *C. pubescens* ha obtenido importancia económica como planta forrajera y como cultivo de cobertura en plantaciones, sobre todo en Australia y en el Sudeste Asiático, respectivamente. Los cultivares comerciales de esta especie se han usado ampliamente en experimentación en el Estado de São Paulo, y muchos se han establecido en las fincas de ese estado en la década de los 60 y a principios de los 70. Aunque no hay estadísticas disponibles sobre su uso en la agricultura, es razonable suponer que *C. pubescens* no ha tenido un impacto cuantificable en la producción a nivel de finca. A causa del uso que se ha dado a esta especie en investigación, una buena parte de la literatura sobre el papel de *Centrosema* en los Cerrados se refiere a los cultivares comerciales de *C. pubescens*. Rara vez se hace mención de la fuente de semilla del cultivar comercial y se supone que, en la mayoría de los casos, se trata de "centro común" de Australia. Sin embargo, *C. pubescens* IRI 1282, que había sido recolectada en 1962 en el Estado de São Paulo, se estaba distribuyendo muy bien comercialmente en Brasil, según Shock et al. (1979). Hay además algunos ejemplos del uso que se ha dado al cultivar Deodoro. Este es una mezcla de accesiones que se originó en la Estação do Ministério de Agricultura de Deodoro, en el Estado de Rio de Janeiro (A. Serpa, comunicación personal). La semilla se multiplicó en Río de Janeiro y posteriormente se distribuyó a los productores sin que hubiera una liberación oficial.

Digitized by Google

La revisión hecha en este capítulo se ha dividido en dos partes: la primera se refiere a *C. pubescens* y la segunda a otras especies del género.

Centrosema pubescens

Aspectos generales

La literatura informa sobre los resultados de los siguientes ensayos: los de macetas en el invernadero, los de plantas espaciadas en surcos, los de parcelas pequeñas de leguminosas puras o de asociaciones de gramíneas y leguminosas bajo corte o pastoreo, y los de pastoreo a gran escala en los que se mide el comportamiento animal. *Centrosema pubescens* se ha sembrado a menudo en mezcla hasta con otras cuatro leguminosas. Obviamente, en estos ensayos era imposible determinar la contribución precisa de esta especie a la productividad de la mezcla.

En sólo dos sitios se evaluó un número significativo de accesiones en ensayos preliminares de campo hechos en parcelas pequeñas. Estos fueron el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), próximo a Brasilia, en el Distrito Federal, y el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Campo Grande, Mato Grosso do Sul. Ambos centros pertenecen a la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). En el Cuadro 1 se presentan los datos climáticos de estos dos importantes sitios de evaluación, junto con los datos de la Estação Central do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Estado de São Paulo, donde se ha realizado un considerable trabajo experimental con los cultivares comerciales.

En CPAC se probaron 19 accesiones (Thomas, 1985) y en CNPGC 24 (Porzecanski et al., 1979). Más recientemente, Penteado (1986) ha evaluado 15 accesiones de *C. pubescens* en el CNPGC, de un número total de 82 accesiones. Una colección de 51 accesiones de esta especie existió también en el Instituto de Pesquisas IRI, Matão, Estado de São Paulo (Shock et al., 1979). Sin embargo, no parece haber ningún dato disponible sobre la evaluación hecha en este sitio.

Digitized by Google

Cuadro 1. Datos climáticos de tres sitios en que se hizo investigación sobre *Centrosema* en Brasil.

Localidad	Latitud	Longitud	Altitud (m)	Precipitación anual prom. (mm)	Temp. anual prom. (°C)	Riesgo de heladas
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC), Planaltina, DF	15°36' S	47°42' O	1170	1570 (90% octubre a marzo)	21.3	No
Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), Campo Grande, MS	20°27' S	54°40' O	530	1000 (75% octubre a marzo)	22.4	Sí
Estação Central do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, SP	22°42' S	47°18' O	550	1580 (70% octubre a marzo)	21.9	Sí

FUENTE: Thomas, 1985.

Digitized by Google

Adaptación al clima

La mayor parte de los Cerrados queda entre las latitudes 6° y 20° S, aunque hay pequeñas zonas de este ecosistema más allá de esos paralelos. La altitud varía desde el nivel del mar hasta 900 m, y la precipitación total anual está entre 1000 y 2000 mm. La estación seca dura de 5 a 7 meses (Thomas, 1985). La distribución de la precipitación se caracteriza por épocas húmedas y secas definidas; un 80% de la precipitación total se presenta entre noviembre y abril. Sequías cortas ocurren comúnmente durante la estación húmeda. Las temperaturas anuales varían, en general, entre 18 y 20 °C (de Azevedo y Caser, 1980), con heladas periódicas en la zona meridional de Mato Grosso do Sul, de São Paulo y de Minas Gerais.

Centrosema pubescens comercial es una leguminosa apta para las zonas tropicales húmedas; prospera, pues, en áreas que reciben más de 1250 mm de precipitación anual (Humphreys, 1980). Rara vez se ha adaptado bien a zonas que reciben menos de 1000 mm de precipitación. *Centrosema pubescens* parece haber sido probado en la mitad meridional de los Cerrados, entre las latitudes 15° y 23° S. Muchos de los informes sobre *C. pubescens* comercial provienen de la Estação Central do Instituto de Zootecnia, Nova Odessa, Estado de São Paulo. Aunque la precipitación en la mayoría de los sitios experimentales, en cualquier año, varió de 989 a 1871 mm, la precipitación promedio durante varios años excedió generalmente los 1200 mm. En estas condiciones se espera que *C. pubescens* crezca bien cuando no la afecten otras limitaciones. En latitudes meridionales, como en el Estado de São Paulo, la precipitación que ocurre fuera de la época lluviosa puede llegar al 15%, o aun más, del total anual. En consecuencia, *C. pubescens* manifiesta mayor tolerancia a la época seca en esas áreas que en sitios donde sólo hay pequeñas precipitaciones fuera de la época, como en el Distrito Federal a una latitud de 15°35' S (Thomas, 1985).

Las temperaturas máxima y mínima, en promedio, varían de 33.2 a 6.9 °C. En el Estado de São Paulo se han registrado temperaturas hasta de -2.8 °C durante períodos cortos en la época invernal. Se ha observado que las heladas causan daño a *C. pubescens* en Mato Grosso do Sul, São Paulo y Minas Gerais (Porzecanski et al., 1979; de Andrade, 1980; Paulino et al., 1981; M. I. de O. Penteado, información no publicada; y N. M. S. Costa, comunicación personal). Sin embargo, Porzecanski et al. (1979)

Digitized by Google

han demostrado que hay variación en la tolerancia al frío dentro de esta especie.

Adaptación a las condiciones edáficas

Los suelos de los Cerrados y sus características han sido descritos por Goedert (1983) y por Cochrane et al. (1985). Los Oxisoles cubren más del 50% de ese ecosistema; los demás son principalmente Entisoles, Inceptisoles y Ultisoles. Los Latosoles Rojo-Amarillos y los Latosoles Rojo-Oscuros, la mayoría del suborden Ustox (Oxisoles), han sido preferidos para la agricultura y cubren el 52% de los Cerrados (EMBRAPA-CPAC, 1976). Las arenas cuarcíticas del suborden Psamments (Entisoles) ocupan un 20% de la región y tienen probabilidades de adquirir más importancia en la agricultura en el futuro. Los Podzólicos Rojo-Amarillos (Ultisoles) se hallan en un 5% de los Cerrados y tienen cierta importancia en el Estado de São Paulo.

Existen también en el Estado de São Paulo otros tipos de suelo mucho más fértiles que aquellos generalmente asociados con la región de los Cerrados. Sin embargo, en este capítulo no se han incluido datos de estos sitios. La mayoría de estos suelos son profundos y bien drenados, y tienen baja capacidad de retención de humedad. Tanto la toxicidad del suelo como las deficiencias de nutrimentos son problemas prioritarios. La capacidad efectiva de intercambio de cationes es baja y la saturación de aluminio es a menudo superior al 50%. El fósforo es el nutrimento más deficiente, pero también hay bajos niveles de nitrógeno, potasio, azufre, calcio, magnesio y zinc. En el Cuadro 2 se presentan datos sobre las características de los suelos de los Cerrados en que se hicieron los estudios con *C. pubescens*.

Se han hecho varias pruebas de fertilización con *C. pubescens* en los Cerrados y un resumen de los resultados se presenta en el Cuadro 3. Con cal, fósforo, potasio, azufre y micronutrimentos se han obtenido diversas respuestas en los suelos de los Cerrados respecto al rendimiento de materia seca, producción de nitrógeno y nodulación. En el caso de la cal, no está claro si se obtuvo una respuesta al calcio o a la neutralización del aluminio libre en el suelo, o a ambos. En la mayoría de las pruebas con micronutrimentos se aplicaron mezclas; sin embargo, se han obtenido respuestas al boro y al molibdeno suministrados

Digitized by Google

individualmente (Soares y Vargas, 1974; y Couto y Sanzonowics, 1983).

Poco se duda, al parecer, de que en las zonas donde la precipitación anual supera los 1000 mm, las principales limitaciones del crecimiento de los cultivares comerciales de *C. pubescens* son las condiciones edáficas. Se deben aplicar apreciables cantidades de cal y de nutrimentos para lograr que estas plantas se establezcan y persistan en suelos ácidos e infértiles. Sin embargo, las nuevas accesiones evaluadas por Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985) han resultado notablemente variables con respecto a esta característica, aunque ninguna de ellas fue recolectada en sitios de suelo ácido. Observaciones similares han hecho Porzecanski et al. (1979), Penteado (1986) y N. M. S. Costa (comunicación personal). Como Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985) han declarado, los cultivares comerciales no dan una gran idea de la diversidad de la especie con respecto a los factores edáficos.

Cuadro 2. Características de los suelos representativos de los Cerrados, Brasil, en los cuales se hicieron los estudios con *Centrosema pubescens*.

Tipo de suelo	pH	P (ppm)	K (ppm)	Al (meq/100 g)	Ca + Mg (meq/100 g)	Fuente
Latosoles Rojo-Amarillos	4.7-5.2	1-3	21-79	0.4-2.1	0.2-1.3	Ghisi et al., 1982 Paulino et al.,1981 Soares y Vargas, 1974 Vargas y Suhet, 1981 de Vasconcelos et al., 1974
Latosoles Rojo-Oscuros	4.2-5.3	1-2	25-82	0.5-1.2	0.3-3.3	de Carvalho et al., 1971 Ghisi et al., 1982 Paulino et al., 1981 Porzecanski et al., 1979 Soares y Vargas, 1974
Arenas Cuarcíticas	4.5-4.8	2	15	0.8-0.9	0.2-0.3	Ghisi et al., 1982 Paulino et al., 1981
Podzólicos Rojo-Amarillos	4.6-5.0	1-2	21-38	0.8	0.2-0.3	Ghisi et al., 1982 Paulino et al., 1981

Digitized by Google

Cuadro 3. Resumen de resultados obtenidos en experimentos de fertilización con *Centrosema pubescens* en Brasil.

Tipo de prueba	Tipo de suelo[a]	Cal o nutrimento	Respuestas de la planta	Fuente
Invernadero y campo	LVE y LVA	Cal	Aumentos en rendimiento de MS, rendimiento de N, fijación de N_2 y nodulación	de França y de Carvalho, 1970 Soares y Vargas, 1974 Vargas y Suhet, 1981
Invernadero	LVE y LVA	Fósforo	Aumentos en rendimiento de MS, rendimiento de N y peso de nódulos	Couto y Sanzonowics, 1983 de Carvalho et al., 1971 de França y de Carvalho, 1970 Werner y de Mattos, 1972
Campo	PVA	Potasio	Aumentos en producción de MS y rendimiento de proteína pura. En pastos puros y mezclados con *Panicum maximum* y *Melinis minutiflora*. Superó a *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro y a *Neonotonia wightii*	Monteiro et al., 1980 Werner et al., 1983
Invernadero	LVE y LVA	Azufre	Respuestas variables. Aumento en rendimiento de MS y en contenidos de N y S. En una prueba no afectó el rendimiento de MS ni la fijación de N_2	Couto y Sanzonowics, 1983 de França y de Carvalho, 1970 Jones y Quagliato, 1970
Invernadero y campo	LVE y LVA	Micronutrimentos	Aumentos en rendimiento de MS y proteína. En los ensayos se aplicaron mezclas de 2 a 5 micronutrimentos	Couto y Sanzonowics, 1983 de Franca y de Carvalho, 1970 Soares y Vargas, 1974 Werner et al., 1983

a. LVE = Latosol Vermelho Escuro (Latosol Rojo-Oscuro).
LVA = Latosol Vermelho Amarelo (Latosol Rojo-Amarillo).
PVA = Podzólico Vermelho Amarelo (Podzólico Rojo-Amarillo).

Digitized by Google

Adaptación a factores bióticos

No hay evidencia de que los cultivares comerciales sean seriamente atacados por enfermedades o plagas en los Cerrados. Sin embargo, Thomas (1985) ha observado en CPAC que otras accesiones de *C. pubescens* han mostrado susceptibilidad a la mancha foliar causada por *Cercospora* spp., a la antracnosis y al complejo *Phoma-Rhizoctonia*. El micoplasma de hoja pequeña también fue observado en esta localidad (J. M. Lenné, comunicación personal). Los problemas de enfermedades y plagas de *Centrosema* han sido tratados más detalladamente por Lenné et al., esta obra.

Evaluación agronómica

El rendimiento de materia seca de *C. pubescens*, cultivado con gramíneas acompañantes o sin ellas, se presenta en el Cuadro 4. Los ensayos más cortos duraron 1 año, y los más largos 3 años, y la especie fue pastoreada en un solo experimento (Andrade y Ferreira, 1981). Los rendimientos difirieron considerablemente y, como se había previsto, fueron generalmente mayores en las siembras puras de la leguminosa. *Centrosema pubescens* superó en todos los casos a *Stylosanthes humilis*, pero su comportamiento, comparado con el de otras leguminosas, varió con la prueba. En el CPAC, Thomas y de Andrade (1984) observaron que el cultivar comercial desapareció en el segundo año de un experimento bajo un régimen de pastoreo pesado e intermitente, tanto con *Brachiaria decumbens* como con *Andropogon gayanus*. El suelo era un Latosol Rojo Oscuro, con un pH de 4.5, con bajo contenido de fósforo y alta saturación de aluminio. La especie parece ser más compatible con gramíneas macolladas que con gramíneas postradas (Pedreira et al., 1975) y se asocia particularmente bien con *Panicum maximum* (de Mattos et al., 1978).

Producción animal

Los datos obtenidos se refieren solamente a ganancias de peso vivo. En 13 de los 15 ensayos se sembró más de una leguminosa con *C. pubescens*. En consecuencia, no fue posible separar la contribución que hacían al comportamiento animal ésta y las otras leguminosas, en la mayoría de los experimentos, y además, no

Digitized by Google

Cuadro 4. Rendimiento de materia seca de *Centrosema pubescens* en ensayos en que la leguminosa se cultivó con una gramínea o sin ella, en Brasil.

Estado (y fuente)	Tipo de suelo[a]	Precip. anual (mm)	Duración del ensayo (meses)	Rendimiento anual de MS (kg/ha)	Observaciones
Cultivos puros					
Minas Gerais (de Vasconcelos et al., 1974)	LVA	1443	12	4501	2 cortes. Aplicación de N, P y K. Rendimiento igual a *Neonotonia wightii*, *Calopogonium mucunoides* y *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro, pero cerca de 50% menos MS que *Stylosanthes guianensis*.
São Paulo (de Mattos y Werner, 1975)	PVA	1222	36	4314	5 cortes. Promedio de 3 años. P, K y micronutrimentos aplicados. Superó a *N. wightii*, *S. guianensis* y *M. atropurpureum* cv. Siratro, pero no a *Galactia striata*.
Minas Gerais (Andrade, 1981)	—	1200	24	2737	2 cortes. Promedio de 2 años. N, P, K y micronutrimentos aplicados. Superó a *N. wightii* y *S. humilis*, pero no a *G. striata*, *S. guianensis* o a *M. atropurpureum* cv. Siratro.
Minas Gerais (Pizarro y Carvalho, 1981)	LVE	—	12	2186	1 corte. Aplicación de P. Superó a *G. striata* y *Centrosema vexillatum*, pero no a *M. atropurpureum* cv. Siratro.
São Paulo (Paulino et al., 1983)	PVA	—	36	8330	5 cortes. Promedio 2 años. P, K y Mo aplicados. Menos MS que *N. wightii* o *M. atropurpureum* cv. Siratro.

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 4. Continuación.

Estado (y fuente)	Tipo de suelo[a]	Precip. anual (mm)	Duración del ensayo (meses)	Rendimiento anual de MS (kg/ha)	Observaciones
Asociaciones					
São Paulo (de Mattos y Werner, 1979)	PVA	1222	36	2153	Con *Panicum maximum*. 5 cortes. Promedio de 3 años. P, K y micronutrimentos aplicados. Superó a *N. wightii*, *S. guianensis* y *M. atropurpureum* cv. Siratro, pero no a *G. striata*. Contenido de leguminosa 27%-48%.
Minas Gerais (Andrade y Ferreira, 1981)	—	1250	30	891	Con *Hyparrhenia rufa* y *Melinis minutiflora*. 2 cortes. Resultados de 1 año. N, P, K y micronutrimentos aplicados. Pastoreado después de cortes. Superó a *S. humilis*, pero no a *S. guianensis*, Contenido de leguminosa 23%.
São Paulo (Paulino et al., 1983)	PVA	—	36	2233	Con *P. maximum*. 5 cortes. P, K y Mo aplicados. Menos MS que *N. wightii* o *M. atropurpureum* cv. Siratro. Contenido de leguminosa 3%-25%.

a. LVA = Latosol Rojo-Amarillo; PVA = Podzólico Rojo-Amarillo; LVE = Latosol Rojo-Oscuro. Ver nota a. en el Cuadro 3.

Digitized by Google

había datos sobre la composición botánica de la pastura. Los resultados de los ensayos en que se evaluó *C. pubescens* individualmente o sólo con otra leguminosa se presentan en el Cuadro 5. Los ensayos en que se evaluó *C. pubescens* con dos o más leguminosas se hallan en los trabajos de Andrade y Campos (1979), Lourenço et al. (1978, 1979 y 1980), Pedreira et al. (1975), Sartini et al. (1980) y Vilela et al. (1977b).

Todos los experimentos fueron de corta duración y sólo dos duraron 3 años. En algunos ensayos se informó de ganancias de peso animal sólo durante parte del año, por ejemplo en la época seca. El comportamiento animal fue muy variable y se observaron efectos de la carga animal y, en un caso, del sistema de pastoreo. Aunque la corta duración de los ensayos limita su valor, las pasturas en que se mezclaban gramíneas y leguminosas siempre dieron mayores ganancias que aquéllas sin leguminosa. El aumento de peso por hectárea también varió enormemente: de 40 a 612 kg en pasturas mezcladas y de 39 a 531 kg en los testigos de gramínea pura.

Otras Especies de *Centrosema*

Aspectos generales

Hace pocos años, el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) adquirió una gran colección de especies de *Centrosema* que, a finales de 1986, comprendía 1930 introducciones (R. Schultze-Kraft, comunicación personal). En su mayor parte, este es el resultado de una intensa recolección de plantas, hecha en colaboración con instituciones nacionales de América tropical. Sin embargo, parece que, hasta el momento, la evaluación de un número significativo de accesiones en parcelas pequeñas se ha realizado sólo en dos sitios de los Cerrados de Brasil: CPAC en el Distrito Federal y CNPGC en Mato Grosso do Sul (Cuadro 6). Se están haciendo también algunos ensayos de pastoreo en parcelas pequeñas en esas localidades. Además, hay una colección de 95 accesiones de *Centrosema* spp., es decir, *C. arenarium* (1), *C. arenicola* (1), *C. brasilianum* (17), *C. pascuorum* (7), *C. plumieri* (13), *C. sagittatum* (4), *C. schottii* (7) y *C. virginianum* (45) y 71 accesiones de especies de *Centrosema* aún no definidas en el Instituto de Pesquisas IRI, Matão, en el Estado de São Paulo

Digitized by Google

Cuadro 5. Comportamiento animal en pasturas que contienen *Centrosema pubescens*, en Brasil.

Estado (y fuente)	Asociación de gramínea y leguminosa	Aumento diario de peso (g/cabeza)		Observaciones
São Paulo (Sartini et al., 1975)	*Melinis minutiflora* con *C. pubescens*	161-336 641-757	(1er. año) (2o. año)	Ensayo de 412 días. Carga: 0.6, 1.2 y 1.8 animales/ha. Pastoreo rotatorio.
Goiás (Primo et al., 1977)	*Panicum maximum* var. *trichoglume* con *C. pubescens* y *Stylosanthes guianensis*	500 300	(gram.-legum.) (gram. sola)	Ensayo de 367 días. Carga: 2.8 y, en *Hyparrhenia rufa* (testigo), 1.5 animales/ha. Pastoreo continuo. 29% *C. pubescens* y 3% *S. guianensis*.
Goiás (Rolón et al., 1977b)	*P. maximum* cv. Colonião con *C. pubescens*, y *Neonotonia wightii*	370 270	(rotatorio) (continuo)	Ensayo de 290 días. Carga: 2.8 (continuo) y 3.6 (rotatorio) animales/ha. 9% *C. pubescens* y 1% *N. wightii*.
Goiás (Rolón et al., 1977a)	*P. maximum* cv. Colonião con *C. pubescens* y *Calopogonium mucunoides*	300 190	(gram.-legum.) (gram. sola)	Ensayo de 166 días. Carga: 1.8 y 1.2 animales/ha en la asociación y el testigo, respectivamente. Pastoreo continuo. 52% *C. mucunoides* y 10% *C. pubescens*.
Minas Gerais (Vilela et al., 1977a)	*B. decumbens* con *C. pubescens* y *Leucaena leucocephala*	546 397	(gram.-legum.) (gram. sola)	Ensayo de 112 días (época seca). 1.25 UA/ha (1 UA = 1 unidad animal = 400 kg). Pastoreo continuo.
São Paulo (Sartini et al., 1979)	*M. minutiflora* con *C. pubescens*	444-682 306-400	(época húmeda) (período total)	Ensayo de 980 días. Carga: 0.8, 1.6 y 2.4 animales/ha. Pastoreo rotatorio.
São Paulo (Favoretto et al., 1983)	*P. maximum* cv. Colonião con *C. pubescens* y *N. wightii*	680-730 570-670	(gram.-legum.) (gram. sola)	Ensayo de 480 días. Carga: 1.5 y 2.0 animales/ha. Pastoreo continuo.
Minas Gerais (Vilela et al., 1983)	*B. decumbens* con *C. pubescens* y *N. wightii*	390 210	(gram.-legum.) (gram. sola)	Ensayo de 112 días (época seca). Carga: 1.96 y 1.90 UA/ha. Pastoreo continuo. 8% *C. pubescens* y 12% *N. wightii*.

Digitized by Google

Cuadro 6. Colecciones de especies distintas de *Centrosema pubescens* evaluadas en el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) y en el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC), en Brasil.

CPAC, Planaltina, DF		CNPGC, Campo Grande, MS			
Especie	No. de accesiones evaluadas	Especie	No. de accesiones evaluadas	Especie	No. de accesiones evaluadas
C. brasilianum	158	*Centrosema* especies (no identif.)	86	*C. brachypodum*	2
C. macrocarpum	58	*C. virginianum*	33	*C. grandiflorum*	2
C. acutifolium	7	*C. acutifolium*	19	*C. schiedeanum*	2
C. grazielae	3	*C. brasilianum*	16	*C. carajasense*	1
C. arenarium	2	*C. macrocarpum*	14	*C. platycarpum*	1
C. virginianum	2	*C. plumieri*	13	*C. sagittatum*	1
C. bifidum	1	*C. pascuorum*	10	*C. tetragonolobum*	1
C. plumieri	1	*C. grazielae*	9	*C. venosum*	1
C. sagittatum	1	*C. schottii*	7	*C. vexillatum*	1
C. schiedeanum	1	*C. arenarium*	3		
Total	234				222

FUENTES: M. I. de O. Penteado, información no publicada; Thomas, 1985.

(Shock et al., 1979). Aparentemente, no hay datos disponibles sobre el comportamiento de estas accesiones.

Evaluación en el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC)

Además de las 234 accesiones del Cuadro 6, 107 híbridos de *C. pubescens* y *C. macrocarpum* han sido evaluados (E. M. Hutton y F. B. de Sousa, comunicación personal). En particular, dos especies, o sea, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum*, han mostrado buena adaptación a varias condiciones climáticas y edáficas (Thomas, 1985).

Las introducciones de *C. brasilianum* fueron muy vigorosas y colonizaron rápidamente las parcelas. La mayoría de las accesiones se clasificó de floración tardía (de abril en adelante) en esta latitud (15°36' S). El potencial de producción de semilla de esta especie fue alto, pero su tolerancia a la época seca fue moderada y se registró en ella cierta defoliación. Sus principales limitaciones fueron las enfermedades: el añublo foliar por *Rhizoctonia* (AFR) fue la más grave y causó fuerte defoliación en las accesiones altamente susceptibles. Ninguna accesión fue

Digitized by Google

resistente a la enfermedad, aunque algunas mostraron buena tolerancia. Otras enfermedades observadas en la especie fueron la mancha foliar por *Phoma*, la mancha foliar por *Pseudocercospora* y el micoplasma de hoja pequeña (J. M. Lenné, comunicación personal). Tres accesiones, BRA-006025 (CIAT 5234), BRA-003662 (CIAT 5523) y BRA-006254 (CIAT 5824), se hallan actualmente bajo pastoreo intermitente en parcelas pequeñas asociadas con *Andropogon gayanus* cv. Planaltina y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú.

Las introducciones de *C. macrocarpum* han mostrado un excelente vigor vegetativo y buena tolerancia a la estación seca. Una accesión, CIAT 5065, respondió bien al fósforo aplicado en cantidades hasta de 100 kg/ha (Figura 2), aunque se adaptó bien a los suelos ácidos e infértiles. En cambio, las accesiones de *Zornia brasiliensis*, de *Stylosanthes macrocephala* y de *S. capitata* respondieron mucho menos al fósforo y produjeron menos materia seca. Esta flexibilidad de respuesta es de importancia en los Cerrados, donde los pastos siguen a menudo a los cultivos anuales; en consecuencia, la fertilidad residual del suelo puede ser

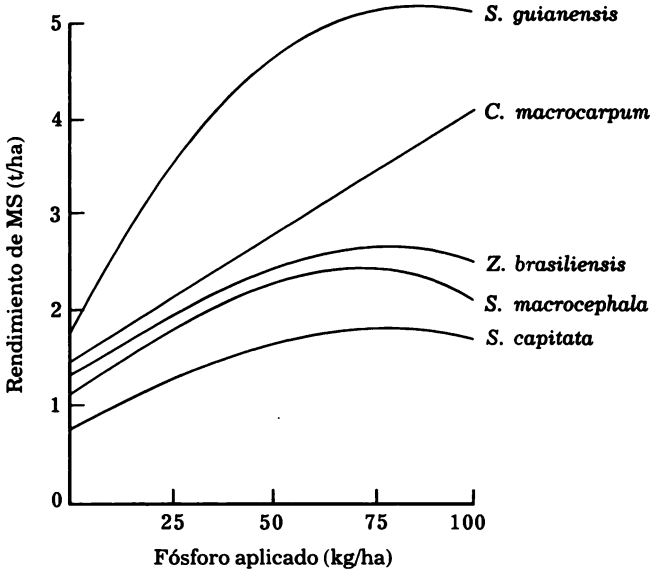


Figura 2. Respuesta de cinco leguminosas a la aplicación de fósforo en un Oxisol del Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. (Tomada de Couto, 1985.)

Digitized by Google

relativamente alta cuando se establece la pastura. Las especies que pueden responder a esta mayor fertilidad del suelo son, por ello, útiles. Aunque la antracnosis, la mancha foliar por *Cercospora*, el AFR, la mancha foliar por *Phoma*, la "muerte descendente" (*Cylindrocladium* sp.), y el micoplasma de hoja pequeña han sido observadas en varias accesiones (J. M. Lenné, comunicación personal), las enfermedades de esta especie no parecen ser una limitación tan importante como lo son para *C. brasilianum*. No cabe duda de que los problemas de floración y de producción de semilla han limitado el potencial de las introducciones existentes en la región. Los tipos no estoloníferos, como CIAT 5065, que no producen semilla como mecanismo alterno de persistencia, desaparecen rápidamente con el pastoreo (D. Thomas y R. P. de Andrade, información no publicada). Considerando los resultados preliminares de los ensayos regionales de evaluación en América tropical, Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985) sugieren que *C. macrocarpum* tendría más potencial en los ecosistemas de bosque. En los Cerrados, los híbridos de *C. macrocarpum* x *C. pubescens* (Hutton, 1985), que tienen un alto potencial de producción de semilla (CIAT, 1984), pueden ser más promisorios cuando son resistentes a las enfermedades.

En las sabanas colombianas (Llanos Orientales), unas pocas accesiones (especialmente CIAT 5277) de *C. acutifolium* se consideran promisorias. Se ensayaron varias accesiones, incluyendo en ellas a CIAT 5277, en CPAC pero no mostraron el mismo potencial que en Colombia. El menor vigor o el bajo rendimiento de semilla—o ambos fenómenos—se relacionaron, probablemente, con la falta de adaptación a una época seca más larga, como ocurre en el CPAC.

Evaluación en el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC)

La colección total de *Centrosema* de esta institución comprende 326 accesiones. Cuando se excluyen los híbridos y los tipos de *C. pubescens*, la colección consiste en 222 introducciones (Cuadro 6). Según Penteado (1986), cerca de 200 accesiones están actualmente en evaluación o en incremento de semilla. Casi el 40% de esta colección consta de especies no identificadas; no obstante, se intenta resolver los problemas taxonómicos e identificar este número considerable de especies de *Centrosema*. Algunas han sido

Digitized by Google

nombradas recientemente como *C. acutifolium*. Aunque la colección es variable, muchas especies, como *C. pascuorum*, *C. plumieri*, *C. sagittatum*, *C. schottii* y *C. virginianum* son conocidas por su exigua adaptación a los suelos ácidos e infértiles. Estas especies provienen, generalmente, de suelos más fértiles cuyo pH es mayor de 5.5 y donde no hay, en consecuencia, estrés de aluminio (Schultze-Kraft y Keller-Grein, 1985).

Se han evaluado 30 accesiones más detalladamente en parcelas pequeñas. Son 23 accesiones de *C. acutifolium* y de otras especies de *Centrosema* sin denominación, junto con una accesión de cada una de las siguientes especies: *C. macrocarpum*, *C. vexillatum*, *C. brasilianum*, *C. plumieri*, *C. sagittatum* y *C. schottii* (M. I. de Penteado, información no publicada). Partiendo de caracteres como rendimiento de materia seca, vigor, potencial de rebrote, floración, tolerancia a la época seca y tolerancia al frío, así como de las plagas, las enfermedades y la morfología, se seleccionaron cuatro accesiones de *C. acutifolium* que se consideraban superiores, y fueron, en efecto, notablemente más productivas que los testigos comerciales. Estas accesiones son similares a *C. acutifolium* GC 350 (CIAT 15532), la cual se encuentra en pruebas avanzadas en el CNPGC; la accesión creció bien en el CPAC pero no floreció. Otras 30 accesiones se han establecido en asociación con *Brachiaria decumbens*, *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha* cv. Marandú para estudios de pastoreo.

Evaluación regional

Se han incluido especies de *Centrosema* en ensayos de evaluación regional, en una gran variedad de condiciones ambientales en los Cerrados (Cuadro 7). Desafortunadamente, tanto las especies como los ensayos han sido muy pocos en número y no permiten definir con precisión los límites de adaptación y el potencial de las diversas especies de *Centrosema*. En general, el comportamiento de *C. macrocarpum* y de *C. acutifolium* ha sido malo si se compara con el de las especies de *Stylosanthes*. Las excepciones han sido *C. acutifolium* GC 350 (CIAT 15532) en Amarante (Piauí) y Campo Grande (Mato Grosso do Sul), *C. acutifolium* GO 300 (CIAT 5609) en Goiânia (Goiás), y *C. macrocarpum* CIAT 5065 en Goiânia (Goiás) y en Sete Lagoas (Minas Gerais). Sin embargo, en cada sitio hubo problemas de

Digitized by Google

Cuadro 7. Sitios de los Cerrados de Brasil en que se han realizado ensayos regionales para evaluar especies diferentes de *C. pubescens*.

Localidad (Estado o territorio)	Año del establecimiento	Latitud	Altitud (m)	Precipitación (mm/año)	Tipo de suelo[a]	Especie	No. de accesiones evaluadas
Boa Vista (Roraima)	1983	3°15' N	90	1740	LA	*C. macrocarpum*	1
Macapá (Amapá)	1983	0° 3' N	15	2500	LVA	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	2
Amarante (Piauí)	1983	8°12' S	210	900	LVA	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	2
Barreiras (Bahía)	1982 y 1984	11°50' S	600	1214	LVA	*C. macrocarpum*	1
						C. brasilianum	3
						Centrosema híbridos	3
Vilhena (Rondônia)	1983	12°44' S	600	2000	LVA	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	1
Planaltina (Distrito Federal)	1982	15°36' S	1170	1570	LVA	*C. macrocarpum*	1
Jaciara (Mato Grosso)	1983	15°36' S	219	1700	LVE	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	2
Goiânia (Goiás)	1983	16°41' S	730	1443	LVE	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	3
Jataí (Goiás)	1980	17°53' S	670	1650	LVE	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	2
						C. brasilianum	2
Capinópolis (Minas Gerais)	1983	18°41' S	621	1542	LVE	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	1

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 7. Continuación.

Localidad (Estado o territorio)	Año del establecimiento	Latitud	Altitud (m)	Precipitación (mm/año)	Tipo de suelo[a]	Especie	No. de accesiones evaluadas
Felixlândia (Minas Gerais)	1983	18°45' S	614	1235	LVA	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	1
Sete Lagoas (Minas Gerais)	—	19°28' S	740	1400	LVA	*C. macrocarpum*	2
						C. acutifolium	1
						C. brasilianum	1
Campo Grande (Mato Grosso do Sul)	1982	20°27' S	530	1600	AC	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	2
São Carlos (São Paulo)	1983	22°01' S	854	1495	LVA	*C. macrocarpum*	1
						C. acutifolium	2

a. LA = Latosol Amarillo (Latosol Amarelo); LVA = Latosol Rojo-Amarillo; LVE = Latosol Rojo-Oscuro; AC = Arena cuarcítica. Ver nota a. en el Cuadro 3.

FUENTE: RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), información no publicada.

Digitized by Google

floración y de producción de semilla. Tal como se observó en el CPAC, las plantas mostraron síntomas de la mancha foliar causada por *Phoma* y por *Cercospora*, en muchas localidades. En Sete Lagoas, *C. brasilianum* y *C. pubescens* fueron atacadas también por el AFR. Hubo daño causado por heladas en Campo Grande, Mato Grosso do Sul (M. I. de O. Penteado, información no publicada).

Investigaciones Futuras

Centrosema pubescens

Centrosema pubescens es una leguminosa importante, con un alto valor nutritivo y con buen potencial para alcanzar altos rendimientos de semilla. Esta última característica, junto con su hábito estolonífero, permiten que la especie persista bien bajo pastoreo. Desafortunadamente, no se puede expresar el potencial de los cultivares comerciales en los suelos ácidos e infértiles porque no están adaptados a éstos. Schultze-Kraft y Keller-Grein (1985) y otros investigadores han demostrado que hay variación en la adaptación a los suelos ácidos dentro de esta especie. Actualmente existe una gran colección de *C. pubescens* en el banco de germoplasma del CIAT, la cual se debe evaluar sistemáticamente en diferentes sitios. Un enfoque alternativo ha sido el mejoramiento genético de la especie. Se han obtenido híbridos entre *C. pubescens* y *C. macrocarpum* que combinan la tolerancia a los suelos ácidos con un alto potencial de producción de semilla (CIAT, 1984). Estos híbridos requieren ahora más pruebas en un rango más amplio de condiciones ambientales de la región, y deben ser sometidos a defoliación, de preferencia en condiciones de pastoreo. De especial interés es la resistencia de esos híbridos a enfermedades como la mancha foliar por *Phoma* y el AFR.

Otras especies de *Centrosema*

El trabajo de evaluación de otras especies del género está en sus comienzos, y se debe extender a un mayor rango de ambientes dentro de los Cerrados. La red de ensayos regionales ya está operando en Brasil; fue organizada conjuntamente por EMBRAPA y CIAT, y es un vehículo ideal para este fin. Como se indicó

Digitized by Google

anteriormente, *C. macrocarpum* puede tener más potencial para los ecosistemas forestales. Por lo tanto, se deben dedicar mayores esfuerzos a los híbridos obtenidos con *C. pubescens*. Se requieren accesiones de *C. brasilianum* productivas y resistentes al AFR; hay además escasez de información sobre los efectos de la defoliación y del pastoreo. Se han ensayado relativamente pocas introducciones de esta especie en el CNPGC, por lo cual es deseable aumentar el número de accesiones en este sitio principal de evaluación y en otras localidades de la región.

Centrosema acutifolium no se ha considerado promisorio en los Cerrados, aunque sí lo fue en los Llanos de Colombia; sin embargo, sólo se probaron unas pocas introducciones. Hay razones para ensayar la colección completa de *C. acutifolium* en diferentes sitios de los Cerrados. De las muchas otras especies de *Centrosema*, sólo unas pocas han sido probadas y el número de introducciones ha sido pequeño. Sería conveniente aumentar el germoplasma de estas otras especies, por ejemplo, de *C. arenarium*. Las pocas accesiones probadas hasta el presente indican que la especie es vigorosa en suelos ácidos e infértiles, y tiene buena resistencia a las enfermedades. Además, posee un hábito de crecimiento que difiere del que tiene la mayor parte de las otras especies de *Centrosema*. Dado que su distribución parece restringirse a Brasil (Schultze-Kraft et al., esta obra), debe adaptarse bien a las condiciones de los Cerrados.

Finalmente, es obvio que se necesita generar más datos durante un período largo sobre la producción animal, entre otros los efectos de la carga animal y del sistema de pastoreo. El valor de los relativamente pocos ensayos que se han hecho con *C. pubescens* estaba limitado por ser éstos de corta duración y porque en ellos se solían sembrar mezclas de leguminosas. No hay datos sobre el efecto de otras especies del género *Centrosema* en el comportamiento animal en los Cerrados.

Referencias

Andrade, I. F. 1981. Produção e composição química de leguminosas forrageiras tropicais cultivadas no cerrado. Rev. Soc. Bras. Zootec. 10(1):103-121.

Digitized by Google

_____ y Ferreira, J. G. 1981. Introdução de leguminosas tropicais em pastagem estabelecida de capim-Jaraguá. Rev. Soc. Bras. Zootec. 10(3):427-449.

Andrade, R. R. N. y Campos, J. 1979. Emprego de pastos consorciados na produção de novilhos de corte. Seiva 39(87):19-44.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). [1984]. Informe anual 1983: Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. 387 p.

Cochrane, T. T.; Sánchez, L. G.; de Azevedo, L. Guimarães; Porras, J. A.; y Garver, C. L. 1985. La tierra en América tropical: Una guía del clima, el paisaje y los suelos de la Amazonia, el piedemonte andino, el centro de Brasil, y el Orinoco. 3 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (EMBRAPA-CPAC), Cali, Colombia. Vol. 1, 144 p. (Escrito en español, inglés y portugués.)

Costa, N. M. de S.; Ferreira, M. B.; y Curado, T. de F. C. 1978. Leguminosas nativas do estado de Minas Gerais: coletas e avaliações preliminares de alguns géneros. Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Belo Horizonte, MG, Brasil. 63 p.

Couto, W. 1985. Fertilidad de suelos y establecimiento de pasturas en los cerrados: Informe final de los estudios realizados entre 1977 y 1984 en un proyecto conjunto CIAT-EMBRAPA-IICA en el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados. Centro Internacional de Agricultura Tropical e Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (CIAT-IICA), Brasília, DF, Brasil. 76 p.

_____ y Sanzonowics, C. 1983. Soil nutrient constraints for legume-based pastures in the Brazilian cerrados. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 320-323.

da Rocha, G. Leme; Leitão Filho, H. de F.; de Andrade, J. B.; Shepherd, G. J.; Semir, J.; Gouvêa, L. S. K.; Taroda, N.; Gibbs, P. E.; Tamashiro, J.; Monteiro, R.; Alcântara, P. B.; Bufarah, G.; de Oliveira, P. R. P.; Alcântara, V. de B. G.; de Almeida, J. E.; Salgado, P. R.; Pulz, F. S.; Sigrist, J. M. M.; Fonseca, T. C.; y Paulino, V. T. 1979. Coleta, identificação e distribuição de leguminosas forrageiras tropicais brasileiras; Brasil Central: Fase 1. Bol. Ind. Anim. 36(2):255-324.

Digitized by Google

de Andrade, J. B. 1980. Evolução de composição botánica de pastagens de gramíneas de hábito cespitoso consorciadas com uma mistura de leguminosas. Zootecnia (São Paulo) 18(2):85-102.

de Azevedo, L. Guimarães y Caser, R. L. 1980. Regionalização do Cerrado. En: Cerrado: Uso e manejo; V simpósio sôbre o Cerrado. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) y Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Brasília, DF, Brasil. p. 211-229.

de Carvalho, M. M.; de França, G. E.; Bahia Filho, A. F. C.; y Mozzer, O. L. 1971. Ensaio exploratório de fertilização de seis leguminosas tropicais em um latossolo vermelho-escuro, fase mata. Pesqui. Agropecu. Bras. Ser. Agron. 6:285-290.

de França, G. E. y de Carvalho, M. M. 1970. Ensaio exploratório de fertilização de cinco leguminosas tropicais em um solo de cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras. 5:147-153.

de Mattos, H. Barbosa; Pedreira, J. V. Silveira; y Melotti, L. 1978. Efeito do pastejo na persistência de algumas leguminosas de clima tropical. Bol. Ind. Anim. 35(1):81-87.

_____ y Werner, J. C. 1975. Competição entre cinco leguminosas de clima tropical. Bol. Ind. Anim. 32(2):293-305.

_____ y _____ . 1979. Efeitos do nitrogênio mineral e de leguminosas sobre a produção do capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.). Bol. Ind. Anim. 36(1):147-156.

de Vasconcelos, C. N.; de Assis, A. G.; de Souza, R. M.; Villaça, H. de A.; García, R.; y Christmas, E. P. 1974. Estudo do valor nutritivo e produção de cinco leguminosas tropicais na zona de mata de Minas Gerais. Rev. Soc. Bras. Zootec. 3(1):30-53.

Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Bot. Rev. 38(2):201-341.

EMBRAPA-CPAC (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados). 1976. Relatório técnico anual do CPAC. Brasília, DF, Brasil. 150 p.

Favoretto, V.; Godoi, P. A.; Ezequiel, J. M. B.; y Vieira, P. de F. 1983. Lotação e utilização de nitrogênio ou de leguminosas em pastagens de capim-colonião sobre o ganho de peso vivo de novilhos de corte. Pesqui. Agropecu. Bras. 18(1):79-84.

Digitized by Google

Ghisi, O. M. A. A.; Alcântara, P. B.; Fariña, S.; de Carvalho Filho, O. M.; da Rocha, G. Leme; y Monteiro, F. A. 1982. Respostas da *Centrosema pubescens* Benth. a diferentes fertilizações minerais em quatro solos de Estado de São Paulo. Bol. Ind. Anim. 39(2):143-154.

Goedert, W. J. 1983. Management of the cerrado soils of Brazil: A review. J. Soil Sci. 34:405-428.

Humphreys, L. R. 1980. A guide to better pastures for the tropics and sub-tropics. 4a. ed., rev. Wright, Stephenson & Co., Silverwater, N.S.W., Australia. 96 p.

Hutton, E. M. 1985. *Centrosema* breeding for acid tropical soils, with emphasis on efficient Ca absorption. Trop. Agric. (Trinidad) 62(4):273-280.

Jones, M. B. y Quagliato, J. L. 1970. Respostas de quatro leguminosas tropicais e da alfalfa a vários níveis de enxôfre. Pesqui. Agropecu. Bras. 5:359-363.

Laurenço, A. J.; Sartini, H. J.; Abramides, P. L. G.; y Camargo, J. C. de M. 1980. Ensaio de pastejo em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) consorciado com quatro leguminosas tropicais. Bol. Ind. Anim. 37(2):257-278.

_____ ; _____ ; y Santamaria, M. 1979. Efeito do pastejo na composição de pastagem de capim-elefante-Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) consorciado com leguminosas. Bol. Ind. Anim. 36(1):157-169.

_____ ; _____ : _____ ; y da Rocha, G. Leme. 1978. Estudo comparativo entre tres níveis de fertilização nitrogenada e consorciada com leguminosas em pastagens de capim-elefante Napier (*Pennisetum purpureum* Schum.) na determinação da capacidade suporte. Bol. Ind. Anim. 35(1):69-80.

Monteiro, F. A.; de Lima, S. A. A.; Werner, J. C.; y de Mattos, H. Barbosa. 1980. Adubação potássica em leguminosas e em capim-colonião (*Panicum maximum* Jacq.) adubado com níveis de nitrogênio ou consorciado com leguminosas. Bol. Ind. Anim. 37(1):127-148.

Paulino, V. T.; Bufarah, G.; Cosentino, J. R.; da Cunha, P. G.; Delistoianov, J.; Leite, V. B. de O.; Pacola, L. J.; y dos Santos, L. E. 1981. Regionalização de plantas forrageiras no estado de São Paulo; I: Estabelecimento e sensibilidade a baixas temperaturas. Bol. Ind. Anim. 38(1):45-60.

Digitized by Google

_____ ; da Cunha, P. G.; de Mattos, H. Barbosa; y Bufarah, G. 1983. Estimativa do potencial de fornecimento de nitrogênio para a dieta animal através de leguminosas forrageiras; I: São José do Rio Preto. Zootecnia (São Paulo) 21(2):135-150.

Pedreira, J. V. Silveira; de Mattos, H. Barbosa; Melotti, L.; y de Campos Júnior, H. Machado. 1975. Estimativas da capacidade de suporte de capins consorciados com leguminosas. Bol. Ind. Anim. 32(2):281-292.

Penteado, M. I. de O. 1986. Introdução, avaliação e melhoramento do gênero *Centrosema*: situação atual e perspectivas. En: Simpósio sôbre Produção Animal, Campo Grande, Mato Grosso do Sul, Brasil; anais de XXIII reunião anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. Fundação Cargill, Campinas, SP, Brasil. p. 45-52.

Pizarro, E. A. y Carvalho, L. J. C. B. 1981. Avaliação do feno de leguminosas espontâneas. Arq. Esc. Vet. Univ. Fed. Minas Gerais 33(2):369-378.

Porzecanski, I.; Ghisi, O. M. A. A.; Gardner, A. L.; y Franca-Dantas, M. S. 1979. The adaptation of tropical pasture species to a cerrado environment. UNDP-FAO Project BRA 75/023: Research in beef cattle. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária en el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA-CNPGC), Campo Grande, MS, Brasil. 28 p.

Primo, A. T.; Rolón, J. D.; y Melo, E. da S. 1977. Produtividade de pastagens consorciadas no Brasil Central; I: "Green panic", estilosantes e centrosema. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Campo Grande, MS, Brasil. 6 p.

Reid, R. 1977. Plant collecting mission to Cuba, Argentina and central Brazil, January-May 1977. Aust. Plant Introd. Rev. 12(1):13-16.

Rolón, J. D.; Primo, A. T.; y da Costa, N. A. 1977a. Produtividade de pastagens consorciadas, no Brasil Central, 6: Capim Guiné, centrosema, calopogônio. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), Brasília, DF, Brasil. 5 p.

_____ ; _____ ; y Melo, E. da S. 1977b. Produtividade de pastagens cultivadas, no Brasil Central, 3: Colonião, soja perenne, centrosema. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), Brasília, DF, Brasil. 6 p.

Digitized by Google

Sartini, H. J.; Lourenço, A. J.; Abramides, P. L. G.; Bonilha Neto, L. M. B.; y da Rocha, G. Leme. 1980. Ensaio de pastejo em capim-jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Nees) Stapf.) consorciado com quatro leguminosas tropicais. Bol. Ind. Anim. 37(1):67-89.

_____ ; Santamaria, M.; Abramides, P. L. G.; Lourenço, A. J.; y da Rocha, G. Leme. 1979. Ensaio de pastejo em capim-gordura (*Melinis minutiflora* Pal. de Beauv.) consorciado com *Centrosema pubescens* Benth. Bol. Ind. Anim. 36(2):201-211.

_____ ; _____ ; Lourenço, A. J.; Caielli, E. L.; y da Rocha, G. Leme. 1975. Ensaio de pastejo usando lotação fixa em uma consorciação entre capim-gordura (*Melinis minutiflora*) e *Centrosema pubescens*. Zootecnia (São Paulo) 13(4):219-228.

