

Informe Bianual 1994-1995

Programa de Forrajes Tropicales

Documento de Trabajo No. 153, 1995

Contenido

	Página no.
Introducción	1.1-5
Recursos Genéticos Forrajeros	
Proyecto: Recursos Genéticos Forrajeros	2.1-32
Mejoramiento de Forrajes	
Proyecto: Mejoramiento genético de <i>Brachiaria</i>	3.1-15
Proyecto: Mejoramiento del Acervo genético de <i>Arachis</i> forrajero	4.1-15
Proyecto: Desarrollo de cultivares persistentes de <i>Stylosanthes</i>	5.1-13
Adaptación y utilización de forrajes	
Proyecto: Forrajes con alto valor nutritivo	6.1-13
Proyecto: Atributos de adaptación de plantas forrajeras a suelos infértiles	7.1-17
Proyecto: Componentes forrajeros de reconocido comportamiento en sistemas de producción	8.1-31
Proyecto: Apoyo institucional	9.1-9
Publicaciones	10.1-8
Lista de personal	11.1-2
Donantes	12.1

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) es una institución de investigación orientada hacia el desarrollo agrícola, dedicada a la aplicación de la ciencia para aliviar el hambre y la pobreza en países en desarrollo.

El CIAT es uno de 16 centros internacionales agrícolas de investigación bajo el auspicio del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI).

El presupuesto central del CIAT es financiado por varios donantes. Durante 1994-1995 estos donantes del CIAT incluyen los países de Australia, Bélgica, Canadá, China, Colombia, Francia, Alemania, Irán, Italia, Japón, México, los Países Bajos, Noruega, España, Suecia, Suiza, el Reino Unido y los Estados Unidos de América. Organizaciones que son donantes del CIAT incluyen el Banco Internacional de Desarrollo (BID), la Comunidad Económica Europea (CEE), la Fundación Ford, la Fundación para el Desarrollo Agrícola (FUNDAGRO), el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF), el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), el Fondo Internacional para Desarrollo Agrícola (IFAD), la Fundación Kellogg, la Fundación Rockefeller, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) y el Banco Mundial (BM).

La sede del Programa de Forrajes Tropicales está ubicada en Cali, Colombia, con científicos en San José, Costa Rica; Brasilia, Brasil; y Los Baños, Las Filipinas.

Sede

Programa Forrajes Tropicales
CIAT
Apartado Aéreo 6713
Cali, Colombia
Teléfono: 57-2-4450 000
Fax: 57-2-4450 073
Correo electrónico:
CIAT-forages@cgnet.com

Costa Rica

Pedro J. Argel
CIAT-IICA
Apartado 55
2200 Coronado, San José
Telefax 506 2294981
Fax 506 2294741 (IICA)
Correo electrónico: p.argel@cgnet.com

Brasil

Esteban A. Pizarro
CIAT-CPAC
Caixa postal 08,223
73.301/970 Planaltina-DF
Telefax: 55 61 3893016
Correo electrónico: ciat@cpac.embrapa.br

Filipinas

Werner Stür
CIAT-IRRI
Los Baños, Laguna
c/o P.O. Box 933
1099 Manila, Filipinas
Teléfono 63-2 8181926
Fax 63-2 8911292
Correo electrónico: w.stur@cgnet.com

Introducción

Este es el segundo informe bianual del Programa de forrajes del CIAT. Fue preparado como un informe al Comité de Programas de la Junta Directiva del CIAT y servirá como una base para discusión a la revisión interna del Programa.

Se enviará a colegas en la RIEPT, SEAFRAD e ILRI que apoya la red AFRNET, y a otras instituciones con quienes colaboramos. Los invitamos a que nos hagan conocer su reacción sobre la relevancia de nuestras actividades y cómo podremos lograr una coordinación y colaboración más cercana con ustedes. La reacción de ustedes es importante en este momento, ya que el CIAT está preparando un nuevo plan a mediano plazo para el período 1998-2000.

1.1 Desarrollo de una estrategia

La investigación en forrajes tropicales en el CIAT se inició con la selección de gramíneas y leguminosas para las sabanas tropicales en zonas bajas, húmedas. Primero en los Llanos Orientales de Colombia, en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). Los suelos ácidos de baja fertilidad y alta incidencia de enfermedades y plagas constituyen un ambiente hostil para las plantas; y muchas de éstas, que han sido seleccionadas para otros ambientes tropicales, no sobreviven cuando se introducen allí.

Estas investigaciones iniciales se continuaron con la colaboración de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropécuaria (EMBRAPA) mediante la evaluación de forrajeras para los Cerrados brasileños, un ambiente con suelos similares a los del ecosistema anterior, pero con una estación seca más larga y severa.

Esta época fue un período de recolección activa de nuevas especies de forrajeras en América del Sur, África y Asia, conducido por el CIAT con la colaboración activa de los servicios nacionales de investigación agrícola (SNIA) y el apoyo del IPGRI. El énfasis en selección se orientó al mejoramiento del rendimiento y la calidad de las forrajeras, además de la adaptación climática y edáfica, ya que en general las gramíneas nativas de las sabanas tienen un valor forrajero muy bajo.

La evaluación se extendió luego a los márgenes de bosque a través de sitios de investigación en Guápiles, Costa Rica, y Pucallpa, Perú, y en colaboración cercana

con investigadores brasileños en la Amazonía. En los márgenes de bosque, el énfasis se orientó hacia la identificación de asociaciones estables de gramíneas-leguminosas como un componente alternativo para estabilizar el uso de la tierra en áreas ya deforestadas.

La evaluación del germoplasma identificado en el CIAT, que resultó exitoso en estas ecoregiones se extendió más tarde a sistemas mixtos de producción en fincas de pequeños productores en las laderas del Cauca, Colombia, y en áreas húmedas y subhúmedas del Sudeste de Asia y África Occidental.

Además de la evaluación directa por personal del CIAT, cientos de investigadores de los SNIA en América tropical colaboraron a través de la RIEPT en la evaluación de accesiones promisorias de forrajeras.

En 1992, en la época de la formalización de la investigación en manejo de recursos naturales, el CIAT se involucró a nivel mundial en la investigación sobre evaluación y producción de forrajeras en todo el trópico subhúmedo y húmedo, con una planta de especialistas en una serie de disciplinas —distribución geográfica de plantas, genética, patología, entomología, ecología, nutrición de plantas, nutrición animal, agronomía y socioeconomía.

1.2 Una estrategia nueva

Un nuevo CIAT. En julio de 1992, el CIAT introdujo la investigación en el manejo de recursos naturales para complementar el desarrollo de germoplasma en los cultivos de mandato —frijol, yuca, forrajes tropicales y Arroz.

La investigación en manejo de recursos naturales (MRN) en el CIAT está centrada en tres ecoregiones de América tropical: sabanas, márgenes de bosque y laderas de altitud media. La investigación se realiza en sitios específicos de las sabanas (Llanos Orientales de Colombia, Cerrados de Brasil y con el inicio de actividades asociadas en Santa Cruz, Bolivia); en los márgenes de bosque (Acre en Rondonia, Brasil, y Pucallpa en Perú; en laderas de altitud media (Cauca, Colombia y un sitio en Honduras-Nicaragua, América Central).

La investigación en estos sitios se realiza en colaboración con otras organizaciones internacionales y nacionales

mediante consorcios de investigación. El Programa de Forrajes Tropicales (PFT) interactúa con los Programas Nacionales de Investigación (PNI) y MRN en la provisión de componentes forrajeros para investigación en sistemas de producción. Es así como, virtualmente todas las líneas avanzadas del germoplasma y los componentes de forraje que se han desarrollado en el PFT pueden ser utilizados en uno u otro de los nichos en las ecoregiones en las cuales los PNI operan.