Schultze-Kraft, R.; Arenas, J. A.; Franco, M. A.; Belalcázar, J.; y Ortiz, J. 1986. La colección de *Centrosema* de CIAT: Datos de pasaporte básicos y distribución geográfica del germoplasma en la colección de CIAT. Documento interno del Programa de Pastos Tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 252 p.

_____ y Keller-Grein, G. 1985. Testing new *Centrosema* germplasm for acid soils. Trop. Grassl. 19(4):171-180.

Shock, C. C.; Mossocato, A. J. M.; y Veasey, A. J. 1979. Inventário de gramíneas e leguminosas forrageiras. Instituto de Pesquisas IRI, Matão, SP, Brasil. 129 p.

Soares, W. V. y Vargas, M. A. T. 1974. Ensaio exploratório de fertilização com duas leguminosas tropicais em tres solos sob cerrado do Distrito Federal. En: Memorias del XIV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo celebrado en Santa Maria, Rio Grande do Sul, Brasil, julio 1973. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo y Universidade Federal de Santa Maria, Campinas, SP, Brasil. p. 448-460. (Mecanografiado.)

Thomas, D. 1985. Pasture evaluation and seed production studies in the iso-thermic savannas of Brazil; Informe de los estudios desarrollados de 1978 a 1985 en el proyecto colaborativo IICA-EMBRAPA-CIAT, Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) de EMBRAPA, Planaltina, DF, Brasil. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 103 p.

_____ y de Andrade, R. P. 1984. The persistence of tropical grass-legume associations under grazing in Brazil. J. Agric. Sci. 102(2):257-263.

Digitized by Google

_____ ; _____ ; Couto, W.; Moore, C. P.; y da Rocha, C. M. C. 1983. Pasture development in the tropical savanna region of Brazil. World Rev. Anim. Prod. 19(2):37-44.

Vargas, M. A. T. y Suhet, A. R. 1981. Eficiência de inoculantes comerciais de estirpes nativas de *Rhizobium* para seis leguminosas forrageiras em um solo de cerrado. Pesqui. Agropecu. Bras. 16(3):357-362.

Vilela, H.; dos Santos, E. J.; y Pires, J. A. de A. 1977a. Pastagens de capim-*Brachiaria* (*Brachiaria decumbens* Stapf.) com leguminosas e com aplicação de nitrogênio sôbre o ganho em peso de novilhos Zebu; 1: Epoca da seca. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), Belo Horizonte, MG, Brasil. 3 p.

_____ ; _____ ; Simões, R.; y Valadares, A. de C. 1977b. Pastagens de gramínea com leguminosas e com aplicação de nitrogênio, sob três taxas de lotação, sôbre o ganho em peso de novilhos mestiços (HZ): época da seca. Empresa Brasileira de Assistência Técnica e Extensão Rural (EMBRATER), Belo Horizonte, MG, Brasil. p. 3.

_____ ; _____ ; y Valente, J. de Oliveira. 1983. Desempenho de novilhos mestiços (Holandês-Zebu) em pastagens de gramínea e de gramínea e leguminosas, suplementadas com uréia e minerais, durante o período de seca. Arq. Bras. Med. Vet. Zootec. 35(2):197-204.

Werner, J. C. y de Mattos, H. Barbosa. 1972. Estudos de nutrição da centrosema (*Centrosema pubescens* Benth.). Bol. Ind. Anim. 29(2):375-391.

_____; Monteiro, F. A.; y Meirelles, N. M. F. 1983. Efeito das adubações com fósforo, potássio e molibdénio mais cobre na consorciação de capim-gordura com centrosema. Zootecnia (São Paulo) 21(2):109-134.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 575-597).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 19

Experiencia Regional con *Centrosema*: América Subtropical

A. E. Vorano, A. E. Kretschmer, Jr., O. Royo Pallarés y J. L. Pérego*

Resumen

En las regiones subtropicales, las heladas y las bajas temperaturas son limitaciones críticas del crecimiento de *Centrosema*. En los Estados Unidos, la evaluación de *Centrosema* se ha concentrado en Ft. Pierce, Florida, donde se han ensayado 338 accesiones pertenecientes a 11 especies. En Argentina se han evaluado 42 accesiones de 10 especies en Mercedes, Corrientes; 33 accesiones de 4 especies en Salta, Salta; y 4 accesiones de 2 especies en Corrientes, Corrientes. En Paraguay, durante los últimos 2 años se han ensayado 22 accesiones de *Centrosema* recibidas del CIAT, Colombia.

En Florida, *C. virginianum* IRFL 1935 mostró persistencia, aunque nunca superó a siratro durante los 3 años de evaluación. En Argentina, *C. virginianum* es una especie promisoria, de la cual se han recogido 40 accesiones argentinas. En el nordeste de Argentina, las dos accesiones más promisorias, MeF 2909 y MeF 4307, se están multiplicando, aunque existen otras leguminosas subtropicales que superan a las dos en comportamiento. En el noroeste de este país, las accesiones de *C. virginianum* LN 4 (Santo Domingo) y LIF 587 (Misionera)

* Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Salta, Argentina; University of Florida, Agricultural Research and Education Center Ft. Pierce (ARECFP), Ft. Pierce, FL, E.U.; INTA, Mercedes, Corrientes, Argentina; e INTA, Mercedes, Corrientes, Argentina, respectivamente.

Digitized by Google

superaron a siratro y han sido propuestas como leguminosas aptas para pasturas subtropicales en la región de Umbral al Chaco y en los valles templados del noroeste de Argentina.

En Paraguay, algunos resultados preliminares obtenidos en la Estación Experimental Barrerito indican que dos accesiones de *C. macrocarpum* son promisorias. En Carmen del Paraná sobresalieron algunas accesiones de *C. pubescens*, de *C. schiedeanum* y un híbrido de *C. macrocarpum* x *C. pubescens*.

Introducción

En la zona subtropical de América del Sur, la mayor parte del germoplasma de *Centrosema* ha sido probado en las estaciones experimentales del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria), en Argentina subtropical; también se han realizado algunas evaluaciones en Paraguay. En la zona subtropical de América del Norte se han evaluado especies de *Centrosema* casi exclusivamente en el sur de Florida por el Agricultural Research and Education Center, Ft. Pierce (ARECFP), Institute of Food and Agricultural Sciences (IFAS), Universidad de Florida. También se han hecho algunos estudios, con poco éxito, en Louisiana (A. M. Thro, comunicación personal) y en Texas.

Hay dos especies nativas de la zona subtropical norteamericana (Schultze-Kraft, esta obra). *Centrosema virginianum* es común en algunas áreas subtropicales de México, especialmente en las tierras bajas orientales. En los Estados Unidos se encuentra distribuida desde Maryland hacia el sur hasta Florida, en los demás estados de la Costa del Golfo, hacia el oeste hasta Texas, y hacia el norte hasta Oklahoma. Hay por lo menos 40 accesiones de los Estados Unidos en los principales bancos de germoplasma. *Centrosema arenicola* está restringida al centro de Florida (Gainesville), hacia el sur a lo largo de la costa occidental, y por el sector de la cresta central hacia Lake Wales. Su hábitat se caracteriza por suelos bien drenados profundos y arenosos, con grupos dispersos de roble y palmito. No se ha hecho ninguna evaluación significativa de *C. arenicola* en América subtropical.

Centrosema virginianum se halla también dispersa por la zona subtropical de América del Sur (Schultze-Kraft et al., esta obra). Las primeras colecciones sistemáticas de germoplasma nativo de

Digitized by Google

C. virginianum se hicieron en el noroeste de Argentina en 1975 (Vorano, 1983). El trabajo anterior, en su mayor parte, se limitó a la recolección de especímenes de herbario para inventarios florales y para estudios taxonómicos (Bukart, 1943; Cabrera, 1978); por su parte, INTA envió una accesión de *C. virginianum* a Australia en 1970. En 1977, se introdujo germoplasma de *C. pubescens* y de *C. plumieri* en el noroeste de Argentina, traído de Australia. No se sabe si se introdujo y se evaluó algún otro germoplasma exótico en Argentina, en fecha anterior.

Cuando recolectaban germoplasma nativo en el nordeste de Argentina, Royo Pallarés et al. (1980) recogieron semilla de cinco muestras de *C. virginianum* y proporcionaron información sobre la caracterización preliminar de estos materiales.

Características Regionales

La zona subtropical sudamericana está situada entre el Trópico de Capricornio y la latitud 30° S (Figura 1). Cubre cerca de 180 millones de hectáreas, y se caracteriza por poseer un amplio rango de suelos, climas y sistemas de producción agropecuaria. Los ecosistemas subtropicales sudamericanos no han sido bien definidos en su totalidad, pero, según Royo Pallarés (1975) y Vargas G. y Vorano (1983), las regiones que interesarían para trabajar con *Centrosema* son las siguientes:

valles templados, como los valles argentinos de Jujuy, Lerma y Sianca, que reciben alrededor de 700 mm de precipitación anual;

selvas subtropicales con 400 a 2000 mm de precipitación anual;

región del Gran Chaco, que comprende las planicies situadas entre los Andes y los ríos Paraguay y Paraná, y recibe de 500 a 1000 mm de precipitación anual;

región de Campos Sabanas, con mal drenaje, ninguna vegetación arbustiva, y de 1000 a 1500 mm de precipitación anual;

selva húmeda siempreverde con suelos bien drenados y con 1500 a 2500 mm de precipitación anual.

Digitized by Google

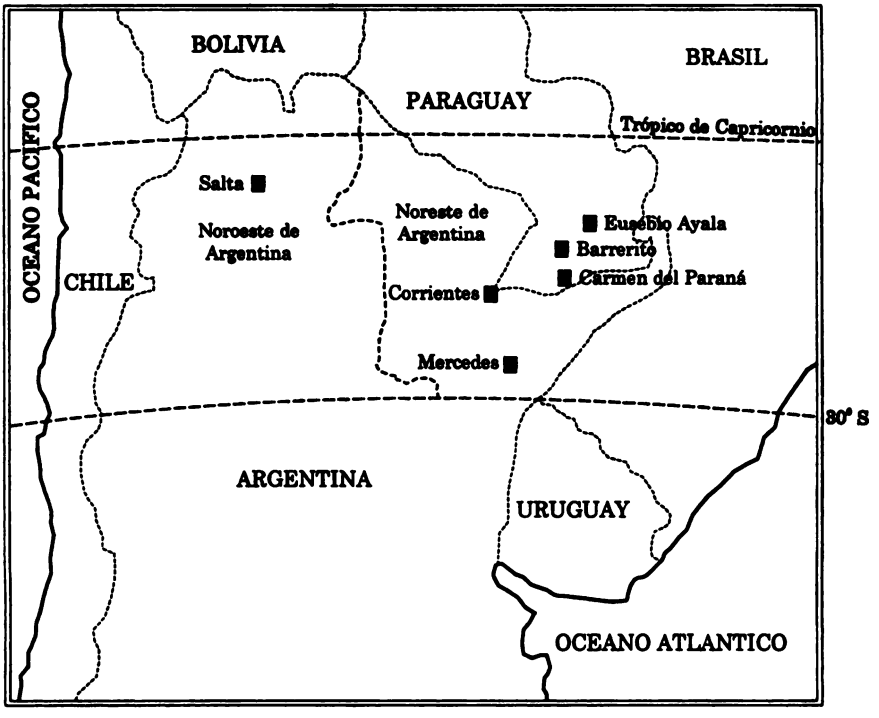


Figura 1. Sitios de evaluación de *Centrosema* en América del Sur subtropical.

La mitad septentrional de México está ubicada dentro de la zona subtropical latitudinal; sin embargo, en cerca de tres cuartos de su extensión esta región tiene elevaciones superiores a 1000 m y no es apropiada para el cultivo de leguminosas subtropicales. El piedemonte occidental y las tierras bajas del Pacífico son áreas particularmente secas (precipitación anual de 100 a 500 mm), y por ello *C. virginianum* se encuentra naturalmente sólo en unos pocos sitios favorecidos, como en las cercanías de Alamos, Sonora, a una latitud de 27° N. Las tierras bajas subtropicales, en el oriente de México, tienen una precipitación más favorable (400 a 800 mm), pero la sequía de mitad del verano reduce generalmente la efectividad de la precipitación. *Centrosema virginianum* es común en esta zona. En los Estados Unidos, los climas verdaderamente subtropicales están restringidos a las regiones meridionales de Florida, Texas y California, y a una estrecha franja costera en el extremo sur de los restantes estados de la Costa del Golfo.

Digitized by Google

La zona subtropical se caracteriza por heladas que afectan el crecimiento de las plantas. Las heladas ocurren una o dos veces al año cerca del Trópico de Capricornio y más de 30 veces al año en cercanías de los 30° S. Otra característica de la zona subtropical es que a menudo carece de una estación lluviosa claramente definida. La lluvia ocurre normalmente casi cada mes, es más abundante en los meses más calientes, y menos frecuente en el invierno. Los datos presentados en el Cuadro 1 son ejemplos de las características climáticas de las zonas subtropicales americanas.

Las principales limitaciones climáticas a la adaptación de *Centrosema* son las heladas y las bajas temperaturas invernales que reducen el crecimiento de las plantas (Clements, esta obra).

Experiencia con *Centrosema* en Florida, Estados Unidos

Germoplasma y evaluaciones iniciales

El banco de germoplasma de ARECFP posee actualmente 270 accesiones de *Centrosema*, muchas de las cuales se conservan también en el Departamento de Agricultura de Estados Unidos, en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Colombia, y en el Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Australia. Se han evaluado 338 accesiones de 11 especies en Ft. Pierce. La evaluación preliminar, hecha en 1960, indicó que muchas de las accesiones—incluyendo en ellas a *C. pubescens* comercial de Australia—persistieron durante el invierno del sur de Florida (Kretschmer, 1962). Dichas evaluaciones iniciales se hacen permanentemente en ARECFP con muchos géneros de gramíneas y de leguminosas. Constan de observaciones rutinarias del desarrollo general de las plantas, de la susceptibilidad de éstas a las enfermedades y a los insectos, de las fechas de floración, y de la producción de semilla.

Caracterización

Para determinar las características agronómicas y morfológicas de más de 50 accesiones de *Centrosema* de diversas especies, se hizo un ensayo de introducción de plantas sembrándolas en forma

Digitized by Google

Cuadro 1. Promedios y porcentajes mensuales de precipitación, y temperaturas mínimas y máximas en Fort Pierce (Florida, E.U.), en Mercedes (Corrientes, Argentina) y en Salta (Salta, Argentina).

Sitio y parámetro		Ene.	Feb.	Mar.	Abr.	Mayo	Jun.	Jul.	Ago.	Sept.	Oct.	Nov.	Dic.	Total anual
Fort Pierce (27°25' N, 80°24' O)														
Precipit.	(mm)	55	75	77	62	136	190	185	168	204	177	57	52	1438
	(%)	4	5	5	4	9	13	13	12	14	12	4	4	100
Temp. max.	(°C)	23	25	26	28	30	32	32	33	32	29	27	24	
Temp. min.	(°C)	10	12	13	16	19	21	22	23	22	19	16	12	
Mercedes (29°01' S, 58°01' O)														
Precipit.	(mm)	156	192	169	153	117	68	64	71	110	150	144	114	1512
	(%)	10	12	11	10	7	4	4	4	7	9	9	7	100
Temp. max.	(°C)	32	30	28	25	22	19	19	20	22	25	27	31	
Temp. min.	(°C)	20	19	17	14	12	8	9	9	11	141	16	18	
Salta (24°51' S, 65°29' O)														
Precipit.	(mm)	176	148	93	24	5	3	1	3	4	25	61	121	664
	(%)	26	22	14	4	1	0	0	0	1	4	9	18	100
Temp. max.	(°C)	28	26	25	23	21	19	20	22	25	26	28	28	
Temp. min.	(°C)	15	15	13	10	6	3	1	3	7	11	14	15	

FUENTE: Datos no publicados de estaciones meteorológicas locales.

Digitized by Google

espaciada y con tres repeticiones (Kretschmer, 1977). Los rendimientos totales, durante 2 años, de las 29 accesiones de *C. pubescens* variaron de 900 a 6400 g/planta, y la floración empezó en otoño, 291 a 340 días después de la siembra. Ninguna de las accesiones produjo semilla madura en diciembre, pero 17 de ellas tenían semilla madura para el 12 de abril. Este y otros ensayos indicaron que la fecha de la primera floración en primavera es más temprana, y que la cantidad de semilla producida es mayor cuando los inviernos son más suaves.

Una importante limitación de *C. pubescens* en el sur de Florida es, no obstante, la inadecuada producción de semilla. *Centrosema schiedeanum* cv. Belalto fue menos productivo en la época fría que la variedad comercial de *C. pubescens*, presentó menos crecimiento adventicio, floreció más tarde en el otoño y produjo menos semilla. Lo mismo se observó en las introducciones de *C. plumieri*. Las heladas pueden causar la muerte de las plantas establecidas de estas tres especies, impidiendo así la producción de semilla en la primavera.

El rendimiento de las accesiones más productivas de *C. virginianum* fue similar al de las menos productivas de *C. pubescens*, mientras que la floración inicial de la primera ocurrió mucho antes en el otoño (260 a 313 días). La producción de semilla de esta especie es aceptable y, además, comercialmente factible. Se sugiere emprender estudios con ecotipos de corona baja en investigaciones futuras, porque tienen la ventaja de estar protegidos hasta de los más fuertes inviernos del sur de Florida.

Nutrición mineral

Se ha investigado mucho la respuesta de *C. pubescens* comercial a las aplicaciones de calcio y de fósforo (Snyder y Kretschmer, 1974 y 1983; Snyder et al., 1978). El Spodosol usado es típico de muchos suelos de Florida, los cuales son de textura liviana, muy ácidos (pH 4.5 a 5.0) y bajos en P y Ca total, aunque también bajos en Al. Se obtuvo el rendimiento máximo de *Centrosema* al aplicar de 2000 a 3000 kg/ha de cal, según el nivel de P del suelo. Los niveles óptimos estimados para la aplicación de P variaron de 45 a 60 kg/ha, según la cantidad de cal aplicada.

Digitized by Google

Pruebas avanzadas con *C. pubescens* comercial (centro)

Se han realizado algunos estudios de *C. pubescens* comercial para determinar su persistencia cuando está en diferentes mezclas con gramíneas (Kretschmer y Snyder, 1982). En uno de ellos, centro creció menos durante el año de establecimiento que *Macroptilium atropurpureum* cv. Siratro y que *Stylosanthes* spp. En ensayos de corte hechos durante la década de los 60, los rendimientos anuales de centro comercial, asociada con *Digitaria decumbens*, variaron de 7 a 10 t/ha de materia seca cuyo contenido de proteína cruda fluctuaba entre 7.4% y 9.3%. Las asociaciones de siratro y *S. humilis* dieron resultados similares (Kretschmer, 1977). En 1975 y 1976 se compararon mezclas de siete leguminosas tropicales, incluyendo en ellas a centro, y de seis gramíneas. El rendimiento anual de centro en 1975 fue de cerca de 16 t/ha, o sea, igual al rendimiento de *S. guianensis* cv. Cook y mucho mayor que los rendimientos de *S. guianensis* cv. Endeavour, siratro, *Neonotonia wightii* cv. Tinaroo, *Desmodium heterocarpon* cv. Florida, y *S. hamata* cv. Verano (Kretschmer y Snyder, 1982). En 1976, la asociación con centro produjo 10.9 t/ha, superando así al resto de las leguminosas, a excepción de *D. heterocarpon*. La gran producción anual de las mezclas en que se hallaba centro fue el resultado de las buenas condiciones de crecimiento en primavera y en otoño.

Todas las parcelas se cortaron en julio de 1976 para determinar el efecto del uso otoñal diferido de estas mezclas de leguminosa y gramínea en el rendimiento, en el contenido de proteína, y en la digestibilidad. La mitad de cada parcela se cosechó nuevamente en septiembre y en diciembre, y la otra mitad sólo en diciembre (diferida). El intervalo de rebrote de la primera mitad fue, en consecuencia, de casi 12 semanas, mientras que el intervalo de rebrote de la otra mitad, la diferida, fue de 22 semanas. Los rendimientos respectivos fueron 2.0 y 5.6 t/ha, o sea, 0.17 y 0.25 t/ha de materia seca por semana de rebrote. El contenido de proteína cruda (PC) de las mezclas de gramínea y centro fue de 14% y 15%, respectivamente, y la digestibilidad in vitro de la materia orgánica (DIVMO) fue de 54% y 42%, respectivamente. La PC total recuperada fue, respectivamente, de 280 y 840 kg/ha, y los nutrimentos digestibles totales fueron de 1080 y 2350 kg/ha. Se

Digitized by Google

concluyó que, en las condiciones de Florida, el uso otoñal diferido de mezclas de gramínea y centro sería una valiosa herramienta de manejo (Kretschmer y Snyder, 1982).

Partiendo de evaluaciones anteriores, se inició en 1979 un experimento de 3 años en parcelas pequeñas, para determinar la persistencia, bajo corte, de *Centrosema* spp. en asociación con *Digitaria decumbens*. El método usado para esa determinación fue un puntaje de 1 a 9, con el cual se estimaba la cobertura de la parcela por las plantas de *Centrosema* (1 = ninguna planta y 9 = cobertura del 100%). El germoplasma de *Centrosema* ensayado comprendía siete accesiones de *C. pubescens*, cinco de *C. virginianum*, ocho de *C. pascuorum* y tres de *C. schottii*. Los promedios de puntaje de estas especies, de centro comercial y de la mejor accesión de *C. virginianum* (IRFL 1935) se compararon con el de siratro (Cuadro 2).

Centrosema pubescens comercial alcanzó una cobertura estimada del 50% en junio de 1980 y de 1981, y luego disminuyó al 10% o menos. Fue algo mejor que el promedio de las siete accesiones de esta especie; ninguna otra accesión de *C. pubescens* fue superior a la variedad comercial. *Centrosema virginianum* fue la especie más persistente de *Centrosema*, siendo el testigo, IRFL 1935, la accesión sobresaliente. Esta accesión desarrolló poblaciones significativamente mayores que *C. pubescens* comercial, y mantuvo cerca del 50% de cobertura en todos los

Cuadro 2. Evaluación, según una escala de calificación[a], del porcentaje de parcela cubierta por *Centrosema* spp. asociadas con *Digitaria decumbens* en Fort Pierce, Florida, E.U.[b]

Especie	Nov.	Mar.	Jun.	Sept.	Jun.	Sept.	Dic.	Jun.	Nov.
C. pascuorum (8 accesiones)	2.8	2.4	3.0	3.1	1.7	2.2	1.0	1.5	1.2
C. pubescens (7 accesiones)	2.4	3.2	3.1	3.5	4.9	1.7	1.6	1.5	2.0
C. schottii (3 accesiones)	2.0	2.5	1.4	2.7	3.3	1.0	1.1	1.0	1.0
C. virginianum (4 accesiones)	3.0	4.6	4.6	3.3	4.3	2.7	3.5	2.6	2.7
C. pubescens comercial (testigo)	2.8	3.8	4.8	3.8	5.8	2.3	2.0	1.8	1.5
C. virginianum IRFL 1935 (testigo)	4.3	6.5	7.8	5.3	7.8	5.5	6.5	4.6	4.6
M. atropurpureum cv. Siratro (testigo)	4.0	2.8	6.0	8.0	8.0	8.8	7.8	7.5	8.0

a. Escala: 1 = no hay plantas; 2, 3, 4 = intermedia hacia abajo; 5 = 50%; 6, 7, 8 = intermedia hacia arriba; 9 = 100% de cobertura de la parcela.

b. Los valores del cuadro son promedios para el número de accesiones indicado entre paréntesis.

FUENTE: A. E. Kretschmer, Jr., información no publicada.

Digitized by Google

períodos de evaluación, sin sufrir disminución con el paso del tiempo. *Centrosema pascuorum* y *C. schottii* no fueron competitivas frente a *Digitaria decumbens*. Ninguna accesión de *Centrosema* fue tan persistente como siratro, que logró una cobertura de casi 75% después de 3 años.

El contenido de proteína cruda de siratro, de *C. pubescens* comercial y de *C. virginianum* IRFL 1935, en algunas parcelas cosechadas, varió de 13% a 19%, de 15% a 29% y de 11% a 18%, respectivamente; la DIVMO varió de 50% a 59%, de 49% a 53% y de 46% a 56%, respectivamente. La proteína cruda y la DIVMO de *Digitaria decumbens*, la gramínea asociada, varió entre 2.8% y 5.6% y entre 35% y 52%, respectivamente.

Experiencia con *Centrosema* en Paraguay

La introducción, más o menos continua y sistemática, de germoplasma forrajero en América del Sur subtropical se remonta a principios de la década de los 50. El Instituto Agronómico Nacional en Caacupé, Paraguay, fue una de las primeras instituciones que evaluó a *Centrosema*. El Servicio Técnico Interamericano de Cooperación Agrícola introdujo y evaluó a *C. pubescens* en Ultisoles arenosos. Esta especie se clasificó entre las leguminosas de mejor comportamiento, y se usó esporádicamente como un cultivo de cobertura en plantaciones de cítricos.

Como resultado de posteriores evaluaciones de *Centrosema* (bajo el auspicio del Banco Mundial), Milford (1969) recomendó sembrar a *C. pubescens* comercial en asociación con *Panicum maximum* (Colonial) en bosques "talados" en que caigan más de 1500 mm de precipitación anual. Actualmente, los ensayos con *Centrosema* están a cargo del Programa Nacional de Investigación y Extensión Ganadera (PRONIEGA) del Ministerio de Agricultura y Ganadería, dentro de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Esta evaluación se hace principalmente en dos sitios, Barrerito y Carmen del Paraná.

Centrosema acutifolium, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum* se están evaluando en la Estación Experimental Barrerito, ubicada en un ecosistema de "campos" que recibe 1400 mm de precipitación anual y tiene una temperatura media anual de 23 °C. *Centrosema*

Digitized by Google

macrocarpum fue superior a las otras especies en adaptación y producción de forraje, pero no produjo semilla y fue susceptible a las heladas; dio, sin embargo, un buen rebrote en primavera (PRONIEGA, 1985 y 1986). En pruebas de corte que miden la productividad de verano-invierno, *C. macrocarpum* CIAT 5062 y CIAT 5065 dieron el mayor rendimiento de las 15 leguminosas evaluadas, y sólo fueron superadas por *Pueraria phaseoloides* comercial.

También se están evaluando 22 accesiones de varias especies de *Centrosema* en el Campo Experimental Carmen del Paraná. Este sitio, ubicado también en un ecosistema de campos 330 km al sur de Asunción, recibe una precipitación anual de 1750 mm, y tiene una temperatura media anual de 21 °C. Las accesiones que se han clasificado como promisorias son *C. pubescens* CIAT 442, *C. schiedeanum* cv. Belalto, y los híbridos CIAT 5930, CIAT 5932, CIAT 5933 y CIAT 5934 (*C. pubescens* x *C. macrocarpum*). En un ensayo en que se medía la productividad de 32 leguminosas forrajeras, los rendimientos más altos se obtuvieron con *C. macrocarpum* CIAT 5620 y CIAT 5744, con los híbridos CIAT 5930 y CIAT 5932, y con *C. pubescens* CIAT 5126 (PRONIEGA, 1986).

En las condiciones de drenaje restringido del Campo Experimental Eusebio Ayala, las accesiones sobresalientes fueron *C. brasilianum* CIAT 5234 y *C. acutifolium* CIAT 5278 (Valinotti y Molas, 1986; PRONIEGA, 1986).

Hasta el presente, no se ha recomendado la siembra de ninguna leguminosa tropical en Paraguay. Sin embargo, en la opinión del personal de PRONIEGA, en el género *Centrosema* se pueden hallar especies útiles.

Experiencia con *Centrosema* en Rio Grande do Sul, Brasil

En el sur de Brasil, el género *Centrosema* ha sido muy poco evaluado (J. Saibro, comunicación personal). Sólo *C. pubescens* ha sido introducida, pero las fuertes heladas han limitado su comportamiento. No se recomienda su siembra y no se hacen evaluaciones de la especie. *Centrosema virginianum* se encuentra

Digitized by Google

naturalmente en Rio Grande do Sul (Schultze-Kraft et al., esta obra), pero al parecer no se han hecho recolecciones de material vivo.

Experiencia con *Centrosema* en Argentina

Noroeste de Argentina

Como parte del Proyecto de Desarrollo Agrícola NOA X-ARG/76/003-FAO/INTA, se estableció una red de viveros de introducción en las cinco provincias del noroeste de Argentina. Ellas representan una superficie de cerca de 455,000 km^2. Cuatro accesiones de *C. pubescens*, incluyendo al cv. Belalto (que ahora se considera *C. schiedeanum*) y una accesión de *C. plumieri*, se evaluaron en un ensayo repetido en tres sitios en el norte de la provincia de Salta (Orán, El Castigado y Coronel Cornejo). Posteriormente, las investigaciones se concentraron en la recolección y evaluación de germoplasma nativo de *C. virginianum*.

Evaluación de *C. pubescens* y de *C. plumieri*. *Centrosema pubescens* formó una densa cobertura del suelo, de 50 cm de alta, 4.5 meses después de la siembra. Las plantas eran frondosas, con abundante pubescencia—lo que probablemente indujo al ganado a preferir la soya perenne (*Neonotonia wightii*) y siratro. *Centrosema* floreció bien, pero tarde (finales de abril), y por ello las vainas no alcanzaron la madurez. La tolerancia a las heladas fue baja, y se observó sólo cuando las plantas estaban bien establecidas y las heladas eran livianas (-0.5 °C). Las heladas fuertes, que ocurren a veces en Orán, redujeron las poblaciones porque eliminaron aquellas plantas que tenían coronas inmaduras. El daño a las plantas maduras por causa de las heladas (-3 a -5 °C) se caracterizó por la ausencia de rebrotes o por el rebrote parcial de las yemas en las coronas que sobrevivieron. *Centrosema pubescens* toleró cortos períodos secos durante la época fría sólo cuando las plantas habían crecido bien durante la época lluviosa y cálida. Los períodos secos prolongados, sin embargo, detuvieron el crecimiento y causaron defoliación.

El mejor crecimiento se observó en suelos aluviales profundos y fértiles, con más de 18 ppm de P disponible, y un pH de 7.0 a 7.5. En estos suelos se siembran cítricos, caña de azúcar y hortalizas. Cuando se inoculó con cepas australianas de *Rhizobium*,

Digitized by Google

C. pubescens noduló muy bien en estos suelos. Su establecimiento fue bueno en los suelos bien preparados. Donde la preparación de los suelos era ligera, el establecimiento era más lento y la cobertura incompleta.

Centrosema pubescens ha demostrado también tolerancia a la inundación parcial, superando en esto a la soya perenne y a siratro, aunque no a *Vigna luteola*, a *Melilotus alba* y a *Macroptilium lathyroides*.

Con respecto a *C. plumieri*, sólo se evaluó una accesión en Coronel Cornejo y en Orán. Se estableció y creció más lentamente que *C. pubescens*. Floreció poco a principios de mayo y no produjo semilla. Por causa de las fuertes heladas (-4° C), mostró poca persistencia durante el segundo año. Las pocas plantas sobrevivientes de la parcela fueron eliminadas por la fuerte competencia de las malezas que se presentan en el verano en toda Argentina subtropical.

Centrosema pubescens (incluyendo aquí el cv. Belalto, ahora considerado *C. schiedeanum*) y *C. plumieri* se adaptan mal al noroeste de Argentina y, cuando más, tienen pocas posibilidades de éxito en esa región. Por el contrario, otras leguminosas introducidas y nativas manifiestan un comportamiento sobresaliente en los valles templados de Jujuy, Lerma y Sianca, y en el Umbral al Chaco, o sea, en el extremo occidental de la gran región del Chaco.

Evaluación de germoplasma nativo de *C. virginianum*. Entre 1975 y 1980 se recolectaron 27 accesiones de *C. virginianum* en el noroeste de Argentina y tres en el sur de Bolivia (Vorano, 1983). Estas accesiones se examinaron primero en un invernadero y luego en macetas en el campo. Las seis accesiones más frondosas y tolerantes a las heladas, junto con la accesión de control LIF 587 (Misionera), un ecotipo vigoroso y frondoso, de Zaimán, Provincia de Misiones (S. Lacorte, comunicación personal) se seleccionaron para hacer más ensayos.

Estas accesiones se evaluaron en parcelas pequeñas con dos repeticiones durante 3 años (1981-1983). Se observaron el vigor, la tolerancia a las heladas, la frondosidad, la capacidad de rebrote después de las heladas y al comienzo del período de crecimiento, la producción de semillas y los ataques de enfermedades e insectos.

Digitized by Google

Se usó una escala de 0 a 4, donde 4 significó el mejor comportamiento relativo. La suma de todos los puntajes se empleó como criterio discriminatorio en la selección de accesiones destinadas a otras evaluaciones más intensivas (Cuadro 3). Las accesiones sobresalientes fueron Santo Domingo (LN 4) y Misionera (LIF 587). La calidad nutritiva del material cosechado se analizó desde finales de febrero hasta principios de marzo. Aunque no se observaron grandes diferencias entre las siete accesiones, LN 4 presentó los valores más altos de calidad de forraje (Cuadro 4).

Cuadro 3. Evaluación, según una escala de calificación[a], de siete accesiones de *Centrosema virginianum* en Salta, Argentina (promedio de 3 años).

Accesión	Vigor	Frondosidad	Rebrote	Tolerancia a heladas	Producción de semilla	Puntaje acumulativo
LN 4 (Santo Domingo)	4.0	3.5	4.0	3.5	4.0	19.0
LN 229 (Leales)	2.5	2.5	3.0	1.5	2.5	12.0
LN 780 (Castellanos)	3.0	3.0	2.5	4.0	3.0	15.5
LN 859 (Casino)	3.0	2.0	3.0	3.0	3.5	14.5
LN 962 (Yatasto)	2.5	2.5	3.0	1.5	2.5	12.0
LN 965 (Tres Cerritos)	2.0	2.0	2.0	3.5	2.5	12.0
LIF 587 (Misionera)	4.0	4.0	2.5	1.5	4.0	16.0

a. Escala de calificación: 0 = muy mala; 1 = mala; 2 = intermedia; 3 = buena; 4 = excelente.

FUENTE: A. E. Vorano, información no publicada.

Cuadro 4. Calidad forrajera de siete accesiones de *Centrosema virginianum* cultivadas en Salta, Argentina.

Accesión	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra detergente ácida (%)	DIVMO[a] (%)
LN 4 (Santo Domingo)	24.9	4.6	26.0	67.8
LN 229 (Leales)	21.7	4.3	26.2	65.2
LN 780 (Castellanos)	23.9	4.3	25.9	66.8
LN 859 (Casino)	23.0	4.1	28.2	64.5
LN 962 (Yatasto)	22.6	3.9	28.2	65.1
LN 965 (Tres Cerritos)	20.4	4.2	29.7	64.5
LIF 587 (Misionera)	21.9	4.2	30.4	65.3

a. DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

FUENTE: A. E. Vorano, información no publicada.

Digitized by Google

Se establecieron grandes parcelas con las accesiones sobresalientes LN 4 y LIF 587, para hacer una evaluación adicional y producir semilla. A pesar de la fuerte dehiscencia de sus vainas, estas accesiones produjeron 186 y 228 kg/ha de semilla, respectivamente. No se observaron diferencias entre ambas accesiones respecto a su aceptabilidad por el ganado cuando se permitió a éste hacer un pastoreo rápido e intensivo. Ambas accesiones exhibieron resistencia al fuego con que se controlaban allí, una vez al año, las malezas y gramíneas indeseables. También presentaron tolerancia a la inundación cuando se sembraron en un suelo arcilloso y frío con problemas de drenaje internos y externos. En este mismo potrero, siratro desapareció durante el segundo año porque no pudo resistir la inundación o los ataques de *Rhizoctonia* y *Oidium*. Las accesiones de *Centrosema virginianum* no fueron afectadas por estos hongos ni por insectos.

En ensayos de pastoreo de *C. virginianum* mezclada con gramíneas de hábito de crecimiento contrastante, se sembró la accesión LN 4 con *Chloris gayana* (cespitosa y altamente competitiva) y con *Sorghum almum* (erecto). Estas dos gramíneas se usaban intensamente en el noroeste de Argentina, al momento de establecer estos ensayos, para pasturas cultivadas en tierras altas. Durante el primer año, la mezcla con *C. gayana* fue satisfactoria porque la gramínea cubrió un 75% del área y la especie de *Centrosema* un 25%. Durante el segundo año, la gramínea eliminó la leguminosa, y a finales del período de crecimiento sólo quedaban algunas plantas aisladas y débiles de *C. virginianum*. Estas desaparecieron al comienzo de la tercera época de crecimiento. La mezcla con *S. almum*, en cambio, fue compatible y estable. La proporción, durante el primer año, fue de 60% de gramínea y 40% de leguminosa, y permaneció estable hasta el tercer año cuando *C. virginianum* comenzó a aumentar después de que *S. almum* fuera atacado por una bacteriosis. *Centrosema virginianum* produjo semilla profusamente, se difundió por semilla y colonizó sitios vecinos a la parcela original.

En 1984 se estableció una pastura de 1 ha de *C. virginianum* LN 4 en asociación con *Panicum maximum* var. *trichoglume*. Simultáneamente, se sembró LN 4 a una densidad de 2 kg/ha en una hectárea adyacente que tenía gramíneas nativas, principalmente *Paspalum* spp. De 1985 en adelante, los potreros fueron pastoreados en rotación para evaluar el efecto del ganado bovino en los pastos. *Centrosema* demostró ser persistente. Esta

Digitized by Google

Cuadro 5. Calidad forrajera de pasturas sometidas a pastoreo[a], en las cuales hay *Centrosema virginianum* LN 4 (Santo Domingo), *P. maximum* var. *trichoglume*, y especies nativas de *Paspalum*, en Salta, Argentina.

Especie	Proteína cruda (%)	Extracto etéreo (%)	Fibra detergente ácida (%)	DIVMO[b] (%)
C. virginianum LN 4 (Santo Domingo)	26.1	4.7	25.3	68.1
Panicum maximum var. *trichoglume*	9.6	1.2	39.2	52.0
Paspalum spp.	10.0	1.8	35.8	53.0

a. Muestras cosechadas a finales de febrero de 1985.
b. DIVMO = Digestibilidad in vitro de la materia orgánica.

FUENTE: A. E. Vorano, información no publicada.

persistencia fue mayor que la comúnmente obtenida con siratro, leguminosa que era, hasta entonces, la más promisoria de la región. En la pastura de gramíneas nativas, *C. virginianum* se difundió con vigor, y su contribución llegó hasta el 20% del forraje. Por lo tanto, la calidad del forraje fue excelente. Los datos presentados en el Cuadro 5 se obtuvieron de muestras de forraje cosechadas a finales de febrero.

Nordeste de Argentina

Evaluación de especies. Probablemente, la primera accesión de *C. pubescens* probada en esta región fue Sombrerito Forrajera (SF 609), introducida por la Estación Experimental Agropecuaria Sombrerito (Corrientes) del INTA. Según Vallejos (1981), "produce abundante forraje verde pero su ciclo es demasiado largo, de más de 256 días, lo que limita la producción de semilla". Más recientemente, en la Estación Experimental Agropecuaria del INTA, en Corrientes, Goldfarb y Gándara (s.f.) evaluaron cuatro accesiones de *Centrosema* en Mollisoles: *C. pubescens* SF 8131 (CIAT 438), *C. virginianum* SF 8157, *C. virginianum* SF 837 (CPATU 376) y *C. virginianum* SF 838 (CPATU 377). Se hicieron registros de fenología, de incidencia de plagas y enfermedades, de rendimiento y de otras características. Se concluyó que las heladas y la baja producción de semilla eran las mayores limitantes, y que era improbable que se recomendara a *Centrosema* en un futuro

Digitized by Google

cercano. No hay prioridades de investigación sobre *Centrosema* para el noroeste de la Provincia de Corrientes.

Sin embargo, dentro de la misma región ecológica, Ciotti (1986) evaluó las accesiones *C. brasilianum* CIAT 5234 y *C. macrocarpum* CIAT 5065 en un suelo arenoso, en la estación de campo de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional del Nordeste, ubicada a 27°30' S y 59°10' O. Ambas especies tuvieron un establecimiento rápido y florecieron abundantemente, pero no produjeron semilla durante el primer año. *Centrosema brasilianum* produjo semilla durante la época invernal del segundo año y fue menos afectada por las heladas y las bajas temperaturas que *C. macrocarpum*. Este trabajo indica que *C. brasilianum* CIAT 5234 tiene tal vez potencial para la región de Corrientes.

En el extremo sur del ecosistema de campos, la Estación Experimental Agropecuaria Mercedes, del INTA, evaluó cerca de 4800 accesiones de germoplasma forrajero entre 1960 y 1986. La estación está ubicada en la región central de la Provincia de Corrientes. Esta región es de topografía levemente ondulada, tiene áreas rocosas y está cubierta por vegetación herbácea (sin arbustos) que comprende principalmente gramíneas, tales como *Paspalum notatum*, *Andropogon lateralis* y *Sporobolus indicus*. Los suelos son Planosoles superficiales hidromórficos deficientes en fósforo, y Mollisoles.

Se evaluaron allí 42 accesiones de *Centrosema*: *C. pubescens* (8 accesiones), *C. virginianum* (13), *C. macrocarpum* (6), *C. sagittatum* (3), *C. brasilianum* (2), *C. plumieri* (2), *C. schiedeanum* (1), *C. schottii* (1), *C. arenarium* (1) y algunas especies no identificadas de *Centrosema* (5). Estos materiales se obtuvieron por correspondencia, en visitas a estaciones experimentales, y en viajes de recolección de germoplasma. Las evaluaciones preliminares indicaron que *C. virginianum* era superior a las otras especies de *Centrosema* evaluadas, incluyendo en éstas a *C. pubescens*, con respecto al crecimiento, la persistencia y la productividad (Pérego y Royo Pallarés, 1982; Royo Pallarés y Pérego, 1981).

Evaluaciones de *Centrosema virginianum*. Se observaron 10 accesiones de *C. virginianum*, una de *C. brasilianum* y otra de *C. pubescens* en parcelas pequeñas, durante 3 años. El ensayo se

Digitized by Google

realizó en dos sitios (Mercedes y Virasoro), pero los datos presentados (Cuadro 6) se refieren sólo a Mercedes.

No se halló ningún problema de enfermedad en ninguna de las accesiones. Las accesiones más promisorias, especialmente por su capacidad de rebrote, fueron MeF 4307 y MeF 2909. Las accesiones MeF 2943 y MeF 3034 fueron sobresalientes en vigor, frondosidad y producción de semilla, pero su capacidad de rebrote fue inferior a la de MeF 4307 y de MeF 2909. No obstante, estas dos últimas accesiones dieron también alta producción de semilla, la cual, en general, fue gravemente afectada por las sequías de verano que ocurrieron al iniciarse la formación de las semillas. No se observaron ataques de insectos en las vainas. Las vainas presentaron un alto grado de dehiscencia. A excepción de las accesiones *C. virginianum* MeF 3707, MeF 4307 y MeF 2909, y *C. pubescens* MeF 4416, todos los materiales fueron altamente susceptibles a las sequías de verano, a las que reaccionaron con una defoliación casi completa. Las accesiones tolerantes presentaron enrollamiento de los folíolos. La formación de las vainas se inició estacionalmente, es decir, en marzo-abril para *C. virginianum*, y en mayo para *C. brasilianum* MeF 4434. En esta accesión, la maduración de las vainas fue afectada por las primeras heladas.

Actualmente se está evaluando a *C. virginianum* en asociación con *Digitaria decumbens* (pasto pangola), con dos presiones de pastoreo durante el período de verano, en la Estación Experimental Agropecuaria Mercedes. Esta asociación se compara con otras asociaciones constituidas por la misma gramínea y por las leguminosas *Galactia striata*, *Vigna adenantha* y *Lotononis bainesii*. En estas mezclas, el contenido de la leguminosa disminuyó rápidamente, en tanto que la proporción de *C. virginianum* aumentó bajo ambas presiones de pastoreo. Se observó además una recuperación rápida y una buena producción de semilla, lo que demuestra el potencial de *C. virginianum* cuando se asocia con pasto pangola.

Limitaciones. La principal limitación de las especies de *Centrosema* en el nordeste de Argentina es su extrema susceptibilidad a las heladas. Aunque la mayoría de esas especies no sobrevive, *C. virginianum* muestra un buen rebrote después de los períodos fríos. Sin embargo, no tolera los suelos mal drenados, y es afectada también por las sequías de verano. *Centrosema*

Digitized by Google

Cuadro 6. Evaluación, según una escala de calificación[a], de 10 accesiones de *Centrosema virginianum*, una de *C. brasilianum* y otra de *C. pubescens*, en Mercedes, Corrientes, Argentina (promedios de 3 años).

Especie y no. MeF	Vigor[a]	Frondosidad[a]	Tolerancia al frío[a]	Tolerancia a sequía[a]	Capacidad rebrote[a]	Producción semilla	
						Inicio	kg/ha
C. virginianum 2909	3.3	2.7	1.0	3.0	4.0	Marzo-Abril	240
C. virginianum 2943	3.2	3.3	1.0	1.5	2.0	Abril	384
C. virginianum 3034	3.3	3.3	1.0	2.0	2.0	Abril	297
C. virginianum 3387	1.8	1.8	1.0	1.0	1.0	Abril	57
C. virginianum 3707	1.4	1.3	1.0	5.0	2.0	Abril	219
C. virginianum 3728	1.6	1.2	1.0	2.0	1.0	Abril	63
C. virginianum 3733	2.1	1.0	1.0	1.0	2.0	Abril	81
C. virginianum (CIAT 5104) 4116	2.5	2.9	1.0	1.0	2.0	Marzo-Abril	47
C. virginianum (IRFL 1935) 4220	1.9	2.1	1.0	1.0	2.0	Marzo-Abril	26
C. virginianum 4307	3.4	3.2	1.0	3.0	3.0	Abril	383
C. pubescens 4416	1.3	1.8	1.0	4.0	1.0	Feb.-Abril	5
C. brasilianum 4434	1.7	1.7	1.0	1.0	1.0	Mayo	0

a. Escala de calificación, donde 1 = deficiente; 5 = excelente.

FUENTE: Pérego et al., 1985.

Digitized by Google

virginianum no muestra un establecimiento vigoroso, pero al parecer no sufre de enfermedades. Nodula fácilmente en todos los suelos donde ha sido ensayada. No se ha estudiado su respuesta a la fertilización, pero su buena capacidad de colonización en sitios donde puede producir semilla sugiere que sus requerimientos son bajos. La producción de semilla es aceptable, aunque la afectan las sequías de verano y el alto grado de dehiscencia de las vainas.

No se ha sembrado *Centrosema* comercialmente en la región y no se ha liberado ningún cultivar del género. *Centrosema virginianum* está todavía en la etapa de evaluación en parcelas pequeñas con animales. Actualmente se está multiplicando semilla de las accesiones MeF 2909 y MeF 3034 para evaluar la producción animal. *Centrosema virginianum* se agrupa con otras leguminosas forrajeras herbáceas nativas que tienen potencial para las zonas rocosas de Mercedes, Corrientes, o sea, *Vigna adenantha*, *Desmodium uncinatum*, *D. incanum* y *Macroptilium erythroloma*.

Conclusiones y Proyecciones Futuras

El mayor potencial de *Centrosema* en América subtropical se encuentra, muy probablemente, en las regiones subtropicales más calientes, como Paraguay y el noroeste de Argentina. El excelente comportamiento de *C. virginianum* en Salta, donde demostró ser superior a siratro, sugiere que esta especie es una opción para mejorar las pasturas subtropicales situadas en las tierras altas de la región del Chaco y en los valles templados.

En la zona subtropical de Florida, *C. virginianum* IRFL 1935 ha sido la accesión más persistente de *Centrosema*. En Mercedes, Corrientes, las accesiones de *C. virginianum* MeF 4307 y MeF 2909 fueron sobresalientes, comparadas con otros materiales de *Centrosema*. Se está multiplicando semilla en ambas regiones para proseguir con la evaluación de estas accesiones bajo pastoreo. Sin embargo, en estas regiones existen especies de otros géneros de leguminosas que parecen ser más promisorias, como *Macroptilium atropurpureum* en Florida y *Vigna adenantha* en Mercedes.

El trabajo que se haga en el futuro con *Centrosema* en las regiones subtropicales se debe concentrar en la búsqueda de materiales que tengan mayor resistencia a las temperaturas bajas

Digitized by Google

y un establecimiento más vigoroso. También se deben desarrollar estrategias de manejo que aumenten la persistencia de la leguminosa en las pasturas.

Referencias

Burkart, A. 1943. Las leguminosas argentinas silvestres y cultivadas. Ediciones Acme Agency, Buenos Aires, Argentina. 589 p.

Cabrera, A. L. 1978. Flora de la Provincia de Jujuy (República Argentina); colección científica del INTA. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Buenos Aires, Argentina. Tomo XIII, 726 p.