Sin embargo, el PFT también tiene mandato para colaborar con los SNIA en toda América tropical y en las regiones subhúmedas y húmedas del Sudeste de Asia y África Meridional, para identificar componentes de forraje para un rango mucho más amplio de sistemas agrícolas que ocurren dentro de las ecoregiones del mandato del CIAT-PNI. Al mismo tiempo, se están racionalizando las actividades con otros Centros Internacionales de Investigación Agrícola (IARC acrónimo en inglés) del sistema del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola (GCIAG) que tienen responsabilidades mundiales, por ejemplo, el IPGRI en recursos genéticos; y el Internacional Livestock Research Institute (ILRI) en investigación pecuaria.

Un programa continuo de forrajes . La meta del Programa de Forrajes Tropicales es adquirir, identificar y mejorar germoplasma forrajero que tenga un papel importante en el aumento de la eficiencia de producción pecuaria y uso sostenible de la tierra, en sistemas de producción en áreas de trópicos subhúmedo y húmedo.

En el Programa, la investigación se ha organizado en tres áreas y ocho proyectos:

1. Recursos genéticos de forraje
Proyecto: Recursos genéticos y evaluación
2. Mejoramiento de forrajeras
Proyectos: *Brachiaria*
Arachis
Stylosanthes
3. Adaptación y utilización de forrajes
Proyectos: Calidad de forrajes
Adaptación de forraje
Desarrollo de componentes de forrajes
Vínculos institucionales

Se cuenta con nueve investigadores principales localizados en Palmira (6), Brasil (1), Costa Rica (1) y Filipinas (1).

Especial atención se ha puesto en los tres géneros

anteriores con la expectativa de superar las limitaciones principales, a saber: *Brachiaria*, su susceptibilidad a salivazo; *Arachis*, la limitada disponibilidad de germoplasma; y *Stylosanthes*, su alta susceptibilidad a antracnosis. Sin embargo, hay una considerable cantidad de germoplasma adaptado disponible de otros géneros y se continúa la investigación para identificar nuevo germoplasma promisorio.

Al Programa le gustaría ver más investigación en *Centrosema* y *Desmodium*. Con el objeto de eliminar las limitaciones de producción de semilla en *C. acutifolium*, *C. macrocarpum* y *C. pubescens*; la susceptibilidad a enfermedades de *B. brasilianum* y *C. pubescens*; para reducir el contenido de taninos en *D. ovalifolium* y aprovechar sus excelentes características agronómicas.

Un enfoque estratégico. Primero, el advenimiento de la investigación de MRN en el CIAT ha significado la búsqueda de forrajeras con una utilidad más amplia que aquella de servir de alimento para animales. Las forrajeras pueden contribuir a mejorar los suelos y, por lo tanto, al uso más sostenible de la tierra, mediante su uso en sistemas agroforestales, como cobertura bajo cultivos arbóreos, barreras contra la erosión del suelo y, como abonos verdes. La realidad es que existe, a menudo, una adopción más generalizada de leguminosas para estos otros objetivos que para alimento de animales.

Segundo, el enfoque está más orientado a la identificación de germoplasma forrajero para nichos específicos de producción, donde hay necesidad real, interés y capacidad de los productores para adoptar tecnologías nuevas. Estos pueden ser productores de frutales, sistemas intensivos de cultivo-ganadería (ver 8-13), ó pequeños productores en sistemas de doble propósito.

Tercero, esto significa que se están involucrando productores en un estado temprano en el proceso de selección de germoplasma (ver 2-16) y en el desarrollo de germoplasma como un componente apropiado de tecnología de forrajes (ver 8-14) en sistemas específicos de producción.

Cuarto, debido a que los recursos son limitados, una mayor proporción de la investigación se está realizando en colaboración con los programas nacionales de investigación (PNI) en sus sitios de evaluación y con los gobiernos y organizaciones privadas en otros sitios (ver 8-11).

Nuevas alianzas. Gran parte de la investigación activa y de las actividades de desarrollo en muchos países actualmente se ha trasladado a universidades, cooperativas y organizaciones no gubernamentales (ONG's). Se están desarrollando activamente vínculos con estos nuevos grupos, mediante investigación colaborativa y capacitación.

Las actividades de la RIEPT se mantienen en México, América Central y el Caribe a través de un científico localizado en Costa Rica, quien proporciona germoplasma para evaluación regional, produce un boletín informativo regional y realiza talleres regionales con la colaboración del personal con sede en el CIAT-Palmira. En América del Sur el contacto se mantiene a través de un boletín informativo y visitas periódicas.

Se está incentivando a los países para que formen redes nacionales de investigación en forrajes, tal como está ocurriendo en Cuba, Colombia, México y Panamá. Brasil ya tiene una red establecida para evaluación de forrajes.

Sin embargo, las actividades de colaboración efectivas con los SNIA han mejorado mediante proyectos bilaterales y regionales, preparados en forma conjunta. Un ejemplo es el 'Proyecto de Preservación de Especies silvestres de *Arachis*', celebrado entre CENARGEN, ICRISAT y el CIAT, siendo líder la primera organización. Existen otro proyecto con la Corporación para la Investigación Agrícola (CORPOICA) de Colombia, para desarrollar nuevos componentes de forraje para producción pecuaria en fincas de pequeños productores con sistemas de doble propósito en el área de bosque marginal del Caquetá, Colombia, y el 'Proyecto de Forrajes para Pequeños Productores' en el Sudeste de Asia. Los coordinadores de los proyectos también están desarrollando vínculos fuertes con organizaciones de investigación avanzadas en países desarrollados. Esta colaboración se reconoce en los resúmenes de las actividades de investigación, que aparecen en este informe.

Nuevamente los donantes están aumentando los fondos para financiar la investigación en el CIAT, mediante los recursos financieros centrales, como en el caso del Gobierno de Colombia cuya subvención está vinculada a forrajes, arroz e investigación en manejo de recursos naturales.

1.3 Actividades del Programa entre 1994 y 1995

Aspectos sobresalientes

Las principales actividades y los resultados aparecen resumidos al comienzo del informe de cada Proyecto y las actividades previstas durante el próximo año se enumeran al final de dicho informe. Se destacan aquí solamente unos pocos de los resultados de investigación y actividades principales en las cuales el PFT se ha involucrado en los últimos 2 años.

Avances de la investigación

Recursos genéticos

- Las actividades de recolección han permitido aumentar a 113 el número de accesiones disponibles de *Arachis pintoii* y a 57 las de la leguminosa arbustiva promisoría *Cratylia argentea*.
- Existe actualmente un plan convenido para mejorar las condiciones en la Unidad de Recursos Genéticos.
- Un grupo de trabajo inició el establecimiento de una red de recursos genéticos forrajeros tropicales.
- El germoplasma identificado mediante evaluación multilocacional ha sido ampliamente adaptado y utilizado con propósitos múltiples, por ejemplo, la facilidad de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 y *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 para uso como cultivo de cobertura y mejorador de barbechos en los márgenes del bosque húmedo de Perú, como bancos de proteína en las sabanas subhúmedas de África Occidental y para la producción de harina integral forrajera en China.

Mejoramiento de forrajeras

- Las accesiones naturales y las líneas avanzadas de *Brachiaria* resistentes a salivazo están disponibles para evaluación regional.
- Identificados marcadores AFLP, así como RAPD's, ligados en Locus de la apomixis en *Brachiaria*.
- En las actividades de evaluación se han identificado por lo menos tres nuevas accesiones de *A. pintoii*, que tienen una ventaja sobre el cultivar comercial actual en nichos específicos de producción.