Ciotti, E. M. 1986. Adaptación de forrajeras en el nordeste de la provincia de Corrientes, Argentina; nota de investigación. Pasturas Tropicales Bol. 8(2):17-18.

Goldfarb, M. C. y Gándara, F. R. s.f. Introducción de gramíneas y leguminosas forrajeras en distintos suelos del N.O. de la Provincia de Corrientes. En: XII Congreso Argentino de Producción Animal. Asociación Argentina de Producción Animal (AAPA), San Martín de los Andes, Neuquén, Argentina.

Kretschmer, A. E., Jr. 1962. Annual clovers and perennial legumes that may be adapted to south Florida environment. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 22:199-214.

_____ . 1977. Growth and adaptability of *Centrosema* species in south Florida. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 36:164-168.

_____ y Snyder, G. H. 1982. Comparison of mixtures of seven tropical legumes and six tropical grasses in south Florida. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 41:67-72.

Milford, R. 1969. Mejoramiento de pasturas y desarrollo ganadero en el Paraguay: Una guía para técnicos. Banco Central del Paraguay, Asunción, Paraguay. 27 p.

Pérego, J. L. y Royo Pallarés, O. 1982. Comportamiento de leguminosas forrajeras en áreas ecológicas del centro-oeste de la Provincia de Corrientes. Rev. Argent. Prod. Anim. 2(6):529-542.

Digitized by Google

_____ ; _____ ; Cruzate, G. A.; y Fernández, J. G. 1985. Colección "in vivo" de las especies componentes de la pradera natural en el área de Mercedes (Corrientes). En: Informes de investigación y actividades de extensión, 1984-1985. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes (Corrientes), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Mercedes, Corrientes, Argentina.

PRONIEGA (Programa Nacional de Investigación y Extensión Ganadera). 1985. Informe anual. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Asunción, Paraguay. 81 p.

_____ . 1986. Informe anual. Ministerio de Agricultura y Ganadería, Asunción, Paraguay. 136 p.

Royo Pallarés, O. 1975. Informe sobre la situación de la investigación y extensión en pasturas tropicales en Paraguay, Bolivia (Chaco), Noreste Argentino y zonas adyacentes de Brasil; informe de consultoría. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia.

_____ y Pérego, J. L. 1981. Germoplasma de forrajeras subtropicales en la Provincia de Corrientes; jornadas de Genética Aplicada del Nordeste Argentino. Actas. Soc. Argent. Genet. p. 87-95.

_____ ; _____ ; Benítez, C. A.; y Fernández, J. G. 1980. Recolección y evaluación de germoplasma de *Phaseolus adenanthus* y otras leguminosas forrajeras nativas subtropicales. Serie técnica no. 20. Estación Experimental Agropecuaria Mercedes (Corrientes), Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA), Mercedes, Corrientes, Argentina. 39 p.

Snyder, G. H. y Kretschmer, A. E., Jr. 1974. Tropical legume response to lime and superphosphate in Oldsmar fine sand. Soil Crop Sci. Soc. Fla. Proc. 34:63-66.

_____ y _____ 1983. Liming for tropical legume establishment and production. En: Smith, J. A. y Hays, V. W. (eds.). Proceedings of the XIV International Grasslands Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 302-305.

_____ ; _____ ; y Sartain, J. B. 1978. Field response of four tropical legumes to lime and superphosphate. Agron. J. 70:269-273.

Digitized by Google

Valinotti, P. y Molas, O. [1986]. Adaptación de gramíneas y leguminosas forrajeras en suelos de drenaje restringido, Eusebio Ayala, Paraguay. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; tercera reunión de la RIEPT, octubre 1985. 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 1, p. 419-425.

Vallejos, G. N. 1981. Comportamiento de forrajeras en el nordeste argentino. Agronea no. 2 CIBAGRO. Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina. 29 p.

Vargas G., J. R. y Vorano, A. E. 1983. Chaco sudamericano: Regiones naturales. En: Vorano, A. E. (ed.). Informe de la sexta reunión del Grupo Mejoramiento y Utilización de los Recursos Forrajeros del Area Tropical y Subtropical, Grupos Campos y Chaco, Santa Cruz, Bolivia. Apéndice 7, p. 52-58.

Vorano, A. E. 1983. Recolección, observación y conservación de germoplasma de forrajeras nativas de la región subtropical subhúmeda y semiárida del noroeste de Argentina; informe al IBPGR/FAO. (Mecanografiado.)

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 599-627).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 20

Experiencia Regional con *Centrosema*: Australia

J. K. Teitzel, D. G. Cameron, P. Anning y T. G. Stockwell*

Resumen

Las primeras evaluaciones de especies de *Centrosema* se hicieron en Australia en la década de los 30. Estos estudios condujeron a un uso comercial activo de centro (*C. pubescens*) a principios de los 50. Centro es todavía la leguminosa forrajera más ampliamente usada en la zona tropical húmeda de Australia donde su rango edáfico, que anteriormente era estrecho, se amplió gracias al descubrimiento y posterior corrección de las deficiencias minerales del suelo. Hay ejemplos de pasturas de gramíneas y centro que han sido pastoreadas con fines comerciales durante más de 30 años.

La colección australiana de *Centrosema* contiene más de 1300 accesiones pertenecientes a cerca de 30 especies. Mucho más de la mitad de las accesiones corresponden a *C. pubescens* y a *C. virginianum*, en tanto que otras 11 especies están representadas por menos de 10 accesiones cada una. Cerca de la mitad de la colección total ha sido cultivada, por lo menos en jardines de introducción. La selección que se hizo para mejorar el desarrollo de las plantas durante la estación fría dio como resultado la liberación

* Innisfail, Qld., Australia; Queensland Department of Primary Industries (QDPI), Brisbane, Qld., Australia; QDPI, Bowen, Qld., Australia; y Northern Territory Department of Primary Production (NTDPP), Katherine, N.T., Australia, respectivamente.

Digitized by Google

del cv. Belalto para las áreas tropicales de alta precipitación. Más recientemente, en la zona tropical seca monzónica, se liberaron comercialmente dos cultivares de *C. pascuorum*, cv. Cavalcade y cv. Bundey. Una línea de *C. virginianum* se comportó bastante bien bajo pastoreo en la zona subtropical húmeda, pero no se ha considerado su liberación comercial.

No obstante las varias décadas de ensayos trascurridas, todavía no se comprende plenamente el potencial agronómico que tiene el género para las condiciones de Australia. Más aún, el potencial económico de los cultivares comercialmente disponibles no se aprecia bien todavía. La adaptación comercial se aceleraría si hubiera cultivares más fáciles de establecer, menos sensibles a las deficiencias minerales del suelo y más resistentes al pastoreo intenso.

Introducción

Las primeras introducciones de especies de *Centrosema* que se hayan registrado en Australia se hicieron entre 1930 y 1936. Eran dos muestras de *C. pubescens* de Java y Trinidad (Barnard, 1969), dos de *C. plumieri* de Mauricio y Trinidad, y dos de *C. virginianum* de Dinamarca y de Honduras Británica (hoy Belice). Las primeras dos especies se habían usado ampliamente en el extranjero como cultivos de cobertura en las plantaciones de especies arbóreas de regiones tropicales (Whyte et al., 1953), mientras que la tercera especie se sembraba a veces como planta ornamental. Estas especies se cultivaron en el jardín de introducción de plantas de Lawes inmediatamente después de pasar por la cuarentena, y en Fitzroyvale, Rockhampton, de 1936 en adelante. La mayoría de estas introducciones se consideró buena, aunque no sobresaliente (Miles, 1949). En 1939, una tercera muestra de *C. pubescens* se recibió de Nueva Guinea y pasó al entonces Queensland Department of Agriculture and Stock. Su valor se reconoció rápidamente cuando se cultivó en South Johnstone, en la costa tropical húmeda del Norte de Queensland (Schofield, 1941).

Cuando se reanudó la investigación en South Johnstone, en los años de la posguerra, centro (*C. pubescens*) junto con stylo (*Stylosanthes guianensis* var. *guianensis*) y kudzú (*Pueraria phaseoloides*) se incluyeron en los primeros estudios de pastoreo con leguminosas y gramíneas tropicales en Australia (Graham,

Digitized by Google

1948 y 1951). El comportamiento de centro en estas siembras dio como resultado su rápida recomendación para uso comercial en la costa tropical húmeda; por ello continuaron los ensayos con esta especie que ya había sido sembrada cerca de Brisbane en 1942 (Schofield, 1945).

De mediados a finales de la década de los 50, centro se estaba sembrando en muchas pasturas comerciales en todo Queensland (Walsh, 1958). Entre ellas había muchas pasturas que, en un comienzo, se sembraron desde el aire en las áreas de bosque de *Acacia harpophylla* ("brigalow") en que los árboles habían sido arrancados y quemados, por lo menos en el centro de Queensland (Sillar, 1963). A principios de la década de los 60 se comprobó que centro no era apropiada para las tierras de *A. harpophylla* donde la precipitación anual fluctúa entre 600 y 800 mm. Sin embargo, resultó muy útil en las zonas de mayor precipitación (1000 a 1600 mm) más cercanas a la costa, en el centro y sudeste de Queensland. El éxito de centro se extendió por el sur hasta el distrito de Cooroy-Nambour (Douglas, 1959) donde, en 1962, había 120 hectáreas sembradas (Douglas, 1962), y hasta la costa húmeda de Mackay (Goodchild, 1955).

En 1954 se importaban ya cantidades comerciales de semilla y durante los 5 años anteriores a 1962 cerca de 40 toneladas de semilla llegaron de Ceilán, Malaysia e Indonesia (Barnard, 1969). Centro fue, por tanto, la primera de las leguminosas tropicales perennes que crecen en verano, cuyo uso se extendió ampliamente. Después de 1962, muchas otras leguminosas subtropicales perennes, especialmente siratro (*Macroptilium atropurpureum*) y las del género *Desmodium* (*Desmodium intortum* y *D. uncinatum*), la remplazaron en las mezclas sembradas en las regiones del sur y de Mackay (Douglas y Luck, 1964). El resultado fue que su uso se limitó generalmente a la costa norte tropical húmeda, donde se adaptó tan bien que es todavía una de las especies forrajeras más importantes (Teitzel y Burt, 1976). También en la costa húmeda de Mackay, en regiones con buen drenaje y más de 1600 mm de precipitación anual, varias de las primeras siembras todavía persisten y se tienen por pasturas muy valiosas (Bishop y Walker, 1980).

Aunque la producción de semilla se consideró posible en Queensland (Verhoeven, 1958), y en 1958 se registró la primera cosecha comercial de casi una tonelada (Gude, 1959), todavía no se

Digitized by Google

ha desarrollado la industria local de producción de semilla. La semilla importada era más barata que aquella producida localmente y una cosecha local de semilla era un evento ocasional. En los últimos años, la importación de semilla de centro fue restringida por las autoridades de cuarentena a la proveniente de Nueva Guinea (Harding y Cameron, 1972).

Hasta hace poco sólo se habían sembrado especies del grupo de *C. pubescens*, pero ahora dos cultivares de *C. pascuorum* están entrando al mercado.

En este capítulo se revisan la ampliación de la colección australiana de *Centrosema*, y los programas de evaluación y de mejoramiento que se han llevado a cabo. Se estudian las limitaciones ambientales conocidas de los cultivares comerciales, su impacto comercial y las prioridades asignadas a la investigación futura sobre *Centrosema* en Australia.

Ambientes Considerados

Hasta el presente, las especies de *Centrosema* se han empleado en diferentes condiciones ambientales del norte de Australia. Estos van de la zona tropical húmeda a la tropical seca monzónica, pasando por la tropical seca, la subtropical húmeda y la subtropical seca (Cuadros 1 y 2). Los suelos varían desde las arcillas pesadas hasta las arenas livianas creando una gama de condiciones de drenaje. La mayoría de estos suelos son ácidos y su contenido de nutrimentos minerales es bajo. Al menos en las áreas de alta precipitación, la corrección de las deficiencias minerales ha resultado en que las agrupaciones convencionales de suelos (Cuadros 1 y 2) pierdan utilidad cuando se trata de extrapolar las características del comportamiento de las plantas (Teitzel, 1979).

En la costa tropical húmeda (entre los 16° y los 19° de latitud S, con precipitación anual promedio de 1500 a 5000 mm), una pastura sembrada con gramínea sola al comenzar el siglo había descendido notoriamente en vigor hacia la década de los 30. La búsqueda de las medidas correctivas dio inicio a los primeros trabajos con leguminosas tropicales (Graham, 1951; Schofield, 1941), y luego a la siembra comercial de centro común (*C. pubescens*) en los suelos más fértiles, o sea, los aluviales y volcánicos, que se dedicaban a la agricultura en esa época. La extensión de la industria de

Digitized by Google

Cuadro 1. Pruebas regionales con especies de *Centrosema* en Australia y su comportamiento general[a].

Especie de *Centrosema*	No. de accesiones	Origen o fuente[b]	Tipo[c] y sitio[d] del ensayo	Comportamiento[e]
acutifolium	11	Brasil (9), Colombia (2)	V: SS	D-M
angustifolium	1	Brasil	C: KN	NE
arenarium	2	Brasil	V: SS	R
arenicola	1	Florida	V: SS	D
brachypodum	2	Brasil	V: SS	R-B
bracteosum	1	Brasil	V: SS, MA, WT	D en SS; NE en MA
brasilianum	54	Brasil (37), Colombia (5), Venezuela (9), desconocido (2), Surinam (1)	V: NB, SS, MA, MG, NW, DA, TA, BO, BB, WT; O: BH, CQ, AR, CP, TA; C: MG, MA, NB, TA, DD, DW, KU, VR; P: KN	D-M; NP en SS, BH; D en CQ
coriaceum	2	Brasil	V: SS	D
grazielae	10	Brasil (7), Colombia (3)	V: SS, BB, BO	R; NP en SS
macrocarpum	14	Brasil (8), Colombia (5), México (1)	V: SS, MK	R

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 1. Continuación.

Especie de *Centrosema*	No. de accesiones	Origen o fuente[b]	Tipo[c] y sitio[d] del ensayo	Comportamiento[e]
pascuorum	71	Brasil (37), Ecuador (1), Honduras (3), El Salvador (1), México (2), Venezuela (22), mejoradas (5)	V: NB, BB, BO, SS, NW, DA, CQ, CL, MA, MG, WT, YP, MK; O: BH, MG, YP, DB, CQ, KN, TA; C: MG, NB, TA, MA, YP, AR, CP, VR, KU, DD, DW, TA; P: KN	D-M; D en sitios sureños R-M en sitios norteños
plumieri	32	Brasil (8), Colombia (4), Panamá (1), Venezuela (3), Rep. Dominicana (3), El Salvador (1), México (3), Guatemala (2), Mauricio (1), Malaysia (1), Fiji (1), Trinidad (1), Bélgica (1), local (2)	V: BO, BB, CQ, LG, SS, DA, KU, MA, NB, WT; O: DB, SS, AR, CP, DD; C: KN	D-M; D en DB; NP en un número de siembras incl. KN
pubescens x *macrocarpum*	3	Mejorada en Colombia	V: SS	R
pubescens x *acutifolium*	1	Mejorada en Brasil	V: SS	R
pubescens	345	Brasil (56, 12 mejoradas), Colombia (51, 14 mejoradas), Panamá (25), Venezuela (34), Rep. Dominicana (3), El Salvador (2), México (31), Guatemala (9), Cuba (25), Ecuador (14), Belice (4), Indias Occid. (8), Bolivia (1), SE de Asia (19), Africa occid. (8), Africa oriental (11), Guyana (1), Surinam (1), Fiji (1), local (14), Costa Rica (1)	V: SS, BO, BB, NB, MA, TA, WT, MK, CQ, NW; C: YP, TA, MG, WT; O: AR, CP; P: WT, DA, DD, KN, KU	D-M

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 1. Continuación.

Especie de *Centrosema*	No. de accesiones	Origen o fuente[b]	Tipo[c] y sitio[d] del ensayo	Comportamiento[e]
rotundifolium	3	Brasil	V: BB, SS, WT, TA	D; NP en SS
sagittatum	3	Brasil (1), Argentina (1), Honduras (1)	V: SS, BB	R-B
schiedeanum	13	México (6), Colombia (2), Panamá (3), Costa Rica (2)	V: SS, BB, MK, NW, WT, TA; O: DB; C: WT, YP, MA, MG; P: WT	D-M; D en DB; NE en NW
schottii	6	México (4), Ecuador (1), Brasil (1)	V: NB, BB, SS, CQ, NW, DA, TA, MA, WT; O: BH, CQ, AR, TA; C: NB, TA, DD, DW, KN, KU, TA, VR; P: TA	D-B; D en DB; R en MA, MG, NW; R en TA
vexillatum	1	Colombia	V: SS	D
virginianum	105	Brasil (31), Argentina (17), México (11), Colombia (10), E.U. (4), Puerto Rico (1), Honduras (3), Bolivia (2), Paraguay (1), Venezuela (2), Cuba (1), Rep. Dominicana (1), Indias Occid. (20), Dinamarca (1)	V: BB, LG, SS, BO, TA, DA, NB, CQ, DD, MA, MK, NW, CL, WT; O: DB, MA, NW, AR, CP, DD, VR, CQ; C: MA, MG, YP, NB, BB, BO, WT, LA, SS, TA, KN, KU; P: BB, SS	D-M; Frecuent. NP en SS; D en DB, en norte (MA, MG), y CQ

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 1. Continuación.

Especie de *Centrosema*	No. de accesiones	Origen o fuente[b]	Tipo[c] y sitio[d] del ensayo	Comportamiento[e]
Centrosema sp.	11	Venezuela (5), Panamá (1), El Salvador (2), Guyana (1), Granada (1), local (1)	V: DA, SS, MA; O: BH, TA	D-B; NP en BH

a. Esta información se ha extraído de datos publicados (*ver* Referencias) y de varias comunicaciones personales de H. G. Bishop, M. J. Blumenthal, G. J. Calder, A. G. Cameron, R. L. Clem, R. J. Clements, T. J. Hall, J. M. Hopkinson, T. H. McCosker, C. H. Middleton, R. G. Silcock, I. B. Staples, R. J. Williams, W. H. Winter y A. E. Wynn, así como de información no publicada de J. K. Teitzel y T. G. Stockwell.

b. Entre paréntesis, el número de accesiones.

c. Tipo de pruebas (según Winter et al., 1985):
Datos cualitativos (p.ej., fecha de floración, tasa de crecimiento): V = vivero; O = parcela de observación.
C = Datos cuantitativos (p.e., rendimientos de materia seca, poblaciones, calidad, rendimientos de semilla).
P = Experimentos de pastoreo.

d. Las siglas de los sitios se identifican en el Cuadro 2.

e. Comportamiento (según Winter et al., 1985):
D = crecimiento deficiente
R = crecimiento regular
B = buen crecimiento
M = crecimiento muy bueno
NP = no persiste
NE = no se establece

Digitized by Google

Cuadro 2. Sitios en que se hicieron pruebas regionales con algunas especies de *Centrosema* en Australia.

Localidad		Precipitación prom. anual = ppa (mm)	Tipo de suelo[a]
Zona tropical seca (<1000 mm, ppa)			
BH:	Región interior de Bowen (incluye Havilah y Myuna)	600-700	Arcillas negras resquebrajadas
DW:	Daly Waters	650	Tierra roja
KN:	Distrito de Katherine	950	Tierra roja Gn 2.11, 2.12; Podzólico amarillo Gn 2.74
KU:	Area de Kununurra (incluye la Estación de Investigación Kimberley)	750	Arcilla gris Ug 5.34; Arena profunda Uc 4.21; Tierra roja Gn 2.14
MG:	Mt. Surprise y Mt. Garnett (incluye Boomerang, Meadowbank, Tirrabella, Ben Avon, Woodleigh, Rosella Plains, Pinnarendi, Mistletoe y Forest Home)	700-800	Tierra roja; duplex amarillo; Krasnozem; duplex negro rojizo; arenas graníticas
NW:	Northwest Queensland (incluye Cloncurry, Toorak, Glenore, Normanton, Corella Park, Milgara, Warrenvale, Muttonhole y Croydon)	400-800	Duplex amarillo; tierra amarilla; arcilla gris; tierra roja franca; arcilla marrón
TA:	Area de Townsville (incluye la Estación de Investigación Landsdown y Bluff Downs)	900	Podzólico rojo Gn 3.15
VR:	Distrito de Victoria River	650	Limo gris cenagoso; Limo arcilloso rojo; Euchrozem Gn 3.12; Tierra negra Ug 5.12

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Localidad	Precipitación prom. anual = ppa (mm)	Tipo de suelo[a]
Zona tropical seca monzónica (época de cultivo de 3 a 6 meses)		
AR: Río Adelaide (incluye la Estación de Investigación Mt. Bundey y Tortilla Flats)	1250	Litosol Gn 2.61, 2.81; Tierra roja Gn 2.21; Soloth Dy 3.31; Solódico Dy 3.53; Tierra amarilla Gn 2.61, 2.62, 2.64
CP: Planicies costeras	1400	Arcillas negra resquebrajable Ug 5.4, 5.5; Gley Húmico Uc 5.23, 5.61, (Gn 2.81); Arcilla gris Ug 5.17, 5.24; Tierra roja 2.4
DA: Area de Darwin (incluye la Granja Experimental Berrimah)	1600	Litosol; Tierra roja Gn 2.14, etc.; Tierra amarilla Gn 2.24, 2.64
DD: Area de Douglas Daly	1100	Tierra roja Gn 2.11, 2.12; Podzólico amarillo Gn 2.74
MA: Area de Mareeba (incluye las Estaciones de Investigación Walkamin, Southedge, Parada y Kairi)	1030	Duplex amarillo; Krasnozem; Solódicos arenosos
YP: Península de Cape York (incluye Wrotham Park, Highbury, Mt. Carbine, Brooklyn, Sudley, Kalinga y Koolburra)	800-1000	Tierra amarilla; duplex amarillo; arcilla gris; Solódico amarillo

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Localidad	Precipitación prom. anual = ppa (mm)	Tipo de suelo[a]
Zona tropical húmeda (época de cultivo de 6 a 12 meses)		
MK: Mackay (incluye Tedlands)	1660	Solódico arenoso; aluvial fértil
WT: Costa tropical húmeda (de Ingham a Cairns)	1500-3500	Arena; limo arenoso; limo francoarcilloso; arcillas arenosas ligeras Dy 3.41, Gn 3.11, Gn 2.21, Gn 2.84, Uc 4.2, Um 6.33, 6.34
Zona de Capricornio (700-1000 mm, ppa)		
CQ: Queensland central (incluye la Estación de Investigación de Biloela, Moura, Moranbah, Marlborough, Fitzroyvale y Rockhampton)	700-1000	Tierra negra; arcilla marrón gris; limos; Solódicos; tierras rojas
Zona subtropical seca (<900 mm, ppa)		
BO: Boonah	870	Tierras negras Ug 5.13
CL: Charleville Pastoral Laboratory	500	Arena profunda
DB: Darling Downs (incluye Bringalily, Wandoan y Wellcamp)	650-700	Arcilla gris resquebrajable Ug 5.24; tierras negras Ug 5.1; Solódicos arenosos
LG: Lawes y Gatton	770	Tierra negra Ug 5.15
NB: Pasturas de Narayen y Brian	720	Podzólico amarillo Dy 3.41; Tierra negra Ug 5.15

(Continúa)

Digitized by Google

Cuadro 2. Continuación.

Localidad	Precipitación prom. anual = ppa (mm)	Tipo de suelo[a]
Zona subtropical húmeda (>1000 mm, ppa)		
BB: Beerwah y Beerburrum	1650	Gley Podzólico Dy 3.41; arena profunda
SS: Samford y Strathpine (incluye Moggill)	900-1200	Gley Podzólico

a. Según Northcote, 1971.

FUENTES: *Ver* pie de página a. en el Cuadro 1.

Digitized by Google

producción de carne de res a los suelos infértiles, poco profundos, ácidos y con deficiencias de minerales, y la necesidad de contar con leguminosas forrajeras que tuvieran mejor crecimiento en la estación fría, condujeron a la ampliación del rango de introducciones durante la década de los 60 (Grof y Harding, 1970).

Cuando se inició la ampliación, a finales de la década de los 60, de la colección australiana de *Centrosema* (Clements et al., 1983), se establecieron ensayos en un rango más extenso de ambientes. Era necesario, en particular, seleccionar leguminosas forrajeras para la vasta zona tropical monzónica y estacionalmente seca —donde hay generalmente una época húmeda de 3 a 6 meses y una sequía de 6 a 9 meses—en Queensland y en el Territorio Norte. Esta búsqueda condujo a la evaluación, a nivel de campo, de representantes del acervo genético en expansión de *Centrosema* en diversos sitios (Cuadros 1 y 2).

En la zona subtropical de Queensland se han hecho también ensayos en muchos sitios, y se ha realizado además un proyecto de mejoramiento de *C. virginianum*. Esta zona tiene una estación seca menos definida y un invierno mucho más frío, con heladas y precipitación invernal frecuentes. La resistencia a las heladas y la capacidad para crecer en la estación fría son, por tanto, características deseables en una especie forrajera.

Colección Australiana de *Centrosema*

A finales de la década de los 60, había menos de 200 accesiones de *Centrosema* en la colección australiana. Este número ha aumentado a más de 1300 que pertenecen a 30 especies. Cerca de la mitad de estas accesiones, pertenecientes a las 20 especies enumeradas en el Cuadro 1, ha sido cultivada, por lo menos en jardines de introducción (Clements, 1985). La colección completa contiene más de 500 accesiones de *C. pubescens* y más de 200 de *C. virginianum*. Las especies representadas por 20 a 100 accesiones son *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pascuorum*, *C. plumieri*, *C. sagittatum* y *C. schottii*; por 10 a 20 accesiones: *C. acutifolium*, *C. angustifolium*, *C. grazielae*, *C. rotundifolium* y *C. schiedeanum*; y por menos de 10 accesiones: *C. arenarium*, *C. arenicola*, *C. bifidum*, *C. brachypodum*, *C. bracteosum*, *C. coriaceum*, *C. fasciculatum*, *C. grandiflorum*, *C. venosum* y *C. vexillatum* (Thomson y Clements, 1984).

Digitized by Google

Cultivares Liberados Comercialmente

Una de las limitaciones de centro común, material que empezó a usarse durante la década de los 50, es su sensibilidad a la temperatura, que es la causa de su escaso crecimiento durante la estación fría. La variedad sufre también enfermedades y ataques de insectos durante la estación fría. Estas limitaciones llevaron a la selección del cultivar Belalto y a su liberación en 1971 (Barnard, 1972), el cual superó a centro común y a otras líneas de *Centrosema* durante dos estaciones frías consecutivas. Además, Belalto fue poco afectado por la mancha foliar de *Cercospora* y por la arañita roja (*Tetranychus* sp.) (Grof y Harding, 1970). Belalto se considera ahora perteneciente a *C. schiedeanum*.

La ampliación del acervo genético australiano condujo a la evaluación de un rango más amplio de accesiones de *Centrosema*, en varios ambientes fuera de la zona tropical húmeda. Algunos de estos trabajos destacaban el potencial de las líneas de *C. pascuorum* en ambientes tropicales monzónicos. Una línea mejorada por Clements et al. (1986) posee una combinación deseable: da siempre un rendimiento de forraje alto en diversos sitios y años, y una buena producción de semilla. También proporciona 22% más de forraje y 118% más semilla que su mejor progenitor (Stockwell et al., 1986). Se liberó como el cv. Cavalcade en 1984 (New releases ..., 1985). Poco después, otra línea de apariencia muy similar, pero de semilla más pequeña y con un tiempo de floración más tardío, se liberó como el cv. Bundey. Se considera que Bundey es más conveniente para las regiones más húmedas del "Top End" (extremo superior) del Territorio Norte (Stockwell, 1985).

No hay otras accesiones que estén próximas a su liberación comercial, aunque las líneas de *C. brasilianum* (Anning, 1982) y *C. virginianum* han manifestado rasgos promisorios en la zona tropical seca. *Centrosema virginianum* se ha comportado bastante bien bajo condiciones de pastoreo en un ambiente subtropical costero de tierra baja (Jones y Clements, 1987). Sin embargo, se considera que este comportamiento no es aún convincente para apoyar una propuesta de liberación comercial (R. M. Jones, comunicación personal).

Digitized by Google

Programas de Selección

Los primeros trabajos de Schofield (1941) consistieron, en su mayor parte, en experimentos de corte en parcelas pequeñas, con diferentes tasas de aplicación de cal y de superfosfato simple. También se hicieron algunos estudios de palatabilidad con animales en jaulas. Las primeras evaluaciones de pastoreo se iniciaron en 1946 y consistieron en parcelas pequeñas pastoreadas en común (Graham, 1951). No fue posible medir el desarrollo del peso vivo de los animales en la zona tropical húmeda de Australia hasta que en 1948 se instaló una báscula en South Johnstone. Este trabajo dio pie para varias siembras comerciales de centro común en asociación con diversas gramíneas, lo que ha dado ya 30 años o más de experiencia en el pastoreo comercial con este cultivar en la zona tropical húmeda de Australia.

La evaluación que condujo a la liberación del cultivar Belalto consistió, en su mayor parte, en un experimento de corte que incluyó accesiones de *Centrosema* seleccionadas por su comportamiento en parcelas de introducción con plantas espaciadas (Grof y Harding, 1970). Desde esa época se ha observado varias veces el comportamiento de Belalto bajo pastoreo. La principal observación consistió en un estudio de sistemas de pastoreo, el cual terminó recientemente después de 12 años de seguimiento del suelo, de las plantas y de los animales. Los sistemas de pastura que incluían a Belalto superaron sin excepción los sistemas equivalentes en que se sembró centro común (J. K. Teitzel, información no publicada).

Grof (1970) intentó obtener mediante mejoramiento cultivares superiores a Belalto. Sin embargo, las líneas seleccionadas no pudieron demostrar su superioridad en evaluaciones posteriores de pasturas asociadas (C. H. Middleton, comunicación personal).

Otras accesiones de *Centrosema* (Cuadros 1 y 2) han sido ensayadas en la zona tropical seca de Queensland por Anning (1982), Anning et al. (1981) y por otros funcionarios del QDPI y del CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Australia) (Cuadros 1 y 2); en áreas tropicales secas monzónicas, por Cameron et al. (1984), Clements et al. (1984), Stockwell (1982), Stockwell et al. (1986) y Winter (1978); en Queensland subtropical por Cameron y Mullaly (1969), Clements (1977 y 1983a), Jones y Clements (1987); y en otros tres sitios (cada

Digitized by Google

uno representa uno de los anteriores tres grupos regionales) por Clements et al. (1984). Las especies ensayadas fueron *C. pubescens*, *C. plumieri*, *C. virginianum*, *C. pascuorum*, *C. brasilianum*, *C. grazielae*, *C. acutifolium*, *C. macrocarpum*, *C. grandiflorum*, *C. schiedeanum* y *C. schottii*. Estos estudios comprendían evaluaciones en jardines de introducción, que eran seguidas por experimentos de corte con las accesiones más promisorias. En general, se registraron el rendimiento de materia seca, el contenido de N y P de la planta, la floración, la formación de semilla, la persistencia de las plantas, su tolerancia al frío y su propagación.

En Katherine, Territorio Norte, W. H. Winter (comunicación personal) halló que *C. pascuorum* seguía siendo el componente dominante de la pastura después de 5 años, en los cuales ésta, con una carga animal de 3.3 novillos/ha durante la estación seca (de junio a noviembre, inclusive), fue capaz de sostener ganancias de peso de 20 a 50 kg/cabeza.

Limitaciones Ambientales

Centro común comercial se considera una leguminosa típica de la zona tropical húmeda. Aunque puede crecer en áreas que reciban sólo 1000 mm de lluvia al año (Humphreys, 1974; Wilson y Lansbury, 1958), su comportamiento mejora mucho en las áreas de alta precipitación (Barnard, 1969; Goodchild, 1955; Walsh, 1958).

De las especies estudiadas por 't Mannetje y Pritchard (1974), centro común mostró la respuesta más notable a los cambios de temperatura. Cuando la duración del día fue de 14 horas, el rendimiento de centro con temperaturas diurnas y nocturnas de 26 y 15 °C fue sólo un 16% de aquél obtenido con 32 y 24 °C. El crecimiento fue seriamente restringido cuando las temperaturas de una instalación meteorológica estándar estuvieron por debajo de 25.6 °C (máxima) y 12.8 °C (mínima) (Bowen, 1959a). Además, centro común, a diferencia de algunas especies de *Desmodium* y de glicine (*Neonotonia wightii*), no presentó disminución en el crecimiento a temperaturas altas, dentro del rango usado por Sweeney y Hopkinson (1975). Sin embargo, la tasa de crecimiento de centro, como la de todas las leguminosas probadas, decreció rápidamente a medida que la temperatura descendía a 24 y 19 °C (diurna y nocturna) o a niveles más bajos.

Digitized by Google

Las heladas causan graves daños a centro común; sin embargo, puede emitir rebrotes si su población está bien establecida y si la corona y las bases de los tallos han quedado bien cubiertas (Barnard, 1969; Douglas, 1962; Schofield, 1945). En latitudes más meridionales (New South Wales), la falta de tolerancia al frío hace que centro común se comporte como una especie anual (Cameron, 1958). *Centrosema schiedeanum* cv. Belalto, liberado más recientemente, es mucho más productivo durante la estación fría que centro común (Grof y Harding, 1970). Esta diferencia refleja probablemente el origen de Belalto, que proviene de una altitud relativamente elevada.

Cuando estudiaron varias accesiones de *C. virginianum*, Clements y Ludlow (1977) hallaron diferencias en la capacidad de aquéllas para sobrevivir a ligeras heladas. Esta reacción se correlacionó con la latitud de origen. Además, la altura del nudo cotiledonar se correlacionó negativamente con la latitud de origen y con la supervivencia invernal. En realidad, la supervivencia a las heladas se debió principalmente a mecanismos de evitación de las heladas, no de tolerancia per se a ellas.

La capacidad para resistir el estrés de la falta de humedad es también importante en las condiciones australianas; según Ludlow et al. (1983), cinco accesiones de cuatro especies de *Centrosema* respondieron al estrés por falta de humedad de modo distinto a siratro. Esta leguminosa puede evitar la deshidratación, pero en realidad su tolerancia al déficit interno de agua es baja. Las especies de *Centrosema*, en cambio, pudieron tolerar potenciales hídricos foliares tan bajos como de -8 a -12 MPa, mientras que siratro sólo resistió -1.9 MPa. De las especies de *Centrosema*, *C. pascuorum* toleró más ese estrés y *C. pubescens* menos, tal como se esperaba.

Centro común ha sido cultivada en una gran variedad de suelos (Humphreys, 1974); se creía generalmente que era mejor sembrar esta leguminosa en los suelos más fértiles y a stylo en los más pobres (Teitzel et al., 1974b). Recientemente, sin embargo, las observaciones hechas en pasturas comerciales asociadas de gramíneas, centro y stylo han revelado que al corregir las deficiencias minerales del suelo enumeradas por Teitzel (1979), centro se convierte en la leguminosa dominante, aun en los suelos más pobres. Esto ocurrió antes de que las infecciones de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) se convirtieran en un

Digitized by Google

problema para stylo. Los requerimientos edáficos del cv. Belalto parecen ser similares a los de centro común.

Centrosema pascuorum ha demostrado también una buena adaptación edáfica (Clements et al., 1983) y, como señalamos antes, puede tolerar déficit internos de agua muy altos (Ludlow et al., 1983). Los cultivares liberados comercialmente, Cavalcade y Bundey, han sobrevivido al anegamiento prolongado y a la sumersión parcial, en las tierras estacionalmente inundadas de la zona tropical seca monzónica del Territorio Norte. Se considera que el cv. Bundey ofrece ciertas ventajas, por su floración tardía, en las áreas donde la inundación es más profunda (Stockwell, 1985). Las accesiones de *C. pascuorum*, sin embargo, no se han comportado tan bien en latitudes similares de las áreas tropicales secas de Queensland (Anning, 1982; Clements et al., 1984). La especie no ha podido persistir en la zona subtropical ni en la zona tropical húmeda.

Lo que se creía sobre los sitios de siembra de centro común y de stylo hizo pensar a los investigadores australianos que el género *Centrosema* no se adaptaba tan bien como *Stylosanthes* a los suelos infértiles. Sin embargo, partiendo de la experiencia reciente obtenida en la zona tropical húmeda, es posible que la corrección a bajo costo de las deficiencias minerales altere esta creencia. El contenido de nutrimentos ninerales de la mayoría de los suelos australianos dedicados a pasturas no se conoce bien todavía, especialmente en relación con los géneros sensibles a los oligoelementos, como *Centrosema*. A medida que se avanza en esta investigación, es posible ampliar el rango edáfico de *Centrosema*.

Otras Limitaciones

Algunas de las debilidades más notorias de los cultivares de *Centrosema* se relacionan con una necesidad aparente que tienen éstos de mayores insumos de manejo. Algunos cultivares de *Stylosanthes*, que son una alternativa de *Centrosema*, se han establecido con más facilidad en terreno no preparado, y con menores insumos de fertilización en suelos preparados. Por otra parte, se considera que los cultivares de *Centrosema* son tan palatables que no conviene someterlos a pastoreo incontrolado en áreas remotas. Sin embargo, estos cultivares no han sido devastados por las plagas ni por las enfermedades, aunque se han

Digitized by Google

presentado infecciones moderadas de la mancha foliar causada por *Cercospora* e infestaciones de la arañita roja en los materiales comerciales de *Centrosema*, especialmente en centro común. Un nematodo del nudo de la raíz (*Meloidogyne* sp.) ha infestado a *C. pascuorum*, pero se cree que sólo causa problemas en los experimentos en que se siembran plantas muy espaciadas (Clements et al., 1983). Se han observado virus en las hojas y ocasionalmente intensas infestaciones de *Rhizoctonia* en varias especies de *Centrosema*, entre otras en *C. pubescens* y *C. pascuorum*. Estas limitaciones, que requieren un seguimiento cuidadoso, no se consideran graves hasta el presente.

Impacto Económico

Centro común y Belalto son las dos leguminosas más importantes en la zona tropical húmeda de Australia. Por las razones antes indicadas, Belalto es el cultivar preferido, pero la escasez de semilla comercial no permite que lo siembren mucho. Centro (Belalto o común) es la leguminosa que se recomienda sembrar en asociación con el pasto Guinea Riversdale (*Panicum maximum*), en terrenos de buen drenaje; con el pasto Guinea Hamil (*P. maximum*), si éstos son de drenaje moderado; y con el pasto Pará (*Brachiaria mutica*), en tierras mal drenadas.

Algunas prácticas de establecimiento y de manejo para estas mezclas de especies forrajeras ya han sido esbozadas por Teitzel et al. (1974a, 1974b y 1974c). El lento establecimiento de estas especies, debido en parte a su alta proporción de semilla dura (Verhoeven, 1958), hace recomendable la escarificación de la semilla y la preparación de un terreno firme, húmedo y libre de malezas. A causa de la semiespecificidad en el requerimiento de *Rhizobium*, la semilla se debe inocular con la cepa apropiada (Bowen, 1959b). Bruce (1967) estimó una contribución anual de 138 kg/ha de N cuando centro inoculada era cultivada con el pasto Guinea.

Se recomienda sembrar la semilla con precisión y cubrirla un poco con el suelo. Los requerimientos de fertilizante varían de 200 kg/ha de superfosfato simple para suelos de bosque húmedo hasta 500 kg de superfosfato con 100 kg de cloruro de potasio, 10 kg de sulfato de cobre y 10 kg de sulfato de zinc, por hectárea, para suelos derivados de granito que anteriormente tenían una

Digitized by Google

vegetación natural de bosque ralo esclerofilo graminoso (Teitzel et al., 1974a). Una vez establecidas, las pasturas de pasto Guinea y centro han producido con regularidad una ganancia anual de 500 a 600 kg/ha de peso vivo, con cargas animales de 2.5 a 3 novillos/ha (Lascano et al., esta obra). Hay ejemplos de explotaciones comerciales que ahora tienen más de 30 años.

Dicha estabilidad se destacó durante el período de bajos precios de la carne de res en la década de los 70, cuando el exceso de carga—un resultado de la renuencia a vender el ganado a precios bajos—y la fertilización deficiente—consecuencia de un inadecuado flujo de caja—dieron lugar a la degradación generalizada de las pasturas. Desde esa época, dado que había quedado suficiente centro (cerca del 1% al 2% de la composición botánica, distribuida en forma pareja), se han renovado extensas zonas de pasturas comerciales mediante el corte de las malezas, la aplicación de los fertilizantes de mantenimiento necesarios, y el pastoreo ligero durante la primera época húmeda que seguía a la aplicación de los fertilizantes. Los programas típicos de fertilización de mantenimiento, esbozados por Teitzel (1979), consistieron en la reaplicación de 30 kg/ha de P soluble cada 2 años y en la adición de oligoelementos específicos cada 5 años.

Aunque existen esos casos de comportamiento a largo plazo, hay en Australia solamente unas 30,000 ha de pasturas que contienen centro. Esto se debe principalmente a la falta de confianza del ganadero y a las circunstancias económicas del pasado reciente. Muchas de las siembras hechas durante la década de los 60 fracasaron por el inadecuado conocimiento de los requerimientos de fertilización. La confianza disminuyó aún más durante la época de precios bajos de la carne de res y de degradación de las pasturas, en la década de los 70. Cuando mejoraron los precios de la carne, algunos estudios como los de Teitzel et al. (1986) han demostrado que las pasturas de *Brachiaria decumbens* o *B. humidicola* fertilizadas con nitrógeno son más lucrativas que las pasturas de pasto Guinea y centro. Por lo tanto, muchas tierras de pasturas degradadas no se resembraron con centro. Esta actitud cambiará cuando haya una reducción en los precios de la carne de res o grandes aumentos en el precio del fertilizante nitrogenado.

La liberación comercial de los cultivares de *C. pascuorum* ha sido mucho más reciente, y las áreas sembradas tienen aún apenas 100 hectáreas. Por lo tanto, el impacto económico es insignificante,

Digitized by Google

aunque las áreas en las cuales parece adaptarse la leguminosa son considerables.

En esta etapa no hay aún planes de distribución de algún cultivar de *Centrosema* en la zona subtropical.

Prioridades de Investigación

A pesar de que su historia de domesticación es relativamente larga (para una leguminosa tropical), el potencial agronómico del género *Centrosema* permanece todavía, en su mayor parte, inexplorado para las condiciones de Australia. Además, todavía no se conoce el potencial económico total de los cultivares comercialmente disponibles.

En la zona tropical seca, las necesidades más urgentes giran probablemente alrededor de la plena determinación de las áreas útiles, y de la definición de las estrategias de insumos mínimos que darán un establecimiento y un pastoreo seguros de los dos cultivares de *C. pascuorum*. En particular, todavía no se conoce bien el estado de los nutrimentos minerales de muchos de los suelos de esta zona. Como los cultivares de *Centrosema* se consideran sensibles a las deficiencias de minerales, los estudios de suelos—como el resumido por Teitzel (1979) para la zona tropical húmeda—serían importantes. También hay escasez de información sobre los beneficios económicos derivados de estos cultivares. Se ha comentado su importante función en las áreas pantanosas de la zona tropical seca, especialmente para el pastoreo diferido de los animales destetados. Sin embargo, no ha habido un intento real de cuantificar o ajustar a un modelo, partiendo de un rango anticipado de valores, los probables beneficios de estas leguminosas.

La situación de *Centrosema* está más avanzada en la zona tropical húmeda, donde los dos cultivares perennes se han comportado bien en asociación con pasto Guinea. Sin embargo, puede ser comercialmente útil examinar materiales semejantes a Belalto para hallar accesiones que tengan mejor producción de semilla. Hay también una gran necesidad de cultivares que formen asociaciones estables, en pastoreo, con gramíneas postradas vigorosas como *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola* y *Digitaria decumbens*.

Digitized by Google

Varias de las especies enumeradas en el Cuadro 1, como *C. arenarium*, tienen que ser cultivadas en ambientes más secos, en los cuales parecen tener más probabilidades de adaptación. Hay también variaciones en la tolerancia al frío y en la resistencia a la sequía en varias especies del grupo *C. pubescens* (o sea, *C. pubescens*, *C. macrocarpum*, *C. grandiflorum*, *C. schiedeanum* y *C. acutifolium*); éstas deben estudiarse a fondo para conocer su potencial de explotación—si fuera necesario, mediante un programa de mejoramiento (Clements, 1985).

En todas las regiones consideradas se necesitan cultivares que sean más fáciles de establecer, menos sensibles a las deficiencias de minerales, y más resistentes al pastoreo intensivo que los actuales cultivares de *Centrosema*. Otras mejoras útiles de éstos serían una mayor tolerancia a la sequía, a las quemas y a las bajas temperaturas.

Referencias[1]

Anning, P. 1982. Evaluation of introduced legumes for pastures in the dry tropics of north Queensland. Trop. Grassl. 16(3):146-155.

_____ ; Gilbert, M. A.; y Middleton, C. H. 1981. Preliminary evaluation of legumes at three sites in the dry tropics of northern Queensland. Aust. Plant Introd. Rev. 13:3-16.

Barnard, C. 1969. Herbage plant species. Division of Plant Industry, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia.

_____ (comp.). 1972. Register of Australian herbage plant cultivars. Division of Plant Industry, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia. 260 p.

Bishop, H. G. y Walker, B. 1980. Pastures for the Mackay wet coast. Queensl. Agric. J. 106(4):340-361.

*Bowen, E. J. y Harding, W. A. T. 1981. Plant introduction testing at "Brian Pastures" Pasture Research Station from 1954-1970. Technical report no. 26. Agriculture Branch, Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld., Australia.

1. Las referencias precedidas por un asterisco fueron usadas solamente para construir los Cuadros 1 y 2.

Digitized by Google

Bowen, G. D. 1959a. Field studies on nodulation and growth of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 16(4):253-265.

_____ . 1959b. Specificity and nitrogen fixation in the *Rhizobium* symbiosis of *Centrosema pubescens* Benth. Queensl. J. Agric. Sci. 16:267-281.

Bruce, R. C. 1967. Tropical legumes lift soil nitrogen. Queensl. Agric. J. 93:562-564.

*Calder, G. J. y Stockwell, T. G. 1979. Studies on *Centrosema pubescens*. En: Annual report 1978-79. Pastures Section, Northern Territory Department of Primary Production, Darwin, N.T., Australia.

* _____ y _____ . 1981. Studies on *Centrosema*. En: Annual report 1980-81. Pastures Section, Northern Territory Department of Primary Production, Darwin, N.T., Australia.

Cameron, A. G.; Miller, I. L.; Harrison, P. G.; y Fritz, R. J. 1984. A review of pasture plant introduction in the 600-1500 mm rainfall zone of the Northern Territory. Technical bulletin no. 71. Northern Territory Department of Primary Production, Darwin, N.T., Australia.

Cameron, D. G. 1958. Legumes tested for soil conservation: Results to April 1957. J. Soil Conserv. Serv. N.S.W. 14:254-259.

_____ y Mullaly, J. D. 1969. The preliminary evaluation of leguminous plants for pasture and forage in sub-coastal central Queensland, 1962-69. Plant Introd. Rev. 6(2):29-54.

Clements, R. J. 1977. Agronomic variation in *Centrosema virginianum* in relation to its use as a sub-tropical pasture plant. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 17(86):435-444.

_____ . 1983a. Preliminary evaluation of accessions of *Centrosema virginianum* in subhumid southeast Queensland. Genetic resources communication no. 4. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia.

*_____ . 1983b. Quantitative genetic analysis of herbage yield in *Centrosema virginianum*. Trop. Agric. (Trinidad) 60(4):257-261.

Digitized by Google

_____ . 1985. *Centrosema*. En: Cameron, D. G. (ed.). Proceedings: Plant Introduction and Evaluation Workshop. Conference and workshop series QC85005. Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld., Australia.

_____ y Ludlow, M. M. 1977. Frost avoidance and frost resistance in *Centrosema virginianum*. J. Appl. Ecol. 14(2):551-566.

*_____ y Thomson, C. J. 1983. Breeding *Centrosema virginianum* in subtropical Queensland. Technical paper no. 26. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia.

*_____ y Williams, R. J. 1980. Genetic diversity in *Centrosema*. En: Summerfield, R. J. y Bunting, A. H. (eds.). Advances in legume science: Proceedings of the International Legume Conference, Kew, 31 julio-4 agosto 1978. 2 vols. Royal Botanic Gardens, Kew, Surrey, Inglaterra. Vol. 2, p. 559-567.

_____; _____ ; Grof, B.; y Hacker, J. B. 1983. *Centrosema*. En: Burt, R. L.; Rotar, P. P.; Walker, J. L.; y Silvey, M. W. (eds.). The role of *Centrosema*, *Desmodium*, and *Stylosanthes* in improving tropical pastures. Westview tropical agriculture series no. 6. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 69-96.

_____ ; Winter, W. H.; y Reid, R. 1984. Evaluation of some *Centrosema* species in small plots in northern Australia. Trop. Grassl. 18(2):83-91.