- Las líneas avanzadas de *S. guianensis* resistentes a antracnosis están disponibles para evaluación regional.
- Se han desarrollado genotipos de *S. guianensis* apropiados para tipificación de la virulencia de *Colletotrichum gloeosporioides*, el hongo causal de antracnosis, asimismo, se han identificado 52 tipos del patógeno.

Adaptación y utilización de forrajeras

- Se han alcanzado adelantos considerables en el conocimiento de la naturaleza de los taninos condensados en leguminosas, como un paso en el desarrollo de metodologías de selección apropiadas.
- Se ha demostrado una respuesta significativa en rendimiento de leche en pasturas que contiene nuevos híbridos *Stylosanthes*.
- Se han identificado el área foliar y la eficiencia de absorción de P como posibles índices de selección para evaluar la adaptación de las gramíneas a baja fertilidad del suelo.
- Se ha demostrado que las pasturas basadas en leguminosas estimulan el ciclo biogeoquímico de los nutrimentos, con excepción del nitrógeno.
- El potencial de *Arachis pintoii* como planta forrajera y de cobertura es hoy ampliamente aceptada. Una evidencia de este hecho la constituyen los 26 trabajos presentados en un taller de RIEPT-MCAC sobre adopción a nivel de finca por pequeños productores de leche, como cobertura en plantaciones de banano con el objeto de reducir al mínimo el uso de herbicidas, y la mayor producción comercial de semilla —3 t en Colombia y 15 t en Bolivia.
- En general, la utilidad de las leguminosas forrajeras como pasturas, como alimento para animales, como mejoradoras de barbecho y para el control de erosión en suelos, está bien demostrada a través de la investigación en fincas en el desarrollo de componentes para diferentes sistemas de producción.

Actividades colaborativas

Algunos ejemplos de actividades colaborativas son:

- Con CENARGEN e ICRISAT en responsabilidad compartida para la adquisición y conservación de especies silvestres de *Arachis*.
- En colaboración con CENARGEN se realizó un taller para revisar las actividades de investigación con *Cratylia argentea*.

- En un taller regional de la RIEPT-MCAC se revisó la investigación colaborativa y el desarrollo de *Arachis* en México, América Central y el Caribe.
- Se iniciaron los vínculos sobre investigación y desarrollo con China, Laos y Vietnam; además de los trabajos existentes con Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia, mediante el proyecto financiado por AusAID: Forrajes para Pequeños Productores en la red SEAFRAD.
- Se compilaron y distribuyeron los resultados de las evaluaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras en 11 países de Africa Occidental mediante la red RABAOC-AFRNET.
- Se inició la investigación colaborativa con CORPOICA para evaluar opciones de forraje basadas en leguminosas para uso en la zona de bosque marginal del Caquetá con el apoyo de Nestlé.

Programas del Sistema CGIAR e Iniciativas

Fue aprobado el proyecto 'Sistemas de Alimentación Basados en Leguminosas Mejoradas para Ganado Lechero en Fincas con Sistemas de Doble Propósito de Productores Pequeños'. El Proyecto será financiado bajo la iniciativa del ILRI.

1.4 Desarrollos futuros

La investigación efectiva en una institución como el CIAT depende del apoyo adecuado para los científicos principales, quienes estarán en capacidad interactuar eficazmente con el personal de apoyo y los colaboradores del SNIA. También, es necesario poder responder a la misión del CIAT tendiente a reducir la pobreza. Los recursos financieros centrales han disminuido en los últimos 3 años y se prevé una disminución adicional en el próximo año.

La producción alta y continua de resultados en los últimos 2 años en tales condiciones ha demandado la dedicación de todo el personal del PFT, tanto del internacional como del nacional. Mientras la estrategia para cambios futuros estará determinada por fuera del Programa, existe un consenso sobre qué cambios pueden ayudar a asegurar el mantenimiento del mandato mundial sobre conservación y distribución de germoplasma de cultivos y el desarrollo continuo de la investigación en manejo de recursos naturales.

El advenimiento del sistema del proyectos ha ayudado a

priorizar las actividades y demostrar responsabilidad. El insumo multidisciplinario en proyectos ha ejercido un efecto sinérgico sobre la producción. Sin embargo, los proyectos presentes todavía tienen una orientación bastante disciplinaria y no tienen un enfoque centrado en un problema específico. Los coordinadores también han experimentado dificultades en el manejo de los proyectos, debido a la falta de transparencia y credibilidad en muchos procedimientos administrativos.

Sin embargo, las experiencias recientes en desarrollo de proyectos han proporcionado algunos ejemplos útiles de cómo podemos operar eficazmente con recursos reducidos mediante mayor colaboración. Cuando los recursos financieros centrales disponibles para una posición en el Sudeste de Asia fueron insuficientes, se combinaron los recursos con CSIRO, una organización de investigación avanzada en la región y se obtuvieron recursos financieros especiales para un proyecto de 5 años de investigación colaborativa entre el CIAT y CSIRO y las organizaciones nacionales de siete países.

Para asegurar la participación en el Programa de Producción Pecuaria del ILRI, se desarrolló el proyecto colaborativo TROPILECHE, con otros IARC y los SNIA. El Proyecto se centra en la utilización de forrajes basados en leguminosas en sistemas de producción de doble propósito, y se implementará en dos países, pero da la oportunidad para enlace con grupos de investigación de otros países. El Proyecto incluye muchas de las actividades centrales del PFT en el área de adaptación y utilización de forrajes e involucra la colaboración entre éste y los programas nacionales de investigación y de MRN. Podría ser un precursor de cómo se podría operar más eficazmente en proyectos más grandes en el futuro. Tales proyectos, también, ofrecen una oportunidad para atraer la financiación de proyectos especiales, algo que el CGIAR preferiría no hacer, pero que en un sentido pragmático se necesita.

Se pueden considerar tres proyectos:

- Diversidad genética de forrajes y mejoramiento. Con especialistas en geografía de plantas, genética, patología, entomología y nutrición de planta.
- Utilización de forrajeras en América tropical. Con especialistas en ecología de planta, agronomía de forrajes, alimentación de animales, producción pecuaria y socioeconomía.
- Utilización de forrajes en Asia y Africa. Con especialistas en agronomía de forrajes, alimentación de animales, fertilidad de suelos y socioeconomía.

La experiencia puede residir en diferentes programas e instituciones e incluir personal principal y de apoyo, reclutado internacionalmente. Los líderes de los proyectos serían coordinadores con responsabilidad financiera en el manejo de fondos centrales y con responsabilidad para generar recursos financieros de proyectos especiales adicionales. Tal estructura permitiría no sólo flexibilidad sino también daría estabilidad a la investigación a largo plazo. La responsabilidad del PFT en comunicación y capacitación debe mantenerse con responsabilidad en los diferentes aspectos involucrados en los proyectos.

Proyecto: Recursos Genéticos de Plantas Forrajeras

Coordinadora del Proyecto: Brigitte L. Maass

Justificación

Los principales adelantos en el mejoramiento de germoplasma en forrajes tropicales se han alcanzado mediante la explotación de la diversidad fitogenética natural entre y dentro de las especies. Esta es todavía un área importante para el mejoramiento de germoplasma. La adquisición, caracterización y conservación de un banco de germoplasma integral de especies de leguminosas y gramíneas silvestres con potencial forrajero seguirá siendo una actividad importante para aumentar la disponibilidad de especies tropicales para el uso en la alimentación animal y el manejo de los recursos naturales.

El mandato del Programa de Forrajes Tropicales (PFT) es identificar leguminosas y gramíneas útiles para el trópico húmedo (> 1500 mm) y subhúmedo (750 - 1500 mm). Históricamente, el énfasis en el Programa fue la selección de gramíneas y leguminosas para pasturas mejoradas en suelos ácidos de baja fertilidad. Hay actualmente una demanda fuerte por leguminosas y gramíneas para mejorar el suelo y controlar la erosión, además, por forrajes como componentes en diferentes sistemas de producción agropecuaria. Por lo tanto, nuevas áreas de enfoque incluyen la identificación de germoplasma para uso en rotaciones pasturas-cultivos en zonas de sabanas, para propósitos múltiples en laderas de altitud mediana, arbustos de multipropósito (AMP); y para sistemas intensivos con pequeños productores en el Sudeste Asiático, y Africa Oeste y Central. Como la mayoría del germoplasma que se adapta bien a suelos ácido de baja fertilidad también se adapta bien en suelos más fértiles, la evaluación inicial de la mayoría del germoplasma nuevo todavía se hace en los primeros. Grandes colecciones de trabajo de rizobio y micorriza se mantienen para uso en la investigación.

Objetivo

El objetivo principal es identificar, conservar, evaluar y multiplicar germoplasma forrajero productivo para diferentes sistemas de producción en ecoregiones seleccionadas.

Principales Actividades

Las principales actividades están centradas en dos áreas amplias:

1. Recursos genéticos de forrajeras, cuyas actividades son, en su mayor parte, realizadas por la Unidad de Recursos Genéticos (URG) en colaboración con el PFT, y
2. Evaluación de forrajeras por su adaptación ambiental.

Los resultados, en relación con los géneros clave *Brachiaria*, *Arachis* y *Stylosanthes*, se presentan en los proyectos específicos relacionados con estas especies.

A. Recursos Genéticos de Forrajeras

Principales actividades de investigación y manejo

1. Adquisición
2. Conservación
3. Caracterización e identificación
4. Manejo y documentación de datos
5. Rhizobium y Mycorrhizae
6. Red de recursos genéticos de forrajeras

Aspectos Sobresalientes (1994-1995)

- Adquisición de nuevo germoplasma de *Arachis* y *Cratylia argentea* para ampliar la base genética disponible de estas especies.
- Publicación y distribución del catálogo de germoplasma originado en Colombia.
- Reunión internacional de grupos de trabajo para establecer una red sobre recursos genéticos de forrajeras.
- En las revisiones internas y externas de las operaciones del banco de germoplasma, se documentó la necesidad de mejorar la URG del

CIAT. Las principales necesidades se determinaron en el área de conservación: procesamiento de accesiones con semilla original que no ha sido multiplicada o incrementada por primera vez, multiplicación, duplicados de seguridad, viabilidad de semilla y pruebas de sanidad de semilla, almacenamiento a largo plazo e investigación en fisiología de semilla.

Eventos y Nuevas Iniciativas

Revisiones. Se colocó gran parte de los recursos genéticos forrajeros tropicales mantenidos en el Banco de Germoplasma del CIAT (15,448 accesiones de 631 especies) y ensambladas antes de la Convención de Diversidad Biológica, bajo la custodia legal de la Organización para la Agricultura y la Alimentación de las Naciones Unidas (FAO), cuando se firmó un convenio entre este organismo y el CGIAR en octubre de 1994. Este convenio proporciona acceso libre a este germoplasma y compromete al CIAT para conservar el germoplasma designado, de acuerdo con las normas internacionales estándar.

En el CIAT, las actividades en recursos genéticos se revisaron dos veces durante 1994-1995. La primera, fue una revisión interna por el Genetic Diversity-Scientific Resource Group (en inglés), que realizó un estudio diagnóstico sobre el estado de los recursos genéticos en el CIAT y la segunda, fue externa dentro de la revisión de los Bancos Genéticos del CGIAR, que fue comisionada por el Grupo de Trabajo entre Centros en Recursos Genéticos y coordinada por el International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI). La revisión interna dio lugar a un documento que especifica las necesidades de mejoramiento de las operaciones y de las instalaciones del Banco Genético del CIAT para adecuarlas de acuerdo a las normas internacionales estándar de IPGRI/FAO. La revisión externa sugirió que el CIAT revisara cuidadosamente el alto número de gramíneas y especies de leguminosas actualmente en la colección de forrajeras tropicales, con miras a concentrar sus esfuerzos en las especies más relevantes para sus necesidades de investigación o en aquellas que están en peligro de erosión genética. Las dos revisiones deben conducir a una discusión considerable, tanto en el CIAT como entre centros de recursos forrajeros tropicales a nivel mundial.

'SINGER'. La red de información de recursos genéticos del CGIAR (SINGER, acrónimo en inglés) se encuentra en el proceso de desarrollar un mecanismo para el manejo y uso de los datos de recursos genéticos a través del

Sistema. El CIAT participó en una reunión de planeación de SINGER celebrada en octubre de 1995 en México. Se acordó entre los participantes sobre los objetivos de la red, sobre quiénes serán los usuarios y en con qué datos se alimentará el sistema. El CIAT ha estado desarrollando un mecanismo para revisar los datos de pasaporte y de distribución del germoplasma que se entregarán a SINGER.

Manejo de Germoplasma e Investigación

I. Adquisición

La estrategia de investigación del PFT es explotar la variabilidad genética natural de especies no domesticadas, especialmente leguminosas. En años recientes, la adquisición de germoplasma nuevo estaba centrada en llenar brechas geográficas y genéticas y responder a solicitudes de germoplasma para necesidades específicas. En los últimos años, la adquisición se ha concentrado en la colección de especies de *Arachis* con potencial forrajero (el informe aparece en el proyecto *Arachis*) y de *Cratylia argentea*, y en la introducción de una colección previa en Vietnam.

I.1. Colección

Recursos genéticos de *Cratylia*. Durante 1993 y 1994, se recolectaron 11 nuevas accesiones de *Cratylia argentea*, en colaboración con el Centro Nacional de Recurso Genéticos y Biotecnología (CENARGEN) de EMBRAPA, Brasil, y se aumentó la cantidad de semilla en el Centro de Pesquisa dos Cerrados (CPAC/EMBRAPA), Planaltina, DF.

Durante 1995, se realizaron dos viajes: el primero, entre mayo y junio para ubicar 'in situ' el tamaño, el vigor y algunas características agronómicas de poblaciones de *Cratylia* en los estados brasileños de Goiás, Mato Grosso, Minas Gerais y Tocantins. Durante este viaje se tomaron muestras de suelo y material vegetativo y las características en las cuales se localizaron las poblaciones (latitud, longitud y altitud) usando un receptor de GPS (Geographic Position System). Se identificaron 62 nuevas poblaciones, tres con flores blancas (una en Brasil y dos en Yapacani, Bolivia).

Un segundo viaje se realizó en septiembre, conjuntamente con R. Schultze-Kraft (Universidad de Hohenheim, Alemania) bajo el liderazgo de L. Coradin (EMBRAPA/CENARGEN). En esta ocasión se

recolectaron 34 nuevas poblaciones de *C. argentea*.

En Brasil, actualmente se encuentran disponibles 57 accesiones. El material nuevo aún no se ha introducido al CIAT. Las principales características de las poblaciones se describen en el Cuadro 1. [E. A. Pizarro y L. Coradin]

Cuadro 1. Características importantes de la nueva población de *Cratylia argentea* en Brasil.