_____ ; _____ ; y Thomson, C. J. 1986. Breeding *Centrosema pascuorum* for northern Australia. Trop. Grassl. 20(2):59-65.

*Conway, M. J.; Blumenthal, M. J.; e Ivory, D. A. 1988. Evaluation of tropical pasture legumes on alkaline clay soils in the southern brigalow of Queensland. Aust. Plant Introd. Rev. 19(2):1-13.

*CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation). 1959. Katherine Research Station progress report 1946-56. Division of Land Research and Regional Survey, CSIRO, Melbourne, Vic., Australia.

Douglas, N. J. 1959. Centro-molasses pasture finds place in Cooroy district. Queensl. Agric. J. 85:701-705.

_____ . 1962. A place for tropical legumes in south east Queensland. Queensl. Agric. J. 88:35-39.

Digitized by Google

_____ y Luck, P. E. 1964. Farmers guide to tropical pastures in S. E. Queensland. Queensl. Agric. J. 90:583-594.

*Fisher, M. J. 1971. Pasture species for the Tipperary area, Northern Territory. Technical paper no. 31. Division of Land Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia.

Goodchild, N. E. 1955. Centro in the Mackay agricultural district. Queensl. Agric. J. 80:125-128.

Graham, T. G. 1948. Activities of the Bureau of Tropical Agriculture. Queensl. Agric. J. 66:69-81.

_____ . 1951. Tropical pasture investigations. Queensl. Agric. J. 73:311-326.

Grof, B. 1970. Interspecific hybridization in *Centrosema*: Hybrids between *C. brasilianum*, *C. virginianum*, and *C. pubescens*. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 27(4):385-390.

_____ y Harding, W. A. T. 1970. Yield attributes of some species and ecotypes of *Centrosema* in North Queensland. Queensl. J. Agric. Anim. Sci. 27(2):237-243.

Gude, J. B. 1959. Growing our own centro seed. Queensl. Agric. J. 85(3):139-140.

*Harding, W. A. T. 1972. The contribution of plant introduction to pasture development in the wet tropics of Queensland. Trop. Grassl. 6(3):191-199.

*_____ . 1980. The pasture seed production unit Beerburrum: History and role with notes on accessions grown. Technical report no. 25. Agriculture Branch, Queensland Department of Primary Industries, Brisbane, Qld., Australia.

_____ y Cameron, D. G. 1972. New pasture legumes for the wet tropics. Queensl. Agric. J. 98(8):394-406.

Humphreys, L. R. 1974. A guide to better pastures for the tropics and sub-tropics. 3a. ed. rev. Wright, Stephenson, & Co., Melbourne, Vic., Australia. 95 p.

Digitized by Google

Jones, R. M. y Clements, R. J. 1987. Persistence and productivity of *Centrosema virginianum* and *Vigna parkeri* cv. Shaw under grazing on the coastal lowlands of south-east Queensland. Trop. Grassl. 21(2):55-64.

Ludlow, M. M.; Chu, A. C. P.; Clements, R. J.; y Kerslake, R. G. 1983. Adaptation of species of *Centrosema* to water stress. Aust. J. Plant Physiol. 10(2):119-130.

Miles, J. F. 1949. Plant introduction trials in central coastal Queensland 1936-1946. Divisional report no. 6. Division of Plant Industry, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia. (Mecanografiado.)

New releases of pasture plants: Legumes: *Centrosema pascuorum* Mart. ex Benth. (centurion) cv. Cavalcade (Reg. No. B-15b-1). 1985. Trop. Grassl. 19(3):141-142. (Tomado del "Register of Australian Herbage Plant Cultivars" publicado en el Journal of the Australian Institute of Agricultural Science.)

Northcote, K. H. 1971. A factual key for the recognition of Australian soils. 3a. ed. Rellim Technical Publications, Glenside, S.A., Australia.

*O'Donnell, J. F. y Smith, F. T. 1975. Evaluation of a plant collection from South America and Africa. Aust. Plant Introd. Rev. 10(2):21-31.

*Parbery, D. B. 1966. History of pasture introductions at Kimberley Research Station. Technical memorandum 66/6. Division of Land Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia.

*_____. 1967a. Pasture and fodder crop plant introductions at Kimberley Research Station, W.A. 1963-64; part 1: Perennial legumes. Technical memorandum 67/6. Division of Land Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia.

*_____. 1967b. Pasture and fodder crop plant introductions at Kimberley Research Station, W.A. 1963-64; part 3: perennial grasses. Technical memorandum 67/19. Division of Land Research, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Canberra, A.C.T., Australia.

Schofield, J. L. 1941. Introduced legumes in north Queensland. Queensl. Agric. J. 56:378-388.

Digitized by Google

_____ . 1945. Tropical legumes in S. E. Queensland. Queensl. Agric. J. 61:133-143.

Sillar, D. I. 1963. Pastures for cleared brigalow near Mackay. Queensl. Agric. J. 89:321-325.

Stockwell, T. G. H. 1982. Evaluation of five tropical legumes as improved pasture species for the dry monsoonal tropics of the Northern Territory. Technote no. 21. Northern Territory Department of Primary Production, Darwin, N.T., Australia.

_____ . 1985. Bundey: A twining tropical legume for the Northern Territory. Agnote, ref. no. 85/5. Northern Territory Department of Primary Production, Darwin, N.T., Australia.

_____ ; Clements, R. J.; Calder, G. J.; y Winter, W. H. 1986. Evaluation of bred lines of *Centrosema pascuorum* in small plots in north-west Australia. Trop. Grassl. 20(2):65-69.

Sweeney, F. C. y Hopkinson, J. M. 1975. Vegetative growth of nineteen tropical and sub-tropical pasture grasses and legumes in relation to temperature. Trop. Grassl. 9(3):209-217.

Teitzel, J. K. 1979. Formulación de programas de fertilización de praderas para la costa húmeda tropical de Australia. En: Tergas, L. E. y Sánchez, P. A. (eds.). Producción de pastos en suelos ácidos de los trópicos. Memorias de un seminario celebrado en el CIAT, Cali, Colombia, abril 1978. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 103-118.

_____ ; Abbot, R. A.; y Mellor, W. 1974a. Beef cattle pastures in the wet tropics; 2: Fertilizers and establishment. Queensl. Agric. J. 100(4):149-155.

_____ ; _____ ; y _____ . 1974b. Beef cattle pastures in the wet tropics; 3: Pasture species. Queensl. Agric. J. 100(5):185-189.

_____ ; _____ ; y _____ . 1974c. Beef cattle pastures in the wet tropics; 4: Management of established pastures. Queensl. Agric. J. 100(6):204-210.

_____ y Burt, R. L. 1976. *Centrosema pubescens* in Australia. Trop. Grassl. 10(1):5-14.

Digitized by Google

_____ ; Monypenny, J. R.; y Rogers, S. J. 1986. Tropical pastures in the farming system: Case studies of modelling integration through linear programming. En: Murtagh, G. J. y Jones, R. M. (eds.). Proceedings of the third Australian conference on tropical pastures, Rockhampton, 8-12th July 1985. Occasional publication no. 3. Tropical Grassland Society of Australia, Brisbane, Qld., Australia. p. 101-109.

Thomson, C. J. y Clements, R. J. 1984. Australian *Centrosema* accessions. 13a. ed. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Brisbane, Qld., Australia. (Mecanografiado.)

*_____ ; _____ ; y Schultze-Kraft, R. 1997. An evaluation of seventy-one accessions of *Centrosema pascuorum* at Katherine, Northern Australia. Genetic Resources Communication No. 25, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO) Tropical Agriculture, St. Lucia, Qld., Australia. 14 p.

't Mannetje, L. y Pritchard, A. J. 1974. The effect of daylength and temperature on introduced legumes and grasses for the tropics and subtropics of coastal Australia; 1: Dry matter production, tillering and leaf area. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 14(67):173-181.

Verhoeven, G. 1958. Tropical legume seed can be harvested commercially. Queensl. Agric. J. 84:77-82.

Walsh, S. R. 1958. Tropical legumes for better pastures. Queensl. Agric. J. 84:527-536.

Whyte, R. O.; Nilsson-Leissner, G.; y Trumble, H. C. 1953. Legumes in Agriculture. FAO agricultural studies no. 21. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 367 p.

Wilson, A. S. B. y Lansbury, T. J. 1958. *Centrosema pubescens*: Ground cover and forage crop in cleared rain forest in Ghana. Emp. J. Exp. Agric. 26(104):351-364.

Winter, W. H. 1978. Legume evaluation in N. W. Australia. En: Thompson, P. A. C. (ed.). Divisional report 1977-1978. Division of Tropical Crops and Pastures, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), St. Lucia, Qld., Australia. p. 38.

Digitized by Google

*_____ ; Cameron, A. G.; Reid, R.; Stockwell, T. G.; y Page, M. C. 1985. Improved pasture plants. En: Muchow, R. C. (ed.). Agro-research for the semi-arid tropics: North-west Australia. University of Queensland Press, St. Lucia, Qld., Australia. p. 227-269.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 629-647).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 21

Experiencia Regional con *Centrosema*: Asia Tropical y Región del Pacífico

L. R. Humphreys, D. A. Ivory, Wong Choi Chee y A. Topark-Ngarm*

Resumen

Se presenta en forma resumida la experiencia regional adquirida con 12 especies de *Centrosema*, recalcando el potencial de *Centrosema pubescens* y de especies relacionadas (como *C. macrocarpum* y *C. pascuorum*). Se describen las características ambientales que limitan la adaptación de *C. pubescens* en relación con factores climáticos, edáficos, fisiográficos y, especialmente, bióticos. La principal función que desempeña *C. pubescens* en la región se relaciona con su uso en las plantaciones de especies arbóreas, integradas éstas con producción animal. Se tratan brevemente las prioridades de la investigación relacionada con el fitomejoramiento, la producción de semillas y el manejo de *Centrosema* en esas plantaciones.

* University of Queensland, Department of Agriculture, St. Lucia, Qld., Australia; Department of Agriculture, Bangkok, Tailandia; Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Kuala Lumpur, Malaysia; e International Rice Research Institute (IRRI), Manila, Filipinas, respectivamente.

Digitized by Google

Características Regionales

Asia tropical y la región del Pacífico abarcan una gran diversidad de sistemas agrícolas, de suelos y de climas. Los principales sistemas en que intervienen especies forrajeras son: 1) la agricultura a base de arroz (Humphreys, 1986) en la cual bovinos y búfalos, criados para tiro y carne, se alimentan principalmente de residuos de cultivos, de malezas que crecen en tierras cultivadas, de plantas de terrenos baldíos y de arbustos; 2) las plantaciones (Rika, 1986) en las cuales las plantas forrajeras se cultivan bajo los cocoteros, los cauchos inmaduros o las palmas de aceite, o con cultivos de especies frutales perennes como el marañón; y 3) las sabanas (Singh et al., 1985), que son en su mayoría praderas de cuenca hidrográfica inducidas por la agricultura de tala y quema, y los pastizales de pantano. Las pasturas de las fincas ganaderas son un componente de menor importancia.

Cuadro 1. Area cubierta por los principales tipos de suelos en Asia e Islas del Pacífico Sur, excluyendo Australia y Nueva Zelanda.

Clasificación del suelo[a] según		Región geográfica (% área total tierra)	
FAO	USDA	Sudeste de Asia	Islas del Pacífico Sur
Acrisoles	Ultisoles	51	18.5
Fluvisoles	Fluvents	8	15.1
Histosoles		6	—
Nitosoles	Alfisoles/Ultisoles	5	0.1
Luvisoles	Alfisoles	5	1.2
Cambisoles	Ochrepts/Tropepts	5	44.6
Gleysoles	Aquents	5	0.1
Ferralsoles	Oxisoles	4	2.9
Litosoles	Inceptisoles	3	2.4
Andosoles	Andepts	2	3.9
Podzoles	Spodosoles	2	—
Arenosoles	Psamments	2	1.2
Regosoles	Orthents/Psamments	1	2.0
Vertisoles	Vertisoles	1	—
Rendzinas	Rendoles	1	7.1
Phoeozems	Ustoles	—	0.8

a. FAO = Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma, Italia. USDA = United States Department of Agriculture, Washington, D.C.

FUENTE: Blair et al., 1986b.

Digitized by Google

Los principales tipos de suelos (Cuadro 1) de Tailandia, Malaysia e Indonesia son Ultisoles en los cuales los Acuasoles Orticos tienen buenas características físicas y de drenaje, pero baja saturación de bases, y acidez y contenido de aluminio mayores a medida que aumenta la profundidad (Blair et al., 1986b). En cambio, los Cambisoles (Ochrepts/Tropepts) son los suelos dominantes en la región del Pacífico Sur. Los suelos formados en arrecifes de coral emergidos pueden estar enriquecidos con ceniza volcánica; los depósitos volcánicos más antiguos tienen a menudo mucha pendiente y están muy meteorizados, en tanto que la reciente actividad volcánica ha dado origen a suelos fértiles como en Vanuatu y Tanna (Shelton et al., 1986).

Los tipos de clima según Köppen, descritos brevemente, comprenden los climas tropicales lluviosos Af, Am y Aw y los climas calientes lluviosos Cfa o secos invernales Cwa que se hallan en las tierras altas (Trewartha, 1968). Detalles de climas típicos de regiones en que se cultivan pasturas, en países específicos, se pueden encontrar en memorias de conferencias recientes, como la de Blair et al. (1986a), FFTC (1984) e IGC (1985).

Evaluación de Especies

Centrosema plumieri se usó originalmente como cobertura en plantaciones de especies arbóreas y como cultivo para abono verde. Se registró como naturalizado en Java en 1863 (Burkill, 1935) y fue sustituido por *C. pubescens* alrededor de 1925. La mayoría de los estudios se relacionan con *C. pubescens*; sin embargo, en la última década se han hecho numerosas pruebas de parcela pequeña con una amplia variedad de especies y accesiones, bajo corte o pastoreo intermitente y corte. Las siguientes notas resumen su comportamiento en Ciawi, Panawangan, Gowa y Kabaru, en Indonesia; Sandang y Sungai Baging, en Malaysia (Wong et al., 1982); Khon Kaen, en Tailandia; y en las Islas Salomón.

Centrosema acutifolium

Esta especie es prometedora en las regiones tropicales húmedas, donde su resistencia a *Rhizoctonia* ha sido superior a la de otras especies.

Digitized by Google

Centrosema arenarium

Este subarbusto erecto ha resistido el corte repetido en Ciawi y Panawangan (3 meses secos), y ha dado buen rendimiento y una moderada producción de semilla.

Centrosema brasilianum

Tres líneas no demostraron persistencia en Malaysia, desarrollaron una nodulación de aceptable a baja, manifestaron susceptibilidad a *Rhizoctonia* y tuvieron escasa productividad. Su susceptibilidad a las plagas y enfermedades también fue evidente en Khon Kaen y en Jawa Barat (Java Occidental).

Centrosema grazielae

Esta especie creció bien en un sitio húmedo, Ciawi, durante el primer año aunque posteriormente no sucedió así, y se comportó mal en otros sitios de Indonesia.

Centrosema macrocarpum

Esta especie perenne es la de mayor producción en las áreas tropicales húmedas de Indonesia. CIAT 5733, CIAT 5730 y CIAT 5065 fueron las más persistentes en su rendimiento entre las 12 líneas evaluadas en Malaysia. La especie se ha mostrado también promisoria en Songkhla, sur de Tailandia, en un suelo ácido (P. Jewtrakul, comunicación personal, 1986) y en Sumatera Barat (Sumatra Occidental) (Thompson y Evensen, 1986). *Centrosema macrocarpum* parece ser muy tolerante a los suelos ácidos, a los altos niveles de Mn intercambiable y a la baja disponibilidad de nutrimentos; asimismo, retiene más tiempo las hojas en la estación seca, en Khon Kaen, que *C. pubescens*. La productividad de esta especie voluble se mantiene alta cuando se usa en un sistema de corte y acarreo de forraje, dándole descanso después de cada 12 a 14 semanas de uso. La floración y la formación de semilla son escasas en la zona ecuatorial, pero estudios adicionales sobre producción de semilla a mayores latitudes, como en Khon Kaen (lat. 16° N), pueden superar estas dificultades; así podría intensificarse considerablemente el uso de *Centrosema* por parte de los agricultores en suelos que son

Digitized by Google

demasiado ácidos y secos para el actual material comercial de *C. pubescens*.

Centrosema pascuorum

Se evaluaron 11 líneas de esta especie anual en Khon Kaen. Durante 2 años, el rendimiento de estas leguminosas fue, en t/ha, de 0.5 a 7.4 (CPI 55697) 8.7 (CPI 75115) y 9.2 (CPI 40060), en comparación con las 7.3 t/ha de *C. pubescens* (Topark-Ngarm y Moolsiri, 1983). Sin embargo, el comportamiento de dos líneas en cinco sitios del nordeste de Tailandia fue inferior al de *Stylosanthes* spp. (Topark-Ngarm et al., 1980). *Centrosema pascuorum* no tuvo éxito en Malaysia, Java Occidental y sur de Tailandia, y parece que se comporta mal en los suelos ácidos que tienen alto contenido de Mn y baja disponibilidad de nutrimentos. En las áreas tropicales monzónicas del este de Indonesia, sin embargo, esta especie ha dado alto rendimiento, buena producción de semilla y una satisfactoria regeneración de plántulas. Por ello, esta especie se encuentra en la etapa de ensayos avanzados para esta región. Los requerimientos de corte y de manejo del pastoreo que favorecen la producción de semilla y la regeneración de plántulas, pueden ser más exigentes que los de otras especies de vida corta que tienen un hábito más postrado, como *S. humilis* cv. Khon Kaen.

Centrosema plumieri

Un híbrido intraespecífico de generación temprana recibido de R. J. Clements (CPI 41014 x 28108) no tuvo éxito en Malaysia. Su comportamiento fue regular en Ciawi y malo en Panawangan, pero fue lo suficientemente promisorio en un suelo más fértil de Sulawesi Selatan (Sulawesi del Sur) como para justificar pruebas adicionales.

Centrosema pubescens

Esta especie ha demostrado la mayor adaptabilidad entre las del género *Centrosema*. Fue la leguminosa más exitosa en cinco sitios de las Islas Salomón (Gutteridge y Whiteman, 1978a). Se dispone de considerable variación intraespecífica (de la Viña y Engle, 1986)

Digitized by Google

para su fitomejoramiento, aunque hay algunas limitaciones en su adaptación.

Centrosema sagittatum

Esta especie ha demostrado ser muy persistente en varios sitios de Indonesia. Sin embargo, su producción fue sólo moderada, porque tuvo dificultades con la nodulación y sufrió una infección viral.

Centrosema schiedeanum

El material ensayado fue similar en comportamiento y adaptación al de *C. pubescens*.

Centrosema schottii

En Indonesia, esta especie no está bien adaptada a los suelos ácidos e infértiles en que el contenido de P es bajo y el de Mn es alto; no obstante, su rendimiento, producción de semilla y persistencia fueron buenos en los suelos más neutrales de las zonas tropicales de pluviosidad estacional. Dos líneas diferentes no mostraron persistencia, nodularon mal y no fueron productivas en Khon Kaen y en Malaysia. La cepa de *Bradyrhizobium* CB 1923 no noduló efectivamente en esta especie; en realidad, se necesitan más evaluaciones para lograr una efectiva nodulación en estas plantas.

Centrosema virginianum

Entre las cinco líneas ensayadas en Malaysia está una línea productiva, aunque no persistente, que resultó infectada por *Rhizoctonia*. El rendimiento de otra línea, CPI 55695, fue bajo en Khon Kaen. En Indonesia, el rendimiento disminuyó con el tiempo en las zonas tropicales húmedas, pero aumentó en las de clima monzónico. Los rendimientos de semilla fueron apenas moderados. Se eligieron por tanto otras especies para las evaluaciones futuras.

Digitized by Google

Limitaciones a la Adaptación de *Centrosema pubescens*

Limitaciones climáticas

Centrosema pubescens tiene mucho éxito en los climas de Köppen Af y Am.

Humedad. Una colección de 1173 accesiones de leguminosas nativas o naturalizadas en Indonesia oriental, que había sido formada por K. L. Mehra para el IBPGR (International Board for Plant Genetic Resources), se empleó para comparar la duración de la época seca en los sitios de recolección de *C. pubescens* con la de toda la colección (Figura 1). *Centrosema pubescens* prevaleció más que las otras leguminosas en los sitios más húmedos, donde hay

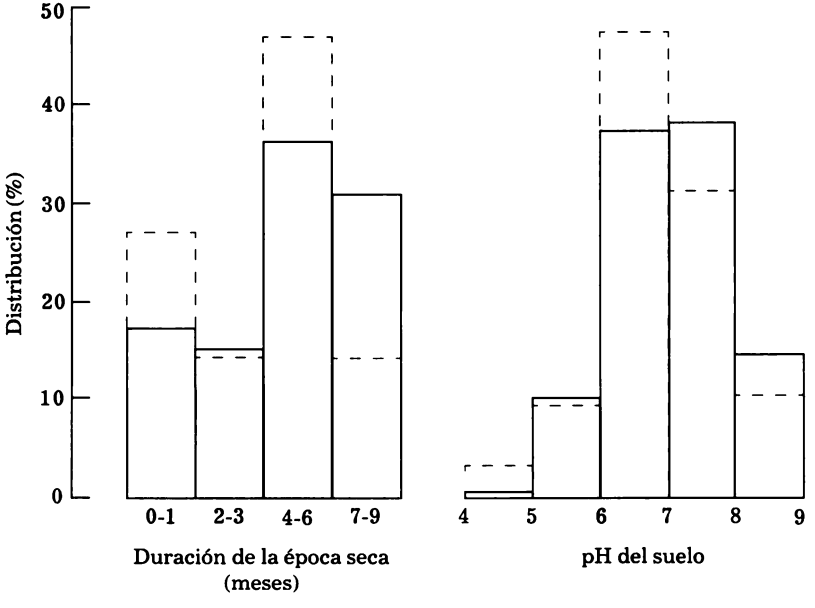


Figura 1. Comparación de la distribución de *Centrosema pubescens* con la de todas las especies de leguminosas recolectadas en Indonesia, en términos de la duración de la época seca y del pH del suelo en el sitio de la recolección. —— Todas las leguminosas (1173 accesiones); ---- *C. pubescens*. (K. L. Mehra, comunicación personal, 1986.)

Digitized by Google

una época seca de 0-1 mes, y en aquellos sitios más secos, donde hay de 4 a 6 meses de estación seca. El sitio más seco en que se encontró *C. pubescens* fue la Isla Flores, que tiene 970 mm de precipitación anual y una estación seca de 8 meses. Esta especie, por tanto, muestra una considerable adaptabilidad.

Temperatura. En Hawai, Eriksen y Whitney (1982) notaron que, comparada con otras leguminosas como *Desmodium intortum*, *C. pubescens* tenía baja capacidad para usar la radiación solar durante los períodos fríos en que la temperatura del suelo es inferior a los 23 °C. *Centrosema pubescens* suele ser menos productiva y persistente en latitudes elevadas y frías, pero es tolerante a las altas temperaturas (Sweeney y Hopkinson, 1975).

Sombra. En Asia tropical y en la región del Pacífico, *C. pubescens* se usa principalmente en las plantaciones de especies arbóreas, aunque su tolerancia a la sombra es sólo moderada. *Centrosema pubescens* se comporta como una especie de sol, y experimenta un descenso lineal en su crecimiento al aumentar la sombra; en cambio, *Calopogonium caeruleum*, *C. mucunoides* y *D. ovalifolium* dieron, en un experimento realizado en Malaysia, una respuesta cuadrática y un máximo crecimiento con 57% de luz solar (Wong et al., 1985). La sombra reduce el contenido de nitrógeno y la nodulación de *C. pubescens*, y ésta presenta además un ajuste inferior del área foliar específica. Sin embargo, los atributos asociados con la adaptación a la sombra son de interés secundario comparados con el comportamiento del rendimiento absoluto y de la persistencia bajo la sombra, que son a menudo satisfactorios en *C. pubescens* (Chen y Othman, 1984; Gutteridge y Whiteman, 1978a), por su vigor genético intrínseco y de elite.

Limitaciones edáficas y fisiográficas

Acidez del suelo y otros factores asociados. En Indonesia, la distribución de la especie naturalizada *Centrosema pubescens*, la cual se halla predominantemente en suelos con un pH de 6 a 8, comprende regiones con suelos cuyo pH va de 4 a 5 (Figura 1). En Malaysia se logra el comportamiento óptimo de esta especie en suelos con pH de 5.5 a 6.0. Los estudios de macetas y de campo que se hicieron en varios Oxisoles y Ultisoles del interior, de la serie de suelos de Melaka, Munchong, Bungar, Rengam y Durian, han dado respuesta a la aplicación de molibdeno y a la de 200-400 kg/ha de

Digitized by Google

cal (Tham y Kerridge, 1982). En Tailandia, *C. pubescens* no se ha comportado tan bien como *Stylosanthes* spp. en suelos de bajo pH y de baja fertilidad. La experiencia de campo en Indonesia indica que *C. pubescens* no tolera un alto contenido de Mn; no obstante, Andrew y Hegarty (1969) hallaron, en un ensayo de invernadero, que el umbral de toxicidad de Mn de *C. pubescens* (1600 ppm en su parte aérea) era el mayor obtenido entre ocho leguminosas tropicales evaluadas.

En las Islas Salomón, en suelos de ripio coralino con pH alto (8.0, 1:2.5 suelo:agua), la deficiencia de Fe fue evidente, y *C. pubescens* se adaptó allí menos que *Macroptilium atropurpureum* o que *M. lathyroides* (Gutteridge, 1978a).

Disponibilidad de los nutrimentos principales. Muchos de los informes acerca de un comportamiento excelente de *C. pubescens* provienen de sitios en que el suelo es de buena fertilidad. Considerando a Tailandia, *C. pubescens* da buen rendimiento y tiene buena persistencia en Pak Chong, donde los suelos son de arcilla roja y tienen un pH de 6.6, un contenido de M.O. de 2.72%, de P de 19 ppm, y de K de 288 ppm (Juntirapong, 1986; Nada y Sirikiratayanond, 1979); en Chiang Mai, en cambio, en un suelo cuyo pH es de 5.5, la M.O. de 2.12%, el P de 5.5 ppm y el K de 130 ppm, el comportamiento de la leguminosa fue modesto, en comparación con el de *Stylosanthes* spp. (C. Samphet, comunicación personal, 1980).

El escaso suministro de P a la planta se considera una importante limitación para la producción y la persistencia de esta leguminosa en las Islas Salomón (Shelton et al., 1986), en Bali (Steel y Humphreys, 1974) y en los suelos arenosos (suelos bris) del este de Malaysia. En Keluang, en Johore, *S. guianensis* dominó en una mezcla en que estaban *C. pubescens* y *Pueraria phaseoloides*, con bajos niveles de aplicación de P en el segundo y tercer año; no dominó en cambio cuando había altos niveles de P (Eng et al., 1978a). En Bali, *C. pubescens* respondió muy bien a la aplicación de P en lo referente al rendimiento de materia seca, al contenido de nitrógeno y al uso eficiente del P (Steel y Humphreys, 1974). Se halló que *Centrosema pubescens* tenía mayor necesidad de P que *Crotalaria usaramoensis* o que *D. intortum*, en los Latosoles de Indonesia (Haryanto et al., 1981).

Digitized by Google

La deficiencia de azufre está muy extendida en Asia y en la región del Pacífico. Este problema se agrava por el uso de fertilizantes compuestos que no contienen S. Se han obtenido respuestas muy positivas de *C. pubescens* en Sulawesi del Sur (Blair et al., 1978) y en las planicies de Guadalcanal en las Islas Salomón (Watson y Whiteman, 1981b). En este último caso, hubo una relación negativa interesante entre la incidencia de la mancha foliar de *Cercospora* y el S disponible en el suelo.

Se ha observado otra interacción entre las enfermedades y el estado nutricional en las Islas Salomón (Gutteridge y Whiteman (1978b). Estos investigadores observaron que la incidencia de *Rhizoctonia solani* se redujo cuando el nivel de K fue el adecuado. De cinco leguminosas probadas, *C. pubescens* exhibió una moderada capacidad para aprovechar el K nativo (Gutteridge, 1981). En los suelos de Malaita, se necesitó una aplicación de K, a una tasa de 75 a 100 kg/ha, para maximizar el rendimiento de *C. pubescens*, aunque la lixiviación de K no fue significativa por debajo de los 15 cm (Gutteridge, 1978b).

Drenaje. *Centrosema pubescens* se recomienda para condiciones de tierras bajas (Smith y Whiteman, 1985b). Aunque no es tan resistente a la inundación como *Macroptilium lathyroides* o *Aeschynomene americana*, es más tolerante al mal drenaje que *M. atropurpureum* o *Neonotonia wightii*.

Limitaciones bióticas

Corte y pastoreo. La distinción entre los efectos del corte y del pastoreo tiene una importancia particular para la persistencia de *C. pubescens*. La variación en la selectividad estacional y de la especie, la preferencia usual de los rumiantes por las gramíneas verdes, y el reciclaje de los nutrimentos bajo pastoreo puede favorecer a *C. pubescens*. Sin embargo, el escaso número de yemas bajas para rebrote es una desventaja en los sistemas de corte y acarreo de forraje, en los cuales, como en Sri Lanka (Waidyanatha et al., 1984) y Sarawak (Ng, 1976; Ng y Wong, 1976), fue evidente la poca persistencia o la escasa presencia de *C. pubescens*.

Los efectos del pastoreo en *C. pubescens* dependen, en primer lugar, de que haya sombra en el sistema; en efecto, el porcentaje de leguminosa en la mezcla aumenta con la sombra, por ejemplo, bajo

Digitized by Google

los cocoteros de las Islas Salomón, donde se perdieron las gramíneas a pesar de que se llevó estricto control del manejo del pastoreo y de la variación de la carga animal (Smith y Whiteman, 1985a; Watson y Whiteman, 1981a).

En segundo lugar, las características de las leguminosas acompañantes determinan el resultado de la selectividad del animal y reflejan también la resistencia relativa de las plantas al pastoreo. En Keluang, *P. phaseoloides* se perdió antes que *C. pubescens*, a medida que aumentaba la carga animal (Eng et al., 1978a). En las Islas Salomón, *P. phaseoloides*, *C. pubescens* y *Mimosa pudica* resultaron favorecidas bajo cargas de 1.5, 2.5 y 3.5 animales/ha, respectivamente (Watson y Whiteman, 1981a).

En tercer lugar, las características de las gramíneas acompañantes pueden decidir el contenido de leguminosa en la pastura. En el clima benigno, con buena precipitación, de las planicies de Guadalcanal, en las Islas Salomón, *C. pubescens*, después de 6 años en asociación con *Brachiaria mutica*, produjo el 50% del rendimiento total, y con *B. decumbens* el 25% (Smith y Whiteman, 1985b). La producción animal de años anteriores se relacionó con el contenido de leguminosa de la pastura según una función cuadrática, donde el 15% fue un mínimo deseable. La tasa diaria de ganancia de peso fue, en promedio, de 0.47, 0.38 y 0.28 kg/cabeza en pasturas de *B. mutica*, *B. decumbens* y *Panicum maximum*, respectivamente (Watson y Whiteman, 1981c). *Brachiaria humidicola* fue menos compatible con *C. pubescens* que otras gramíneas (Smith y Whiteman, 1985b). Hay informes de contenidos bajos de leguminosa en pasturas de *B. decumbens*, pero en el occidente de Bali, asociada con *B. decumbens*, *C. pubescens* se mantuvo entre el 26% y el 21% hasta que fue sobrepastoreada y sufrió un duro estrés de sequía; posteriormente se recuperó bien (Rika et al., 1981). Se estimaba que esta pastura podría soportar cinco animales de un año por hectárea con una biomasa promedio de 800 kg/ha. En forma similar, en un experimento de pastoreo en el sur de Tailandia, en Lamae, *B. decumbens* dominó durante el primer año, pero más tarde *C. pubescens* fue el componente dominante (S. Duryaprapan, comunicación personal, 1982).

En cuarto lugar, el nivel de la presión de pastoreo muestra generalmente una relación negativa con el contenido de *C. pubescens* en la pastura. *Centrosema pubescens* se puede mantener bien a una carga intermedia, como de 2.7 animales/ha,

Digitized by Google

en las planicies de Guadalcanal (Smith y Whiteman, 1985b; Watson y Whiteman, 1981c) o de 2 a 4 animales/ha de la raza Kedah-Kelantan en Keluang (Eng et al., 1978a).

Plagas y enfermedades. Se hizo antes referencia (p. 638) a la susceptibilidad de *C. pubescens* a *Rhizoctonia solani* y a la mancha foliar por *Cercospora*, y la interacción de la incidencia de estas enfermedades con la fertilidad del suelo. En Malaysia, especialmente el escarabajo *Epilachna indica* causa mucho daño.

Compatibilidad de especies y control de malezas. El vigor de las plántulas de *C. pubescens* es menor que el de las plántulas de otras leguminosas como *P. phaseoloides* (Ng y Wong, 1976; Waidyanatha et al., 1984; Wong y 't Mannetje, 1981) o *S. guianensis* (Siota et al., 1977). Una especificidad moderada a los rizobios se expresa a veces como una respuesta positiva a la inoculación del campo, como en Laos (Thomas y Humphreys, 1970) y Fiji (Partridge, 1975). Estos factores afectan la compatibilidad inicial de *C. pubescens* con otras especies sembradas y la incidencia de las malezas. *Centrosema pubescens* tolera el 2,4-D pero es muy sensible al 2,4,5-T y al picloram (Steel y Whiteman, 1980).

Uso de *Centrosema pubescens* en la Agricultura

Se ha hecho una inversión significativa de recursos científicos en la región para estimar la producción animal en pasturas de *C. pubescens*. Las investigaciones indican que en éstas se obtienen considerables aumentos en la producción, en comparación con las pasturas deficientes en leguminosas. Se han hecho evaluaciones de pasturas naturales en las cuales se sembró esta leguminosa en Bali (Rika, 1986) y en el este de Indonesia (Ibrahim et al., 1985), en las Filipinas (Siota et al., 1977) y en las Islas Salomón (Smith y Whiteman, 1985b). También se hicieron evaluaciones de pasturas abiertas completamente mejoradas en Johore, Malaysia (Eng et al., 1978b) en las planicies de Guadalcanal (Watson y Whiteman, 1981c) y en Fiji (Roberts, 1970). A pesar de estas demostraciones de campo, el principal papel de *C. pubescens* se ha limitado a su uso en las plantaciones de especies arbóreas. Ha tenido esta leguminosa poco éxito como punto de partida para las operaciones de ranchos comerciales en Malaysia e Indonesia, y los pequeños

Digitized by Google

agricultores prefieren sembrar gramíneas, cortar leguminosas arbustivas, o usar leguminosas más resistentes a la defoliación como *S. hamata* o *S. humilis* cv. Khon Kaen en Tailandia, o *D. heterophyllum* en Fiji (Partridge, 1979).

De las pasturas evaluadas, *C. pubescens* ha sido un componente significativo en las pasturas cultivadas bajo cocoteros en el sur de Tailandia (S. Duryaprapan, comunicación personal, 1982), en Bali (Rika et al., 1981), en Samoa Occidental (Reynolds, 1981) y en las Islas Salomón (Watson y Whiteman, 1981a; Smith y Whiteman, 1985a), y bajo las palmas de aceite en Malaysia (Chen y Othman, 1983). Su importante función en las plantaciones de especies arbóreas se ilustra por el uso de casi 925 toneladas de semilla de *C. pubescens* en Malaysia de 1972 a 1976, mientras se calcula que unas 300 toneladas de semilla de coberturas mixtas, que contienen *C. pubescens*, se siembran cada año en Tailandia (P. Jewtragul, comunicación personal, 1986). Se espera que aumente el pastoreo de ovejas en las plantaciones de caucho de Malaysia y de Tailandia, después del reciente reconocimiento de la importante función que estos animales cumplen en el control de malezas.

Necesidades de Investigación

Fitomejoramiento

Con respecto a *C. pubescens* y a las especies relacionadas, es necesario identificar germoplasma que demuestre un comportamiento sobresaliente en el rebrote después de la defoliación, buena retención de hojas durante la época seca, tolerancia a los suelos ácidos de bajo contenido de P, resistencia a *Rhizoctonia*, *Cercospora* y *Epilachna*, y ausencia de especificidad rizobiana. Es necesario también evaluar las líneas de *C. schottii* y de *C. sagittatum* que nodulan eficazmente, y buscar accesiones de *C. sagittatum* resistentes a los virus. Deben continuar las evaluaciones de *C. pascuorum* en los climas Aw de Köppen.

Producción de semilla

Se deben investigar sistemas de producción de semilla de las accesiones seleccionadas de *C. macrocarpum* a latitudes intermedias. También merece atención la calidad de la semilla de *C. pubescens* producida en las regiones tropicales húmedas.

Digitized by Google

Plantaciones de especies arbóreas

Las accesiones de *Centrosema* recolectadas en los bosques y los márgenes de éstos deben ser identificadas y probadas respecto a su comportamiento bajo la sombra. Además, la competencia que se establece entre gramíneas y leguminosas cultivadas bajo la sombra a medida que aquélla es modificada por la defoliación, el uso del nitrógeno por las leguminosas de sombra, y el efecto de la sombra en el valor nutritivo y en la anatomía de la planta, merecen investigación crítica. También se deben investigar, con ovejas, los efectos de la carga animal y del método de pastoreo en la incidencia de las malezas que acompañan las pasturas de *C. pubescens* sembradas bajo plantaciones de caucho.

Reconocimientos

El autor principal desea reconocer el apoyo recibido del Australian Development Assistance Bureau.

Referencias

Andrew, C. S. y Hegarty, M. P. 1969. Comparative responses to manganese excess of eight tropical and four temperate pasture legume species. Aust. J. Agric. Res. 20(4):687-696.

Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). 1986a. Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture: Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, august 1985. Proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. 202 p.

_____ ; Orchard, P. W.; y McCaskill, M. 1986b. Soil and climatic constraints to forage production. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture: Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, august 1985. ACIAR proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 29-35.

_____ ; Pualillin, P.; y Samosir, S. 1978. Effect of fertilizers on the yield and botanical composition of pastures in South Sulawesi, Indonesia. Agron. J. 70: 559-562.

Digitized by Google

Burkill, I. H. 1935. Dictionary of the economic products of the Malay Peninsula. Crown Agent for the Colonies, Londres, Inglaterra. Vol. 1, 509 p.

Chen, C. P. y Othman, A. 1983. Effect of cattle production on forage under oil palm: A preliminary report. En: Devendra, C.; Sivirajasingam, S.; Hamid, K.; y Vidyadaran, H. K. (eds.). Proceedings of the 7th Annual Conference of the Malaysian Society of Animal Production. Kuala Lumpur, Malaysia. p. 214-227.

_____ y _____ . 1984. Performance of tropical forages under the closed canopy of the oil palm; 2: Legumes. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 12(1):21-37.

de la Viña, A. C. y Engle, L. M. 1986. Forage legume collection in the Philippines. IBPGR/SEAN (Int. Board Plant Genet. Resour. Reg. Comm. S. E. Asia Newsl.) 9(4):9-10.

Eng, P. K.; Kerridge, P. C.; y 't Mannetje, L. 1978a. Effects of phosphorus and stocking rate on pasture and animal production from a guinea grass-legume pasture in Johore, Malaysia; 1: Dry matter yields, botanical and chemical composition. Trop. Grassl. 12(3):188-197.

_____ ; 't Mannetje, L.; y Chen, C. P. 1978b. Effects of phosphorus and stocking rate on pasture and animal production from a guinea grass-legume pasture in Johore, Malaysia; 2: Animal liveweight change. Trop. Grassl. 12(3):198-207.

Eriksen, F. I. y Whitney, A. S. 1982. Growth and N fixation of some tropical forage legumes as influenced by solar radiation regimes. Agron. J. 74(4):703-709.

FFTC (Food and Fertilizer Technology Center for the Asian and Pacific Region). 1984. Asian pastures: Recent advances in pasture research and development in southeast Asia. FFTC book series no. 25. Taipei, Taiwan. 225 p.

Gutteridge, R. C. 1978a. Iron deficiency in pasture species on coralline rubble soils. Plant Soil 50(2):489-492.

_____ . 1978b. Potassium fertilizer studies on *Brachiaria mutica/ Centrosema pubescens* pastures grown on soils derived from coral limestone, Malaita, Solomon Islands; 2: The fate of applied fertilizer potassium. Trop. Agric. (Trinidad) 55(4):359-367.

Digitized by Google

_____ . 1981. Comparative responses of a range of pasture species to applied potassium on two soils from the Solomon Islands. Trop. Agric. (Trinidad) 58(1):31-36.

_____ y Whiteman, P. C. 1978a. Pasture species evaluation in the Solomon Islands. Trop. Grassl. 12(2):113-126.

_____ y _____ . 1978b. Potassium fertilizer studies on *Brachiaria mutica/ Centrosema pubescens* pastures grown on soils derived from coral limestone, Malaita, Solomon Islands; 1: Effect of rates of potassium on yield and botanical composition. Trop. Agric. (Trinidad) 55(3):215-224.

Haryanto, B.; Siregar, M. E.; Prawiradiputra, R.; y Herawati, T. 1981. The effect of phosphorus levels on dry weight production of three species of legumes in latosol soils. Bull. Lembaga Penelitian Peternakan (28):14-21. (En indonesio.)

Humphreys, L. R. 1986. The improved integration of forage production with rice culture in South-East Asia. Int. Rice Comm. Newsl. 34(2):275-296.

Ibrahim, T.; Bulo, D.; Rudolf, W.; Hunt, M. R.; e Ivory, D. A. 1985. Pasture and animal performance from three locations in eastern Indonesia. En: Tothill, J. C. y Mott, J. J. (eds.). Ecology and management of the world's savannas. Australian Academy of Science, Canberra, A.C.T., Australia. p. 291-294.

IGC (International Grassland Congress). 1985. Proceedings of the XV International Grassland Congress, Kyoto, agosto 1985. Science Council of Japan y Japanese Society of Grassland Science, Nishi-nasuno, Tochigi-ken, Japón. 1401 p.

Juntirapong, S. 1986. Influence of defoliation dates, phosphorus fertilizer and rhizobium on seed yield and quality of *Centrosema pubescens* Benth. Tesis (M.Sc.). Kasetsart University, Bangkok, Tailandia. (En tailandés.)

Nada, Y. y Sirikiratayanond, N. 1979. Studies on the establishment of mixed pastures in Thailand. J. Jpn. Soc. Grassl. Sci. 24(4):325-330.

Ng, T. T. 1976. Performance of some tropical grass-legume mixtures in Sarawak. Malays. Agric. J. 50(3):400-410.

_____ y Wong, T. H. 1976. Comparative productivity of two tropical grasses as influenced by fertilizer nitrogen and pasture legumes. Trop. Grassl. 10(3):179-185.

Digitized by Google

Partridge, I. J. 1975. Responses of two legumes to rhizobium inoculation and trace elements. Fiji Agric. J. 37(2):69.

_____. 1979. Evaluation of herbage species for hill land in the drier zones of Viti Levu, Fiji. Trop. Grassl. 13(3):135-139.

Reynolds, S. G. 1981. Grazing trials under coconuts in Western Samoa. Trop. Grassl. 15(1):3-10.

Rika, I. K. 1986. Forages in plantation crops. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture: Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, august 1985. ACIAR proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 157-160.

_____; Nitis, I. M.; y Humphreys, L. R. 1981. Effects of stocking rate on cattle growth, pasture production and coconut yield in Bali. Trop. Grassl. 15(3):149-157.

Roberts, O. T. 1970. A review of pasture species in Fiji; 2: Legumes. Trop. Grassl. 4(3):213-222.

Shelton, H. M.; Raurela, M.; y Tupper, G. J. 1986. Forages in the South Pacific and Papua New Guinea. En: Blair, G. J.; Ivory, D. A.; y Evans, T. R. (eds.). Forages in Southeast Asian and South Pacific agriculture: Proceedings of an international workshop held at Cisarua, Indonesia, august 1985. ACIAR proceedings series no. 12. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, A.C.T., Australia. p. 89-95.

Singh, J. S.; Yang, H.; y Sajise, P. E. 1985. Structural and functional aspects of Indian and Southeast Asian savanna ecosystems. En: Tothill, J. C. y Mott, J. J. (eds.). Ecology and management of the world's savannas. Australian Academy of Science, Canberra, A.C.T., Australia. p. 34-51.

Siota, C. M.; Castillo, A. P.; Moog, F. A.; y Javier, E. Q. 1977. Beef production on native, native/stylo and native/centro pastures. Philipp. J. Anim. Ind. 32(1-4):25-34.

Smith, M. A. y Whiteman, P. C. 1985a. Animal production from rotationally-grazed natural and sown pastures under coconuts at three stocking rates in the Solomon Islands. J. Agric. Sci. 104:173-180.

Digitized by Google

_____ y _____ . 1985b. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands; 3: Comparison of existing mixtures with koronivia (*Brachiaria humidicola*) and with natural pastures. J. Agric. Sci. 104:181-189.

Steel, R. J. H. y Humphreys, L. R. 1974. Growth and phosphorus response of some pasture legumes sown under coconuts in Bali. Trop. Grassl. 8(3):171-178.

_____ y Whiteman, P. C. 1980. Pasture species evaluation, pasture fertilizer requirements and weed control in the Solomon Islands: technical report of the Solomon Islands Pasture Research Project. Department of Agriculture, University of Queensland, St. Lucia, Qld., Australia.

Sweeney, F. C. y Hopkinson, J. M. 1975. Vegetative growth of nineteen tropical and sub-tropical pasture grasses and legumes in relation to temperature. Trop. Grassl. 9(3):209-217.

Tham, K. C. y Kerridge, P. C. 1982. Responses to lime, K, Mo and Cu by grass-legume pasture on some Ultisols and Oxisols of Peninsular Malaysia. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 10(3):350-369.

Thomas, R. y Humphreys, L. R. 1970. Pasture improvement at Na Pheng, central Laos. Trop. Grassl. 4(3):229-236.

Thompson, J. R. y Evensen, C. L. I. [1986]. The adaptability and performance of tropical legumes and grasses in West Sumatra, Indonesia. En: Pizarro, E. A. (ed.). Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales: Resultados 1982-1985; 3a reunión de la RIEPT, octubre 1985, 2 vols. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. Vol. 2, p. 921-924.

Topark-Ngarm, A. y Moolsiri, A. [1983]. Forage yield and perenniality of new introduced twining pasture legumes; 2: Performance in the second year. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1981-82 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 13-16.

_____ ; Waranyuwat, A.; Akkasaeng, R.; Lowilai, P.; Srinaka, C.; y Srisawat, P. [1980]. Forage legume yield trial. En: Khon Kaen University, Faculty of Agriculture. Pasture Improvement Project 1979 annual report. Khon Kaen, Tailandia. p. 12-14. (Mecanografiado.)

Digitized by Google

Trewartha, G. T. 1968. An introduction to climate. 4a. ed. McGraw-Hill, Nueva York, NY, E.U.

Waidyanatha, U. P. de S.; Wijesinghe, D. S.; y Stauss, R. 1984. Zero-grazed pasture under immature *Hevea* rubber: Productivity of some grasses and grass-legume mixtures and their competition with *Hevea*. Trop. Grassl. 18(1):21-26.

Watson, S. E. y Whiteman, P. C. 1981a. Animal production from naturalized and sown pastures at three stocking rates under coconuts in the Solomon Islands. J. Agric. Sci. 97(3):669-676.

_____ y _____ . 1981b. Grazing studies on the Guadalcanal Plains, Solomon Islands; 1: Climate, soils and soil fertility assessment. J. Agric. Sci. 97(2):341-351.

_____ y _____ . 1981c. Grazing studies on Guadalcanal Plains, Solomon Islands; 2: Effects of pasture mixtures and stocking rate on animal production and pasture components. J. Agric. Sci. 97(2):353-364.

Wong, C. C.; Chen, C. P.; y Ajit, S. S. 1982. A report on pasture and fodder introduction in MARDI. Report no. 76. Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI), Serdang, Malaysia. p. 8-9.

_____ ; Sharudin, M. A. M.; y Rahim, H. 1985. Shade tolerance potential of some tropical forages for integration with plantations; 2: Legumes. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 13(3):249-269.

_____ y 't Mannetje, L. 1981. Productivity and compatibility of pasture grasses and legumes in peninsular Malaysia. MARDI (Malays. Agric. Res. Dev. Inst.) Res. Bull. 9(1):1-13.

Digitized by Google

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 649-684).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 22

Experiencia Regional con *Centrosema*: Africa al Sur del Sahara

J. R. Lazier y J. N. Clatworthy*

Resumen

Es probable que *Centrosema pubescens* haya sido probada en todos los países de Africa al sur del Sahara y en los estados insulares relacionados con el continente, en los cuales ha tenido posibilidades de adaptarse. La mayor parte de la experiencia africana sobre el género se basa en esta especie.

Centrosema pubescens se ha naturalizado en las zonas más húmedas de Africa occidental y central, y ha llegado a ser considerada promisoria para un amplio rango de ambientes. Sin embargo, se siembra poco fuera de las estaciones de investigación. La productividad de *Stylosanthes guianensis* y de *Pueraria phaseoloides*, que es más alta, ha inhibido su uso. Sin embargo, cuando las líneas de *S. guianensis* desarrolladas localmente fueron eliminadas por la antracnosis a finales de la década de los 70, revivió el interés por *C. pubescens*.

Se ha hecho bastante investigación sobre *C. pubescens*, especialmente en las mezclas de ésta con gramíneas. Se la considera valiosa como abono verde y cultivo de cobertura—o como

* International Livestock Centre for Africa (ILCA), Addis Abeba, Etiopía (actualmente en Canadá); y Grasslands Research Station, Marondera, Zimbabwe, respectivamente.

Digitized by Google

uno de los dos. También es muy útil como cobertura viva en los cultivos de maíz, ya que suprime las malezas y contribuye a que la producción de este cereal sea alta y sostenida añadiendo sólo pequeñas cantidades de nitrógeno.

Las pruebas con otras especies de *Centrosema* indican que *C. pascuorum* es promisoria en Nigeria, Etiopía y Africa del Sur; *C. schottii* lo es en el sur de Etiopía; *C. plumieri* en Tanzania y Zaire; *C. virginianum* en Kenia y Africa del Sur; y *C. brasilianum* en Senegal y Nigeria.

Introducción

En Africa al sur del Sahara, la investigación sobre el género *Centrosema* ha tratado de seguir el liderazgo de organizaciones de investigación de otros continentes, en parte porque este género no es nativo de Africa. Por lo tanto, los investigadores han dependido de fuentes foráneas de semilla para sus ensayos. *Centrosema pubescens* comercial, al que llamaremos centro en este capítulo, ha estado disponible durante muchos años, y la mayor parte de la experiencia acumulada en Africa al sur del Sahara sobre el género *Centrosema* se basa en esta especie.

En años recientes, las grandes colecciones de *Centrosema* adquiridas tanto por el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en Colombia, como por la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), de Australia, han permitido a los programas nacionales de Africa evaluar un rango más amplio de especies y genotipos; esto refleja el interés que existe, especialmente en el CIAT, por este género.

Los países mencionados en este documento se presentan en la Figura 1.

Centrosema pubescens

Centrosema pubescens ha sido probada, sin duda, por lo menos una vez en cada uno de los 40 países de Africa al sur del Sahara y en las islas asociadas al continente, donde probablemente tenga alguna oportunidad de adaptación. En los primeros trabajos se hallaba con frecuencia que esta especie se adaptaba y era productiva; no

Digitized by Google

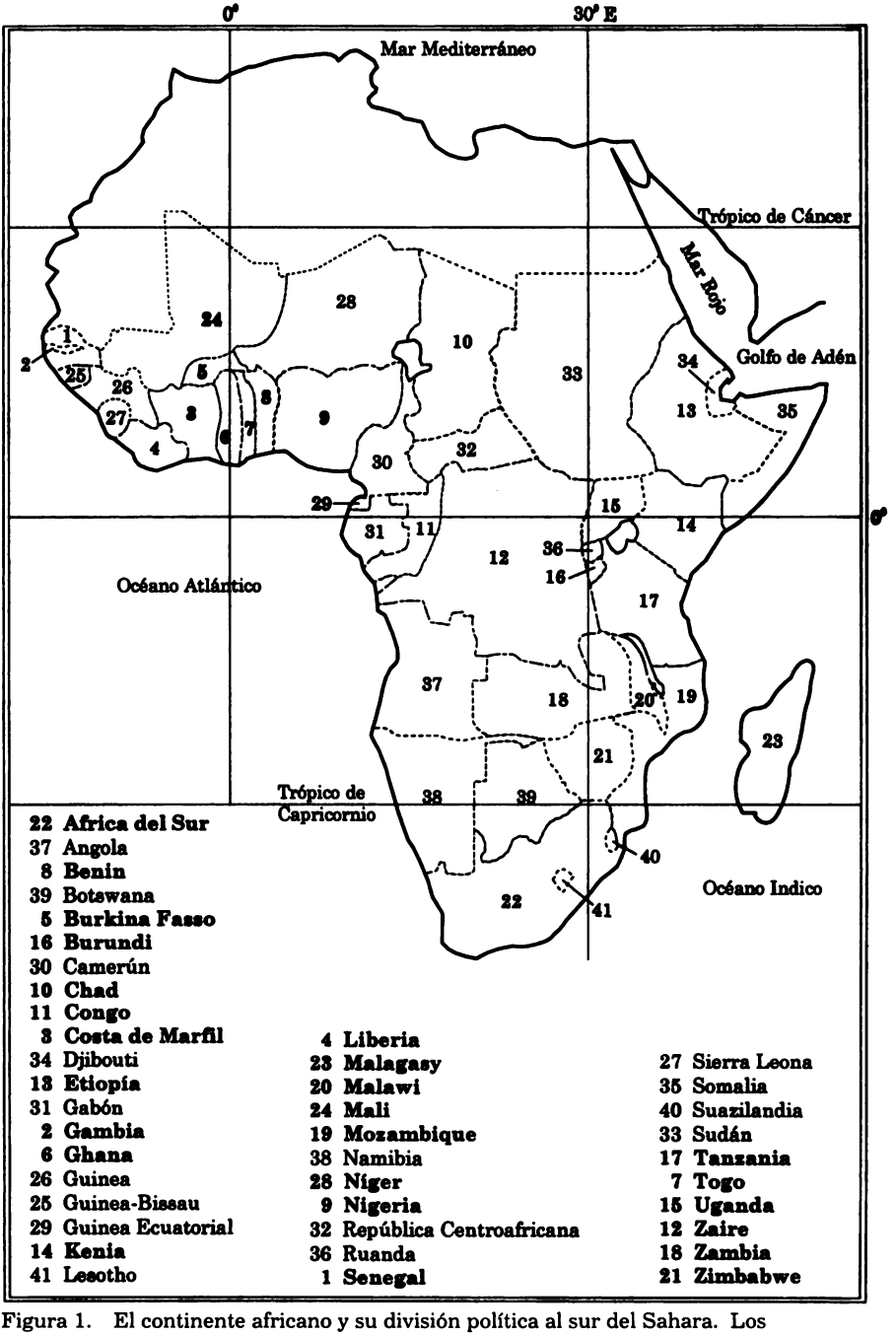


Figura 1. El continente africano y su división política al sur del Sahara. Los países mencionados en el texto aparecen en negrilla.

Digitized by Google

obstante, otras leguminosas eran, generalmente, más productivas que ella. Por ejemplo, *Pueraria phaseoloides*, en las áreas más húmedas de Ghana (F. N. A. Odoi, comunicación personal) y *Stylosanthes guianensis* (stylo) en Costa de Marfil (Picard y Fillonneau, 1971) y en Burkina Fasso (Sikora, s.f.). La investigación sobre centro se detuvo, por tanto, después de los ensayos de rendimiento en parcela pequeña, y la investigación sobre forrajes se concentró generalmente en *S. guianensis*. Cuando la antracnosis eliminó a *S. guianensis*, en la década de los 70 (Lazier, 1984), se restableció el interés por *C. pubescens* y aun por otras especies del género.

Como gran parte de la información obtenida en Africa sobre *Centrosema* es inédita, fragmentaria o ha sido publicada en medios escritos relativamente inaccesibles, la revisión de este capítulo se ha hecho parcialmente en forma de catálogo, en el que se revisan por turno algunas regiones o experimentos individuales. Sin embargo, se presentan algunas generalizaciones cuando se llega a las conclusiones. Los lectores que busquen un resumen de las características de los sitios donde *Centrosema* ha tenido un buen comportamiento deben referirse al Cuadro 1.

Cuadro 1. Características de los sitios en los cuales se ha observado buen comportamiento de las especies de *Centrosema* que se cultivan en Africa al sur del Sahara.

Especie	Latitud	Precipitación anual (mm)	Altitud (m)	Tipo de suelo	No. total de sitios
C. arenarium	8° N	Con riego	1650	tufo básico	1
C. brasilianum	11°-14° N	300-1100	<700	—	2
Centrosema híbrido	18° S	800	1200	sedimento	1
C. macrocarpum	8°-11° N	Con riego	500-1650	tufo básico	2
C. pascuorum	12°-26° S	650-1500	<1300	arcilla	8
C. plumieri	0°	1800	<500	—	3
C. pubescens	15°-18° S	450-2000	<1700	Vertisoles a francoarenosos	>40
C. schiedeanum	8° N	Con riego	1650	tufo básico	1
C. schottii	5° N	600	1500	—	1
C. virginianum	1°-25° S	700-900	700-1650	—	5

FUENTE: Compilado por los autores.

Digitized by Google

Adaptación

Los ensayos han demostrado que centro puede crecer en un rango de climas que van desde húmedos hasta semiáridos, y en ambientes temperados en altitudes intermedias (1000 a 1700 m) o en latitudes mayores. Sin embargo, se ha comportado mejor y se ha naturalizado en las regiones más húmedas de las tierras bajas de Africa, donde generalmente la precipitación es mayor que 1100 mm y donde la época seca dura menos de 5 meses continuos. En regiones más secas, centro ha producido bien en la época húmeda, pero mal en la época seca cuando escasea más el forraje de buena calidad. El rendimiento que da en la época seca puede aumentar considerablemente con el riego. Sin embargo, las temperaturas más frías asociadas con la época seca en gran parte de las zonas subhúmedas y semiáridas de Africa inhiben el crecimiento de esta leguminosa. Otras leguminosas fácilmente disponibles, como *Desmodium intortum* y *D. uncinatum*, son más productivas en estas condiciones.

En Ghana, centro crece mejor en las regiones de alta precipitación del cinturón costero (R. Rose-Innes, comunicación personal; Wilson y Lansbury, 1958). Se ha naturalizado en las regiones costeras y forestales, y se halla generalmente a lo largo de las carreteras (F. N. A. Odoi, comunicación personal).

En Costa de Marfil, donde se habían hecho pruebas en tres zonas climáticas, centro produjo menos que *S. guianensis* (stylo) y manifestó ser la menos eficiente en el uso del agua entre todas las líneas probadas (Talineau, 1970). Fue recomendada, sin embargo, como leguminosa forrajera anual en sistemas de rotación y para producción intensiva de forraje (Cadot, 1971). Centro ha sido más promisoria en las áreas de Bouaké, Gagnoa y Abidjan (G. Roberge, comunicación personal), y se ha naturalizado en las praderas nativas, desde la costa hasta unos 300 km hacia el interior (T. Armbruster, comunicación personal). Creció mal en Badikaha en 1985, quizás por la baja fertilidad del suelo o por la escasa nodulación (Buxant y Kouame, 1985).

En Senegal, el IRAT (Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières, Francia) la introdujo en 1965, y después de 2 años de ensayos, centro resultó ser una de las mejores leguminosas introducidas (LNERV, 1980 y 1981). Se considera que tiene potencial específico para la región de

Digitized by Google

Casamance del sur de Senegal, donde hay mayor precipitación (G. Roberge, comunicación personal). En 1966, se sembró en suelos hidromórficos grises y produjo 45 t de materia fresca por hectárea después de una abundante aplicación de fertilizante, 8 t de materia seca (MS) por hectárea en dos cortes y 9 t de MS por hectárea en tres cortes (Birie-Habas, citado en Diatta, s.f.). En el Valle del Río Senegal, se obtuvieron 209 t de materia fresca durante 26 meses, después de aplicar cantidades grandes de fertilizante (Balsce y Costiaux, citados en Diatta, s.f.) y 50 t de materia fresca por hectárea de 5 a 6 meses después de la siembra (Duclos, citado en Diatta, s.f.). Centro ha mostrado además un buen comportamiento en Kolda (Grandemer et al., 1981; Pichon et al., 1982), en Sangalkam (Roberge et al., 1981) y en Dakar (Valenza et al., 1980). Boudet (1975) recomendó esta leguminosa para las regiones de sabana de Guinea y del sur de Sudán así como para los Vertisoles de la zona del Sahel. Fue una de las leguminosas que mejor se adaptó bajo riego en Chad (IEMVT, 1979).

En Nigeria se halló que centro era una leguminosa productiva en áreas de selva tropical y de sabana derivada (Ahlgren et al., 1959; Moore 1962), y se informó que era promisoria para el norte de Nigeria (Agishi, 1971; Akinola, 1975) y para la sabana de Guinea (Agishi, 1980; McIlroy, 1962). Bajo riego, en el norte de Nigeria, fue menos productiva que el gandul o que el sorgo (Akinola, 1975). Se ha naturalizado en las áreas donde ha sido sembrada, que llegan hacia el norte hasta la sabana derivada de Guinea.

Centro fue introducida en Zaire desde Brasil como cultivo de cobertura y se consideró promisoria para los sistemas de producción de la región tropical húmeda, de la zona de vegetación de Yangambi en Haut-Zaïre, y de las zonas de Sudano-Zambeze y Guinea (época seca de 4 meses y 1400 mm de precipitación) (Risopoulos, 1966). Actualmente se está probando en diversas zonas ambientales (J. Gobbe, comunicación personal).

En Kenia, después de hacer una evaluación inicial de una amplia gama de plantas forrajeras en las principales zonas ambientales, centro se recomendó para la región caliente, húmeda y de media altitud (1500 a 1700 m de altitud y 1250 a 2000 mm de precipitación); para las regiones calientes, secas, de tierras bajas (150 a 900 m de altitud y 450 a 850 mm de precipitación); y para la

Digitized by Google

región costera caliente y húmeda (0 a 150 m de altitud y 1000 a 1250 mm de precipitación) (Ibrahim y Orodho, 1983).

En Etiopía, centro se consideró promisoria, en un principio, para la región de media altitud de Bako (1550 m de altitud y 1250 mm de precipitación) y de Awasa (1700 m de altitud y 950 mm de precipitación) (FAO, 1975).

En Madagascar, centro se probó en 1966 y se obtuvieron rendimientos hasta de 16 t/ha en un área de 1250 mm de precipitación (J. H. Rasambainarivo, comunicación personal).

En Tanzania, centro se recomienda para zonas subhúmedas a semiáridas y áridas (Lwoga et al., 1985). B. Walker (comunicación personal) informa que centro crece en Ukirigrou cerca de Mwanza, en suelos Vertisoles. Se la considera una leguminosa forrajera útil para estos suelos, que reciben más de 900 mm de precipitación. Además, ha sido una de las mejores leguminosas evaluadas respecto a su persistencia, en la Estación de Malya Range, 120 km al oriente de Mwanza, en un suelo de arena franca que recibe entre 450 y 650 mm de precipitación (Kapinga, 1986).

Considerada por Verboom (1965) como leguminosa apta para Zambia, *C. pubescens* se incluyó con siratro (*Macroptilium atropurpureum*), *Neonotonia wightii* y *S. guianensis* en una lista de especies promisorias para las condiciones de ese país; los ensayos se hicieron en Mount Makulu, 10 km al sur de Lusaka (van Rensburg, 1967). Se estableció una prueba de rendimiento con repeticiones que incluía estas leguminosas y *Desmodium intortum*. En cinco cosechas durante 2 años, siratro y *N. wightii* produjeron, generalmente mayores rendimientos que centro. A pesar de una grave sequía en diciembre de 1965, todas las leguminosas, excepto *D. intortum*, se comportaron bien. Centro también tuvo un crecimiento relativamente vigoroso en las estaciones regionales de investigación de Misamfu (Provincia del Norte) y Msekera (Provincia del Este) (van Rensburg, 1967).

Centro también se usa en pasturas bajo los cocoteros en Mozambique (Timberlake y Dionisio, 1985), como cultivo de cobertura en las haciendas de Nkhata Bay, Malawi (Hodges, 1983), y se encuentra como especie naturalizada en Cuvette Central, Congo (Blouard y Behaeghe, 1961).

Digitized by Google

Fijación del nitrógeno y nodulación

Las investigaciones llevadas a cabo en Africa han indicado que centro puede fijar cantidades significativas de nitrógeno cuando crece en asociación con las gramíneas, lo que resulta en niveles de nitrógeno más altos en el suelo y en las gramíneas. Se han obtenido respuestas positivas en la fijación de N_2 adicionando P, y respuestas negativas cuando se adiciona cal. En general, centro nodula libremente con las poblaciones nativas de *Rhizobium*.

Moore (1960) estimó en Nigeria la fijación de N_2 en una asociación de *Cynodon plectostachyus* y *C. pubescens* en una prueba de pastoreo con repeticiones. En la gramínea pura había 2280 kg/ha de N hasta una profundidad de 30 cm, en tanto que en la mezcla había 2900 kg/ha. La fijación de nitrógeno hecha por centro rindió, en promedio, 125 kg/ha anualmente. Otra investigación indicó que, anualmente, centro podía fijar 280 kg/ha de N en una pastura de *C. plectostachyus* (Moore, 1962). El contenido de N de la gramínea pura fue de 1.8%, en tanto que el de la gramínea en mezcla fue de 2.4%. La adición de P aumentó la fijación de N_2, y donde centro estaba presente había niveles más altos de N en el suelo. Agboola (1970) halló mayores tasas de nitrificación bajo pasturas de centro que bajo gramíneas puras. Se halló que las tasas de fijación eran mayores en los suelos francoarenosos que en los suelos de arena franca; las mayores concentraciones de oligoelementos del suelo francoarenoso pueden haber sido la causa de esa diferencia (Fayemi et al., 1970). La nodulación y la fijación de N_2 eran mayores en un suelo con pH 6.0 y disminuían al aumentar el pH (Odu et al., 1971).

En Ghana, centro se probó junto con otras leguminosas en parcelas de tres tipos de suelo, encalados y sin encalar. Además de otros parámetros, se determinó la cantidad de nitrógeno fijado por las plantas en sus primeros 60 días de desarrollo. El nitrógeno fijado varió entre 8 y 75 kg/ha y 18 y 131 kg/ha para los suelos encalados y no encalados, respectivamente. En el suelo menos fértil, un suelo francoarenoso de color rojo pardusco, los rendimientos fueron muy inferiores a los obtenidos en los otros dos (un Vertisol pélico y un Solonchac gleico de tierra gris). La adición de cal redujo el número de nódulos presentes en centro en dos de los suelos (Dennis, 1977).

Digitized by Google

En Costa de Marfil, una comparación entre centro y *Vigna unguiculata* indicó que centro tenía más nódulos, aunque las mediciones de reducción del acetileno demostraron que fijaba menos nitrógeno. Los nódulos nunca se hallaron a más de 150 mm bajo la superficie del suelo; como eran muy sensibles a la deshidratación del suelo, la fijación disminuía bruscamente al comenzar la corta época seca. La fijación de centro fue menor que la de *Lablab purpureus*, *Vigna radiata*, *Macroptilium lathyroides*, *V. unguiculata* y *S. guianensis*, y fue mayor que la de *M. atropurpureum*. Durante el experimento se aplicó fertilizante nitrogenado (300 kg/ha de 10-18-18) (Messager y Samson, 1982).

En Zambia y Burkina Fasso, no se observaron mejoras en el rendimiento cuando se inoculaba centro con *Rhizobium* (Sikora, s.f.; van Rensburg, 1967). Centro también noduló libremente en Uganda (Amadu, 1971).

Establecimiento

Aunque, en general, la sobresiembra de centro en pastizales naturales y en praderas no ha tenido éxito, esta especie se ha establecido fácilmente en terrenos bien preparados. Las densidades de siembra recomendadas varían considerablemente, según el método de siembra.

El establecimiento y la persistencia de las leguminosas, incluyendo a centro, en las praderas de Nigeria, mediante siembra en bandas o sobresiembra, han sido deficientes por falta de un pastoreo controlado y por las quemas en las tierras comunales de pastoreo (Saleem, 1985). Adegbola (1964) notó que el establecimiento de centro por esquejes era costoso y que la semilla era generalmente fácil de conseguir.

Se han recomendado varias densidades de siembra para Nigeria, país en que centro ha sido especialmente promisoria. Estas densidades varían entre el rango de 4.5 a 6 kg/ha (Blair-Rains, 1963) y el de 11 a 13 kg/ha (Ahlgren et al., 1959). Blair-Rains recomendó densidades inferiores para la siembra en surcos. Se han recomendado también densidades bajas—hasta de 0.8 kg/ha—en el occidente de Africa (Blouard y Behaeghe, 1961). Boudet (1975) sugirió sembrar centro en surcos espaciados de 50 a 100 cm a una densidad de 3 a 4 kg/ha.

Digitized by Google

Un estudio de profundidad de siembra (Adegbola, 1964) mostró que centro no se debe sembrar a más de 5 cm por debajo de la superficie del suelo, si se desea obtener una población de más del 50%. En Ghana, en una tierra negra tropical, se alcanzó una germinación óptima a profundidades de 0 a 2.5 cm (Larbi, 1979).

Las plagas y enfermedades no se consideran limitaciones significativas para el establecimiento y crecimiento de *C. pubescens*.

Mezclas con gramíneas

Se ha hallado que centro se asocia bien con las gramíneas en ambientes a los cuales está mejor adaptada. Estas gramíneas son, entre otras, *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum*, *C. plectostachyus* y *Andropogon gayanus*.

En Nigeria, algunos autores han informado que centro se asocia bien con varias especies de gramíneas tales como *Chloris gayana* y *A. gayanus* en el bosque húmedo y en las sabanas derivadas, y *Pennisetum purpureum*, *Panicum maximum* y *Cynodon plectostachyus* en ambientes de bosque húmedo (Adegbola y Onayinka, 1966; Ahlgren et al., 1959; Bogdan, 1977; McIlroy, 1962; Moore, 1962). En la sabana meridional de Guinea se ha asociado bien con *P. maximum* (Boudet, 1975; Onayinka, 1973; Onayinka y Akinyemi, 1974).

En la zona costera forestal que rodea a Agege, se hicieron ensayos de campo que duraron más de 18 meses; en ellos se estudiaron ocho gramíneas no fertilizadas en asociación con centro. Los rendimientos de MS fueron considerablemente mayores en la mezcla con *A. gayanus*, prescindiendo de la época del año y del intervalo de corte (Adegbola y Onayinka, 1966).

En Zaria, en la parte norte de Nigeria, centro se sembró a voleo o entre las hileras de rebrotes de *Brachiaria brizantha* y se fertilizó con N-P-K (20:10:10) a una densidad de 300 kg/ha. Los rendimientos totales fueron menores que los de las mezclas de *B. brizantha* con *N. wightii*, *M. atropurpureum*, *S. guianensis* y *S. humilis* (SIAR, 1975).

Digitized by Google

En Shika, en una prueba de corte de 2 años de duración, centro fue la mejor de ocho leguminosas asociadas con *B. decumbens*. Los rendimientos fueron mayores cuando la semilla de centro se sembró a voleo y no en surcos. La cosecha de materia verde cada 8 semanas rindió más que la de cada 6 semanas. La densidad de siembra de las gramíneas, alta o baja, no afectó los rendimientos (Akinola, 1981). Centro también se asoció bien con *A. gayanus* y dio un rendimiento mayor que otras leguminosas en un ciclo de corte de 8 semanas (Akinola y Onifade, 1981). En la sabana de Guinea, en Mokwa, se asoció bien con *P. maximum* var. *trichoglume* (SIAR, 1975).

En Ibadán, centro y *S. guianensis* fueron pastoreadas en mezclas con *Cynodon plectostachyus* y *Digitaria decumbens*. *Stylosanthes guianensis* desapareció, pero centro persistió durante 2 años en esas mezclas (Okorie et al., 1965; Olubajo, 1969). Después de 3 años, centro representaba de 10% a 17% de las pasturas (Oyenuga y Olubajo, 1975a).

En Ghana se han pastoreado, en cultivos arbóreos, mezclas de centro con *Cynodon plectostachyus*, *D. decumbens*, *C. nlemfuensis* (Antwi, 1976a y 1976b) y con las especies nativas *Asystasia gangetica* y *Brachiaria lata* (Wilson y Lansbury, 1958). Usadas bajo corte, las mezclas de centro con *A. gayanus* y *D. decumbens* también fueron productivas (Asare, 1976?; Tetteh et al., 1976).

En la Planicie de Yangambi, en Zaire, centro se asoció bien con *S. guianensis*, *Brachiaria ruziziensis*, *Setaria anceps*, *Melinis minutiflora* y *Chloris gayana*. Se recomendaron algunas mezclas de especies que podían cubrir el suelo en 2 ó 3 meses, para diferentes condiciones ambientales y de manejo. En el bajo Congo, centro también se asoció bien con *Imperata cylindrica* (Risopoulos, 1966).

En Africa oriental, centro persistió en Tanzania en una mezcla con *C. plectostachyus* que se sometió a pastoreo durante 5 años, en un Vertisol cerca de Mwanza (B. Walker, comunicación personal). Además, se ha informado que crece muy bien con *Cenchrus ciliaris* (Bogdan, 1977) y con especies de *Brachiaria* (J. A. Kategile, comunicación personal) en Morogoro.

Digitized by Google

En Burundi, centro crece bien con *P. purpureum*, un pasto bien adaptado a la región (Astere, 1985).

Cuando se sobresembró centro en una pradera natural de *Hyparrhenia filipendula* y en una pastura establecida, en Zambia, no se consideró una leguminosa promisoria (van Rensburg, 1969). Tanto en mezcla con *Cynodon dactylon* como solo, en la Estación Experimental de Chitedze en Malawi, no tuvo tanto éxito como el testigo puro de *C. dactylon*; además, su rendimiento fue inferior al de otras leguminosas de la prueba (Dzowela, 1985).

En Uganda, centro se ha asociado muy bien con *H. rufa* y *P. maximum* (Bogdan, 1977; Stobbs, 1966). Diversas mezclas con *S. guianensis* y varias gramíneas se han empleado para pastoreo en la Estación Experimental de Serere (Otim, 1975; Otim y Laboke, 1975).

Respuesta a los fertilizantes

Se considera, generalmente, que la aplicación de un fertilizante de P es necesaria para mantener o aumentar el rendimiento de centro. Además se ha vinculado esta fertilización con mayores ganancias de peso animal y con mejores rendimientos en los cultivos que siguen a la leguminosa. El yeso, el N, el K y la cal también han dado aumentos de rendimiento.

En Nigeria se mantuvieron bien las mezclas de centro con *C. plectostachyus* y *P. purpureum* mediante la adición de 125 kg/ha de superfosfato (McIlroy, 1962). Se duplicó la producción de forraje de centro y se mantuvo una buena población cuando se agregó el fertilizante (22 kg/ha de P_2O_5 y 67 kg/ha de K_2O) en aplicaciones fraccionadas (Ahlgren et al., 1959).

En Tanzania, 80 kg/ha de P_2O_5 aumentaron el rendimiento de MS en sólo 126 kg/ha, en tanto que el yeso y la cal dieron aumentos mayores (Bogdan, 1977). La aplicación de P a una pastura compuesta por centro y *C. gayana* aumentó el rendimiento sólo en el primer corte, mientras que el N lo aumentó en los dos cortes que se hicieron. El K no ejerció ningún efecto directo cuando se aplicó solo, pero en combinación con N y P produjo interacciones significativas. Cuando se agregaron P, K, Ca, Mg y Mn como elementos simples, aumentaron, en general, las concentraciones de

Digitized by Google

estos elementos en los tejidos (Materu, 1979). Otro estudio de la misma mezcla no halló efectos residuales significativos en el rendimiento cuando se aplicó N-P-K, pero el P del suelo aumentó significativamente. El N produjo aumentos lineales en el rendimiento de pasturas asociadas de centro con *C. plectostachyus* al aumentar las tasas de aplicación del elemento. El aumento fue más lento cuando se agregaron P y K solos, y decreció el rendimiento cuando se adicionaron mezclas de elementos de fertilizantes (Uriyo et al., 1979).

En Ghana se recomendó la aplicación de 125 kg/ha de superfosfato para mantener una alta proporción de centro en asociaciones con gramíneas (Thompson, citado en Okorie, s.f.).

En Uganda, la aplicación de 250 kg/ha de superfosfato simple a una pastura de centro y *H. rufa* produjo mayores ganancias de peso animal y mayor rendimiento de los cultivos que siguieron a la pastura (Stobbs, 1969).

Semillas y producción de semilla

Pocos estudios se han hecho en Africa al sur del Sahara sobre el rendimiento de semilla, la dureza de la semilla y el almacenamiento de ésta. La producción de semilla se ha restringido a parcelas pequeñas, excepto en Ghana, donde se plantaron áreas más grandes con este fin a principios de la década de los 70.

En Ghana, la producción de semilla de centro adquirida de Singapur se inició en la Estación Experimental de Pokoase para la región de sabana del norte. Cerca de 450 kg de semilla se cosecharon y se distribuyeron a los agricultores de 1973 a 1974. Como había gran demanda de semilla, se establecieron otras 40 ha de centro para la producción de semilla (CSIR, 1973, 1974 y 1977; Tetteh et al., 1974).

El rendimiento de semilla de centro fue considerablemente inferior al de *Stylosanthes hamata* cv. Verano y al de *S. guianensis* cv. Schofield, en lotes irrigados en Burkina Fasso, pero superior al de *S. guianensis* cv. Cook. La semilla se distribuyó en Togo, Benin y Ghana (Sikora, s.f.). En Senegal también se ha

Digitized by Google

emprendido la multiplicación de esta semilla, y el rendimiento ha sido de 2.9 t/ha (Jacquot, citado en Diatta, s.f.).

La dureza de la semilla de centro ha sido objeto de investigación en Ghana (Larbi, 1979), donde se logró aumentar el porcentaje de germinación empleando papel de lija, ácido sulfúrico durante 10 y 20 minutos o agua caliente a 100 °C durante 1 minuto. En Zaire, donde se halló que centro contenía un 30% de semillas duras, el agua caliente (55 a 60 °C) y el calor seco a 90 °C no ejercieron ningún efecto en el porcentaje de germinación; en cambio, una solución concentrada de H_2SO_4:H_2O (2:1) durante 10 a 15 minutos eliminó la dureza de la semilla (Behaeghe y Blouard, 1962; Risopoulos, 1966).

Se halló además que las semillas de centro se secaban muy lentamente. En una prueba, la viabilidad de la semilla se mantuvo mejor—durante 19 meses—cuando se almacenó en tubos después de permanecer 7 días en el secador de semillas, en el cual se redujo su contenido de humedad a 14.2%. Cuando se almacenó en bolsas de tela después de secarla a la sombra (contenido de humedad: 20%) se obtuvieron 12 meses de almacenamiento con buena viabilidad (Behaeghe y Blouard, 1962).

Cultivo de barbecho

En estudios realizados en el occidente de Africa, se ha hallado que centro es útil como cultivo de cobertura y como abono verde; esta especie tuvo allí efectos positivos en las características del suelo y en el rendimiento de los cultivos subsiguientes.

Centro se probó como abono verde en Zaire, donde el cultivo de la leguminosa fue quemado o se incorporó con arado. La incorporación dio mejores resultados en los cultivos subsiguientes (N. Lugindula, comunicación personal).

En Ibadán, Nigeria, centro, otras tres leguminosas y cuatro gramíneas se cultivaron en un Alfisol como cultivos de cobertura durante 2 años; allí se estudiaron sus efectos en las propiedades del suelo y en la labranza cero con respecto a los cultivos subsiguientes. Centro, al igual que *Melinis minutiflora*, *Neonotonia wightii* y *Pueraria phaseoloides*, ejercieron un efecto significativo y positivo en los niveles de carbono orgánico y de N

Digitized by Google

total, y en la capacidad de intercambio catiónico del suelo, comparados con el testigo. Los rendimientos de los cultivos subsiguientes fueron mayores en las parcelas en que se sembraron centro, *P. phaseoloides*, *S. guianensis* y *B. ruziziensis* que en las parcelas testigo (Lal et al., 1978). En una prueba adicional, empleando labranza en bandas en un Alfisol, un barbecho de centro aumentó el rendimiento de los cultivos de maíz y de caupí que siguieron a la leguminosa, y fue fácil de controlar; sólo hubo mejoras leves, y de corta duración, en la materia orgánica del suelo, en el N total, y en la retención y circulación de agua (Wilson et al., 1982). Centro fue una de las leguminosas más promisorias como planta de cobertura en los cultivos de maíz; suprimió eficazmente las malezas y produjo rendimientos altos y sostenidos de maíz con sólo pequeñas adiciones de fertilizante nitrogenado (Mulongoy y Kang, 1986).

En Costa de Marfil, dos gramíneas (*P. maximum* y *C. plectostachyus*) y dos leguminosas (centro y *S. guianensis*) se probaron, en siembras puras, como cultivos de cobertura en un barbecho; la prueba se hizo en muchas localidades y en suelos ferralíticos (pH de 5 a 6). Se observaron leves mejoras en la estabilidad de los agregados del suelo y en el contenido de materia orgánica de éste. En ciertos casos, aumentaron los agregados del suelo y el drenaje donde había leguminosas. Las variaciones en los análisis químicos dependieron, en su mayor parte, del manejo de la parcela y del fertilizante aplicado. Hubo grandes aumentos de N donde había cultivo de cobertura, y éstos influyeron en los cultivos subsiguientes, pero sólo brevemente (Talineau et al., 1976).

Palatabilidad y consumo

Los estudios realizados en Africa indican que la palatabilidad de centro es intermedia comparada con la de otras especies forrajeras, que no depende del nivel de proteína cruda (PC), y que varía con la estación. Se halló también, en otro estudio, que el consumo de MS se relacionaba con la solubilidad de ésta.

En Ghana, los carneros de un año preferían centro a *P. phaseoloides*, aunque era menos palatable que *Asystasia gangetica*, una hierba nativa. Se observó que la condición física de la planta afectaba su palatabilidad, mientras que el contenido de PC no parecía tener ningún efecto. El consumo de MS digerible fue

Digitized by Google

mayor en una mezcla de centro y *Brachiaria lata* que en *P. phaseoloides* puro o en una mezcla de *P. phaseoloides* y *B. lata* (Asiedu et al., 1978).

Aunque centro era el forraje con mayor contenido de PC (23%) en las pasturas establecidas bajo cultivos arbóreos en Ghana, la gramínea *B. lata* (PC 11%) y las hierbas *A. gangetica* y *Euphorbia heterophylla* eran aparentemente más palatables. Muchas otras plantas que no fueron seleccionadas tenían mayores niveles de proteína cruda que *B. lata* (Wilson y Lansbury, 1958). Cuando se suministró ensilaje de centro a carneros Nungua de cabeza negra (2 años de edad), el consumo de MS y de energía digerible se correlacionaron altamente con la solubilidad de MS, la PC, la fibra cruda (FC) y el pH (Abbey, 1976).

En Zambia, centro y *D. intortum* fueron consumidas en mayor porcentaje que *M. atropurpureum* y que *S. guianensis* (84% y 80%, respectivamente) (van Rensburg, 1967).

Se ha observado que centro es más palatable a finales del período de cultivo en Tanzania (Kapinga, 1986) y en la época seca en Uganda (Stobbs 1966; Stobbs y Joblin, 1966).

Valor nutritivo

Se ha hallado que centro es un forraje de alta calidad, tanto en estudios in vitro como in vivo realizados con centro sola y mezclada con gramíneas. En los ensayos in vivo se han usado principalmente ovinos y caprinos, incluyendo cabras enanas de Africa occidental.

El análisis del valor nutritivo de centro ha sido hecho con frecuencia; por ejemplo, en Nigeria por FMEST (1984), Miller y Blair-Rains (1963) y Oyenuga (1957). Durante 2 años se analizaron mezclas de centro y *C. plectostachyus* tomadas de un experimento de pastoreo (Okorie et al., 1965), y se determinó la digestibilidad de la materia orgánica in vivo e in vitro a diversas edades usando ovinos y caprinos. Los valores de la digestibilidad no difirieron entre las dos especies animales, y los resultados in vivo e in vitro fueron similares (51.7% y 52.3%, respectivamente) para el forraje de 6 semanas. El forraje de más edad (12 semanas) fue calificado como deficiente por el método in vitro (34.9%),

Digitized by Google

comparándolo con el método in vivo (43.4%). El contenido de energía metabolizable aumentó con la edad del forraje (Mba et al., 1974).

Se determinaron las concentraciones de ácidos acético, propiónico y butírico producidos en los rúmenes de cabras enanas de Africa occidental que recibieron dietas de las mezclas de centro y *C. plectostachyus* y de centro y *P. purpureum*, con torta de maní como suplemento, o sin ella. Los animales presentaron una mayor relación de ácido propiónico-acético cuando se alimentaron con el concentrado. Se recomendó la relación más alta para mejorar la producción de leche y carne (Mba y Olatunji, 1972).

En Nigeria se hicieron otros estudios sobre el valor nutritivo de centro. En uno de ellos se examinó el consumo, la digestibilidad y el metabolismo de N del heno de *C. nlemfuensis* con centro más suplementos concentrados, en ovejas enanas de Africa occidental (Adegbola, 1974). También se investigó el uso energético de dichas mezclas (Olatunji et al., 1976). En mezclas de gramíneas y leguminosas que contenían *C. nlemfuensis* var. *robusta*, *P. purpureum*, *P. maximum*, centro y *S. guianensis*, se analizaron, en una prueba de pastoreo, el valor nutritivo, el consumo y la digestibilidad (Oyenuga y Olubajo, 1975a y 1975b). Se estudiaron mezclas de *C. nlemfuensis* var. *robusta* y centro para determinar la proporción de ambas especies en las parcelas, su contenido de fibra cruda y su frondosidad. Se halló que los resultados variaban con el ambiente y con la edad de las plantas (Aboaba y Govinden, 1975). Se usaron mezclas de *C. plectostachyus* y *D. decumbens* con centro y con *S. guianensis* para evaluar el valor del método del ácido crómico para determinar la digestibilidad (Olubajo y Oyenuga, 1970).

El valor nutritivo de centro se estudió también en Ghana (Asare, 1975; Asiedu y Karikari, 1985; Skerman, 1977; Wilson y Lansbury, 1958) y en Burkina Fasso (Sikora, s.f.). Se han obtenido valores nutritivos de mezclas compuestas por centro y las gramíneas *D. decumbens* y *C. plectostachyus* (Antwi, 1976a). Se ha informado del efecto de la edad de la planta (hojas y tallos de 60 a 120 días de edad) en el valor nutritivo (Asiedu, 1980): el contenido de FC y el extracto libre de nitrógeno aumentaron con la edad, en tanto que la PC, el extracto etéreo, la ceniza, el Ca y el P disminuyeron. Los resultados se compararon con los de otras leguminosas. El contenido de PC de centro, de 40 y 60 días de

Digitized by Google

edad, fue similar al de la alfalfa (Amadu, 1971). Cuando el ensilaje de centro se suministró a carneros Nungua de cabeza negra (2 años de edad), los estudios in vitro no se relacionaron mucho con los parámetros de consumo voluntario. Entre los forrajes estudiados, el ensilaje de centro tenía mayor MS, mayor PC y mejor digestibilidad que el de maíz o sorgo (Abbey, 1976).

La digestibilidad in vitro del forraje de centro de 6 a 16 semanas de edad fue estudiada por Reid et al. (1973), y el contenido de ácido oxálico de *Centrosema* por Ndyanabo (1974). El contenido de este ácido es más alto en centro que en la mayoría de las gramíneas y es similar al de *S. guianensis*; no obstante, como ocurre en *S. guianensis*, centro tiene una fracción soluble en agua mucho menor que la de las gramíneas.

Se han realizado estudios de oxicarotenoides en gallinas ponedoras alimentadas con dietas de maíz entero mezclado con 5% de centro, yuca o guachumil (*Pithecellobium dulce*), aditivos que se secan en horno o al sol. Centro obtuvo los puntajes para yema de huevo más altos de todos los aditivos; para el forraje secado en horno, ese puntaje fue tan alto como el del maíz. Los puntajes de los materiales secados en el horno fueron mayores que los de los materiales secados al sol (CSIR, 1973).

Capacidad de carga y productividad en peso vivo

Se han hecho ensayos de pastoreo con ovejas, novillos y vacas en praderas puras de centro y en mezclas de gramíneas con la leguminosa. Cuando se introdujo centro en praderas de gramíneas, la ganancia de peso vivo aumentó hasta 464 kg/ha al año; se registraron incrementos diarios hasta de 10 kg/ha en la época húmeda y de sólo 6.4 kg/ha en la época seca.

Se determinó la capacidad de carga para ovinos en pasturas puras de centro y en mezclas de centro con gramíneas y de centro con hierbas nativas establecidas bajo cultivos arbóreos en Ghana. Se ha observado que las pasturas de *Pueraria phaseoloides* son más productivas (Asiedu y Karikari, 1985; Asiedu et al., 1978; Wilson y Lansbury, 1958).

Digitized by Google

Se han obtenido aumentos de peso vivo de 347 kg/ha en el primer año y de 302 kg/ha en el segundo año, en una prueba con repeticiones, empleando ganado bovino N'Dama que pastoreó mezclas de centro y *C. plectostachyus* en Ibadán, Nigeria (Okorie et al., 1965). En el norte de Nigeria, las ganancias diarias de los novillos N'Dama que pastaban *C. plectostachyus*, *P. maximum* y *P. purpureum*, y sus mezclas con centro, durante la época lluviosa (abril-junio) fueron del orden de 2.2 a 3.4 kg/ha. El rango de producción diaria en la época seca estuvo entre 0.6 y 0.8 kg/ha de peso vivo (Miller y Blair-Rains, 1963).

La producción de leche de vacas White Fulani en Ibadán, medida en mezclas de gramíneas y centro (Olaloku, 1972) indicó que los nutrimentos suministrados en las mezclas eran suficiente. para los animales.

En Ghana, en un ensayo de pastoreo de 2 años, con repeticiones, en el que 3.1 novillos/ha, de raza West African Shorthorn, pastorearon a *D. decumbens* y a *C. plectostachyus* en pasturas puras y asociadas con centro, se registraron mayores rendimientos de carne de res en las pasturas asociadas que en las puras. La ganancia media mensual de peso vivo obtenida en las pasturas puras de las dos gramíneas antes mencionadas, durante 9 meses, fue de 6.12 y 5.44 kg/ha, respectivamente, y de 9.61 y 7.58 kg/ha en las mezclas respectivas con centro (Antwi, 1977).

En Madagascar (Razakabaona, citado por Rasambainarivo et al., 1985) se midieron las ganancias de peso vivo en un ensayo de pastoreo en el que se introducían y retiraban animales en función de la oferta de forraje, en una pastura compuesta de *C. gayana*, *M. minutiflora*, centro, *N. wightii* y *S. guianensis*. Se usaron cuatro cargas animales y se obtuvieron aumentos de peso de 286 kg/ha.

En Uganda se midieron las ganancias de peso vivo de una mezcla de *P. maximum*, *C. gayana* y centro; los cruces de Boran con Cebú de Africa oriental produjeron 629 kg/ha durante 429 días (Stobbs y Whitting, 1970). Centro aumentó la producción de una pastura de *H. rufa* entre 11% y 26%, y la ganancia anual de peso de los animales fue de 464 kg/ha. Se calculó que centro había proporcionado un 28% del aumento de peso en la época seca, y un 15% de dicho aumento en la húmeda; su contribución fue de 10 y 6.4 kg/mes, en las épocas respectivas (Stobbs y Joblin, 1966).

Digitized by Google

Otras Especies y Genotipos de *Centrosema*

Puesto que varias especies promisorias de *Centrosema* han estado disponibles para los investigadores sólo en años recientes, hay muy poca información sobre la adaptación, productividad y persistencia de ellas. *Centrosema pascuorum*, *C. macrocarpum*, *C. brasilianum*, *C. schottii*, *C. virginianum*, *C. plumieri* y algunos genotipos nuevos de *C. pubescens* se han considerado promisorios en las pruebas iniciales efectuadas en diversos ambientes en Africa al sur del Sahara (Cuadro 1). *Centrosema pascuorum* parece ser especialmente apta para la asociación con cultivos en los sistemas de finca pequeña de las áreas subhúmedas.

En 1978 se sembraron diversas especies de *Centrosema* provenientes de Colombia en Burkina Fasso, y todas demostraron buen crecimiento inicial. *Centrosema virginianum* murió después del primer año de cultivo, mientras que *C. brasilianum* fue promovida a una prueba de rendimiento con riego en 1980 y se analizó el valor nutritivo de su forraje. Se comportó mal en el ensayo, comparada con otras leguminosas. En Souroa Valley, algunos híbridos de *Centrosema*, CIAT 442 y CIAT 438, se consideraron promisorios bajo riego; más tarde se sembraron en un ensayo de rendimiento en el cual, sin embargo, se comportaron mal (Sikora, s.f.).

En Mali, una gama de especies de *Centrosema* es sometida actualmente a evaluación inicial por los científicos del International Livestock Centre for Africa (ILCA), en una zona subhúmeda. Hay allí líneas de *C. brasilianum*, *C. pascuorum* y *C. pubescens*. No hay todavía resultados disponibles (H. Hulet, comunicación personal). Una colección de especies de *Centrosema* de CSIRO y del National Research Council, Washington, había sido probada antes por el ILCA en la zona árida de Niono (400 a 600 mm de precipitación); integran la colección *C. brasilianum* (2 líneas), *C. schottii* (2 líneas), *C. pascuorum* (3 líneas), *C. pubescens* (3 líneas) y *C. virginianum* (1 línea). Ninguna dio resultados notorios en las condiciones propias de esos ensayos.

El Programa para las Zonas Subhúmedas del ILCA, cuya base está en Kaduna, Nigeria (1100 mm de precipitación), ha probado líneas de *C. pubescens*, *C. macrocarpum*, *C. brasilianum*, *C. pascuorum*, *C. arenarium*, *C. schottii* y *C. plumieri*, originarias de CIAT, ILCA, CSIRO y del Institute for Agricultural Research de

Digitized by Google

Shika, Nigeria. Se han establecido ensayos de evaluación inicial y de parcelas puras con repeticiones. Las líneas más promisorias son *C. pubescens* ILCA 9051 (CIAT 5189) para las áreas más húmedas, y *C. pascuorum* ILCA 9 e ILCA 9858 (CPI 55697 y el cruce 12/4 de CSIRO, respectivamente) para las áreas subhúmedas. *Centrosema brasilianum* (CIAT 5234, CPI 55696) es también promisoria. *Centrosema macrocarpum* no produce semilla en ninguno de los dos sitios de ensayo (Kaduna y Kurmin Biri), pero es productiva y permanece verde durante la época seca (M. A. M. Saleem, comunicación personal). *Centrosema pascuorum* también se ha comportado bien en seis sitios del norte de Nigeria, donde el rango de precipitación va de 650 a 1500 mm, dentro de pruebas de siembra en bandas realizadas en muchas localidades (S. Tarawali, comunicación personal). Cuando *C. pascuorum*, entre otras leguminosas forrajeras, se sembró con sorgo, tuvo el buen crecimiento de la mayoría de las otras leguminosas ensayadas (1200 kg/ha de MS), a excepción de *M. lathyroides* que creció mejor. No se redújo el rendimiento del sorgo (Saleem 1985).

En Costa de Marfil, *C. plumieri* (accesión no. 39) creció muy poco y produjo poca semilla (30 kg/ha) (CRZM, 1981).

En Liberia se probaron 11 leguminosas del CIAT, entre las que se hallaban cinco líneas de *Centrosema*, en un suelo francoarenoso fino fertilizado con 143 kg/ha de P y bajo una precipitación de 2150 mm. Los rendimientos de materia seca de cosechas de 8 semanas hechas en la primera época húmeda indicaron que *S. guianensis* CIAT 136 fue, por un margen considerable, la leguminosa más productiva (22 t/ha). Las líneas de *Centrosema* (*C. pubescens* CIAT 5189, *C. acutifolium* CIAT 5112 y *C. macrocarpum* CIAT 5062 y 5065) produjeron rendimientos relativamente bajos (7.6 a 8.9 t/ha) y similares a los de otros géneros de leguminosas ensayados. *Centrosema brasilianum* fue atacada gravemente por el añublo foliar de *Rhizoctonia* (Smith, s.f.). *Centrosema acutifolium*, *C. pubescens* y *C. macrocarpum* (CIAT 5112, CIAT 5189 y CIAT 5065, respectivamente) han sido consideradas promisorias para rotación de cultivos, como cobertura viva, y para pasturas en asociación con gramíneas mejoradas (E. G. Smith, comunicación personal).

El Mixed Farming Project de Gambia adquirió germoplasma de *Centrosema* del CIAT y del ILCA (*C. macrocarpum*, *C. brasilianum* y *C. pubescens*) y lo probó en jardines de

Digitized by Google

introducción y en ensayos repetidos de parcelas puras, dos veces en tres localidades. Las líneas ensayadas no fueron suficientemente resistentes a la sequía ni dieron semilla con suficiente precocidad para poder persistir en las condiciones de Gambia (S. L. Russo, comunicación personal).

En Senegal se informó que el género *Centrosema* en general, y *C. brasilianum* en especial, son promisorios. La evaluación general comenzó en 1982 en Sangalkam (300 a 500 mm de precipitación) con las líneas adquiridas de CSIRO. La mayoría de las líneas mostró resistencia a la sequía, a pesar de que la precipitación era considerablemente inferior a la requerida normalmente para la persistencia de esas plantas (Roberge y Diop, 1983; Valenza et al., 1982).