Característica	Rango
Geográfica	
Latitud, longitud	12° a 16° S 46° a 58° W
Altitud	180 a 810 m.s.n.m.
Suelos	Arenosos y arcillosos
Biológico	
Tamaño de población	Altamente variable: de plantas aisladas a poblaciones con más de 500 plantas
Floración	Variable en ciclo de floración y color de la flor
Susceptibilidad a plagas y enfermedades	Variable

1.2 Seguimiento fitosanitario post-introducción

Antes de la multiplicación inicial de semilla el germoplasma forrajero tropical recibido por el CIAT experimenta tradicionalmente, un seguimiento fitosanitario post-introducción, el que se realiza por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en colaboración con la sección de Fitopatología del PFT. Las plantas son cultivadas en un invernadero especial hasta florecer y se controlan visualmente en diferentes estados de crecimiento. Si aparece cualquier peculiaridad, se hacen pruebas del laboratorio adicionales con la asistencia de la Unidad de Investigación en Virología (UIV) del CIAT. En 1994 ingresaron 89 accesiones y en 1995 ingresaron 33 accesiones de leguminosas y gramíneas para seguimiento fitosanitario; se liberaron 131 accesiones y se les asignó un número de accesión CIAT.

La UIV ha tomado la responsabilidad de indizar todas las accesiones de germoplasma de especies forrajeras tropicales introducidas a Colombia por el CIAT. En 1995, indizó 157 plantas individuales por serología, microscopía electrónica y electroforesis de geles de ácidos nucleicos virales. Se están caracterizando los diferentes virus encontrados en *Arachis*, *Calopogonium*, *Stylosanthes*, *Brachiaria* y *Paspalum* para desarrollar técnicas de diagnóstico confiables que faciliten el intercambio internacional de germoplasma forrajero tropical.

El seguimiento fitosanitario post-introducción se ha convertido en un 'cuello de botella' severo para la introducción de germoplasma nuevo y para despejar el retraso de accesiones que aún no fueron multiplicadas. En 1993, se compilaron los procedimientos de prueba fitosanitarios y de sanidad de semillas (Kelemu, 1993). En 1995, se formó un grupo de trabajo para apoyar al ICA en el establecimiento de procedimientos adecuados para la introducción a Colombia de germoplasma forrajero. Esto puede incluir el uso de la instalación cuarentenaria del ICA en Mosquera, Bogotá, si se demuestra que los materiales tropicales pueden crecer en este ambiente de clima templado. [A. Ortiz, S. Kelemu, F. J. Morales y B. L. Maass]

1.3 Introducciones al Banco de Germoplasma en el CIAT

Durante 1994 y 1995, se aumentó la colección en 131 accesiones (Cuadro 2), mucho menos que las 717 accesiones introducidas en 1992 y 1993. Las principales introducciones fueron *A. pintoii* y otras especies de *Arachis* provenientes de EMBRAPA/CENARGEN y germoplasma recolectado en Vietnam. [A. Ortiz y B. L. Maass]

1.4 Revisión de especies con potencial forrajero

Especies de gramíneas colombianas en Royal Botanic Gardens (R.B.G.), Kew, Reino Unido. Para mejorar el conocimiento de los géneros de gramíneas nativas con potencial forrajero, con el apoyo del Herbario del Royal Botanic Gardens se hizo un listado de especies colombianas de las subfamilias Panicoideae y Chloridoideae. Estas subfamilias incluyen las gramíneas perennes de origen tropical que han evolucionado en ecosistemas de pasturas utilizadas por herbívoros, especialmente en África. Casi todas las especies forrajeras tropicales útiles pertenecen a estas dos subfamilias. La información sobre cada muestra consta

Table 2. Adquisición, inventario y distribución de germoplasma de forrajeras tropicales por la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT en 1994 y 1995 (no. de accesiones al 31 de octubre de 1995).

Género	Adquisición		Almacenamiento a corto plazo	Almacenamiento a largo plazo	Distribución en 1994-1995 (no. muestras)
	1994	1995	Inventario 1995	Inventario 1995	
<u>Leguminosas</u>					
<i>Aeschynomene</i>	-	-	998	293	91
<i>Arachis</i>	48	8	75	30	280
<i>Cajanus</i>	25	3	131	61	128
<i>Calopogonium</i>	-	-	536	122	45
<i>Centrosema</i>	-	-	2,451	1,051	266
<i>Chamaecrista</i>	-	1	300	236	117
<i>Codariocalyx</i>	-	-	37	1	39
<i>Cratylia</i>	-	-	13	10	58
<i>Desmodium</i>	-	14	2,904	746	156
<i>Flemingia</i>	-	-	146	57	74
<i>Galactia</i>	-	2	571	378	70
<i>Leucaena</i>	-	-	199	151	177
<i>Macroptilium</i>	1	-	615	466	43
<i>Pueraria</i>	-	5	258	116	46
<i>Rhynchosia</i>	-	-	444	33	8
<i>Stylosanthes</i>	1	2	3,609	1,109	1,642
<i>Teramnus</i>	-	-	382	94	38
<i>Vigna</i>	-	-	741	338	114
<i>Zornia</i>	-	-	1,027	78	7
Otras	-	20	3,201	1,008	485
Total leguminosas	75	55	18,638	6,378	3,884
<u>Gramíneas</u>					
<i>Andropogon</i>	-	-	91	0	40
<i>Brachiaria</i>	-	-	654	135	273
<i>Hyparrhenia</i>	-	-	53	4	5
<i>Panicum</i>	-	-	598	35	89
<i>Paspalum</i>	-	-	105	24	64
<i>Pennisetum</i>	-	-	54	0	9
Otras	1	-	440	1	5
Total gramíneas	1	0	1,995	199	485
Otras familias	0	0	1	0	0
Gran total	76	55	20,634 ^a	6,577	4,369

a. El total de germoplasma conservado es inferior que en 1993, ya que varias accesiones sembradas no germinaron y, por lo tanto, no están más a disposición en el CIAT.

de localidad, altitud, número y recolector, fecha de recolección y notas del campo. La base de datos del R.B.G. incluye 329 especies originarias de Colombia, con más de 1400 especímenes de herbario, de los cuales en el Cuadro 3 aparecen los géneros y especies con valor forrajero.

Cuadro 3. Géneros de gramíneas con valor forrajero originarias de Colombia y mantenidas en el herbario del R.B.G, Kew, U.K.

Subfamilia, género	Especie (no.)
Chloridoideae	
<i>Bouteloua</i>	3
<i>Eragrostis</i>	19
Panicoideae	
<i>Andropogon</i>	9
<i>Axonopus</i>	17
<i>Bothriochloa</i>	4
<i>Digitaria</i>	13
<i>Ichnanthus</i>	9
<i>Melinis</i>	2
<i>Panicum</i>	39
<i>Paspalum</i>	54
<i>Pennisetum</i>	5
<i>Tripsacum</i>	1

Ochenta por ciento de las especies pertenecen a la subfamilia Panicoideae, reflejando su amplio grado de especiación en Colombia. Dentro de estas dos subfamilias en el R.B.G. hay especímenes tipo de 12 especies, que quiere decir, el primer registro botánico de las especies, incluyendo especies de los géneros *Ichnanthus*, *Paspalum*, *Axonopus*, *Digitaria*, *Arundinella*, *Andropogon*, *Schizachyrium* e *Hyparrhenia* que pertenecen a la subfamilia Panicoideae.

La base de datos contiene registros de muestras recolectadas desde 1700. Las zonas geográficas con el número más alto de especies son la región costera Atlántica, valles interandinos y las regiones de la Orinoquía y la Amazonía. Cuarenta y seis por ciento de las especies se recolectaron en altitudes entre 1000 y 2000 m.s.n.m. [A. M. Torres].