En Zaire, *C. plumieri*, *C. pubescens* y *C. arenarium* fueron introducidas por el Institut National pour l'Etude et la Recherche Agronomique (INERA). Se consideraron promisorias para los sistemas de producción en las regiones tropicales húmedas, por ejemplo, la zona de vegetación de Yangambi, en Haut–Zaïre, donde *C. plumieri* y *C. pubescens* se han naturalizado y donde se ha hecho la mayor parte de la investigación. Tres líneas de *C. pascuorum* y una de *C. pubescens* se están ensayando actualmente en diversos ambientes (J. Gobbe, comunicación personal).

En Etiopía, el Grupo de Agronomía de Forrajes (Forage Agronomy Group, FLAG) del ILCA ha probado varias especies y líneas de *Centrosema* en la zona media del Rift Valley (precipitación 700 a 900 mm, altitud 1500 a 1900 m, y principalmente suelos básicos derivados de depósitos de tufo). Las especies de *Centrosema* no han sido, en general, promisorias. No obstante, en el sitio de multiplicación de semilla de FLAG, donde hay riego, *C. pubescens*, *C. macrocarpum* y algunas líneas de *C. virginianum* se comportaron bien en comparación con *C. plumieri* y *C. schottii*. *Centrosema pubescens* se ensayó bajo los cafetales en Nitosoles ácidos en la región de Sodo, Wolaita (1800 m, 1100 mm de precipitación), pero fracasó. Ninguna de las especies probadas en esa región en parcelas de introducción o de multiplicación de semilla (*C. pubescens*, *C. virginianum* y *C. brasilianum*) se comportó bien.

Un ensayo con repeticiones realizado por el ILCA en varias localidades contenía, entre otras leguminosas, una línea de cada

Digitized by Google

una de las siguientes especies: *C. pubescens*, *C. pascuorum*, *C. virginianum* y *C. brasilianum*. Las líneas se sembraron en un rango de altitud que iba de 750 a 1950 m, en suelos cuyo pH variaba de 6 a 8.5, con agua disponible (precipitación y riego —o uno de los dos) de 187 a 1322 mm, y con una temperatura anual promedio de 17.4 a 26.3 °C. *Centrosema pubescens* y *C. pascuorum* crecieron tan bien como cualquiera de las otras leguminosas perennes en el primer año; no obstante, las leguminosas anuales *Lablab purpureus* y *Vigna unguiculata* produjeron mayor cantidad de forraje (A. Russell-Smith, comunicación personal).

El Southern Rangelands Programme del ILCA, ubicado en el sur de Etiopía donde hay una precipitación total de 600 mm distribuidas en forma bimodal, ha ensayado varias especies de *Centrosema*, pero sólo *C. schottii* y *C. pascuorum* dieron muestras de ser promisorias después del primer año.

El Proyecto 8326 del Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), desarrollado en Kenia, ha evaluado varias especies de *Centrosema* en jardines de introducción y en pruebas de rendimiento en parcelas puras con repeticiones en Katumani (altitud 1600 m, precipitación 700 mm) y en Kiboko (altitud 1000 m, precipitación 550 mm). Los resultados preliminares indican que *C. pubescens* (CPI 63895) y *C. virginianum* (CQ 2748 y CPI 91142) son promisorias en Katumani, donde manifiestan persistencia, excelente crecimiento en la estación invernal fría y seca, y buena producción de semilla. Se cree que *C. plumieri*, *C. schottii* y posiblemente *C. virginianum* serían útiles para áreas más húmedas. Los sitios de investigación, por consiguiente, se han extendido a Kitui (altitud 1160 m y 1080 mm de precipitación bimodal) (W. M. Beattie, comunicación personal).

En Tanzania se introdujeron nueve líneas de siete especies de *Centrosema*, junto con otros materiales de leguminosas, en la zona más baja de café y banano de la región de Kilimanjaro-Arusha (800 a 1200 m de altitud, 800 a 1600 mm precipitación). *Centrosema brasilianum* se comportó mal; las líneas de *C. pascuorum*, de *C. schiedeanum*, de *C. schottii* y de *C. macrocarpum* tuvieron un éxito moderado; centro y *C. plumieri* se encontraron entre las leguminosas más vigorosas. Todas las líneas sufrieron, hasta cierto punto, por plagas y enfermedades.

Digitized by Google

Ninguna se consideró suficientemente promisoria para que se justificara continuar su desarrollo (Laurent, 1986).

En Madagascar, *C. plumieri* se probó en 1962 y se halló que no se adaptaba bien (J. H. Rasambainarivo, comunicación personal).

En Zimbabwe, en la Grasslands Research Station, en Marondera (altitud 1640 m, 900 mm de precipitación, suelos arenosos), el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 y *C. virginianum* CPI 39060 se comportaron bien al principio. Sin embargo, el híbrido no produjo semilla y *C. virginianum* no persistió bajo pastoreo. En la Henderson Research Station (altitud 1200 m, 880 mm de precipitación, suelos limosos encostrados) el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 y una línea de *C. virginianum* fueron inicialmente promisorios. Las líneas de *Centrosema schottii* y de *C. pascuorum* se comportaron mal en ambos sitios. Aunque las accesiones de *Centrosema* que se ensayaron no parecían ser suficientemente vigorosas ni persistentes para poder sembrarlas en pasturas, están recibiendo más atención ahora por el mayor énfasis que se ha dado a la investigación en fincas pequeñas.

En la región de Transvaal, en Africa del Sur, *C. pascuorum* CPI 55697 y *C. virginianum* CPI 40057 se introdujeron en 1983 y se establecieron en los viveros de la Burgershall Research Station (altitud 720 m, 970 de mm precipitación, 40% de arcilla en el suelo). *Centrosema pascuorum* creció bien, dio buen rendimiento de semilla y se asoció bien con el sorgo cuando se sembraron ambos cultivos en surcos alternos. *Centrosema pascuorum* cv. Cavalcade fue muy exitosa en Towoomba Research Station (1130 m de altitud, 630 mm de precipitación, 25° 54' S y 28° 20' E, en suelo arcilloso). La semilla del cv. Cavalcade se multiplicará para una prueba de producción animal. *Centrosema virginianum* CPI 40057 no fue promisoria en Burgershall, pero creció bien en Nelspruit en 1985 (altitud 677 m, 803 mm de precipitación, 25° 27' S, 30° 58' E, en suelo arenoso). Otra línea de *C. virginianum* (CPI 78360) también fue promisoria. *Centrosema virginianum* se probará respecto a su tolerancia a la sombra con miras a usarla como cultivo de nivel inferior en huertas de frutales subtropicales (A. J. Kruger, comunicación personal).

Digitized by Google

Recomendaciones para la Investigación

El notable aumento, en años recientes, del número de especies y accesiones de *Centrosema* que están disponibles, y el considerable potencial que algunas de ellas han manifestado, sugieren la conveniencia de iniciar un programa de evaluación para probar la adaptación y el comportamiento de algunos genotipos representativos del género en Africa al sur del Sahara. Se debe dar mucha atención a los ensayos de especies que han sido persistentes y productivas en las pruebas hechas por el CIAT en suelos ácidos, en altitudes medias y bajas; por ejemplo, *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. macrocarpum*, en ambientes homólogos de Africa al este y oeste del continente.

De las especies recientemente disponibles, *C. pascuorum* ha sido la que más ampliamente se ha probado en Africa. La mayoría de los investigadores la han hallado relativamente exitosa como especie asociada que no compite fuertemente con los cultivos, y que además, por su potencial para fijar nitrógeno, puede ser muy útil en los sistemas de finca pequeña.

La diversidad genética disponible en *C. virginianum* debe ser también ampliamente probada. El germoplasma proveniente de ambientes más fríos de las zonas tropicales y subtropicales del Nuevo Mundo puede ser exitoso a menores latitudes, o a mayores altitudes, en Africa.

El ILCA debe obtener, del CIAT y de la CSIRO, germoplasma representativo de la diversidad contenida en estas especies. El ILCA sería entonces responsable de la multiplicación y distribución de la semilla a los investigadores en Africa, ya sea entre individuos o a través de redes de investigación de especies forrajeras tales como PANESA (The Pasture Network for Eastern and Southern Africa), las redes nacionales de especies forrajeras de Etiopía, Kenia y Tanzania, la Southern African Grassland Society of Zimbabwe, y otras nuevas que aparezcan.

Se debe incentivar a los investigadores para que ensayen este germoplasma, de tal modo que las pruebas sean relevantes para los sistemas de producción locales, como sembrarlo bajo cultivos anuales y perennes, en asociación con otros, y como cultivo temporal de barbecho. Se debe prestar atención para evitar que se dé más énfasis del que merece la investigación sobre pasturas permanentes.

Digitized by Google

Conclusiones

A pesar de que se hizo, en la década de los 60, una considerable cantidad de investigación sobre centro en todo el continente, se le da aún poca importancia en Africa al sur del Sahara. Esto se debe, en su mayor parte, a que las organizaciones de investigación y extensión, y la infraestructura necesaria para desarrollar industrias a base de ganado, están aún en desarrollo; no se debe, realmente, a que centro carezca de potencial.

Algunas especies de *Centrosema*, cuya evaluación se inició recientemente, parecen promisorias para los pequeños agricultores en una diversidad de ambientes de poca altitud. Sin embargo, sus rendimientos no son altos y sus ventajas, comparadas con especies de otros géneros, no son notorias. Por tanto, las ventajas de cultivar especies de *Centrosema* no son muy evidentes para los agricultores. Las limitaciones básicas de la agroindustria continuarán impidiendo el uso extenso de genotipos adaptados ya sea de *Centrosema* o de otros forrajes.

Reconocimientos

Los autores quedan agradecidos a las numerosas personas que atendieron sus consultas acerca de la investigación sobre *Centrosema* en Africa al sur del Sahara.

Referencias

Abbey, S. N. S. 1976. Nutritive evaluation of silage made from maize sorghum/Guinea grass and legume (*Centrosema pubescens*). Tesis (B.Sc.). University of Ghana, Legon, Ghana. 62 p.

Aboaba, F. O. y Govinden, J. R. N. 1975. Studies on some physical characteristics of a grass-legume mixture. J. West Afr. Sci. Assoc. 20(2):159-172.

Adegbola, A. A. 1964. Pasture research and development in Nigeria. Nigerian Agric. J. 1(1):34-39.

_____ y Onayinka, B. O. 1966. The production and management of grass legume mixtures at Agege. Nigerian Agric. J. 3(2):84-91.

Digitized by Google

Adegbola, T. A. 1974. Digestion and utilization of protein in the West African dwarf sheep. Tesis (Ph.D.). University of Ibadan, Ibadán, Nigeria. 282 p.

Agboola, S. D. 1970. Micro-biological aspects of the contribution of nitrogen to the soil by pasture legumes: Preliminary observations at Moore Plantation, Ibadan. West Afr. J. Biol. Appl. Chem. 13(2): 26-30.

Agishi, E. C. 1971. Use of legumes for livestock production in Nigeria. Samaru Agric. Newsl. 13(5):115-119.

_____ . 1980. Forage species introduction at Shika, Nigeria (1935-1977). En: Annual report of research in animal production, June 1978-December 1979. National Animal Production Research Institute (NAPRI), Zaria, Nigeria. p. 75-76.

Ahlgren, G. H.; Adegbola, A. A; Eweje, J. K.; y Salami, A. 1959. The development of grasslands in the western region of Nigeria. En: MANR (Ministry of Agriculture and Natural Resources). Project final report 61-13-050. Nigeria. 133 p.

Akinola, J. O. 1975. A preliminary assessment of forage legumes grown under irrigation for out-of-season dry matter and crude protein production. Samaru Agric. Newsl. 17(2):62-64.

_____ . 1981. Growth of signal grass (*Brachiaria decumbens*) alone and with legumes in northern Nigeria. Trop. Grassl. 15(3):130-134.

_____ y Onifade, S. O. 1981. Evaluation of grass/legume and N-fertilized grass swards. En: NAPRI (National Animal Production Research Institute). Annual report of research in animal production, 1980. Zaria, Nigeria. p. 41.

Amadu, D. A. 1971. The productivity of five grasses and two legumes under fertilization and irrigation. Department of Animal Science, University of Ghana, Legon, Ghana. 30 p.

Antwi, M. K. 1976a. Assessment of beef production from selected grasses and legumes. En: CSIR (Council for Scientific and Industrial Research). Annual report of the Animal Research Institute, 1975-76. Achimota, Ghana. p. 36-37.

_____ . 1976b. The performance of West African Shorthorn heifers on fertilised pasture. En: CSIR (Council for Scientific and Industrial Research). Annual report of the Animal Research Institute, 1975-76. Achimota, Ghana. p. 38-39.

Digitized by Google

_____ . 1977. A study of beef cattle production from *Digitaria decumbens* and *Cynodon nlemfuensis* var. *robustus* with and without *Centrosema pubescens*. Ghana J. Agric. Sci. 10(2):99-102.

Asare, E. O. 1975. Notes on the palatability of some tropical grasses and legumes at two stages of maturity. Ghana J. Agric. Sci. 8(3): 243-247.

_____ . 1976?. Dry matter yield, chemical composition and nutritive value of buffel grass grown alone and in mixture with other tropical grasses and legumes. En: Iglovikov, V. G. y Movsisyants, A. P. (eds.). Proceedings of the XII International Grassland Congress, Moscú, Rusia, 1974. Sectional papers: Grassland utilization. 3 vols. Vol. 3, parte 1, p. 53-64.

Asiedu, F. H. K. y Karikari, S. K. 1985. Energy and protein content and intake by stall-fed lambs of pure and mixed swards of *Centrosema pubescens* Benth., *Pueraria phaseoloides* Benth. and *Brachiaria mutica* Stapf. under a mango plantation. J. Agric. Sci. 104(1): 47-59.

_____ ; Oppong, E. N. W.; y Opoku, A. A. 1978. Utilization by sheep of herbage under tree crops in Ghana. Trop. Anim. Health Prod. 10(1):1-10.

Asiedu, J. A. 1980. Effect of stage of maturity on yield and quality of some forage legumes. Informe (B.S.). University of Ghana, Legon, Ghana. 93 p.

Astere, G. 1985. Pasture research in Burundi. En: Kategile, J. A. (ed.). Pasture improvement research in eastern and southern Africa: Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, 1984. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 92-101.

Behaeghe, T. y Blouard, R. 1962. Amélioration des semences et selection des plantes prairiales au Congo, au Rwanda et au Burundi. INEAC (Inst. Natl. Étud. Agron. Congo) Bull. Inf. 11(4-6):307-338.

Blair-Rains, A. 1963. Grassland research in northern Nigeria 1952/62. Miscellaneous paper no. 1. Samaru Institute for Agricultural Research (SIAR), Ahmadu Bello University, Zaria, Nigeria. 70 p.

Blouard, R. y Behaeghe, T. 1961. Établissement et exploitation des pâturages en région forestière tropicale. Premiers principes. INEAC (Inst. Natl. Étud. Agron. Congo) Bull. Inf. 10(2):109-124.

Digitized by Google

Bogdan, A. V. 1977. Tropical pasture and fodder plants. Longman Group, Londres, Inglaterra. p. 330-335.

Boudet, G. 1975. Manuel sur les pâturages tropicaux et les cultures fourragères. 2a ed. Institut d'Élevage et de Médicine Vétérinaire des Pays Tropicaux (IEMVT), París, Francia. 254 p.

Buxant, A. y Kouame, A. 1985. Projet *Stylosanthes*. En: Rapport annuel 1985. Ministère de la Production Animale, Bouaké, Costa de Marfil. 34 p.(Mecanografiado.)

Cadot, R. 1971. Études des recherches sur la production fourragère en moyenne Côte d'Ivoire. En: Salette, J. E. y Chenost, M. (eds.). Colloque sur l'intensification de la production fourragère en milieu tropical humide et son utilisation par les ruminants (mai 1971). Institut National de Recherche Agronomique (INRA), París, Francia. p. 21-24.

CSIR (Council for Scientific and Industrial Research). 1973. Annual report of the Animal Research Institute, 1972-73. Achimota, Ghana. p. 70.

_____ . 1974. Fourth annual report, 1971-72. Accra, Ghana. 183 p.

_____ . 1977. Fifth annual report, 1972-73. Accra, Ghana. 187 p.

CRZM (Centre de Recherches Zootechniques de Minankro). 1981. Étude et developpement des pâturages: Rapport annuel succinct 1980; programme 01. No. 2 DE. Bouaké, Costa de Marfil. p. 17-36.

Dennis, E. A. 1977. Nodulation and nitrogen fixation in legumes in Ghana. En: Ayanaba, A. y Dart, P. J. (eds.). Biological nitrogen fixation in farming systems in the tropics. Wiley, Nueva York, NY, E.U. p. 217-232.

Diatta, M. A. (ed.). s.f. Forage legumes in Casamance, Senegal. (Mecanografiado.)

Dzowela, B. H. 1985. Highlights of pasture research in Malawi, 1975-84. En: Kategile, J. A. (ed.). Pasture improvement research in eastern and southern Africa: Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, 1984. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 59-77.

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 1975. Pasture and forage crops research programme. Project no. Eth/74/002/A. 01/12. Roma, Italia. 85 p.

Digitized by Google

Fayemi, A. A; Odu, C. I. T.; and Fagbami, A. 1970. Nutrient requirements of tropical pasture legumes, 1: Influence of soil type and nitrogen levels on the growth, nodulation and nitrogen fixation of *Centrosema pubescens* Benth. and *Stylosanthes gracilis* L. Nigerian J. Sci. 4(1):69-75.

FMEST (Federal Ministry of Education, Science, and Technology). 1984. Highlights of research achievement in animal feeds: Science and technology briefing. Lagos, Nigeria. 27 p.

Grandemer, G.; Gweye, E.; Boyce, C. M.; y Ly, C. 1981. Amélioration du milieu et diversification de cultures au CRZ de Kolda. En: ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles), Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires. Rapport annuel 1980. Dakar, Senegal. p. 80-84.

Hodges, E. M. 1983. Pasture handbook for Malawi. Malawi-Canada Project. Ministry of Agriculture, Blantyre, Malawi. 97 p.

Ibrahim, K. M. y Orodho, A. 1983. Test adaptation and evaluation trials of forage plants in major ecological regions of Ethiopia and Kenya. En: Smith, J. A. and Hays, V. M. (eds.). Proceedings of the XIV International Grassland Congress, Lexington, Kentucky, junio 1981. Westview Press, Boulder, CO, E.U. p. 240-243.

IEMVT (Institut d'Élevage et de Médicine Vétérinaire des Pays Tropicaux), Laboratoire de Recherches Vétérinaires et Zootechniques de Farcha. 1979. Rapport d'activité 1979. N'Djamena, Chad. p. 97.

Kapinga, P. X. 1986. Range development project for western Tanzania. PANESA (Pasture Net. East. South. Afr.) Newsl. 3:22-24.

Lal, R.; Wilson, G. F.; y Okigbo, B. N. 1978. No-till farming after various grasses and leguminous cover crops in tropical Alfisol; 1: Crop performance. Field Crops Res. 1:71-84.

Larbi, A. 1979. Effect of seed treatment on germination and depth of sowing on seedling emergence on tropical black earth (Akuse soils). Tesis (B.Sc.). University of Ghana, Legon, Ghana. 57 p.

Laurent, C. 1986. Support to dairy development for small holders in Kilimanjaro and Arusha regions; Tanzania: End of assignment report. FAO-URT 81/016. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Moshi, Tanzania. 31 p. (Mecanografiado.)

Digitized by Google

Lazier, J. R. 1984. Global ventures in *Stylosanthes*; IV: West Africa. En: Stace, H. M. y Edye, L. A. (eds.). The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, North Ryde, N.S.W., Australia. p. 503-527.

LNERV (Laboratoire National de l'Élevage et de Recherches Vétérinaires). 1980. Rapport sur le fonctionnement pour l'année 1980. Dakar, Senegal. 68 p.

_____. 1981. Rapport sur le fonctionnement pour l'année 1981. Dakar, Senegal. 131 p.

Lwoga, A. B.; Lugenja, M. M. S.; y Kajuni, A. R. 1985. Pasture research in Tanzania. En: Kategile, J. A. (ed.). Pasture improvement research in eastern and southern Africa: Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, 1984. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 210-221.

Materu, M. B. 1979. The effects of fertilizer application on the yield of pasture in Morogoro; summary. En: University of Dar es Salaam, Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science. Annual record of research 1979. Morogoro, Tanzania. Vol. 1, abstract 110, p. 61.

Mba, A. U.; Oke, S. A.; y Oyenuga, V. A. 1974. Studies in the in-vitro and in-vivo organic-matter digestibility and metabolizable-energy utilization in the ruminants. West Afr. J. Biol. Appl. Chem. 17(2):31-40.

_____ y Olatunji, O. 1972. Influence of diets on the ruminal VFA production in West Africa dwarf goat. Nigerian J. Sci. 5(2):207-216.

McIlroy, R. J. 1962. Grassland improvement and utilization in Nigeria. Outlook Agric. 4:174-179.

Messager, J. L. y Samson, C. 1982. Amélioration du potentiel fourrager—étude des plantes fourragères. En: Rapport annual succinct 1981. No. 01 DE. Centre de Recherches Zootechniques de Minanko (CRZM), Bouaké, Costa de Marfil. p. 26-33.

Miller, T. B. y Blair-Rains, A. 1963. The nutritive value and agronomic aspects of some fodders in northern Nigeria. J. Br. Grassl. Soc. 18:158-167.

Moore, A. W. 1960. Symbiotic nitrogen fixation in the grazed tropical grass-legume pasture. Nature (Londres) 185:638.

Digitized by Google

_____ . 1962. The influence of a legume on soil fertility under a grazed tropical pasture. Emp. J. Exp. Agric. 30(119):239-248.

Mulongoy, K. y Kang, B. T. 1986. The role and potential of forage legumes in alley cropping, live mulch and rotation systems in humid and subhumid tropical Africa. En: Haque, I.; Jutzi, S.; y Neate, P. J. H. (eds.). Potentials of forage legumes in farming systems of sub-Saharan Africa: Proceedings of a workshop held in Addis Ababa, Ethiopia, 1985. International Institute of Tropical Agriculture (IITA), Ibadán, Nigeria. p. 212-231.

Ndyanabo, U. K. 1974. Oxalate content of some commonly grazed pasture forages of Lango and Acholi districts of Uganda. East Afr. Agric. For. J. 39(3):210-214.

Odu, C. I. T.; Fayemi, A. A.; y Ogunwale, J. A. 1971. Effect of pH on the growth, nodulation and nitrogen fixation of *Centrosema pubescens* and *Stylosanthes gracilis*. J. Sci. Food Agric. 22:57-59.

Okorie, I. I. s.f. A comparison of the productivity and nutritive value of three mixtures of tropical grasses and legumes rotationally grazed by N'Dama cattle. 12 p. (Mecanografiado.)

_____ ; Hill, D. H.; y McIlroy, R. J. 1965. The productivity and nutritive value of tropical grass/legume pastures, rotationally grazed by N'Dama cattle at Ibadan, Nigeria. J. Agric. Sci. 64(2):235-245.

Olaloku, E. A. 1972. The effect of feed level, nutrient intake and stage of lactation on the milk of white Fulani cows in Ibadan. Tesis (Ph.D.). University of Ibadan, Ibadán, Nigeria. 400 p.

Olatunji, O.; Mba, A. U.; y Olubajo, F. O. 1976. Dietary effects on the utilization of energy by West African dwarf sheep. J. Assoc. Adv. Agric. Sci. Afr. 3(2):57-62.

Olubajo, F. O. 1969. Assessment of the productivity, digestibility and nutritive value of tropical pastures at Ibadan. Tesis (Ph.D.). University of Ibadan, Ibadán, Nigeria. 244 p.

_____ y Oyenuga, V. A. 1970. Digestibility of tropical pasture mixtures using the indicator technique. J. Agric. Sci. 75(1):175-181.

Onayinka, E. O. A. 1973. The evaluation of the carrying capacity of Guinea grass-*Panicum maximum*. En: Institute of Agricultural Research and Training, University of Ife. Annual report 1972-73?. Ile-Ife, Nigeria. 64 p.

Digitized by Google

_____ y Akinyemi, A. A. 1974. To find out the carrying capacity of Guinea grass, *Panicum maximum*. En: Institute of Agricultural Research and Training, University of Ife. Annual report 1973-74?. Ile-Ife, Nigeria. 77 p.

Otim, J. J. 1975. Comparative beef production from ley and improved natural pasture. East Afr. Agric. For. J. 41(1):45-51.

_____ y Laboke, I. E. 1975. The performance of four breed-type of beef steers grazed on sown pastures. East Afr. Agric. For. J. 41(1):42-44.

Oyenuga, V. A. 1957. The composition and nutritive value of some grass species in Nigeria. Emp. J. Exp. Agric. 25:237-255.

_____ y Olubajo, F. O. 1975a. Pasture productivity in Nigeria; I: Dry matter production and chemical composition of herbage. J. Agric. Sci. 85(1):1-10.

_____ y _____ . 1975b. Pasture productivity in Nigeria; II: Voluntary intake and herbage digestibility. J. Agric. Sci. 85(2):337-343.

Picard, D. y Fillonneau, C. 1971. Production de quelques plantes fourragères en Côte d'Ivoire en fonction de différents modes d'exploitation. En: Salette, J. E. y Chenost, M. (eds.). Colloque sur l'intensification de la production fourragère en milieu tropical humide et son utilisation par les ruminants (mai 1971). Institut National de Recherche Agronomique (INRA), París, Francia. p. 115-121.

Pichon, E.; Fall, A.; y Gueye, E. 1982. Productions pastorales et fourragères au Centre de Recherches Zootechniques de Kolda. En: ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles), Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires. Rapport annuel 1981. Dakar, Senegal. p. 33.

Rasambainarivo, J. H.; Razafindratsita, R.; y Rabehanitrininy, M. 1985. Survey of pasture research in Madagascar. En: Kategile, J. A. (ed.). Pasture improvement research in eastern and southern Africa: Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, 1984. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 102-114.

Reid, R. L.; Post, A. J.; Olsen, F. J.; y Mugerwa, J. S. 1973. Studies on the nutritional quality of grasses and legumes in Uganda; I: Application of in-vitro digestibility techniques to species and stages of growth effects. Trop. Agric. (Trinidad) 50:1-15.

Digitized by Google

Risopoulos, S. A. 1966. Management and use of grasslands: Democratic Republic of the Congo. Pasture and fodder crop studies no. 1. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 150 p.

Roberge, G. y Diop, J. M. L. 1983. Recherches en station sur les plantes fourragères à potentialités de production élevée. En: ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles), Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires. Rapport annuel 1982. Dakar, Senegal. p. 31-33.

_____ ; Pouchol, R.; y Gassama, I. 1981. Production fourragère intensive et utilisation a Sangalkam. En: ISRA (Institut Sénégalais de Recherches Agricoles), Département de Recherches Zootechniques et Vétérinaires. Rapport annuel 1980. Dakar, Senegal. p. 92-101.

Saleem, M. A. M. 1985. Forage legumes in agropastoral production systems within the sub-humid zone of Nigeria. En: Kategile, J. A. (ed.). Pasture improvement research in eastern and southern Africa: Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, 1984. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 222-243.

SIAR (Samaru Institute for Agricultural Research), Ahmadu Bello University. 1975. Report to the Board of Governors on the Institute's work in 1974-75: Livestock Improvement Programme IAR. Zaria, Nigeria. 54 p.

Sikora, I. s.f. Cultures fourragères rapport analytique 1975-1981. UPV 72-035. Centre d'Expérimentation du Riz et des Cultures Irriguées (CERCI), Burkina Fasso. 502 p.

Skerman, P. J. 1977. Tropical forage legumes. Serie de producción y protección vegetal de la FAO no. 2. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Roma, Italia. 609 p.

Smith, E. G. s.f. The evaluation of tropical forage legumes. Ministry of Agriculture, Suakoko, Liberia. 9 p. (Mecanografiado.)

Stobbs, T. H. 1966. Beef production from Uganda pastures containing *Stylosanthes gracilis* and *Centrosema pubescens*. En: Proceedings of the IX International Grassland Congress, São Paulo, Brazil, 1965. 2 vols. Departamento de Produção Animal da Secretaria da Agricultura do Estado de São Paulo, SP, Brasil. Vol. 2, p. 939-942.

Digitized by Google

_____ . 1969. The value of *Centrosema pubescens* (Benth.) for increasing animal production and improving soil fertility in northern Uganda. East Afr. Agric. For. J. 35(2):197-202.

_____ y Joblin, A. D. H. 1966. The use of liveweight-gain trials for pasture evaluation in the tropics; II: Variable stocking rate designs. J. Br. Grassl. Soc. 21:181-185.

_____ y Whitting, J. B. 1970. A note on the performance of cross-bred steers at different stocking rates in Uganda. East Afr. Agric. For. J. 35(3):234-236.

Talineau, J. C. 1970. Action des facteurs climatiques sur la production fourragère en Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM (Off. Rech. Sci. Tech. Outre-Mer) Ser. Biol. 14:51-76.

_____ ; Hainnaux, G.; Bonzon, B.; Fillonneau, C.; Picard, D.; y Sicot, M. 1976. Quelques conséquences agronomiques de l'introduction d'une sole fourragère dans une succession culturale du milieu tropical humide de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM (Off. Rech. Sci. Tech. Outre-Mer) Ser. Biol. 11(4):277-290.

Tetteh, A.; Akposoe, R. K.; Kobi, B. Y.; y Mensah, S. Y. 1976. Assessment of herbage yield, grasses and legumes. En: CSIR (Council for Scientific and Industrial Research). Annual report of the Animal Research Institute, 1975-76. Achimota, Ghana. p. 31-33.

_____ ; Onipayedeh, J. Y. K.; Akpose, R. K.; y Akumah, E. T. 1974. Seed multiplication. En: CSIR (Council for Scientific and Industrial Research). Annual report of the Animal Research Institute, 1973-74. Achimota, Ghana. p. 28.

Timberlake, J. y Dionisio, A. C. 1985. Review of the use of improved pasture species in Mozambique. En: Kategile, J. A. (ed.). Pasture improvement research in eastern and southern Africa: Proceedings of a workshop held in Harare, Zimbabwe, 1984. International Development Research Centre (IDRC), Ottawa, Canadá. p. 143-152.

Uriyo, A. P.; Mongoi, H. O.; y Singh, B. R. 1979. Dry matter yield of grass-legume pasture as influenced by doses and interaction of N, P and K: Summary. En: University of Dar es Salaam, Faculty of Agriculture, Forestry and Veterinary Science. Annual record of research 1979. Morogoro, Tanzania. Vol. 1, abstract 189, p. 85.

Digitized by Google

Valenza, J.; Diallo, A. K.; Roberge, G.; Pouchol, R.; Diege, K.; y Gassama, I. 1980. Agrostologie. En: LNERV (Laboratoire National de l'Élevage et de Recherches Vétérinaires). Rapport sur le fonctionnement pour l'année 1980. Dakar, Senegal. p. 37-66.

_____ ; Roberge, G.; Dieye, K.; de Rochambeau, F.; y Gassama, I. 1982. Agrostologie. En: LNERV (Laboratoire National de l'Élevage et de Recherches Vétérinaires). Rapport sur le fonctionnement pour l'année 1982. Dakar, Senegal. p. 38-53.

van Rensburg, H. J. 1967. Papers on pasture: Pasture legumes and grasses in Zambia. Government Printer, Lusaka, Zambia. 44 p.

_____ . 1969. Introduced legumes in natural grassland and in established pasture in Zambia. Government Printer, Lusaka, Zambia.

Verboom, W. C. 1965. Legumes in Zambia. Trop. Agric. (Trinidad) 42(3):229-242.

Wilson, A. S. B. y Lansbury, T. J. 1958. *Centrosema pubescens*: Ground cover and forage crop in cleared rainforest of Ghana. Emp. J. Exp. Agric. 26:351-364.

Wilson, G. F.; Lal, R.; y Okigbo, B. N. 1982. Effects of cover crops on soil structure and on yield of subsequent arable crops grown under strip tillage on an eroded Alfisol. Soil & Tillage Res. 2:233-250.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 685-702).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 23

Futuro de la Investigación sobre *Centrosema*

J. M. Toledo*

Resumen

La contribución potencial de *Centrosema* a la agricultura tropical y subtropical se destacó en todas las presentaciones y en las sesiones de los grupos de trabajo de la Reunión Internacional de Trabajo sobre *Centrosema* celebrada en 1987 en el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) en Cali, Colombia. En este capítulo se hace un resumen de las recomendaciones hechas en ese taller para continuar la investigación sobre el género *Centrosema*. Estas recomendaciones surgieron de las discusiones de los grupos de trabajo reunidos durante el taller.

A nivel de la investigación básica, las recomendaciones tocan una amplia gama de actividades que incluyen las siguientes: estudios taxonómicos; recolección, mantenimiento, conservación y descripción del germoplasma; estudios fisiológicos y anatómicos con especial referencia a diversas clases de tolerancia, a la simbiosis con microorganismos del suelo y a las relaciones entre la producción de semilla y el ambiente; comportamiento reproductivo y compatibilidad entre especies; calidad nutricional; investigación sobre la metodología relacionada con los trabajos de selección de mejoramiento, con los requerimientos de fertilizantes, con el reciclaje de nutrimentos, con la evaluación bajo pastoreo y en sistemas silvopastoriles y con la investigación en las fincas.

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Perú).

Digitized by Google

Las sugerencias para la investigación aplicada recalcan la transferencia de tecnología a los campos y a los sistemas de producción agropecuaria de los agricultores. Incluyen estudios relacionados con el potencial que tiene *Centrosema* para pasturas y para otros usos, las pruebas de inoculación, las técnicas de establecimiento a costos mínimos, la multiplicación de semilla, la validación a nivel de la finca y los estudios de adopción.

Las sugerencias para la cooperación internacional incluyen el fortalecimiento de las redes de investigación, la colaboración con respecto al movimiento de germoplasma para evitar la propagación de plagas y enfermedades, la liberación de material promisorio y la publicación de información.

Se destaca la necesidad de ajustar mejor objetivos, énfasis y estrategias de la investigación y del desarrollo a las necesidades de los agricultores en cada región o país.

Introducción

Este capítulo se basa en los trabajos presentados en la reunión sobre *Centrosema* de 1987[1] y en los siete grupos de trabajo instalados durante el taller para considerar las prioridades de investigación. Los siete grupos trataron los siguientes temas: desarrollo y manejo de germoplasma; agronomía y manejo de pasturas; sanidad vegetal y mejoramiento; nutrición mineral y rizobiología; producción de semilla; valor nutricional y producción animal; investigación a nivel de la finca y transferencia de tecnologías. Los miembros de los grupos aparecen en la lista siguiente:

Grupo 1: Desarrollo y manejo de germoplasma

R. J. Lazier (Moderador)
N. M. S. Costa
A. E. Kretschmer, Jr.
J. Menéndez
R. Schultze-Kraft
R. J. Williams

Grupo 2: Agronomía y manejo de pasturas

E. A. S. Serrão (Moderador)
Chee Yan Kuan
A. J. Flores
B. Grof
G. Keller-Grein
E. A. Pizarro
J. M. Spain
D. Thomas

1. Reunión Internacional de Trabajo sobre *Centrosema*: Biología, agronomía y utilización. Febrero 23-28, 1987, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia.

Digitized by Google

Grupo 3: Sanidad vegetal y mejoramiento

J. W. Miles (Moderador)
R. J. Clements
S. L. Lapointe
J. M. Lenné
M. I. de O. Penteado
A. Serpa

Grupo 4: Nutrición mineral y rizobiología

Wong Choi Chee (Moderador)
R. Sylvester-Bradley
G. Cadish
R. A. Date
J. G. Salinas
R. M. Schunke
S. M. Souto
J. K. Teitzel

Grupo 5: Producción de semilla

L. R. Humphreys (Moderador)
R. P. de Andrade
P. J. Argel
J. E. Ferguson
M. Fisher
M. A. Moreno R.
A. Peralta M.
R. C. Pérez
C. A. Reyes

Grupo 6: Valor nutritivo y producción animal

O. Royo Pallarés (Moderador)
L. E. Hoyos
C. E. Lascano
P. E. Mendoza
J. B. da Veiga

Grupo 7: Investigación a nivel de la finca y transferencia de tecnología

R. Vera (Moderador)
E. Böhnert
J. N. Clatworthy
R. T. Paterson
C. Seré
A. Topark-Ngarm

Durante el taller se destacó la contribución que *Centrosema* puede hacer al desarrollo agrícola en las zonas tropicales y subtropicales. Este potencial es considerable, no sólo para pasturas de gramíneas y leguminosas, sino también para cultivos de cobertura, para la fijación del nitrógeno y para cultivos de abono verde. Se señaló que la mayor parte del trabajo de investigación y desarrollo sobre *Centrosema* se ha llevado a cabo con *C. pubescens* solamente. Los estudios con otras especies se han intensificado sólo durante los últimos 10 años. Se reconoció que la adopción de *C. pubescens* por los ganaderos es mínima. Sin embargo, la abundante información experimental indica que este género es promisorio para diversos sistemas de producción en diferentes ecosistemas de las zonas tropicales y subtropicales.

Digitized by Google

La investigación, la promoción y el desarrollo son mucho más difíciles cuando se trata de leguminosas forrajeras en lugar de gramíneas. La contribución que hagan las leguminosas debe compararse con el incremento en costos, insumos y manejo que se requieren para mantenerlas en las pasturas. El reto planteado a los investigadores es desarrollar tecnologías para el empleo de *Centrosema* que se ajusten a los recursos naturales disponibles y a la situación socioeconómica del agricultor. Esta es la única manera de hacer posible la adopción local y regional, y de causar un impacto socioeconómico y ambiental positivo.

En este capítulo, las discusiones de los grupos de trabajo y las recomendaciones que resultaron de ellas se presentan como sugerencias que aspiran a facilitar el progreso científico de *Centrosema*. Se esbozan además las prioridades señaladas para la investigación metodológica básica y aplicada, con el fin de facilitar una rápida transferencia al agricultor de tecnologías basadas en especies de *Centrosema*.

Sugerencias para Proyectos de Investigación Básica

La investigación básica es esencial para el progreso de la investigación aplicada; sin embargo, los beneficios directos de aquélla son menos tangibles para los agricultores. Este nivel de investigación requiere generalmente altas inversiones en equipo, en personal científico altamente capacitado, en recursos operativos y en tiempo. Por lo tanto, las instituciones que deben llevar a cabo estas complejas investigaciones son las académicas (universidades) y los centros de investigación dotados de recursos suficientes. A continuación se presenta una lista de temas de investigación básica que se consideran prioritarios.

Revisión taxonómica del género *Centrosema*

La clave taxonómica presentada durante el taller es nueva y está actualizada. Con el fin de hacer los ajustes necesarios para facilitar su uso práctico, debe ser revisada y probada por los investigadores interesados en el género *Centrosema*. El futuro estudio taxonómico debe emprender la caracterización genética del material empleando electroforesis que incluya isoenzimas y otros

Digitized by Google

métodos químicos; así se clasificarán correctamente las colecciones nuevas.

Recolección de germoplasma

Hay regiones donde el germoplasma nativo de *Centrosema* no ha sido recolectado todavía. Entre éstas se debe dar prioridad a las siguientes:

Sudeste de Brasil, para aumentar la variabilidad y completar las colecciones de *C. acutifolium*, *C. grandiflorum* y *C. brachypodum*. Estas recolecciones deberían proporcionar material con alto potencial de producción de semilla bajo condiciones de día corto.

América del Sur subtropical, incluyendo Paraguay, sur de Brasil y norte de Argentina. La recolección en esta región es especialmente importante porque puede proporcionar alternativas para las zonas subtropicales donde las heladas son una seria limitación.

La región que comprende México, América Central y el Caribe. Las recolecciones deben dirigirse a la ampliación de la variabilidad de especies poco recolectadas en esta región, como *C. macrocarpum* y *C. schiedeanum*.

Mantenimiento y conservación de una colección base

En las discusiones, especialmente en las del grupo de trabajo sobre desarrollo y manejo de germoplasma, la definición de responsabilidades en el mantenimiento y conservación de las colecciones base recibió un trato prioritario. Se recomendó que el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) fuera responsable de mantener y preservar una colección base de *Centrosema*. Para evitar confusión y repetición, todas las referencias de germoplasma deben incluir el número de accesión del CIAT, así como el número asignado a ellas localmente. En consecuencia, se sugiere que el CIAT produzca un catálogo mundial de germoplasma de *Centrosema*.

Digitized by Google

Definición de descriptores del germoplasma

La caracterización inicial del material recolectado debe efectuarse de una manera coherente. Para tal fin, será necesario definir una lista de descriptores que caractericen el germoplasma respecto a atributos como el potencial agronómico y los mecanismos de reproducción y supervivencia (fenología, producción de raíces en los nudos, rizomas). El uso de descriptores cuantitativos para los atributos principales, junto con las observaciones subjetivas que complementan la lista de las variables medidas, son también importantes.

Esta información cuantitativa y cualitativa se debe incorporar en bases de datos que faciliten la referencia cruzada con los parámetros ambientales de los sitios de evaluación; así se podrá hacer un uso eficiente y global del germoplasma.

Estudios fisiológicos y anatómicos

Estos estudios son necesarios para comprender los mecanismos de adaptación y tolerancia a las condiciones ambientales negativas. Proporcionarán una base de conocimientos para los futuros proyectos de mejoramiento, y para proponer a los agricultores posibilidades de utilización y estrategias de manejo. Los temas prioritarios para esta investigación son:

Adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad. Estos suelos tienen altas concentraciones de aluminio y de hierro, bajo contenido de fósforo y baja capacidad de intercambio catiónico. Por su papel en la adaptación a la toxicidad causada por el Al y el Fe, deben estudiarse las características anatómicas y los mecanismos fisiológicos de las membranas de la raíz, y la función de la rizosfera. Para comprender la habilidad de algunas especies de *Centrosema* para desarrollarse en suelos pobres y con desequilibrios nutricionales, debe estudiarse también la capacidad de absorción de nutrimentos deficientes como P, Ca, K, Mg y S, así como el nivel de nutrimentos en el tejido y su interacción con el metabolismo.

Tolerancia a la sequía y a la inundación. Algunas especies y accesiones de *Centrosema* son tolerantes a ambas condiciones. Sin embargo, las respuestas fisiológicas y anatómicas a estas

Digitized by Google

limitaciones no son suficientemente claras y se deben investigar. Se debe dar énfasis a la reacción del follaje cuando hay deficiencia de agua, y al funcionamiento de las raíces en condiciones de inundación y de suelo saturado.

Tolerancia a la sombra. *Centrosema pubescens* se conoce como una leguminosa que tolera la sombra en las plantaciones de especies arbóreas. Sin embargo, su mecanismo de adaptación a la baja radiación solar no se comprende bien y requiere más estudio. Esto es importante para seleccionar mejor materiales superiores para las plantaciones y los sistemas agroforestales. Entre los mecanismos que se estudiarían están el nivel de saturación de luz, y la reacción de las plantas en términos de la expansión del área foliar y del alargamiento del tallo. La profundidad de los sistemas radicales y su capacidad para usar el agua disponible en la capa superficial del suelo versus el agua de las capas profundas del suelo, también deben ser objeto de estudio.

Resistencia al fuego. Se desconoce el nivel de tolerancia al fuego de las especies de *Centrosema*, así como los mecanismos anatómicos y fisiológicos de supervivencia durante las quemas. Algunas especies sobreviven, al parecer, a las quemas desarrollando brotes meristemáticos debajo de la superficie del suelo. Estos conocimientos son importantes cuando sea necesario seleccionar especies de *Centrosema* para ambientes de sabana donde la quema es una práctica común.

Estudios de la simbiosis entre *Centrosema* spp. con bacterias fijadoras de N_2 y con micorrizas

Estas dos simbiosis se consideran mecanismos importantes para la adaptación de una especie a los suelos ácidos de baja fertilidad. Debe analizarse la especificidad de los genotipos de *Centrosema* en las simbiosis con hongos de micorriza y con rizobios, junto con el efecto de algunos nutrimentos en la absorción y asimilación del nitrógeno y del fósforo. Es importante también continuar ampliando y caracterizando la colección de rizobios y de hongos de micorriza. La selección debe hacer énfasis en cepas que sean de alta efectividad y competitividad en diversos suelos. También se deben investigar los inoculantes de bajo costo y de alta confiabilidad para las condiciones de las fincas.

Digitized by Google

Estudios fisiológicos sobre la producción de semilla y su interacción con el ambiente

Es necesario estudiar los factores fisiológicos que afectan la floración y la producción de semilla de las accesiones promisorias de *Centrosema* spp. Se debe analizar el efecto del fotoperíodo y su interacción con la temperatura en relación con los estados fisiológicos críticos de la planta. También se debe estudiar el efecto de la disponibilidad de agua en varios estados fisiológicos de la planta.

Estudios sobre la compatibilidad genética y reproductiva

Las especies de *Centrosema* deben estudiarse respecto a la biología de su floración, a sus mecanismos de polinización, y a la compatibilidad reproductiva entre especies; asimismo, sobre las tasas de cruzamiento natural, la identificación de marcadores genéticos, la posibilidad de seleccionar plantas in vitro, y la transferencia de genes. Se recomienda emprender estos estudios básicos en centros de investigación altamente equipados para ese trabajo. Las técnicas podrán usarse luego en centros de investigación aplicada una vez establecidas las rutinas de trabajo y definidas las ventajas comparativas de estos métodos frente a los métodos tradicionales.

Estudios básicos sobre la calidad nutricional

Estos estudios deben incluir la separación de los componentes de la calidad, tales como la preferencia del animal, el consumo de la leguminosa, su digestibilidad, la degradabilidad del nitrógeno, los factores que deterioran la calidad (polifenoles y sustancias organolépticas), y algunas características anatómicas de la planta. Estos componentes de la calidad deben relacionarse con los estados fisiológicos de la planta y con las condiciones ambientales de clima y suelo.

Digitized by Google

Sugerencias para la Investigación sobre Metodologías

La investigación básica incluye el desarrollo de metodologías que midan, en detalle, fenómenos específicos que permitan dilucidar las hipótesis formuladas. Algunos de estos métodos ya existen y hay que desarrollarlos más o ajustarlos a las necesidades; otros deben ser desarrollados específicamente por científicos dedicados a la investigación básica.

En contraste con éstos, los científicos de la investigación aplicada y los agentes de extensión están bajo presión para lograr resultados rápidos. Estas presiones y la falta de tiempo y recursos para la investigación sobre metodologías, obligan a los científicos dedicados a la investigación aplicada a seguir metodologías ya establecidas sin reexaminarlas. En consecuencia, el proceso de investigación aplicada en pasturas es, a menudo, deficiente y los resultados obtenidos son aceptados con dificultad por los agricultores.

Se necesita investigar los enfoques, los métodos y las técnicas que contribuyen a un desarrollo eficiente y efectivo de las pasturas. Esta investigación ayudará a reducir el costo y el tiempo requeridos para el desarrollo de nuevas tecnologías para las pasturas de *Centrosema*, las cuales deben responder a las necesidades de los agricultores.

Esta investigación sobre metodologías debe ser llevada a cabo por instituciones de investigación aplicada de mayor capacidad, con el apoyo de instituciones de investigación básica. El objetivo es facilitar el desarrollo de un proceso de investigación confiable y rápido en instituciones más pequeñas de investigación aplicada.

Esta investigación sobre metodologías no es exclusiva del género *Centrosema*; hay, por tanto, algunos aspectos que requieren desarrollo y ajuste. Estos son:

Metodologías para evaluar germoplasma de *Centrosema* por su adaptación a las condiciones ambientales de diferentes ecosistemas

Se necesita un enfoque metódico para guiar a los fitomejoradores y a los agrónomos hacia un análisis claro de los

Digitized by Google

problemas que deben resolver. Esta orientación debe incluir la definición de una metodología experimental, las mediciones y las observaciones que se relacionan directamente con la selección de materiales.

Los métodos de evaluación de la productividad anual total de materia seca (MS) se deben usar sólo cuando no haya estaciones bien definidas en la región. En regiones que tengan estaciones contrastantes, el germoplasma de *Centrosema* se debe evaluar por su reacción estacional respecto al rendimiento de MS y a las enfermedades y plagas. De especial importancia es la evaluación del desarrollo estolonífero, del rebrote de estolones y de meristemas subterráneos, y de la capacidad de retención de hojas durante los períodos más secos.

Metodologías para evaluar la resistencia de *Centrosema* spp. a los insectos plaga (masticadores, chupadores, trips y ácaros) y a las enfermedades (*Rhizoctonia*, *Cercospora*, bacteriosis y virus)

Los nuevos métodos deberían permitir la identificación de plagas y enfermedades y la estimación del daño potencial, tanto biológico como económico, que puedan sufrir las especies de *Centrosema* cuando se someten al pastoreo. Esta capacidad de predicción es muy importante cuando se seleccionan cultivares para los agricultores, con el fin de reducir el uso de recursos de investigación aplicada para resolver problemas que surjan una vez que los cultivares de *Centrosema* estén disponibles comercialmente.