2. Conservación

2.1 Estado de la colección

Actualmente se conservan 20,634 accesiones (Cuadro 2);

estas accesiones se mantienen por semilla original y/o multiplicada o, donde la semilla no puede almacenarse, en colecciones de campo. El número total de accesiones conservadas es inferior al enumerado en el período 1992-1993, ya que no germinaron algunas de las accesiones sembradas para aumentar las semillas iniciales. No todas las accesiones conservadas están disponibles para distribución porque aún no se ha aumentado la semilla original.

2.2 Multiplicación inicial de semillas

Después de la adquisición y liberación a partir del seguimiento fitosanitario post-introducción, es necesario multiplicar el germoplasma. La multiplicación inicial se realiza en la casa de malla, en el invernadero y en los campos del CIAT en Palmira, Quilichao y Popayán.

Hasta el presente, se han multiplicado 15,927 accesiones del banco de germoplasma forrajero tropical mantenido en el CIAT; 50% con más de 5000 semillas, 31% entre 1000 y 5000, y 18% con menos de 1000 semillas. Por lo menos 30% de estos fueron multiplicados hace más de 10 años. Sólo el 49% de las accesiones cumplen con las normas FAO/IPGRI (1994) con más de 2000 semillas almacenadas a mediano plazo (8-10 °C, 35% de humedad relativa) o condiciones de almacenamiento a largo plazo (-20 °C, y ningún control de humedad).

En 1994 y 1995, más de 1000 accesiones fueron colocadas para multiplicación inicial de semillas. Las accesiones originales que no se han multiplicado se clasifican como muestras pendientes para multiplicación. Aunque este número de pendientes se redujo sustancialmente durante 1994 y 1995, existen aún 4935 accesiones para multiplicación inicial, principalmente de los géneros clave *Desmodium* y *Stylosanthes*. Cerca de 41% de estos materiales pendientes son originarios de Brasil y Colombia. Además, se regenera periódicamente la semilla almacenada en cámaras frías, porque su poder germinativo disminuye con el tiempo.

Debido a que la mayoría de las especies tropicales no son anuales, y a que las especies silvestres no tienen un tiempo sincronizado de floración, se debe cosechar manualmente para obtener suficiente semilla para la conservación y para ensayos de evaluación. La prioridad se asigna a los géneros clave de leguminosa *Arachis*, *Centrosema*, *Desmodium* y *Stylosanthes* y de la gramínea *Brachiaria*, cuya semilla se produce actualmente en Popayán.

Debido a la dificultad de producir semilla de alta calidad, las colecciones completas de los géneros *Brachiaria*, *Hyparrhenia* y *Panicum* se mantienen como colecciones de campo en Quilichao y de *Andropogon* en Palmira. Estas colecciones de campo se utilizan para aumentar las semillas, obtener material vegetativo para distribución de germoplasma y la caracterización. Sin embargo, se debe explorar la posibilidad de conservar las colecciones de campo como materiales in vitro, porque su mantenimiento es costoso, difícil y arriesgado.

2.3 Almacenamiento a largo plazo

Es necesario conservar las especies claves como una colección almacenada a largo plazo y duplicada, en por lo menos, una institución como una medida preventiva contra pérdidas. Durante 1994 y 1995, un total de 1612 muestras se almacenaron a largo plazo, para llegar a un total de 6577 muestras (Cuadro 2). Actualmente, más de un tercio del germoplasma de leguminosas se conserva en la colección base en condiciones de almacenamiento a largo plazo. Desde 1994, también se están colocando accesiones de gramíneas en almacenamiento a largo plazo, usando semilla de buena calidad (con germinación entre 70% y 80%), lo que se logró movilizándolo a la producción de semillas desde Quilichao (1000 m.s.n.m.) hacia el área más fría de Popayán (1800 m.s.n.m.). Diez por ciento de las gramíneas se encuentran actualmente almacenadas en la colección base.

2.4 Biología reproductiva

Se ha continuado la investigación en el área de biología reproductiva para desarrollar protocolos de multiplicación de semillas para el manejo adecuado de los recursos genéticos. Se completó el estudio de la tasa de alogamia en *Centrosema brasilianum* utilizando una accesión con flor blanca. Los datos anteriores obtenidos en Palmira se confirmaron en otros ambientes (Quilichao y Palmira): *C. brasilianum* tiene tasas altas de alogamia entre 31% y 57%. En *C. virginianum*, la alogamia fue del 18% en Palmira (plantas con flores pequeñas que eran cleistógamas). En *Desmodium heterocarpon*, sólo ocurrió una alogamia de 4% en Quilichao, con base en unas accesiones con flores blancas. Se está utilizando el color de la testa de la semilla para estudiar alogamia en *C. plumieri*, *C. acutifolium* y *C. macrocarpum*. [A. Ortiz, A. M. Torres, B. L. Maass]

3. Caracterización e Identificación

3.1 Caracterización morfológica y bioquímica

Se realizó la caracterización morfológica y bioquímica en especies claves de los géneros *Arachis* y *Stylosanthes*, como se reporta bajo estos proyectos.

Validación de *Centrosema macrocarpum* var. *andinum*.

En estudios previos se reconocieron dos variedades botánicas de *C. macrocarpum*. Estas variedades se describieron morfológicamente (Schultze-Kraft y Belalcázar, s.f.) La caracterización bioquímica se realizó para facilitar la clasificación taxonómica de var. *andinum*, utilizando la accesión *C. macrocarpum* CIAT 25008 como el espécimen tipo. Se caracterizaron 24 accesiones de *C. macrocarpum*, siendo 8 de ellas var. *andinum*. La caracterización se hizo por electroforesis de geles (PAGE) de isoenzimas (α -esterasa), DIA (diaforasa) y GOT (Glutamato Oxaloacetato Transaminasa). La banda 4 de DIA sirvió como indicador para diferenciar las accesiones var. *andinum*.

Existió un polimorfismo fuerte entre las accesiones probadas: se detectaron 18 diferentes patrones de bandas a través de las tres isoenzimas; la discriminación entre las 24 accesiones fue del 75%. Las ocho accesiones var. *andinum* estaban incluidas en cuatro de estos patrones (discriminación de 50%) y las otras 16 accesiones de *C. macrocarpum* en los 14 patrones restantes (discriminación de 88%). El polimorfismo mostrado por estos tres marcadores es, en consecuencia, una herramienta valiosa para caracterizar la variación intraespecífica dentro de *C. macrocarpum*. [A. Ortiz, C. H. Ocampo y J. Belalcázar]

Identificación de accesiones de *Panicum maximum*.

Las accesiones de *Panicum maximum* evaluadas bajo los números CIAT 6799 y 6944 fueron sobresalientes en ensayos agronómicos y de pastoreo, realizados en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. Sin embargo, se observó que las características morfológicas de material vegetativo de estas accesiones traídas de Carimagua difirieron de las del material original mantenido en Quilichao. Se asumieron dos hipótesis: estos materiales, hasta ahora considerados como apomícticos, podrían tener algún porcentaje de sexualidad, o podría haber ocurrido una confusión mecánica.

Para establecer la identidad de estas accesiones y de otras similares (CIAT 6177, 6144 y 6977), se están utilizando análisis bioquímicos (isoenzimas), citológicos (seco embrionario) y análisis morfológicos del material vegetativo de todos los sitios de siembra en Quilichao y Carimagua.