Metodologías para determinar el tiempo apropiado en que deben iniciarse los proyectos de mejoramiento

Es necesario analizar los altos costos de los proyectos de mejoramiento y la gran cantidad de tiempo que consumen, así como la tendencia de los científicos, aun en pequeñas instituciones de investigación aplicada, a emprender prematuramente dichos proyectos. Se debe desarrollar un procedimiento sistemático para analizar la conveniencia y la posible retribución de un proyecto de

Digitized by Google

mejoramiento, comparándolas con la probabilidad de resolver problemas mediante la selección partiendo de la variabilidad natural presente en la especie o mediante el uso de otras especies.

Metodologías para determinar los requerimientos de fertilización de establecimiento para diversas condiciones del suelo

Se debe dar énfasis a la definición de metodologías para los experimentos de invernadero y de campo, que identifiquen rápida, simple y confiablemente los elementos críticos y que determinen los niveles aplicables. Estas metodologías deben contemplar el estudio de más de un elemento en diseños experimentales simples.

Metodologías para evaluar el reciclaje de nutrimentos

Es necesario estudiar la dinámica de los diferentes bancos de nutrimentos del sistema de pastura (suelo-detritos-biomasa vegetal-animales) cuando se inician experimentos sobre el reciclaje de nutrimentos para determinar los requerimientos de fertilización de mantenimiento. Se debe dar énfasis al desarrollo de metodologías que cuantifiquen la dinámica de macronutrimentos como el nitrógeno, el potasio, el magnesio, el calcio y el azufre. El fósforo, un elemento de lenta movilización, se debería estudiar, sin embargo, según el estado que adquiera con el tiempo, para permitir el crecimiento normal de las plantas. En consecuencia, es muy importante mejorar la sensibilidad de los métodos analíticos para determinar los bajos niveles de P en el suelo. En general, es necesario estandarizar las determinaciones de P del suelo para mejorar la confiabilidad entre los laboratorios. En forma similar, también se pueden mejorar los métodos analíticos diseñados para determinar y estudiar el P en los tejidos de la planta. Por ejemplo, algunos trabajos recientes sugieren que una técnica que compare el fósforo activo con el fósforo total puede ser una guía mejor acerca de la disponibilidad del P.

Digitized by Google

Metodologías para evaluar mezclas de *Centrosema* y gramíneas bajo pastoreo

Cuando se desarrollan nuevas opciones de pasturas, es más importante seleccionar y promover mezclas que toleren un rango de opciones de manejo y uso, que simplemente estudiar el manejo específico requerido por una mezcla específica. Un método confiable y sistemático para exponer las nuevas pasturas a base de *Centrosema* a diferentes tipos de manejo que sean relevantes para medir el efecto de éstos en la productividad animal y en la estabilidad de las mezclas, es muy importante para desarrollar aquellas tecnologías de uso de esas pasturas, que podrían ser adoptadas por los agricultores.

Metodologías para evaluar especies de *Centrosema* en sistemas silvopastoriles

Los sistemas de producción silvopastoriles integrados son muy importantes en zonas de condiciones húmedas y subhúmedas. Las metodologías de investigación para estudiar plantas, animales y árboles requieren evaluación y más desarrollo. De igual modo, los métodos de selección de accesiones de *Centrosema* spp. por su adaptación (competencia por la luz, el suelo, el agua y los nutrimentos) a sistemas de plantaciones de especies arbóreas específicos requieren más desarrollo.

Metodologías para exponer tempranamente a las condiciones de la finca las pasturas promisorias de *Centrosema* spp.

Es necesario desarrollar modelos analíticos y etapas de investigación que permitan una rápida transferencia de las nuevas opciones tecnológicas desde la estación de investigación hasta los campos de los agricultores. Al mismo tiempo, debe desarrollarse un método que obtenga eficazmente información sobre las necesidades y opiniones de los agricultores.

Según los objetivos de la nueva tecnología y según los resultados que ésta prometa, se deben desarrollar diferentes estrategias para los experimentos y la evaluación a nivel de la finca. Estas estrategias deberían considerar diferentes niveles de intervención

Digitized by Google

de los investigadores o de los agentes de extensión en relación con el manejo que los agricultores darían a la situación presente y a la evaluación futura del sistema de producción. El desarrollo de metodologías que permitan incorporar las perspectivas y aportaciones de los agricultores es de especial importancia para todo el proceso de investigación aplicada.

Organización y métodos para transferir y promover las nuevas tecnologías a base de *Centrosema* a diferentes "conjuntos" de condiciones antropológicas, socioeconómicas y políticas

El proceso de liberación de nuevas especies vegetales, la catalización de la producción comercial de su semilla, la promoción de su adopción por los agricultores y la definición de responsabilidades de las instituciones en este proceso total, son pasos especialmente importantes, considerando que no hubo una significativa adopción de pasturas de *Centrosema* en el pasado.

Sugerencias para la Investigación Aplicada

La investigación aplicada pretende desarrollar una mejor economía de producción mediante el uso eficiente del germoplasma de *Centrosema* y de los recursos naturales y socioeconómicos de que disponen los agricultores. Para lograr este objetivo, el investigador o el agente de extensión debe estar siempre conciente de los problemas de los agricultores, y del impacto relativo que puede hacer la nueva tecnología, dada la variable disponibilidad de los diferentes recursos a nivel de la finca.

La investigación aplicada sobre pasturas requiere un amplio cubrimiento de espacio y tiempo. Los científicos y agentes de extensión de las instituciones pertinentes deben actuar en muchas localidades para cubrir las respectivas áreas de interés. Hasta el momento, mediante la investigación básica, la variabilidad genética del género *Centrosema* se ha ampliado y caracterizado. Además, mediante la investigación aplicada se han evaluado

Digitized by Google

accesiones promisorias en muchas localidades. Por esta combinación de esfuerzos, hoy se posee un considerable cúmulo de conocimientos sobre el rango de adaptación de accesiones y cultivares promisorios de muchas especies de *Centrosema*. Además, hay considerable información sobre su contribución potencial a la producción animal y sobre su sostenibilidad en las pasturas. Sin embargo, este potencial del cultivo no ha llegado todavía a los agricultores.

A continuación se presentan algunas sugerencias para la investigación aplicada, recalcando la transferencia de tecnología a los campos de los agricultores y a los sistemas de producción.

Potencial de las pasturas de *Centrosema*

Las mejores selecciones, que están adaptadas a factores edáficos, climáticos y bióticos, se deben establecer rápidamente en mezclas con diferentes gramíneas, para evaluarlas bajo diversos manejos de pastoreo. Debe evaluarse y documentarse la función que cumple la leguminosa tanto en su contribución a la productividad animal como a la persistencia de la pastura. Estos estudios deben facilitar el análisis económico. Algunos de estos ensayos pueden ser usados por equipos multidisciplinarios para evaluar el ciclo de nutrimentos, especialmente el del nitrógeno.

Otros usos potenciales

Se deben explorar otros usos potenciales de las accesiones promisorias de *Centrosema*. Deben considerarse las opciones de abono verde, de cultivo de cobertura, de banco de proteína, y de corte y acarreo. Estos estudios permitirán usar las accesiones promisorias de distintas maneras.

Necesidad de inocular con *Rhizobium*

Mediante pruebas simples, debe determinarse la capacidad de las accesiones promisorias de *Centrosema* para establecer una efectiva simbiosis con las cepas nativas de *Rhizobium*. El objetivo es evaluar la necesidad de la inoculación para optimizar la capacidad fijadora de N_2 de la leguminosa. Este trabajo debe hacerse en una gran variedad de condiciones de suelo que

Digitized by Google

representen la región donde se usará el material. Cuando sea necesario, se enfatizará la selección de cepas competitivas y efectivas de *Rhizobium*.

Técnicas de establecimiento de pasturas de costo mínimo y de bajo riesgo

La investigación que se orienta a la reducción de los costos y de los riesgos del establecimiento de pasturas con especies promisorias de *Centrosema* debe recibir mucha importancia. Las causas más comunes del fracaso del establecimiento son el bajo vigor inicial y la escasa agresividad de los materiales seleccionados cuando están en la etapa de plántula; asimismo, el control de malezas deficiente, la aplicación inadecuada de fertilizantes y las malas condiciones físicas del suelo. Los productores adoptarían mucho más rápidamente estas leguminosas si se desarrollaran técnicas baratas y confiables de establecimiento de pasturas.

Multiplicación de semilla

La experiencia enseña que las empresas privadas tienen muchas veces dificultades para desarrollar la producción de semilla comercial de leguminosas recientemente liberadas. Además, la falta de semilla experimental crea un cuello de botella al movimiento rápido de nuevas selecciones de *Centrosema* hacia los ensayos de pastoreo y hacia la investigación en las fincas. Para demostrar en el campo nuevas especies de *Centrosema* a una escala suficientemente grande (por lo menos 10 ha de pastura por finca), los programas de investigación deben tener en cuenta la multiplicación de semilla experimental y básica. Estas acciones deben ser apoyadas por organizaciones apropiadas y financiadas por los respectivos programas de pastos y forrajes.

Al mismo tiempo, estas unidades de multiplicación de semilla deben ser responsables del desarrollo y ajuste de tecnologías eficientes y económicas para los sistemas de producción de semilla comercial. La definición de normas de calidad sobre la viabilidad, la pureza y la dureza de la semilla comercial también serán responsabilidad de esas unidades. Estas normas deben considerar las condiciones de producción y las necesidades de los agricultores en aquellas regiones donde el cultivar será adoptado.

Digitized by Google

Validación a nivel de la finca

Los ensayos en las fincas con las accesiones de *Centrosema* que han probado experimentalmente ser muy promisorias, o han alcanzado el estado de cultivar, deben ser establecidos y evaluados cuidadosamente. El objetivo es exponer la nueva tecnología a las condiciones reales de uso de esos materiales, y obtener además información valiosa directamente de las opiniones y de las necesidades de los agricultores. Este trabajo requiere la participación conjunta de investigadores, agentes de extensión y agricultores.

Estudios sobre la adopción de *Centrosema* spp.

Se recomienda emprender estudios regionales para documentar la adopción y el éxito alcanzado por los cultivares de *Centrosema* en pasturas asociadas con gramíneas o en otros usos. La adopción de *C. pubescens* en pasturas asociadas en Australia, en la Amazonia brasileña y bajo las plantaciones de especies arbóreas de Malaysia debe ser documentada y estudiada.

Sugerencias para la Cooperación Internacional

Ya existen mecanismos internacionales de cooperación para la investigación y el desarrollo de las pasturas. Sin embargo, tiene que fortalecerse la cooperación concerniente a *Centrosema*. Para lograrlo, se recomiendan los pasos siguientes:

Fortalecimiento y consolidación de redes de investigación sobre pasturas

La evaluación regional de germoplasma que hacen la RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales) en América tropical, PANESA (The Pasture Network for Eastern and Southern Africa) en Africa, y Pasture Network of Southeast Asia, una red coordinada por CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation) y financiada por ACIAR (Australian Centre for International Agricultural Research), se debe consolidar y ampliar. Además, estas redes deben establecer conexiones

Digitized by Google

cooperativas claras y sólidas entre una y otra, así como con los centros de investigación avanzada de otras regiones.

El CIAT, el ILCA (International Livestock Centre for Africa), y CSIRO deben continuar con la responsabilidad de preseleccionar materiales adaptados a los principales ecosistemas y de hacer la multiplicación inicial y la distribución de semilla experimental. Se incluye aquí la responsabilidad de intercambiar resultados y de mantener una estrecha comunicación con los participantes de la red, quienes hacen las selecciones finales. Las instituciones que coordinan estas redes deben emprender también investigaciones fundamentales y metodológicas para apoyar a sus colaboradores.

Se debe dar énfasis a la investigación sobre metodologías que apoya la investigación aplicada orientada a la solución de los problemas de los agricultores. De este modo se evitará la repetición de esfuerzos, y el resultado será mayor eficiencia y efectividad en la investigación y en el desarrollo de pasturas con *Centrosema*.

Menor movimiento de plagas y enfermedades

Los especialistas en recursos genéticos y los patólogos deben colaborar para evitar la transferencia de enfermedades transmitidas por la semilla. Esta cooperación es muy importante, porque el intercambio de germoplasma continuará siendo esencial en el futuro. Es vital que las enfermedades y plagas no se difundan, en cuanto sea posible.

Liberación de materiales promisorios

Hay ciertas especies y accesiones de *Centrosema* que todavía no han sido liberadas comercialmente y que tienen un alto potencial. Se debe describir bien este potencial y acelerar su liberación para los ambientes apropiados. La semilla de estas accesiones debe estar disponible para las redes internacionales de cooperación.

Publicación de la información

Se debe hacer el esfuerzo de publicar todas las experiencias que se hayan adquirido en la investigación y en el desarrollo de

Digitized by Google

Centrosema. Es muy importante compartir la información que está actualmente "escondida" en los registros personales. En efecto, una característica especialmente valiosa del taller sobre *Centrosema* de 1987 fue el esfuerzo hecho por los participantes para escoger y resumir datos inéditos.

Comentarios Finales

Los 22 capítulos anteriores de esta obra documentan la gran cantidad y la alta calidad de la investigación que ya se ha hecho con *Centrosema*, en especial con *C. pubescens*. En conclusión, *Centrosema* ofrece múltiples opciones para mejorar la producción agropecuaria, pero su adopción por los ganaderos es, hasta ahora, limitada en la mayoría de los países. La intensidad con que la investigación antes mencionada ha sido satisfactoriamente orientada hacia el desarrollo es discutible. Una meta importante, por lo tanto, es ajustar mejor tanto los objetivos de investigación y desarrollo futuros como el énfasis y las estrategias que éstos requieren a las necesidades de los agricultores de cada región o país.

Digitized by Google

Centrosema: *Biología, Agronomía y Utilización. (p. 703-724).*
1997. R. Schultze-Kraft, R.J. Clements y G. Keller-Grein (eds.).
CIAT, Cali, Colombia.

Capítulo 24

Avances en la Investigación sobre *Centrosema* de 1987 a 1992*

R. Schultze-Kraft (comp.)**

Introducción

En febrero de 1987 se celebró en Cali, Colombia, la Reunión Internacional de Trabajo sobre *Centrosema*. Las presentaciones y las deliberaciones de esa reunión fueron la base del libro "*Centrosema*: Biology, Agronomy, and Utilization". Para actualizar la información que se ofrece en la presente versión española del libro, se compilaron, en este capítulo, los resultados más sobresalientes de la investigación sobre *Centrosema* obtenidos entre 1987 y 1992; de este modo no se modifican los capítulos originales de la edición en inglés. Este capítulo sólo incluye referencias que estuvieron disponibles o "en imprenta" en mayo de 1993.

Para hacer esta actualización, se solicitó a los autores principales de los capítulos de la obra, o a sus sucesores, informar, de manera concisa, sobre los progresos más significativos de esa investigación en el lapso indicado. Las respuestas variaron mucho; por tanto, si no hay actualización para alguno de los capítulos, o ésta es muy resumida, significa que, en opinión del respectivo autor, no hubo avances significativos o no fue posible tener acceso a la información documentada.

---

* Este capítulo es una compilación de trabajos de diferentes autores terminado en mayo de 1993.

** Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania.

Digitized by Google

Este capítulo de actualizaciones está dividido en secciones que corresponden, aproximadamente, a los capítulos anteriores. El contenido de este capítulo es responsabilidad de los respectivos autores; la edición técnica del mismo, que exigió la reducción de algunas contribuciones demasiado extensas, es responsabilidad del compilador de este capítulo.

Actualizaciones

1. Taxonomía y biogeografía

R. Schultze-Kraft, Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania

Taxonomía. La única novedad es la descripción de *Centrosema tetragonolobum* por Schultze-Kraft y Williams (1990) como especie nueva en el Grupo 7 (el grupo de *C. brasilianum*).

Biogeografía. Recogiendo las recomendaciones de la reunión de febrero de 1987, se llevaron a cabo dos misiones internacionales de recolección de germoplasma dándole importancia al género *Centrosema*: una en la región suroriental de Brasil, es decir, en Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio de Janeiro y Espírito Santo (Coradin y Schultze-Kraft, 1990), y otra en Honduras, América Central (Wege et al., 1993). Además, se hicieron algunas recolecciones ocasionales en que hubo novedades significativas respecto a la biogeografía y a los recursos genéticos de *Centrosema*. Los resultados son los siguientes:

- *C. acutifolium*. Se dispone ahora de germoplasma recolectado en la región de origen del espécimen tipo (Minas Gerais, Brasil). Esta forma de *C. acutifolium* es morfológicamente muy diferente de las formas "var. *orinocense*" (ej.: CIAT 5277) y "var. *matogrossense*" (ej.: CIAT 5568).

- *C. jaraguaense*. Se dispone por primera vez de germoplasma de esta especie, el cual fue recolectado en forma de material vegetativo en el sitio de origen del espécimen tipo (Pico do Jaraguá, São Paulo, Brasil).

- *C. macrocarpum* y *C. schiedeanum*. En el germoplasma recolectado en Honduras se encuentran obvios híbridos interespecíficos, e híbridos de estas especies con *C. pubescens*.

Digitized by Google

- *C. pascuorum*. Partiendo de un ecotipo recolectado por A. Glatzle en el Chaco paraguayo, el límite austral de la distribución natural de esta especie se extiende ahora hasta el Trópico de Capricornio.

- *C. schottii*. El germoplasma recolectado en Honduras provee ahora la evidencia de que la especie es también nativa de América Central.

- *C. vetulum*. La semilla recolectada en Minas Gerais, Brasil, proporciona, por primera vez, germoplasma de esta especie.

2. Nutrición mineral y rizobiología

R. J. Thomas e I. M. Rao, CIAT, Cali, Colombia

G. Cadisch, Wye College, Universidad de Londres, Wye, Ashford, Inglaterra

Nutrición mineral. En un ensayo de invernadero se estudió, en suelos Oxisoles de Carimagua, Colombia, la respuesta de adaptación de *Centrosema acutifolium* cv. Vichada, de *C. brasilianum* CIAT 5234, de *C. macrocarpum* CIAT 5713 y de *C. pubescens* híbrido CIAT 438 a diferentes niveles de fertilidad del suelo. Las cuatro especies respondieron a mayor fertilidad con mayores incrementos en la biomasa aérea (incluyendo aumentos en el área foliar) que en la biomasa de la raíz. Se concluye que *Centrosema* se adapta a los suelos ácidos e infértiles mediante un mayor crecimiento radical a expensas del crecimiento aéreo (Rao et al., 1992).

En otro experimento, *C. acutifolium* cv. Vichada respondió al suministro de fósforo aumentando también la biomasa aérea y el área foliar. Además, se registró un incremento en la eficiencia de la absorción de P, incremento que estuvo asociado con una mayor actividad de la enzima fosfatasa ácida en el extracto de la raíz. Esto sugiere que, a nivel de la interfase raíz-suelo, especies como *C. acutifolium* pueden haber desarrollado algún mecanismo para absorber mejor el P en los suelos ácidos e infértiles (Rao et al., 1995).

Rizobiología. En un estudio sobre el crecimiento y la fijación de nitrógeno en varios ecotipos de *C. acutifolium*, *C. brasilianum* y *C. marcrocarpum*, en respuesta a incrementos de fósforo aplicados

Digitized by Google

a un Oxisol de Carimagua, se registraron notables incrementos en la producción de materia seca, en el área foliar, el rendimiento de nitrógeno, la nodulación, la concentración de P en los nódulos, y la actividad de reducción del acetileno. La variación intraespecífica fue particularmente grande (Cadisch et al., 1992).

Un experimento de campo en Carimagua, Colombia, mostró que la deficiencia de P limita el crecimiento y la fijación del N en *C. acutifolium* y en *C. marcocarpum* más severamente que la deficiencia de K. Con una aplicación de 75 kg/ha de P, más del 87% del N de las leguminosas proviene de la atmósfera (Cadisch et al., 1993).

Un estudio de competitividad de cepas de *Bradyrhizobium* en un Oxisol de Carimagua mostró que la cepa CIAT 3101, que ha sido recomendada para *Centrosema*, es particularmente efectiva en *C. macrocarpum*, especie en que ocupó el 68% de los nódulos formados. En contraste, en *C. acutifolium* y en *C. brasilianum* sólo el 31% y el 18% de los nódulos, respectivamente, estaban infectados por la cepa inoculada. Esto indica que la competitividad de CIAT 3101 frente a las cepas nativas, en Carimagua, puede ser baja (A. Bolaños, comunicación personal).

En un experimento de campo en Carimagua se ensayó *C. acutifolium* cv. Vichada, y se halló que con sólo 5% de la leguminosa en una pastura de *Brachiaria dictyoneura*, la cantidad de N fijado en 16 semanas variaba entre 3 y 6 kg/ha de N. Una dosis alta de fertilización completa favoreció la población de la leguminosa pero no el porcentaje de N fijado, el cual varió entre 91% y 94%. Estos datos sugieren que, cuando se encuentra en competencia con una gramínea, *C. acutifolium* obtiene casi todo su N por fijación (R. Thomas y N. Asakawa, información no publicada).

3. Enfermedades

J. W. Miles, CIAT, Cali, Colombia

R. Schultze-Kraft, Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania

En 1986 se detectó en Quilichao, Colombia, un marchitamiento no identificado en *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 (lanzado más tarde como cv. Vichada). Consiste en una muerte descendente de

Digitized by Google

las plantas y causa fuertes pérdidas de plantas en los lotes de producción de semilla. El síndrome fue observado posteriormente en otras regiones de Colombia (incluyendo los Llanos Orientales), en Venezuela y en Brasil.

Aunque se han hecho varios estudios, no se ha logrado la plena identificación del organismo causante ("factor X"); posiblemente se trate de un oomyceto hasta ahora no descrito (CIAT, 1991). Las evaluaciones del germoplasma indican que el síndrome sólo ocurre en las accesiones de "var. *orinocense*" de *C. acutifolium*. De los materiales de esta variedad, el cv. Vichada es particularmente susceptible, mientras que la accesión CIAT 15086 parece ser resistente.

4. Producción de semilla

J. E. Ferguson, Buderim, Qld., Australia
M. Sánchez, Universidad Nacional, Palmira, Colombia

Investigación. Se hizo en Australia un estudio de invernadero sobre la fisiología de la floración y de la fructificación de cinco especies de *Centrosema*; entre otros resultados, se halló que la latitud del sitio de origen influía en la respuesta de varias accesiones de *C. virginianum* a los días cortos. El fotoperíodo crítico varió de 13.5 horas en el híbrido *C. virginianum* "cross 31" a 10.5 horas en *C. schiedeanum*, y fue de 12 horas o menos en *C. pubescens*, *C. pascuorum* y *C. macrocarpum*. Las temperaturas altas afectaron la floración sólo en los días largos (González R. et al., 1993).

Centrosema acutifolium **en Colombia, 1987-1992.** La accesión CIAT 5277 fue liberada por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en 1987 como cultivar Vichada (ICA, 1987); el Instituto se basó en los resultados obtenidos en ensayos hechos principalmente en el CI-Carimagua.

De 1987 a 1990, el Programa de Pastos Tropicales del CIAT promovió la producción de semilla de esta leguminosa por medio de contratos con tres empresas de semillas. El rango de rendimiento, que varió de 0 a 500 kg/ha de semilla, refleja los problemas del cultivo en algunos campos con respecto al establecimiento de la leguminosa, y los causados por el síndrome de muerte descendente

Digitized by Google

("factor X"). La producción total obtenida por estos contratos fue de 2208 kg.

El ICA-CRECED Altillanura propició la evaluación del cv. Vichada en las fincas. En total, 55 productores establecieron 260 ha de pasturas de *C. acutifolium* asociada con *Brachiaria dictyoneura*. *Centrosema acutifolium* se estableció bien, pero se observó poca persistencia de la leguminosa en los años segundo y tercero de la pastura (Ferguson, 1992).

Hoy en día, los investigadores en sistemas integrados de arroz y pasturas consideran todavía a *C. acutifolium* como una leguminosa útil y promisoria. No obstante, la demanda comercial de su semilla es casi nula y ninguna empresa de semillas continúa produciéndola por iniciativa propia. El suministro de esta semilla, a nivel comercial, está limitado, en primer lugar, por la ausencia de una demanda real de semillas y, en segundo lugar, por los estrictos requisitos de manejo de los semilleros y el alto costo de producción de la semilla.

5. Producción animal y persistencia

C. E. Lascano, CIAT, Cali, Colombia

Producción de leche y crianza de terneros. En la subestación CIAT-Quilichao, en Cauca, Colombia, se hicieron varios ensayos para determinar el potencial de producción de leche en pasturas de *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 y *C. acutifolium* CIAT 5568 asociadas con *Andropogon gayanus* cv. Carimagua 1 y con *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero (Lascano y Avila, 1991). Los resultados de estos ensayos mostraron que empleando vacas de mediano potencial de producción se obtuvo un rendimiento de leche, en promedio, 20% más alto en las pasturas de *B. dictyoneura-Centrosema* que en las de esta gramínea sola. En las asociaciones de *Centrosema* con *A. gayanus*, la producción de leche aumentó en un 15% cuando la leguminosa era *C. acutifolium* pero no se halló un efecto positivo cuando ésta fue *C. macrocarpum*.

En general, bajo las condiciones de Quilichao (suelo ácido y 2000 mm de lluvia con distribución bimodal), *C. macrocarpum* CIAT 5713 ha sido mucho más productiva que *C. acutifolium* CIAT

Digitized by Google

5568 en asociación con gramíneas de hábito diferente (Lascano y Avila, 1991; Mosquera y Lascano, 1992). Sin embargo, esta mayor productividad con *C. macrocarpum* no se ha manifestado en una mayor producción de leche; una explicación posible es que las vacas en pastoreo consumieron esta especie menos que *C. acutifolium*.

En estos estudios se ha encontrado que el efecto positivo de *Centrosema* en la producción de leche es independiente de la época del año, del tipo de vaca o de su estado de lactancia. Sin embargo, en otro ensayo se observó que ese efecto positivo de *Centrosema* estaba determinado en gran medida por el potencial genético de las vacas (Lascano y Avila, 1993a). En las asociaciones de las dos especies de *Centrosema* con *B. dictyoneura* y con *A. gayanus*, el rendimiento de leche aumentó, en comparación con el obtenido en las gramínea solas, en un 18% en vacas de mediano potencial (10 lt/día) y sólo en un 8% en las de bajo potencial de producción (5 a 6 lt/día). Por otra parte, las vacas de mediano potencial de producción dieron mejor respuesta en producción de leche (18%) cuando pastoreaban las asociaciones de gramíneas con *C. macrocarpum* y con *C. acutifolium* que cuando fueron suplementadas con harina de pescado (5%) (Lascano y Avila, 1993b).

Los bancos de proteína son una alternativa para aumentar la producción de leche en regiones tropicales. En Quilichao, la producción de leche de las vacas que tenían acceso controlado a los bancos de *C. macrocarpum* CIAT 5713 y *C. acutifolium* CIAT 5568 no aumentó en forma significativa ni en la época de mínima precipitación ni en la de máxima (Mosquera y Lascano, 1992). Sin embargo, las vacas que estaban en el primer mes de lactancia mostraron, en la época seca, una tendencia a producir más leche cuando tuvieron acceso a los bancos de proteína (6.3 lt/vaca por día) que las vacas que no tuvieron acceso a ellos (5.6 lt/vaca por día).

Una estrategia para aumentar la cantidad de leche destinada a la venta en las ganaderías de doble propósito es reducir el suministro de leche a los terneros lactantes, a condición de que se dé a éstos un suplemento (alimento concentrado) o se les permita el acceso a una pastura con leguminosa. Con esta última opción se lograron aumentos de peso de 530 a 560 g/animal por día en terneros lactantes que ocupaban una pastura de *B. dictyoneura* y *C. macrocarpum*; los terneros recibieron leche de un solo cuarto o sólo leche residual (Rodríguez et al., 1991).

Digitized by Google

Persistencia bajo pastoreo. En los Llanos Orientales de Colombia se evaluó la persistencia de tres especies de *Centrosema* asociadas con *A. gayanus* y con *B. dictyoneura*. Después de 2.5 años de pastoreo, *C. acutifolium* cv. Vichada fue mucho más productiva y persistente que *C. brasilianum* CIAT 5234 y que *C. macrocarpum* CIAT 5452 (Lascano et al., 1989). Esta mayor persistencia de *C. acutifolium* estuvo relacionada con un nivel alto de producción animal (160 kg/animal por año). Sin embargo, después de 3 años de pastoreo, el cv. Vichada desapareció de las pasturas (C. Lascano, información no publicada).

Un resultado similar se obtuvo en Quilichao con una asociación de *C. macrocarpum* CIAT 5713 y *B. dictyoneura*, sometida a pastoreo alterno con una carga muy alta (4 UA/ha) (C. Lascano, información no publicada). *Centrosema macrocarpum* desapareció prácticamente de esta pastura al cabo de 3 años; no obstante, las ganancias de peso al final del ensayo (422 g/animal por día) fueron muy similares a las logradas en el primer año de pastoreo (430 g/animal por día) cuando había 49% de leguminosa en el forraje en oferta. Este resultado sugiere que hubo un efecto residual de *C. macrocarpum* en la calidad de la gramínea acompañante.

Resumen. Tanto *C. macrocarpum* como *C. acutifolium*, cuando se asocian con gramíneas, dan altas ganancias de peso e incrementos significativos en producción de leche en comparación con la gramínea sola. Sin embargo, tienen poca persistencia bajo pastoreo, particularmente cuando se emplean cargas altas; una explicación posible es la baja producción de semilla de estas leguminosas, y la escasa regeneración de nuevas plántulas a partir de la reserva de semilla del suelo.

6. Experiencia regional: Caribe

F. Funes y S. Yáñez, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes, MINAG, La Habana, Cuba

Los avances más significativos en esta región, durante los últimos 6 años, ocurrieron en Cuba. Allí continuaron los trabajos de recolección de germoplasma nativo y su posterior evaluación, cuyo resultado importante es la próxima liberación del cv. Villanueva, un ecotipo de *C. pubescens* procedente de la provincia Las Tunas.

Digitized by Google

En diferentes ensayos regionales resultaron promisorias las accesiones *C. pubescens* híbrido CIAT 438, *C. macrocarpum* CIAT 5065 y *C. brasilianum* CIAT 5234 (Valdés y Paretas, 1988). En un ensayo en que se compararon 18 accesiones de *C. pubescens* y dos de *C. acutifolium*, se destacaron *C. pubescens* IH-129 y CIAT 423 por su comportamiento estable, y *C. pubescens* CIAT 5151 por su excelente producción en la época seca (Martín y Suárez, 1992).

Se hicieron ensayos de inoculación con *Bradyrhizobium* y se obtuvieron respuestas que variaron según la especie, el suelo y la cepa utilizada. Por ejemplo, la cepa IH-1019 incrementó en *C. pubescens* el rendimiento de materia seca en 63%, y el contenido total de nitrógeno en 59% (Tang et al., 1991).

En experimentos de producción de semilla, *C. pubescens* cv. Villanueva rindió 792 kg/ha por año sin tutores y con una fertilización de 15 kg/ha de P; con tutores vivos (maíz, sorgo, *Hibiscus esculentus* y yuca) y fertilizando con 30 kg/ha de P, el rendimiento alcanzó 1015 kg/ha por año (Fernández y Diez, 1993). En otro experimento con *C. pubescens* CIAT 5189, el efecto de los tutores fue aún mayor (381 kg/ha vs. 1225 kg/ha) (S. Yáñez, información no publicada). A pesar de estos resultados, el rendimiento precomercial de semilla de *C. pubescens* fluctúa apenas entre 200 y 400 kg/ha al año (Yáñez y Funes, 1989).

Centrosema ha dado también resultados promisorios bajo pastoreo. Por ejemplo, *C. pubescens* híbrido CIAT 438, en asociación con ocho gramíneas, persistió después de 4 años de pastoreo, ocupando del 25% al 30% de las pasturas (Menéndez y Tang, 1992). Una asociación de *C. pubescens* con *Andropogon gayanus* CIAT 621 sometida a pastoreo rotatorio de novillas produjo ganancias de peso vivo hasta de 930 g/animal por día en la época lluviosa, y 440 a 550 g/animal en la época seca; el porcentaje de la leguminosa en la pastura fue del 40% al final de la evaluación (Simón et al., 1993).

Con un banco de proteína de *C. pubescens* cv. Villanueva y una pastura de *Panicum maximum* cv. Likoni, pastoreados por novillas durante 6 años, se obtuvieron, en promedio, ganancias de 500 g/animal por día (Díaz y Diez, 1990). En la provincia de Cienfuegos se obtuvo una producción de leche de más de 12 kg/vaca al día en una asociación de *A. gayanus* y *Centrosema*; la proporción

Digitized by Google

de *Centrosema* en la mezcla se mantuvo por encima del 60% después de 2 años de evaluación (Fernández et al., 1990).

En resumen, *C. pubescens* se considera actualmente en Cuba la especie más promisoria del género. Se está produciendo semilla registrada para sembrar más tarde la leguminosa en empresas y fincas de producción ganadera; ya se han sembrado varios centenares de hectáreas (Funes y Monzote, 1993).

7. Experiencia regional: América Central y México

P. J. Argel, CIAT-IICA, San José, Costa Rica

Centrosema macrocarpum CIAT 5713 no persistió bajo pastoreo rotatorio (5 días de ocupación, 30 días de descanso) con cargas de 1.75 y 3.0 UA/ha en las condiciones de trópico húmedo de Costa Rica. La leguminosa se evaluó asociada con las gramíneas *Brachiaria brizantha* cv. Marandú (CIAT 6780) y *B. humidicola* CIAT 6369. En esta segunda asociación, la leguminosa tuvo mejor persistencia; sin embargo, la invasión de malezas, particularmente *Paspalum fasciculatum* y *Mimosa pudica*, fue mayor que en la primera (Ibrahim et al., 1993).

En Los Santos, Panamá, *C. macrocarpum* CIAT 5062, empleada como suplemento, no incrementó durante el período lluvioso la producción de leche de las vacas Holstein que pastoreaban las gramíneas *Digitaria swazilandensis* y *D. decumbens*; durante la época seca, sin embargo, la producción de leche aumentó significativamente (Herrera y Guerrero, 1991).

En un Inceptisol en Gualaca, Panamá, los herbicidas preemergentes alaclor (2.24 kg/ha de i.a.) y pendimetalina (1.0 kg/ha de i.a.) controlaron bien las malezas en un campo de *C. macrocarpum* CIAT 5434 y manifestaron alta selectividad (Pinzón et al., 1989). El oxifluorfén (0.50 kg/ha de i.a.), en cambio, causó un daño severo a la leguminosa. Los posemergentes fluazifop-butil (0.75 kg/ha de i.a.) y bentazón (1.0 kg/ha de i.a.) fueron también selectivos.

La poca producción de semilla se considera una limitación de *C. macrocarpum* en toda la región centroamericana. Sin embargo,

Digitized by Google

en Río Hato, Panamá, se informó de un rendimiento de 474 kg/ha de semilla pura de *C. macrocarpum* CIAT 5062 en semilleros de más de 1.0 ha (A. Guerra, comunicación personal). Otras accesiones, como CIAT 5452, CIAT 5713 y CIAT 5434, han dado rendimientos que van de 77 a 266 kg/ha.

8. Experiencia regional: Venezuela

A. J. Flores, AGROSSABANA C.A., El Tigre, Venezuela

Durante el lapso 1987-1992 se investigaron principalmente las especies *C. macrocarpum*, *C. brasilianum*, *C. pubescens* y *C. acutifolium*. Se realizaron varios ensayos regionales A (ERA) y varios de tipo B (ERB), un ensayo en diversas localidades con 23 accesiones de *C. pubescens*, pruebas de pastoreo en algunas fincas y estudios de producción de semilla, entre otros. Estos trabajos se hicieron en varios estados del país, en ecosistemas de sabana bien drenada y de bosque seco tropical, donde la precipitación anual modal fluctúa entre 900 y 1200 mm, y en suelos de textura francoarenosa a francoarcillosa, de baja fertilidad, y con un pH entre 4.8 y 5.8.

- *Centrosema pubescens* produjo, en períodos de crecimiento de 12 semanas, 320 y 1200 kg/ha de MS, en promedio, en las épocas de sequía y de lluvia, respectivamente; el contenido de proteína cruda (PC) fue, en promedio, del 20%. En el segundo año de evaluación, la producción de materia seca de esta leguminosa aumentó y disminuyó la de semilla.

- *Centrosema macrocarpum* fue evaluado en monocultivo y en asociación con *Andropogon gayanus*. En el cultivo puro, su rendimiento llegó a 3000 kg/ha de MS en 8 semanas de crecimiento, en la época lluviosa. En la asociación produjo 400 y 500 kg/ha de MS durante 6 y 8 semanas de crecimiento, respectivamente. El valor promedio de la PC fue de 20%. En la asociación, su rendimiento aumentó en 35% cuando se elevó la dosis de fósforo de 20 a 60 kg/ha de P_2O_5. La producción de semilla ha sido de 50 a 200 kg/ha, sin tutores y con ellos, respectivamente. Su persistencia bajo pastoreo es afectada por su alta palatabilidad, sus puntos altos de rebrote, su deficiente enraizamiento en los estolones y su poca capacidad de producir semilla bajo pastoreo. Aparentemente, el cultivo requiere un

Digitized by Google

largo período de establecimiento, al menos de un año, para poder ofrecer una buena persistencia.

- *Centrosema brasilianum* fue evaluada en asociación con *Brachiaria humidicola* y *B. dictyoneura*. Al compararla con otras especies del género, se ha observado que, en estas dos asociaciones, tiene mejor persistencia. Esta persistencia superior bajo pastoreo—en comparación, por ejemplo, con la de *C. macrocarpum*—se debe probablemente a una mayor capacidad de producción de semilla, a un hábito de crecimiento más favorable, a la facilidad de simbiosis con las cepas nativas de *Bradyrhizobium* y a la menor palatabilidad. Se registró un rendimiento de semilla de 150 kg/ha usando tutores.

- *Centrosema acutifolium*. Las accesiones evaluadas exhibieron excelente comportamiento en los años primero y segundo, logrando una producción promedio de 1500 y 600 kg/ha de MS, en 12 semanas de crecimiento, durante las épocas de lluvia y sequía, respectivamente. Su persistencia, sin embargo, se vio afectada por necrosis en el borde de los folíolos y amarillamiento total, muriendo en ocasiones las plantas. Esto fue particularmente notorio en las parcelas de producción de semilla y en las que estaban bajo pastoreo.

Plagas y enfermedades. Se observaron severos ataques de los chupadores *Crinocerus sanctus*, *Nezara viridula* y *Piezadorus guildinii* los cuales, al afectar las legumbres, redujeron considerablemente la producción de semilla. Las enfermedades más notorias fueron *Rhizoctonia* en *C. brasilianum* y el síndrome de marchitamiento (factor X) en *C. acutifolium*.

9. Experiencia regional: Perú, Bolivia y Ecuador

G. Keller-Grein, Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania

Evaluación agronómica. En Ecuador se evaluaron, en tres localidades de la región costera, siete especies de *Centrosema*, cuya adaptación a las condiciones ambientales fue calificada como excelente (Ramírez et al., en Keller-Grein, 1990).

En Pucallpa, Perú, concluyó la evaluación de una extensa colección de varias especies de *Centrosema*:

Digitized by Google

- *Centrosema macrocarpum.* La mayoría de las 128 accesiones evaluadas estuvieron bien adaptadas a las condiciones edáficas (Ultisol ácido con alta saturación de aluminio) y fueron altamente tolerantes a plagas y enfermedades. Tomando como base el rendimiento estacional de materia seca y la producción de semilla, se identificaron tres grupos de accesiones particularmente promisorias (Keller-Grein, 1993a). Se seleccionaron 15 accesiones cuya semilla ya se multiplicó y están disponibles como "Compuesto Ucayali" CIAT 25522, para su evaluación agronómica en ensayos regionales.

- *Centrosema acutifolium.* En general, las 36 accesiones estudiadas mostraron buena adaptación a las condiciones edáficas y alta producción de materia seca. Aunque tuvieron buena floración, su producción de semilla fue relativamente baja, aparentemente porque la antracnosis afectó las legumbres inmaduras. Varias accesiones (CIAT 15813, 15446, 15814, 15086, 15448, 15812 y 15816) y el testigo CIAT 5277 (cv. Vichada) fueron consideradas promisorias.

- *Centrosema brasilianum.* Cinco de las 23 accesiones evaluadas se destacaron por su poca susceptibilidad al añublo foliar causado por *Rhizoctonia*; ellas son CIAT 5657, 5671, 15387, 15524 y 5824. En otro experimento, varias accesiones de *C. tetragonolobum* (una especie muy cercana a *C. brasilianum*) resultaron más productivas y más tolerantes a *Rhizoctonia* que *C. brasilianum* CIAT 5657 y CIAT 15524 (Keller-Grein, 1993b).

- *Centrosema pubescens.* Dentro de un proyecto realizado en varias localidades, en el cual se evaluaron 23 accesiones seleccionadas de esta especie, se hicieron tres experimentos en Perú (Pucallpa, Puerto Bermúdez y Yurimaguas), uno en Bolivia (Chipiriri) y uno en Ecuador (Napo). Se identificaron varias accesiones superiores a los dos testigos que fueron *C. pubescens* comercial (CIAT 413) y *C. pubescens* híbrido CIAT 438; las accesiones CIAT 15160, 15872, 5631 y 5634 son, al parecer, las más productivas en suelos ácidos (Cantera et al.; Ferrufino; y Lara Carretero, en Keller-Grein, 1990; Keller-Grein y Passoni, 1993).

Evaluación bajo pastoreo. En Pucallpa se evaluaron asociaciones de *C. macrocarpum* CIAT 5674 y 5735 con *Brachiaria brizantha* cv. Marandú y con *B. dictyoneura* cv. Llanero bajo

Digitized by Google

pastoreo rotatorio. Asociada con *B. dictyoneura*, el contenido de la leguminosa disminuyó en la pastura, en los 3 años de pastoreo, del 40% al 10%, y asociada con *B. brizantha*, del 19% al 10% ya en el segundo año de pastoreo. La disminución de *C. macrocarpum* ocurrió más rápidamente en las pasturas asociadas de carga alta que en las de carga media y baja (CIAT, 1991; Keller-Grein et al., en Keller-Grein, 1990). Un resultado similar se obtuvo en un experimento de pastoreo hecho en Napo, Ecuador, con pasturas en que *C. macrocarpum* CIAT 5452 estaba asociada con las mismas dos especies de *Brachiaria* (González y Anzúlez, en Keller-Grein, 1990).

Los resultados de estos ensayos indican que *C. macrocarpum* es bastante sensible al pastoreo. Tal vez tenga mayor potencial en pasturas de ciclo corto o en bancos de proteína que como componente de pasturas permanentes. Sin embargo, en un experimento con pastoreo alterno hecho en Yurimaguas, Perú, el contenido de *C. macrocarpum* CIAT 5065 en una asociación con *Andropogon gayanus*, una gramínea menos agresiva que varias especies de *Brachiaria*, se mantuvo alrededor del 40% durante los 5 años de pastoreo; la pastura dio ganancias de peso vivo de aproximadamente 650 g/animal por día (Lara Carretero et al., en Keller-Grein, 1990).

Rizobiología. En un ensayo hecho en un Inceptisol de Chipiriri, Bolivia, la inoculación de *C. macrocarpum* CIAT 5065 con *Bradyrhizobium* aumentó el rendimiento de materia seca y de nitrógeno en un 60%; este aumento se consideró equivalente a una aplicación de 100 a 150 kg/ha de N (Vallejos, en Keller-Grein, 1990).

10. Experiencia regional: zona tropical húmeda de Brasil

G. Keller-Grein, Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania

Evaluación agronómica. En Paragominas, Pará, en un ecosistema de bosque tropical semi-siempreverde estacional, se evaluó la adaptación de *Centrosema macrocarpum* (67 accesiones) y de *C. acutifolium* (8 accesiones). Veinte accesiones de *C. macrocarpum* fueron consideradas muy promisorias. De *C. acutifolium* se destacó la accesión CIAT 15086: su

Digitized by Google

comportamiento fue excelente y no fue afectada—la única de todas las accesiones—por *Rhizoctonia* (Dias Filho et al., en Keller-Grein, 1990).

En un ensayo regional de tipo B de la RIEPT (Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales), realizado en el mismo lugar, se registró buen comportamiento en cinco accesiones de *C. macrocarpum* (CIAT 5065, 5713, 5737, 5740 y 5744), en *C. pubescens* CIAT 5189 y en *C. acutifolium* CIAT 5277; *C. brasilianum*, en cambio, mostró alta susceptibilidad al micoplasma de hoja pequeña (Dias Filho, en Keller-Grein, 1990). En un ensayo similar hecho en Itapetinga, Bahía, las accesiones CIAT 5065, 5713, 5737, 5740 y 5744 de *C. macrocarpum* fueron calificadas como muy promisorias a causa de su buena adaptación y de su productividad tanto en la época de máxima como en la de mínima precipitación (Moreno Ruiz et al., en Keller-Grein, 1990).

También en Paragominas, dentro de un ensayo realizado en varias localidades con accesiones seleccionadas de *C. pubescens*, se destacaron las accesiones CIAT 5303, 15150, 5634, 5410, 5157 y 5308, así como *C. acutifolium* CIAT 5277 (cv. Vichada) a causa de su buena adaptación al suelo ácido, su mayor productividad de materia seca y de semilla, y su menor susceptibilidad a *Rhizoctonia* sp. en comparación con *C. pubescens* comercial (Serrão et al., en Keller-Grein, 1990).

Un experimento similar se realizó en Rio Branco, Acre, con 22 accesiones de *C. pubescens* y seis accesiones de *C. acutifolium*. A excepción de una accesión, *C. acutifolium* dio los rendimientos de materia seca más altos y, en general, cubrió el suelo mejor que todo el material de *C. pubescens*; sin embargo, toda la colección se vio afectada por plagas y enfermedades que dificultaron el establecimiento y la recuperación de las plantas después de los cortes (Ferreira Valentim, en Keller-Grein, 1990).

Ensayos de rizosfera y de adaptación a sombra. En un estudio realizado en cilindros con suelo no perturbado en Ilhéus, Bahía, en un Ultisol sin inocular, se halló que varias accesiones de *C. acutifolium*, de *C. brasilianum*, de *C. macrocarpum* y de *C. pubescens* respondían significativamente a la aplicación de nitrógeno. Este resultado sugiere que es necesario aplicar inoculantes con cepas de *Bradyrhizobium* que sean más efectivas que las cepas nativas (Cantarutti y Silva, en Keller-Grein, 1990).

Digitized by Google

En Porto Velho, Rondônia, la inoculación de un suelo "podzólico vermelho-amarelo" con hongos de micorriza tuvo un efecto muy notorio en la producción de materia seca y en la absorción de fósforo de varias especies forrajeras, entre ellas *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens* (Lucena Costa y Paulino, en Keller-Grein, 1990).

También en Ilhéus, *C. acutifolium* CIAT 5568 mostró buena tolerancia a la sombra: su producción de materia seca disminuyó sólo en un 10% al reducirse la radiación solar del 100% al 45%. Este comportamiento contrastó con el de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 (cv. Pucallpa) cuya producción, en iguales condiciones, se redujo en un 45% (Machado et al., en Keller-Grein, 1990).

11. Experiencia regional: sabanas de Brasil

E. A. Pizarro, CIAT-EMBRAPA/CPAC, Planaltina, Brasil

En el período 1985-1992 se hicieron en EMBRAPA/CPAC evaluaciones agronómicas de 13 especies de *Centrosema* que comprendían, en total, casi 400 accesiones. A continuación se resumen los resultados de las especies más importantes:

- *Centrosema acutifolium*. La producción media anual acumulada de las accesiones evaluadas osciló entre 2 y 4 t/ha de MS. La producción de materia seca, sin embargo, no se considera una limitación; son, en cambio, restricciones la ausencia de una adecuada producción de semilla (el 46% de las accesiones evaluadas no produjo ninguna semilla) y la susceptibilidad al micoplasma de hoja pequeña. Las accesiones más promisorias son CIAT 5112, 15249 y 15531, todas ellas representando la var. *matogrossense*.

- *Centrosema brasilianum*. En esta especie, la producción de materia seca es satisfactoria (1 a 6 t/ha por año). Por su resistencia a los períodos secos, su facilidad para asociarse con una gramínea, su alta producción de semilla (hasta 850 kg/ha) y su persistencia bajo pastoreo merece mayores esfuerzos de investigación. Su mayor limitación es la susceptibilidad al micoplasma de hoja pequeña; esta enfermedad se manifiesta más cuando las plantas no están asociadas con una gramínea y

Digitized by Google

no están pastoreadas. Las accesiones que se destacaron son CIAT 5234, 5178, 5667, 15387, 15521, 15522 y 15524.