Se ha establecido una serie de 40 descriptors morfológicos para *P. maximum*. Se probaron tres tejidos (raíz, lámina y vainas foliares) y seis enzimas, α -EST, β -EST, ACP (fosfatasa $\alpha\beta$ -ácido), GOT, DIA y PRX (peroxidasa) para estandarizar el procedimiento de extracción de isoenzimas en esta especie. La mejor calidad de la banda se obtuvo con la lámina foliar y el uso de las enzimas α - y β -EST con PAGE. Hay una alta variación morfológica intra-accesión para varios de las denominadas 'proveniencias'. Parece que ocurre una confusión y que las denominadas accesiones *P. maximum* CIAT 6799 y 6944, evaluadas en Carimagua, son probablemente una misma accesión, por lo que se les dio un nuevo y único número (CIAT 36000). [A. Ortiz, Claudia Flórez y C. H. Ocampo]

3.2. Identificación taxonómica

Muchos géneros tropicales importantes carecen de un tratamiento taxonómico moderno (por ejemplo, la monografía de *Arachis* por Krapovickas y Gregory fue solamente publicada en 1994). La identificación adecuada del material es a menudo difícil y sería imposible sin la colaboración de un gran número de especialistas (ver Anexo 1). La colaboración cercana con taxónomos se refleja en un descenso constante en la identificación correcta de la colección. Sin embargo, 2624 accesiones (12.7%) todavía no se han identificado a nivel de especies, en particular, en los géneros *Crotalaria*, *Desmodium*, *Indigofera*, *Phyllodium*, *Tephrosia* y *Zornia* (229, 115, 139, 112, 118 y 854 accesiones no identificadas, respectivamente). Se ha buscado colaboración para el desarrollo de experiencia en el género *Zornia*, para el cual no existe competencia taxonómica a nivel mundial.

B. Schubert del Arnold Arboretum, EE. UU. identificó o confirmó la especie para 58 accesiones de *Desmodium*. En 1994, se enviaron 87 especímenes de diferentes especies a 12 otros taxónomos. En 1995, se recibió la identificación de 60 de las accesiones, incluyendo 51 especímenes de gramíneas identificados por S. A. Renvoize, R.B.G., Kew, Inglaterra. [A. Ortiz y A. M. Torres]

4. Manejo y Documentación de Datos

4.1 Manejo de datos

La documentación confiable y el manejo de datos eficiente son básicos para el manejo de germoplasma. En 1992, la Unidad de Manejo de Información y Redes del CIAT implementó el nuevo sistema de manejo de datos, ORACLE. El sistema de manejo de datos integrados cubre todos los aspectos de manejo de germoplasma. [A. Ortiz, M. A. Franco y A. Ciprián]

4.2 Datos de pasaporte

La revisión de datos de pasaporte continúa y se completó para aquellas accesiones originadas en Colombia y Brasil. En 1994, se publicó y distribuyó un catálogo de las 4361 accesiones recolectadas en Colombia (Belalcázar y Schultze-Kraft, 1994). Actualmente se están revisando los datos del germoplasma originario de África. Se han publicado los catálogos para germoplasma de Sudeste Asiático, Venezuela y México, América Central y el Caribe (Schultze-Kraft, 1990; 1991a; 1991b). Los catálogos restantes que se publicarán corresponden al germoplasma adquirido en Brasil, África y otras regiones. [A. Ortiz, B. L. Maass, G. Keller-Grein, B. Hincapié, y A. Ciprián]

4.3 Herbario

Durante 1994 y 1995 se agregaron 640 especímenes de herbario. El herbario de referencia actualmente tiene un total de 16,313 especímenes con 12,112 ó el 50% de las accesiones registradas. En el herbario están representadas 120 de los 168 géneros y 551 de las 831 especies registradas en la colección de germoplasma. Se elaboraron etiquetas computarizadas se elaboraron etiquetas computarizadas para los especímenes del herbario.

El herbario recibió visitantes de varios países, que realizaron estudios taxonómicos y botánicos.

Capacitación. Una funcionaria del CIAT fué capacitada en técnicas de herbario en el Herbario del R.B.B., Kew. La capacitación cubrió aspectos relacionados con técnicas y el manejo de herbarios, y proporcionó un fondo botánico sobre taxonomía, nomenclatura, morfología, identificación de plantas, recolección, fotografía, ilustraciones, manejo de datos en computadora, bancos de germoplasma, jardines botánicos y botánica económica.

El trabajo práctico se realizó con las familias principales Leguminosae, Gramineae, Compositae y Rubiaceae. [A. M. Torres y A. Ortiz]

5. Rhizobia y Mycorrhizae

5.1 Rhizobium

Se mantiene la colección de más de 4000 cepas y se le agregan nuevas cepas cuando se identifica alguna necesidad específica.

Arachis. Se examinaron 15 muestras de nódulos obtenidos de *A. pintoii* en Brasil (recolectados por E. A. Pizarro y colaboradores) para detectar cepas de *Bradyrhizobium*. En total se aislaron 10 cepas (codificadas 5080-5089) y se compararon con la cepa recomendada de *Bradyrhizobium* CIAT 3101 en un experimento en invernadero con suelo no disturbado proveniente del ensayo 'core' en Carimagua. Seis cepas de estas presentaron características de crecimiento similares a la cepa CIAT 3101 en medio de agar. Sin embargo, en el experimento de invernadero ninguna de las cepas nuevas superó el comportamiento de la cepa CIAT 3101 en relación con el peso seco o el N total en la planta.

Leguminosas arbustivas. Se estudió la necesidad de inoculación en seis especies promisorias de leguminosas arbustivas, para el efecto se usó un suelo ácido (pH 4.8, saturación de Al de 76%, MO de 8.2%, 2.1 ppm P-Bray II) de la estación CVC-San Emigdio, Palmira. Se utilizó el método de la "prueba de necesidad de inocular" es decir, un tratamiento sin inocular, uno inoculado y otro que recibía N como fertilizante. Las especies y la cepa de *Bradyrhizobium*, en paréntesis, fueron: *Calliandra* sp. CIAT 20400 (cepas 4099 + 4910), *Cratylia argentea* CIAT 18516 (cepa 3561), *Desmodium velutinum* CIAT 23984 (cepa 4099), *Erythrina fusca* CVC (cepa 035), *Flemingia macrophylla* CIAT 17412 (cepas 4099 + 4203) y *Gliricidia sepium* CIAT 21290 (cepa 3920).

En el Cuadro 4 aparecen el peso seco, el nitrógeno y el número de nódulos después de 145 días. *Gliricidia sepium* no creció en este suelo ácido, mientras que todas las demás especies crecieron relativamente bien, excepto *D. velutinum*, que creció extremadamente lento. *Calliandra* sp. CIAT 20400 (probablemente una especie nueva, según H. M. Hernández) fue la leguminosa que creció mejor y acumuló más N en la planta. Este genotipo también mostró la mayor respuesta a la inoculación, comparado con los otros materiales (Cuadro 4). La producción de peso seco de la planta y de N total

Cuadro 4. Efecto de inoculación con rhizobium en algunas características de leguminosas arbustivas, después de 145 días de crecimiento.