- *Centrosema tetragonolobum*. Las accesiones evaluadas presentaron un alto grado de susceptibilidad al micoplasma de hoja pequeña y muy escasa floración. Su producción acumulada de materia seca fue relativamente alta (3.8 a 5.5 t/ha).

- *Centrosema macrocarpum*. Se evaluaron 188 accesiones, entre las cuales se identificaron materiales en que la adaptación, la producción de materia seca y la tolerancia a la sequía fueron satisfactorias. La escasa floración y la poca formación de semilla son el factor restrictivo de esta especie.

12. Experiencia regional: Australia y Asia suroriental

R. J. Clements, ACIAR, Canberra, A.C.T., Australia

B. Grof, EMBRAPA/CNPGC, Campo Grande, MS, Brasil

En Australia, la investigación sobre *Centrosema* ha avanzado principalmente en dos especies: *C. pascuorum* y *C. pubescens*. Mientras que en la región costera de Queensland central *C. pubescens* CPI 43197 está emergiendo como una accesión sobresaliente, *C. pascuorum* se está extendiendo por el trópico seco. Hay información de que en el Northern Territory ya existen 4420 ha sembradas con *C. pascuorum* (T. P. Price, comunicación personal).

En Asia suroriental, la especie más importante de *Centrosema* sigue siendo *C. pubescens* porque se usa generalmente como leguminosa de cobertura en las plantaciones de especies arbóreas. Otras especies del género se encuentran bajo evaluación en varios países de la región, pero hasta ahora no ha sido liberado ningún cultivar nuevo.

Recientemente se evaluaron en diversas localidades, dentro de un proyecto colaborativo CIAT-CSIRO, con sede en Los Baños, Filipinas, una colección de 53 accesiones de cinco especies de *Centrosema*. En los suelos de fertilidad mediana a alta se destacaron las accesiones de *C. macrocarpum* y de *C. pubescens*; de

Digitized by Google

esta última, la accesión más sobresaliente, por su productividad y por su resistencia a las enfermedades, fue CIAT 15160 de Barinas, Venezuela. En un suelo Ultisol de pH 4.2, la especie que más sobresalió fue *C. acutifolium* (cv. Vichada).

En una plantación de coco, *C. macrocarpum* demostró tener buena tolerancia a la sombra y buena resistencia a las enfermedades; aunque su producción de materia seca fue alta, produjo poca semilla.

13. Experiencia regional: Africa

S. A. Tarawali, IITA/ILRI, Ibadán, Nigeria

Durante los últimos años, el énfasis de la investigación con *Centrosema* se trasladó de *C. pubescens* a otras especies del género. Estos trabajos de investigación se concentran en la zona subhúmeda de Nigeria; allí fueron evaluadas *C. acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum* y *C. pascuorum* respecto a su potencial como forraje de suplementación durante la época seca (Tarawali et al., 1989; Tarawali, 1991; Peters, 1992; Kachelriess y Tarawali, 1993).

De estas especies, *C. pascuorum* cv. Cavalcade se considera particularmente promisoria por dos razones: su alta producción de materia seca durante el año de establecimiento y su alto potencial de producción de semilla. No obstante, el cultivar no persistió bajo pastoreo por falta de competitividad con varias especies invasoras, tendencia que manifestó también en Côte d'Ivoire (C. N. Bodji, comunicación personal).

Centrosema brasilianum es menos productiva, tanto respecto a la materia seca como a la semilla. Sin embargo, permanece verde y conserva su alto valor nutritivo durante la época seca. Se identificó un cucarrón comedor de flores (*Mylabris* sp.) que se presenta después de la cosecha del sorgo y que se considera un factor limitante.

En cuanto a otras especies, *C. acutifolium* resultó ser de lento establecimiento y de poca persistencia; además, no produjo semilla. *Centrosema macrocarpum* produce forraje verde aun en plena época seca; sin embargo, aunque florece, no produce frutos.

Digitized by Google

Referencias

Cadisch, G.; Sylvester-Bradley, R.; y Nösberger, J. 1992. Variation in growth and N_2 fixation within and among *Centrosema* spp. in response to phosphorus supply. Trop. Grassl. 26:226-234.

_____ ; _____ ; Boller, B. C.; y Nösberger, J. 1993. Effects of phosphorus and potassium on N_2 fixation (^{15}N-dilution) of field-grown *Centrosema acutifolium* and *C. macrocarpum*. Field Crops Res. 31:329-340.

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. Annual report, Tropical Pastures Program 1987-1991. Cali, Colombia. 2 vols.

Coradin, L. y Schultze-Kraft, R. 1990. Germplasm collection of tropical pasture legumes in Brazil. Trop. Agric. (Trinidad) 67:98-100.

Díaz, T. y Diez, J. 1990. Evaluación de cuatro leguminosas. En: Bancos de proteína con *P. maximum* cv. Likoni. VI Reunión Asociación Cubana de Producción Animal. Resúmenes. p. 72-73.

Ferguson, J. E. 1992. Experiences at the interface of research and development with tropical pastures. En: Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 101-120.

Fernández, J. M.; Ríos, C.; Arteaga, O.; y Avila, A. 1990. Desarrollo de añojas y producción de leche en pastizales de gramíneas puras y asociadas con leguminosas. En: VI Reunión Asociación Cubana de Producción Animal. Resúmenes. p. 1-2.

Fernández, J. y Diez, J. 1993. Tecnología para la producción de semillas de *Centrosema* en Las Tunas. Informe interno. Subestación de Pastos Las Tunas, Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes. MINAG, Cuba. p. 1-6.

Funes, F. y Monzote, M. 1993. Pasture legumes in Cuba: Past, present and future. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 3, p. 2158-2159.

González, R. J.; Clements, R. J.; y Humphreys, L. R. 1993. Flowering and seed production of *Centrosema* spp. in relation to daylength and temperature. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 2, p. 1682-1683.

Digitized by Google

Herrera, D. y Guerrero, B. 1991. Evaluación de *Centrosema macrocarpum* como suplemento en la alimentación de ganado lechero. En: Resúmenes de trabajos presentados en la XXXVII Reunión Anual del PCCMCA, Panamá. p. 209.

Ibrahim, M.; 't Mannetje, L.; y Pezo, D. 1993. Grass-legume balance under grazing in the humid tropics of Costa Rica. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 3, p. 1934-1935.

ICA (Instituto Colombiano Agropecuario). 1987. Centrosema Vichada. Boletín técnico no. 152. 13 p.

Kachelriess, S. y Tarawali, S.A. 1993. The potential of weed control to improve seed production in selected tropical forage legumes. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 2, p. 1650-1651.

Keller-Grein, G. (comp.) 1990. Primera reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales RIEPT-Amazonia, Lima, Perú, 1990. Documento de trabajo no. 75. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 2 vols.

_____. 1993a. Agronomic evaluation of *Centrosema* germplasm on an acid ultisol in the humid tropics of Peru. I. *Centrosema macrocarpum* Benth. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 3, p. 2141-2143.

_____. 1993b. Agronomic evaluation of *Centrosema* germplasm on an acid ultisol in the humid tropics of Peru. II. *Centrosema tetragonolobum* Schultze-Kraft & Williams. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 3, p. 2143-2144.

_____ y Passoni, F. 1993. Agronomic evaluation of *Centrosema* germplasm on an acid ultisol in the humid tropics of Peru. III. Selected *Centrosema pubescens* Benth. accessions. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 3, p. 2145-2146.

Digitized by Google

Lascano, C. y Avila, P. 1991. Potencial de producción de leche en pasturas solas y asociadas con leguminosas adaptadas a suelos ácidos. Pasturas Tropicales 13(3):2-10.

_____ y _____ . 1993a. Milk yield of cows with different genetic potential on tropical grass and grass-legume pastures. En: Proceedings of the XVII International Grassland Congress, Nueva Zelanda, Australia. 3 vols. New Zealand Grassland Association y otras. Palmerston North, Nueva Zelanda. Vol. 3, p. 2006-2007.

_____ y _____ . 1993b. Efecto de suplementación con proteína sobrepasante en producción de leche en pasturas tropicales. Resumen de trabajo presentado en la 13a. Reunión de ALPA, julio 1993, Santiago, Chile.

_____ ; Estrada, J.; y Avila, P. 1989. Animal production of pastures based on *Centrosema* spp. in the Eastern Plains of Colombia. En: Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Niza, Francia. p. 1177-1178.

Martín, G. y Suárez, B. 1992. Selección de cultivares promisorios bajo condiciones de pastoreo en *Centrosema* spp. En: IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano. Resúmenes. E.E.P.F. Indio Hatuey, Cuba. p. 136.

Menéndez, J. y Tang, M. 1992. Algunas recomendaciones para la explotación de leguminosas forrajeras en Cuba. En: IX Seminario Científico Nacional y I Hispanoamericano. Resúmenes. E.E.P.F. Indio Hatuey, Cuba. p. 30-33.

Mosquera, P. y Lascano, C. 1992. Producción de leche de vacas en pasturas de *Brachiaria decumbens* solo y con acceso controlado a bancos de proteína. Pasturas Tropicales 14(1):2-10.

Peters, M. 1992. Evaluierung von tropischen Weideleguminosen für Fodder Banks im subhumiden Nigeria. Tesis (Ph.D.). Justus Liebig Universität Giessen, Alemania.

Pinzón, B.; Argel, P. J.; y Montenegro, R. 1989. Selectividad de herbicidas y control de malezas en *Centrosema macrocarpum*. Pasturas Tropicales 11(1):7-12.

Rao, I. M.; Ayarza, M. A.; Thomas, R. J.; Fisher, M. J.; Sanz, J. I.; Spain, J. M.; y Lascano, C. E. 1992. Soil-plant factors and processes affecting productivity in ley farming. En: Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 145-175.

Digitized by Google

_____ ; Borrero, V.; Ayarza, M. A.; y García, R. 1995. Adaptation of tropical forage species to acid soils: The influence of varying phosphorus supply and soil type on plant growth. En: Date, R. A.; Grundon, N. Y.; Rayment, G. E.; y Probert, M. E (eds.). Plant-soil interactions at low pH; principles and management. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda. p. 235-241.

Rodríguez, J. C.; Lascano, C.; y Avila, P. 1991. Utilización de pasturas mejoradas para la alimentación de terneros lactantes. Pasturas Tropicales 13(1):24-27.

Schultze-Kraft, R. y Williams, R. J. 1990. Una nueva especie de *Centrosema* (DC.) Benth. (Leguminosae: Papilionoideae) del Orinoco. Caldasia 16(77):133-137.

Simón, L.; Ugarte, J.; González, I.; Gutiérrez, A.; e Iglesias, L. 1993. Crianza del bovino joven en pastoreo. En: Taller internacional de los pastos y forrajes en la ganadería de bajos insumos. Matanzas, Cuba. p. 26-30.

Tang, M.; Menéndez, J.; y Gazó, M. 1991. Estudio de la inoculación con *Rhizobium* en dos cultivares de *Centrosema pubescens*. Pastos y Forrajes 14:13-17.

Tarawali, S. A. 1991. Preliminary agronomic evaluation of forage legumes for subhumid west Africa. Trop. Agric. (Trinidad) 68:88-94.

_____ ; Peters, M.; y Mohamed-Saleem, M. A. 1989. Improving pasture resources in west Africa: Evaluation of forage legumes to meet the social and ecological constraints. En: Proceedings of the XVI International Grassland Congress, Niza, Francia. p. 1495-1496.

Valdés, L. R. y Paretas, J. J. 1988. Resultados alcanzados y perspectivas de las leguminosas en Cuba. En: Memorias de la 3a. Reunión de Consulta de GREDPAC-FAO, Veracruz, México. p. 23-37.

Wege, L.; Schultze-Kraft, R.; y Burgos, C. 1993. Recolección de leguminosas forrajeras nativas y distribución natural de *Centrosema* en Honduras. Ceiba 34(1):7-21.

Yáñez, S. y Funes, F. 1989. Manual práctico para la producción de semillas de pastos en Cuba. Ed. MES, La Habana, Cuba. p. 1-134.

Digitized by Google

Apéndice I

Láminas en Color

Las especies de *Centrosema* reconocidas por Williams y Clements (*ver* Capítulo 1) y la sintomatología de las enfermedades importantes de *Centrosema* descritas por Lenné et al. (*ver* Capítulo 7) se ilustran en las láminas en color I a IX y X a XI, respectivamente. Las especies de *Centrosema* se presentan en orden alfabético; no se incluyen *C. dasyanthum*, *C. heptaphyllum* y *C. tapirapoanense* porque no se dispone de fotografías de plantas vivas de esas especies. Las fotografías de las especies de *Centrosema* fueron proporcionadas por los Drs. R. Schultze-Kraft y R. J. Clements y las de las enfermedades de *Centrosema* por la Dra. J. M. Lenné.

Digitized by Google

Digitized by Google

Lámina en color I

Figura 1. *C. acutifolium.*

Figura 2. *C. acutifolium* (parcela de producción de semilla).

Figura 3. *C. angustifolium.*

Figura 4. *C. arenarium.*

Digitized by Google

Lámina en color II

Figura 5. *C. arenicola.*

Figura 6. *C. bifidum.*

Figura 7. *C. brachypodum.*

Figura 8. *C. bracteosum* (en el sitio de recolección).

Digitized by Google

Lámina en color III

Figura 9. ***C. brasilianum.***

Figura 10. *C. brasilianum* (parcela de producción de semilla).

Figura 11. ***C. capitatum.***

Figura 12. ***C. carajasense.***

Digitized by Google

Lámina en color IV

Figura 13. *C. coriaceum.*

Figura 14. *C. fasciculatum.*

Figura 15. *C. grandiflorum.*

Figura 16. *C. grazielae.*

Digitized by Google

Lámina en color V

Figura 17. *C. jaraguaense* con *Melinis minutiflora* en el sitio de recolección.

Figura 19. *C. macrocarpum.*

Figura 18. *C. latidens.*

Figura 20. *C. macrocarpum* (parcela de producción de semilla).

Digitized by Google

Lámina en color VI

Figura 21. *C. pascuorum* (primer plano de una flor).

Figura 22. *C. pascuorum.*

Figura 23. *C. platycarpum.*

Figura 24. *C. plumieri.*

Digitized by Google

Lámina en color VII

Figura 25. *C. pubescens.*

Figura 26. *C. rotundifolium* (en el sitio de recolección, y mostrando las legumbres subterráneas).

Figura 27. *C. sagittatum.*

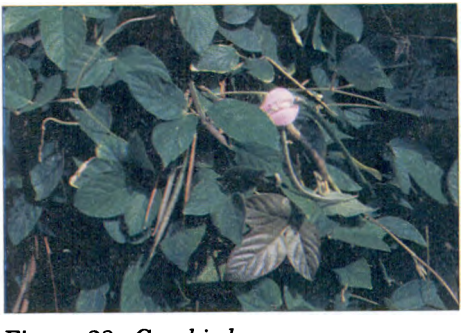


Figura 28. *C. schiedeanum.*

Digitized by Google

Lámina en color VIII

Figura 29. *C. schottii.*

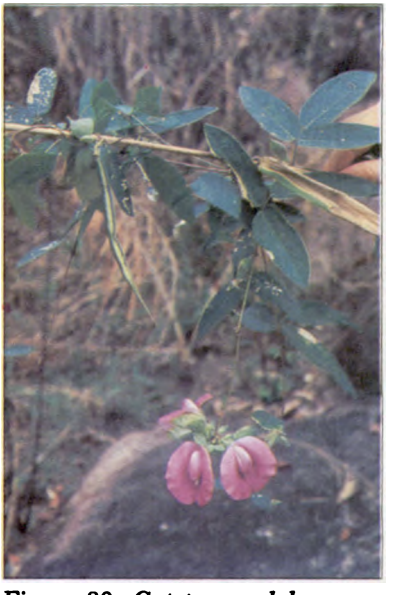


Figura 30. *C. tetragonolobum.*

Figura 31. *C. triquetrum.*

Figura 32. *C. venosum* (en el sitio de recolección).

Digitized by Google

Lámina en color IX

Figura 33. *C. vetulum.*

Figura 34. *C. vexillatum.*

Figura 35. *C. virginianum.*

Figura 36. *Centrosema* sp. n. No. 4.

Digitized by Google

Lámina en color X

Figura 37. Síntomas de la mancha foliar por *Cercospora* en folíolos de *C. pubescens.*

Figura 38. Lesiones causadas por la antracnosis en una legumbre de *C. pubescens.*

Figura 39. Síntomas del complejo de la mancha foliar causada por *Rhizoctonia / Phoma / Phomopsis* en una hoja de *C. acutifolium.*

Figura 40. Síntomas de la mancha foliar por *Cylindrocladium* en folíolos de *C. acutifolium.*

Digitized by Google

Lámina en color XI

Figura 41. Síntomas del añublo foliar por *Rhizoctonia* (AFR) en plantas de *C. brasilianum.*

Figura 42. Daño causado por el AFR a una parcela de *C. brasilianum.*

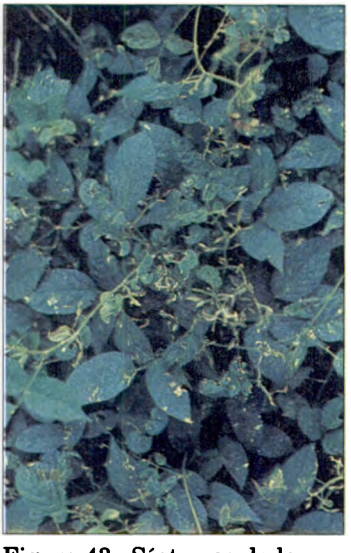


Figura 43. Síntomas de la mancha foliar por *Pseudomonas* y de muerte descendente en plantas de *C. acutifolium.*

Figura 44. Síntomas del virus del mosaico de *Centrosema* en una planta de *C. macrocarpum.*

Digitized by Google

Digitized by Google

Apéndice II

Resúmenes de las Carteleras Presentadas en la Reunión de Trabajo sobre *Centrosema* Realizada en 1987

Durante esta reunión, los delegados tuvieron la oportunidad de presentar carteleras con trabajos relevantes sobre *Centrosema*. Se presentaron cuatro carteleras y sus resúmenes se incluyen en este apéndice.

Digitized by Google

Digitized by Google

Presentación de la Cartelera 1

Estudios sobre la Biología Floral y el Sistema Reproductivo de *Centrosema macrocarpum* Benth.

G. Escobar y R. Schultze-Kraft*

Durante el trabajo de introducción de germoplasma en Colombia se observó que *Centrosema macrocarpum* florece y produce semilla en el campo, pero que, en condiciones de invernadero, no produce la semilla aunque florece profusamente. Este comportamiento contrasta con el de las demás especies de *Centrosema* estudiadas hasta el momento, en las cuales no se ha observado ninguna diferencia importante, respecto a la producción de la semilla, entre las condiciones de campo y de invernadero. En consecuencia, se estudiaron los mecanismos de polinización y reproducción de *C. macrocarpum*. Estos estudios se realizaron entre enero de 1984 y agosto de 1985 en las estaciones experimentales que el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) tiene en Palmira, Valle del Cauca, y en Santander de Quilichao, Cauca, Colombia. Las pruebas sobre los modos de polinización y reproducción se realizaron mediante el aislamiento o la protección de las plantas o de las inflorescencias de los insectos—o de ambas maneras—y mediante la polinización manual. El análisis de la dispersión del polen por los insectos se hizo marcando el polen con polvo fluorescente.

Centrosema macrocarpum tiene flores bisexuales, conspicuas, papilionáceas, de color crema con líneas o manchas purpúreas a lo largo de una franja central amarillenta en el estandarte. El desarrollo floral toma de 8 a 10 semanas desde la antesis hasta la legumbre madura.

* Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia; y Universidad de Hohenheim, Stuttgart, Alemania, respectivamente.

Digitized by Google

Las pruebas sobre el modo de reproducción indican que la polinización ocurre naturalmente sólo cuando las flores son visitadas por insectos grandes como los abejorros, no verificándose polinización eólica. El roce con la mano conduce generalmente a la polinización; las plantas son, por lo tanto, autocompatibles. Sin embargo, la polinización manual exitosa de flores emasculadas con polen de otras flores indicó que no hay barreras para la polinización cruzada. Sólo en una accesión (CIAT 15233) de una colección de varias docenas de accesiones ensayadas se observó el desarrollo de semilla en una planta aislada no sometida a polinización manual. Este caso de autopolinización espontánea puede ser determinado por el genotipo o puede ser una respuesta de la planta a un estrés ambiental particular y desconocido—o estar relacionado con ambos factores. El fenómeno indica que *C. macrocarpum* es facultativamente autógama.

En el campo se observaron numerosas visitas de insectos polinizadores de las familias Xilocopidae y Anthophoridae. El análisis de la dispersión del polen mostró un alto grado de eficiencia en el transporte del polen y un alto porcentaje de fertilización por los insectos polinizadores. Las estructuras florales involucradas y el mecanismo de polinización entomófila sugieren que se presenta un alto grado de polinización cruzada (alogamia) en *C. macrocarpum*.

También se encontraron indicaciones de autoesterilidad en plantas que tenían protección contra la polinización entomófila: tanto el porcentaje de desarrollo de legumbres a partir de las flores como el número de semillas desarrolladas por legumbre fueron notablemente más bajos cuando las flores fueron polinizadas manualmente que cuando lo fueron por insectos. En la accesión facultativamente autopolinizada, CIAT 15233, el número de óvulos sin fertilizar fue particularmente alto.

Estos estudios preliminares indican que, en la evolución de su biología floral, *C. macrocarpum* ha desarrollado varias estrategias de polinización. Sin embargo, la especie puede considerarse actualmente como entomófila obligada. La morfología floral y el mecanismo de polinización favorecen la polinización cruzada (alogamia), pero no excluyen la autopolinización.

Digitized by Google

Presentación de la Cartelera 2

Biogeografía de *Centrosema* en Cuba

J. Menéndez V.*

La precipitación anual en Cuba es de 1375 mm, 80% de la cual se presenta durante una estación húmeda que dura 6 meses, de mayo a octubre. La precipitación es mayor en las zonas montañosas y en la región norte, siendo menor hacia el sur y el extremo oriental del país. Un estudio de la vegetación, empleando el método de muestreo de "microfronteras", tuvo como objetivo describir la distribución natural de las leguminosas forrajeras nativas en Cuba. Con este propósito, se dividió el país en cinco regiones naturales: la región occidental; la Isla de Pinos, con la Isla de la Juventud como su principal componente; la región central; la región de Camagüey-Maniabón; y la región oriental.

Cuatro especies de *Centrosema* (*C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. schottii* y *C. virginianum*) se registraron en la región occidental y en la Isla de Pinos. De éstas, *C. pubescens* fue la especie más común, más ampliamente distribuida y más atractiva como planta forrajera. Las cuatro especies también estuvieron representadas en la región central y en parte de la región de Camagüey-Maniabón, donde *C. pubescens* fue, una vez más, la especie sobresaliente. En estas regiones, *C. pubescens* se presentaba asociada con *Hyparrhenia rufa*, *Dichanthium annulatum* y con la vegetación de sabana donde *Sporobolus indicus* y *Andropogon bicornis* eran las gramíneas predominantes. Los tipos de suelo variaban, aunque *C. pubescens* no se encontró en suelos muy ácidos o en suelos mal drenados. *Centrosema schottii* se presentó principalmente en suelos arenosos.

Además de dos especies no identificadas, también se registraron *C. plumieri*, *C. pubescens*, *C. schottii* y *C. virginianum* en la región oriental y en el nordeste de la región de Camagüey-Maniabón.

* Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey", Perico, Matanzas, Cuba.

Digitized by Google

Nuevamente, *C. pubescens* fue allí la especie de mayor frecuencia; se encontró en una amplia variedad de suelos, especialmente en las tierras marginales con pasturas nativas y vegetación arbustiva. En el norte de la Provincia de Holguín y hacia el noroeste de Guantánamo—donde se halló una de las especies aún no identificadas—también se presentó *C. pubescens*, en asociación con pasto pangola (*Digitaria decumbens*) o con cultivos como caña de azúcar y café. La otra especie sin identificar es rastrera y se encontró en Pinares de Mayarí, Provincia de Holguín; crecía entre escasa vegetación, a una altitud de 1000 m.s.n.m. y en un suelo fersialítico rojo-pardo. *Centrosema plumieri* fue abundante en el suroeste de la Provincia de Las Tunas donde estuvo representada por dos tipos diferentes. En las zonas restantes de esta región, ni *C. plumieri* ni *C. schottii* fueron frecuentes.

En conclusión, *C. pubescens* es la especie de *Centrosema* más difundida en todo Cuba, presentándose en una amplia variedad de tierras cultivadas y de pasturas. Salvo unas pocas muestras de la región oriental, *C. pubescens* siempre presentó síntomas de una enfermedad viral de mosaico. Estos síntomas, sin embargo, no se detectaron en las otras especies. Todas las especies registradas de *Centrosema*, especialmente *C. pubescens* y *C. plumieri*, presentaron variación morfológica.

Digitized by Google

Presentación de la Cartelera 3

Centrosema en Minas Gerais, Brasil

N. M. Sousa Costa*

En el Estado de Minas Gerais hay variación tanto en la precipitación anual total como en la distribución de ésta, en suelos y en vegetación. Según la literatura, muchas especies de *Centrosema* son nativas de este estado. En especial, la región norte—de menor desarrollo agrícola y con una precipitación anual total inferior a 1000 mm que ocurre en sólo 5 meses—tiene una rica diversidad de especies de *Centrosema*. Sin embargo, la recolección y la evaluación de ese germoplasma han sido muy escasas.

Recolección de germoplasma nativo. Se ha recolectado germoplasma de las siguientes especies en Minas Gerais:

Centrosema acutifolium: cerca de Ipiassú en el Triángulo Mineiro.

C. brachypodum: cerca de Itamonte, João Felício y Pocos de Caldas, con 1500 a 1700 mm de precipitación anual y 4 a 5 meses de tiempo seco.

C. brasilianum: cerca de Jacínto, Janaúba y Januária, con 700 a 950 mm de precipitación anual y 5 a 7 meses de tiempo seco.

C. coriaceum: cerca de Serro, a 900 m.s.n.m., en un suelo ácido arenoso, en vegetación de tipo "campo rupestre", con 1620 mm de precipitación anual y 5 meses de tiempo seco.

C. grazielae: cerca de Diamantina a 1300 m.s.n.m., una accesión anficárpica de un suelo pobre muy arenoso, en vegetación de tipo campo rupestre, con 1550 mm de precipitación anual y 5 meses de tiempo seco.

* Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), Sete Lagoas, MG, Brasil.

Digitized by Google

C. plumieri: en la región Unaí-Buritis, en un suelo aluvial muy fértil de la ribera de un río.

C. pubescens: una especie muy difundida; las accesiones se recolectaron cerca de Bom Jardím de Minas, Governador Valadares, Nanuque y Teófilo Otoni en suelos de intermedia a alta fertilidad y con 1200 a 1400 mm de precipitación anual y 2 a 5 meses de tiempo seco.

C. sagittatum: cerca de Janaúba, 700 mm de precipitación anual, en un suelo fértil.

C. schottii: en ambientes secos del norte de Minas Gerais, por ejemplo, cerca de Montes Claros.

C. venosum: una especie anficárpica encontrada en suelos pobres, extremadamente arenosos, cerca de Novo Cruzeiro en vegetación de "cerrado" y cerca de Diamantina en vegetación de tipo campo rupestre.

C. virginianum: también una especie muy difundida, con recolecciones provenientes de Andrelândia, Jaíba, Montes Claros, Padre Paraiso y São João del Rei; 750-1500 mm de precipitación anual y 4 a 7 meses de tiempo seco.

Urge realizar actividades adicionales de recolección en Minas Gerais, especialmente en vista de la rápida y extensa erosión genética detectada allí.

Evaluación. La evaluación de *Centrosema* en Minas Gerais se ha restringido virtualmente al trabajo hecho en los jardines de introducción con germoplasma nativo e introducido. El siguiente resumen se basa en las observaciones hechas con un número pequeño de accesiones en un número variable de sitios de ensayo.

Centrosema pubescens: es la especie más estudiada; tiene adaptación variable; sus principales limitaciones bióticas son el añublo foliar por *Rhizoctonia* (AFR) y el insecto comedor de hojas *Diabrotica*.

C. acutifolium: tiene buena adaptación a las condiciones del Cerrado; es tolerante a plagas y enfermedades; presenta buena producción de semillas.

Digitized by Google

C. brasilianum: es susceptible al AFR y al insecto chupador *Cyrtocapsus*.

C. macrocarpum: se establece lentamente; es susceptible a *Cyrtocapsus*; su producción de semillas es deficiente.

C. sagittatum: se comporta como una planta anual; requiere de suelos de alta fertilidad.

C. schottii: se comporta como una planta anual; requiere de suelos de alta fertilidad; tolera plagas y enfermedades; su producción de semillas es moderada.

En conclusión, *C. acutifolium* parece ser una especie especialmente promisoria para Minas Gerais, especialmente en las condiciones del Cerrado. Deben evaluarse más accesiones de esta especie. La evaluación sistemática de un rango de germoplasma más amplio debe, sin embargo, extenderse también a otras especies de *Centrosema*, con el fin de identificar material adaptado a suelos de baja fertilidad y tolerante a plagas y enfermedades.

Digitized by Google

Presentación de la Cartelera 4

Caracterización de *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 en los Llanos Orientales de Colombia

L. E. Hoyos y D. Thomas*

La información aquí resumida fue recopilada por miembros del Programa de Pastos Tropicales (actualmente Programa de Forrajes Tropicales) del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en ensayos realizados entre 1982 y 1985 en el Centro Nacional de Investigaciones Carimagua del ICA, en los Llanos Orientales de Colombia. La estación tiene 4° 3' de latitud N, 71° 30' de longitud O, y una altitud de 150 a 175 m.s.n.m. Tiene una precipitación anual de 2100 mm distribuida de abril a noviembre, y una temperatura anual media de 26 °C. Sus suelos se clasifican como Oxisoles.

Centrosema acutifolium CIAT 5277 es nativa de los Llanos Orientales de Colombia. Es una especie perenne rastrera y trepadora que tiene gran capacidad de enraizamiento en los nudos de los estolones. CIAT 5277 crece bien en los climas tropicales donde la precipitación varía de 1000 a 2500 mm por año, y en altitudes que van desde el nivel del mar hasta los 1400 m. Está bien adaptada a suelos de pH bajo con alta saturación de aluminio y un nivel de nutrimentos relativamente bajo.

Centrosema acutifolium CIAT 5277 se ha establecido con éxito en Carimagua cuando se ha preparado el suelo con métodos de labranza mínima. Tales métodos reducen el riesgo de erosión y los costos de establecimiento. Se recomienda la siembra temprana en la época húmeda para asegurar un crecimiento vigoroso y

* Universidad de Córdoba, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Montería, Colombia; y Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia (actualmente en Gran Bretaña), respectivamente.

Digitized by Google

una buena producción de semilla en el primer año. La semilla, una vez escarificada con ácido sulfúrico concentrado durante 5 a 10 minutos, puede sembrarse a una densidad de 3 a 4 kg/ha. Se recomienda inocular la semilla. En un ensayo de invernadero, en el que se emplearon cilindros con suelo no perturbado de Carimagua, CIAT 3101 fue la cepa más efectiva de *Bradyrhizobium* entre las ocho estudiadas. La semilla puede sembrarse a voleo o con la de una gramínea en hileras alternas separadas de 60 a 90 cm y a una profundidad de 12 a 15 mm. La gramínea y la leguminosa deben sembrarse simultáneamente. La fertilización que se recomienda en Carimagua para el establecimiento es la siguiente: 22 kg/ha de P, 30 kg/ha de K, 20 kg/ha de Mg y 20 kg/ha de S. Para mantener la producción, se recomienda aplicar cada 2 años la mitad de la fertilización de establecimiento.

En ensayos agronómicos preliminares, *C. acutifolium* CIAT 5277 mostró un vigor vegetativo excelente, y en experimentos posteriores de corte superó en rendimiento a otras ocho accesiones promisorias de *Centrosema*. *Centrosema acutifolium* CIAT 5277 es resistente a plagas como los insectos comedores y cortadores de hojas, y a enfermedades como el añublo foliar por *Rhizoctonia*, la mancha foliar por *Cercospora* y la bacteriosis. Cultivadas en el Oxisol de Carimagua con una mínima aplicación de fertilizantes, las plantas no han manifestado síntomas de deficiencia o de toxicidad nutricional. En los ensayos de pastoreo a gran escala, las ganancias diarias de peso vivo obtenidas durante períodos cortos en la época húmeda han llegado a 1000 g/animal, en asociaciones que contenían *Andropogon gayanus* cv. Carimagua 1. Durante la época seca, la ganancia de los animales ha sido de 115 g/día. Bajo sistemas flexibles de manejo del pastoreo, el contenido de leguminosa en las praderas mixtas ha variado, aunque se ha mantenido en el nivel del 25% al 26% bajo un régimen de 7 días de pastoreo seguidos de 7 días de descanso. Con recolección manual, el rendimiento de semilla pura de esta accesión ha sido de 112 kg/ha. El Instituto Colombiano Agropecuario liberó a *C. acutifolium* CIAT 5277 como cultivar Vichada el 9 de octubre de 1987.

Digitized by Google

Digitized by Google

Apéndice III

Lista de Autores y de Participantes de la Reunión de Trabajo sobre *Centrosema* Realizada en 1987

AFRICA

Nigeria

* Shirley A. Tarawali
International Institute of Tropical Agriculture (IITA)/
International Livestock Research Institute (ILRI)
Ibadán
Correspondencia: c/o L. W. Lambourn
26 Dingwall Road
Croydon CR9 3EE, Gran Bretaña

Zimbabwe

John N. Clatworthy
Grasslands Research Station
Private Bag 3701
Marondera

AMERICA CENTRAL, MEXICO Y EL CARIBE

Antigua

Robert T. Paterson
Caribbean Agricultural Research and Development Institute
(CARDI)
P.O. Box 766
Friars Hill-St. John's

* El asterisco identifica a los autores que no participaron en el taller.

Digitized by Google

Costa Rica
Pedro J. Argel
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Instituto Interamericano para la Cooperación Agrícola (IICA)
Apartado Postal 55
2200 Coronado, San José
Fax: 506-2294981
E-mail: p.argel@cgnet.com

Rosemary Sylvester-Bradley
Servicios Científicos Agropecuarios (S.C.A.)
Apartado 301
San Isidro del General Pérez Zeledón
Tel./Fax: 506-7713694

Cuba
Juvenal Menéndez V.
Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey"
Central España Republicana
Perico, Matanzas

* Fernando Funes
Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes
Ministerio de la Agricultura
Carretera 43, km 1½, Cangrejeras
Bauta, La Habana

* S. Yañez
Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes
Ministerio de la Agricultura
Carretera 43, km 1½, Cangrejeras
Bauta, La Habana

México
Armando Peralta M.
Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias (INIFAP)
Campo Agrícola Experimental de Iguala
Apartado Postal 29
Iguala, Guerrero

AMERICA DEL NORTE

Canadá
John Lazier
187 King St. West
Cobourg, Ontario K9A 2M8

Digitized by Google

Estados Unidos
Albert E. Kretschmer, Jr.
University of Florida
Agricultural Research and Education Center Fort Pierce (ARECFP)
P.O. Box 248
Fort Pierce, FL 33454-0248

* Ronald M. Sonoda
University of Florida
Agricultural Research and Education Center Fort Pierce (ARECFP)
P.O. Box 248
Fort Pierce, FL 33454-0248

James M. Spain
3899 NW Jameson Drive
Corvallis, OR 97350

AMERICA DEL SUR

Argentina
Juan L. Pérego
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agrícola de Mercedes
Casilla de Correo 38
3470 Mercedes, Corrientes

Olegario Royo Pallarés
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agrícola de Mercedes
Casilla de Correo 38
3470 Mercedes, Corrientes

* Alfredo E. Vorano
Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA)
Estación Experimental Agrícola de Salta
Casilla de Correo 228
4400 Salta

Bolivia
José G. Salinas
Calle Garcilazo de la Vega 336
Villa Galindo
Cochabamba

Digitized by Google

Brasil

* Lidio Coradin
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro Nacional de Recursos Genéticos (CENARGEN)
Caixa Postal 10.2372
70.770 Brasilia-DF

Jonas B. da Veiga
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU)
Caixa Postal 48
66.000 Belém-PA

Ronaldo P. de Andrade
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC)
Caixa Postal 70.0023
73.300 Planaltina-DF

Bela Grof
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC)
Caixa Postal 154
79.002-970 Campo Grande-MS
Fax: 55-67-7632245

Stephen L. Lapointe
Proyecto PROFISMA (Projeto Proteção Fitossanitária Sustentável da Cultura da Mandioca de CIAT-EMBRAPA-IITA)
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura (CNPMF)
Caixa Postal 007
44.380-000 Cruz das Almas-BA
Fax: 55-75-7211118

Miguel A. Moreno R.
Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira (CEPLAC)
Centro de Pesquisas do Cacau (CEPEC)
Caixa Postal 7
45.600 Itabuna-BA

M. I. de O. Penteado
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC)
Caixa Postal 154
79.100 Campo Grande-MS

Digitized by Google

Esteban A. Pizarro
Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC)
Caixa Postal 08223
73.301-970 Planaltina-DF
Fax: 55-61-3893016
E-mail: ciat@sede.embrapa.br

Roza Maria Schunke
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC)
Caixa Postal 154
79.100 Campo Grande-MS

Aryno Serpa
Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO-RIO)
Estação Experimental de Itaguaí
Estrada Rio-São Paulo, Km 47
23.851 Seropédica-RJ

E. Adilson S. Serrão
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (CPATU)
Caixa Postal 48
66.000 Belém-PA

Sebastião M. Souto
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA)
Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa de Biología do Solo (UAPNPBS)
Estrada Rio-São Paulo, Km 47
23.851 Seropédica-RJ

Colombia

Luis Eduardo Hoyos
Universidad de Córdoba
Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia
Apartado Aéreo 1309
Montería, Córdoba

Pablo E. Mendoza
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)
Apartado Aéreo 151123 (El Dorado)
Santafé de Bogotá

Digitized by Google

* Manuel Sánchez
Universidad Nacional de Colombia
Apartado Aéreo 237
Palmira

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)
Apartado Aéreo 6713
Cali
Fax: 57-2-4450-073
E-mail: ciat-forages@cgnet.com

Germán Escobar
Programa de Manejo de Tierras

Myles J. Fisher
Programa de Trópico Bajo

Peter C. Kerridge
Líder, Programa de Forrajes Tropicales

Carlos E. Lascano
Programa de Forrajes Tropicales

John W. Miles
Programa de Forrajes Tropicales

* Idupulapati M. Rao
Programa de Forrajes Tropicales

* Richard J. Thomas
Programa de Trópico Bajo

Raúl Vera
Programa de Trópico Bajo

Perú
Ricardo C. Pérez
Instituto Superior Tecnológico (IST)
Apartado 151
Tarapoto

César A. Reyes A.
Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura (IVITA)
Apartado 245
Pucallpa

Digitized by Google

José M. Toledo
Baltazar La Torre 490
San Isidro
Lima
Fax: 51-14-220044

Uruguay
Carlos Seré
Casilla de Correos 18944
11500 Montevideo
Fax: (598-2) 602739
E-mail: c.sere-idrc@cgnet.com

Venezuela
Adalberto J. Flores A.
Agrossabanca, C.A.
Apartado Postal 161
El Tigre 6034 A, Anzoátegui

ASIA

Filipinas
Anake Topark-Ngarm
International Rice Research Institute (IRRI)
P.O. Box 933
Manila

Malaysia
Chee Yan Kuan
Rubber Research Institute Experiment Station
47000 Sungai Buloh
Selangor

* Eng Pei Kong
Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI)
P.O. Box 525
86009 Kluang, Johor

Wong Choi Chee
Malaysian Agricultural Research and Development Institute (MARDI)
P.O. Box 12301
50774 Kuala Lumpur

Digitized by Google

Tailandia

* David A. Ivory
Department of Agriculture
P.O. Box 9-43
Bangkhen, Bangkok 10900

AUSTRALIA

* Phillip Anning
Queensland Department of Primary Industries (QDPI)
P.O. Box 266
Bowen, Queensland 4805

Donald G. Cameron
Queensland Department of Primary Industries (QDPI)
G.P.O. Box 46
Brisbane, Queensland 4805

Robert J. Clements
Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR)
G.P.O. Box 1571
Canberra, A.C.T. 2601
Fax: 61-62-573051
E-mail: clements@aciar.gov.au

Richard A. Date
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO)
Division of Tropical Crops and Pastures
306 Carmody Road
St. Lucia, Queensland 4067

John E. Ferguson
29 William St.
Buderim, Queensland 4556
Fax: 61-74-458474

* John M. Hopkinson
Queensland Department of Primary Industries (QDPI)
Walkamin Research Station
Walkamin, Queensland 4872

L. Ross Humphreys
University of Queensland
Department of Agriculture
St. Lucia, Queensland 4067

Digitized by Google

* Thomas G. Stockwell
Northern Territory Department of Primary Production
(NTDPP)
Katherine Research Station
P.O. Box 1346
Katherine, N.T. 5780

James K. Teitzel
P.O. Box 106
Innisfail, Queensland 4860

Ronald J. Williams
Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation
(CSIRO)
Division of Tropical Crops and Pastures
306 Carmody Road
St. Lucia, Queensland 4067

EUROPA

Alemania

Elke Böhnert
Frankenbergstr. 2
35104 Lichtenfels

Gerhard Keller-Grein
Universität Hohenheim (380)
70593 Stuttgart
Fax: 49-711-4592304
E-mail: gkg@uni-hohenheim.de

Rainer Schultze-Kraft
Universität Hohenheim (380)
70593 Stuttgart
Fax: 49-711-4594207
E-mail: pastures@uni-hohenheim.de

Gran Bretaña

Georg Cadisch
Wye College, University of London
Dept. of Biochemistry & Biological Sciences
Wye, Ashford
Kent TN25 5AH

Digitized by Google

Jillian M. Lenné
National Resources Institute (NRI)
Central Avenue
Chatham Maritime
Kent ME4 4TB
Fax: 634880066

Derrick Thomas
National Resources Institute (NRI)
Central Avenue
Chatham Maritime
Kent ME4 4TB

Portugal
Nuno M. S. Costa
Estação Florestal Nacional
Rua do Borja No. 2
1300 Lisboa

Digitized by Google

Apéndice IV

Lista de Acrónimos y Abreviaturas Usados en la Obra

Acrónimo	Institución	País
ACIAR	Australian Centre for International Agricultural Research	Australia
ARECFP	Agricultural Research and Education Center, Fort Pierce (del IFAS, Universidad de Florida)	E.U.
CARDI	Caribbean Agricultural Research and Development Institute	Región del Caribe
CENARGEN	Centro Nacional de Recursos Genéticos (de EMBRAPA)	Brasil
CEPEC	Centro de Pesquisas do Cacau (de CEPLAC)	Brasil
CEPLAC	Comissão Executiva do Plano da Lavoura Cacaueira	Brasil
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical	Colombia
CNPGC	Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (de EMBRAPA)	Brasil
CPAC	Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (de EMBRAPA)	Brasil
CPATU	Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Úmido (de EMBRAPA)	Brasil
CRECED	Centro Regional de Capacitación, Extensión y Difusión de Tecnología (del ICA)	Colombia
CSIRO	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation	Australia
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária	Brasil
EPAMIG	Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais	Brasil
FAO	Food and Agriculture Organization of the United Nations	Italia
FLAG	Forage Agronomy Group (de ILCA)	Etiopía

Digitized by Google

Acrónimo	Institución	País
FONAIAP	Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias	Venezuela
IBPGR	International Board for Plant Genetic Resources (actualmente IPGRI, International Plant Genetic Resources Institute)	Italia
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario	Colombia
IDIAP	Instituto de Investigación Agropecuaria de Panamá	Panamá
IFAS	Institute of Food and Agricultural Sciences (de la Universidad de Florida)	E.U.
ILCA	International Livestock Centre for Africa (actualmente ILRI)	Etiopía
ILRI	International Livestock Research Institute	Etiopía
INERA	Institut National pour l'Étude et la Recherche Agronomique	Zaire
INIFAP	Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Agropecuarias	México
INIPA	Instituto Nacional de Investigación y Promoción Agropecuaria (actualmente INIA, Instituto Nacional de Investigación Agraria)	Perú
INTA	Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria	Argentina
IVITA	Instituto Veterinario de Investigaciones Tropicales y de Altura	Perú
MARDI	Malaysian Agricultural Research and Development Institute	Malaysia
NifTAL	Nitrogen Fixation for Tropical Agricultural Legumes (Proyecto de la Universidad de Hawai)	E.U.
NTDPP	Northern Territory Department of Primary Production	Australia
PANESA	Pasture Network for Eastern and Southern Africa	Etiopía
PESAGRO-RIO	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro	Brasil
PRONIEGA	Programa Nacional de Investigación y Extensión Ganadera	Paraguay
PROPASTO	Projeto Melhoramento de Pastagem da Amazônia (de CPATU)	Brasil

Digitized by Google

QDPI	Queensland Department of Primary Industries	Australia
RIEPT	Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales	Colombia
RRIM	Rubber Research Institute of Malaysia	Malaysia
UAPNPBS	Unidade de Apoio ao Programa Nacional de Pesquisa de Biología do Solo (de EMBRAPA)	Brasil

Abreviatura	**Explicación**
Af, Afi	Climas de bosque húmedo, tropicales, lluviosos, sin ninguna época seca (según la clasificación de Köppen)
AFR	Añublo foliar causado por *Rhizoctonia*
Am, Ami	Climas de bosque húmedo, tropicales, monzónicos, con una época seca restringida (según la clasificación de Köppen)
an.	Animal
Aw, Awi	Climas tropicales en que alternan períodos húmedos y secos, con una época seca bien definida (según la clasificación de Köppen)
BA	Bahía, Estado de Brasil
BNR	Hongos binucleados semejantes a *Rhizoctonia* (binucleate *Rhizoctonia*-like)
BST	Bosque seco tropical
BHT	Bosque húmedo tropical
BEST	Bosque estacional semi-siempreverde tropical
CeMV	Virus del mosaico de *Centrosema* (Centrosema mosaic virus, un potyvirus, caracterizado como una cepa del virus del mosaico de la soya, SMV)
CenMV	Virus del mosaico de *Centrosema* (Centrosema mosaic virus, un potexvirus también conocido como CaMV)
Cfa	Climas mesotérmicos húmedos que no tienen época seca (según la clasificación de Köppen)
CI	Centro de Investigación (del ICA)
CIC	Capacidad de intercambio catiónico
Cwa	Climas mesotérmicos húmedos con un invierno seco (según la clasificación de Köppen)
DF	Distrito Federal, Brasil

Digitized by Google

Abreviatura	Explicación
DIVMO	Digestibilidad in vitro de la materia orgánica
DIVMS	Digestibilidad in vitro de la materia seca
ELISA	Prueba inmunoenzimática (enzyme-linked immunosorbent assay)
ERA	Ensayo regional de tipo A, de la RIEPT
ERB	Ensayo regional de tipo B, de la RIEPT
FC	Fibra cruda
FL	Estado de Florida, E.U.
HI	Estado de Hawai, E.U.
H.R.	Humedad relativa
IVN	Indice de valor nutritivo (del forraje)
M	Solución molar (mol por litro)
meq	Miliequivalente (químico)
MG	Minas Gerais, estado de Brasil
MO	Materia orgánica
MPa	Megapascal, una unidad de presión
MS	Materia seca
MS	Mato Grosso do Sul, estado de Brasil
MSD	Materia seca digestible
MSM	Microorganismos semejantes a micoplasmas
m.s.n.m.	Metros sobre el nivel del mar
MV	Materia verde
N.T.	Northern Territory, Australia
PC	Proteína cruda
ppm	Partes por millón
PV	Peso vivo (del ganado)

Digitized by Google

Abreviatura	Explicación
PWV	Virus de la leñosidad del maracuyá (passionfruit woodiness virus)
Qld.	Queensland, estado de Australia
RJ	Rio de Janeiro, estado de Brasil
SD-BHT	Sabana derivada del bosque húmedo tropical
s.f.	sin fecha (en citas bibliográficas)
SMV	Virus del mosaico de la soya (Soybean Mosaic Virus)
SP	São Paulo, estado de Brasil
VA	Vesículo-arbuscular (respecto a micorrizas)
YMA	Medio de levadura, manitol y agar (yeast-mannitol-agar medium)

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Publicación CIAT No. 208

Programa de Forrajes Tropicales y Unidad de Comunicaciones

Traducción:	Unidad de Comunicaciones (ENGSPAN + postedición)
Edición técnica:	Gerhard Keller-Grein
Edición de producción:	Francisco Motta (editor) Gladys Rodríguez (asistente editorial)
Producción:	Unidad de Artes Gráficas, CIAT - Julio César Martínez y Oscar Idárraga (composición de textos) - Julio César Martínez (diseño de carátula)
Impresión:	Stapel Impresores, Cali

Digitized by Google

ISBN 958-9183-48-4

Digitized by Google