Parámetro	Tratamiento	<i>Calliandra</i> sp. CIAT 20400	<i>C. argentea</i>	<i>D. velutinum</i>	<i>E. fusca</i>	<i>F. macrophylla</i>
Peso seco (g)	I	13.8 a	9.1 a	1.5 a	9.2 a	8.1 a
	N	8.3 b	10.2 a	3.4 b	14.4 b	14.5 b
	SI	2.1 c	7.0 a	1.1 a	10.6 a	8.3 a
Nitrógeno (mg)	I	236.5 a	182.0 a	25.8 a	157.4 a	142.5 a
	N	101.7 b	218.7 a	54.8 b	260.8 b	212.2 b
	SI	36.3 c	125.1 b	20.9 a	165.4 a	142.2 a
Número de nódulos	I	250 a	24 a	20 a	47 a	106 a
	N	11 b	33 a	31 a	33 a	200 b
	SI	16 b	28 a	32 a	50 a	97 a

a. I = inoculado; N = 150 kg/ha de N como fertilizante ; SI = control no inoculado. Promedios en cada columna seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes (P < 0.05).

aumentaron seis veces más mediante la inoculación y el área foliar cinco veces más (resultado no mostrado), comparados con el control no inoculado. La producción de biomasa en los tratamientos inoculados superó a aquellos fertilizados con N. *C. argentea* fue la única otra planta que mostró un efecto significativo de la inoculación sobre el N en la planta. Con *D. velutinum*, *E. fusca* y *F. macrophylla* no se encontró respuesta a la inoculación, pero las plantas respondieron a la fertilización con N, lo que indica que ni las cepas nativas ni las inoculadas fueron efectivas para la fijación de N₂. Esto contrastó con *Calliandra* sp. CIAT 20400 y *C. argentea* que mostraron igual o mayor contenido de N en plantas inoculadas, comparadas con las plantas fertilizadas con N, es decir, las cepas de *Bradyrhizobium* utilizadas fueron efectivas. El N del fertilizante no parece haber inhibido la nodulación por cepas nativas en las especies probadas.

Los resultados sugieren que *Calliandra* sp. CIAT 20400 y *C. argentea* son leguminosas arbustivas promisorias que requieren inoculación con *Rhizobium* cuando crecen en suelos ácidos de ladera. *Erythrina fusca* y *F. macrophylla* también parece que se adaptan a estos suelos, pero aún se requieren estudios adicionales sobre inoculación y selección de cepas.

Producción de inoculantes. Entre noviembre de 1994 y septiembre de 1995, se produjeron 20.6 kg de inoculantes *Bradyrhizobium* para investigación y con fines comerciales. Estos inoculantes se usaron en especies de *Centrosema*, *Arachis*, *Pueraria*, *Stylosanthes*, *Mucuna* y *Chamaecrista*. [R. J. Thomas]

Cepas *Bradyrhizobium* productoras de antibióticos. Quince cepas de *Bradyrhizobium* de la colección en el CIAT se examinaron por su actividad antifúngica, en placas de agar nutricional (Difco). Se observaron los efectos antibióticos in vitro de cepas de *Bradyrhizobium* o sus productos en los inóculos de *Rhizoctonia solani*: (1) inhibición del crecimiento micélico del patógeno, (2) reducción o prevención de formación de esclerocios, y (3) inhibición de germinación de esclerocios. Adicionalmente, los filtrados del cultivo libres de células de tres cepas seleccionadas de *Bradyrhizobium* ejercieron efectos inhibitorios sobre el crecimiento de las bacterias *Escherichia coli* DH5 α y *Xanthomonas campestris* pv. *phaseoli* CIAT 555. Esta es la primera vez que se demuestra la actividad inhibitoria fúngica/bacteriana de cepas de *Bradyrhizobium* aisladas de leguminosas forrajeras tropicales. [S. Kelemu, R. J. Thomas, Claudia X. Moreno y Gloria I. Ocampo]

5.2 Mycorrhizae

La colección del CIAT de micorriza vesicular-arbuscular (MVA) consta de 432 cultivos de los cuales 68 se mejoraron durante los últimos 2 años y se consideran puros. Los cultivos mejorados (suelo mezclado con esporas e hifas de MVA) incluyen 28 especies en 5 géneros (*Acaulospora*, *Entrophosphora*, *Gigaspora*, *Glomus* y *Scutellospora*). La colonización de las raíces por MVA es importante para el suministro de P a leguminosas y gramíneas en los Oxisoles tropicales. La investigación anterior ha demostrado que las especies de MVA difieren considerablemente en su capacidad para mejorar el crecimiento de las plantas y la absorción de P de varias especies de leguminosas y gramíneas forrajeras tropicales.

Se realizó un estudio de invernadero para evaluar la respuesta de *A. pintoii* CIAT 17434 a la inoculación con 4 especies diferentes de MVA (*G. clarum*, *E. colombiana*, *A. laevis* y *S. pellucida*). Se midió la respuesta a la inoculación en dos niveles de P (20 y 50 kg/ha), en Oxisoles contrastantes de Carimagua, (franco-arenoso y franco-arcilloso). Las plantas se cultivaron en macetas (4 kg de suelo/maceta). Antes de la siembra, se aplicó una mezcla base de nutrientes (kg/ha: 20 N, 100 K, 66 Ca, 28,4 Mg, 20 S y micronutrientes: 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo). En el momento de la cosecha (63 días de crecimiento), se determinaron la biomasa aérea, la absorción de P en los rebrotes y la colonización de las raíces por MVA. Los resultados (Cuadro 5), muestran una respuesta significativa en el crecimiento de las plantas por efecto de la inoculación en el suelo franco-arcilloso, pero no en el franco-arenoso, cuando se aplicaron 20 kg/ha de P. Se encontraron, también, diferencias significativas entre las cuatro especies de MVA probadas: *S. pellucida* no fue efectiva en suelo franco-arcilloso. No se encontró respuesta a la inoculación con MVA en suelo franco-arenoso, ya que las especies nativas de micorriza fueron efectivas en la colonización de las raíces. La longitud de la raíz infectada de *A. pintoii* por especies de MVA en suelo franco-arenoso fue de 65% a 85%, comparado con 11% a 34% en suelo franco-arcilloso. Se encontró un aumento significativo en la absorción de P en la biomasa aérea debido a la inoculación con la especie *G. clarum* en suelo franco-arcilloso. Estos resultados indican que la colonización de las raíces por especies nativas de MVA es una limitante para el establecimiento *A. pintoii* en suelo franco-arcilloso. Es necesario determinar las especies de MVA más efectivas para uso en suelos franco-arcillosos y determinar si estas asegurarán un

Cuadro 5. Efecto de inoculación con MVA en el crecimiento de plantas y la absorción de P por *A. pintoi* cultivado en macetas utilizando Oxisoles de Carimagua (P aplicado: 20 kg/ha).

Especies de MVA	Biomasa aérea (g/maceta)		Biomasa de la raíz (g/maceta)		Absorción P en la biomasa aérea (mg/maceta)	
	F-A	F-Ar	F-A	F-Ar	F-A	F-Ar
MVA nativa	6.6	4.9	5.5	3.5	9.6	11.8
<i>G. clarum</i>	7.0	7.5	5.8	5.0	10.6	15.2
<i>E. colombiana</i>	6.5	6.9	5.4	4.7	10.3	13.4
<i>A. laevis</i>	7.1	7.8	5.9	5.9	10.4	11.5
<i>S. pellucida</i>	6.2	3.6	4.4	3.9	9.8	8.8
DMS _{0.05}	NS	1.5	NS	0.7	NS	2.8

F-A: suelo franco-arenoso, F-Ar = suelo franco-arcilloso. NS = no significativo

establecimiento más rápido de *A. pintoi* en suelos franco-arcillosos bajo condiciones de campo. [I. M. Rao, C. Cano y A. M. Jiménez]

6. Red de Recursos Genéticos Forrajeros

En 1994, se celebró una reunión organizada por el CIAT para discutir la formación de una Red Tropical de Recursos Genéticos Forrajeros. A ella asistieron representantes de CSIRO, CENARGEN, ILCA e IPGRI y se elaboró un documento esbozando la estrategia para formar dicha red de trabajo (Maass et al., 1995). La iniciativa de recursos genéticos a través del sistema CGIAR liderado por el IPGRI, puso a disposición los recursos necesarios para iniciar la red pero sugirió que se deben incluir todas las forrajeras. Existe una discusión sobre si una sola red global es deseable cuando ya existen redes separadas establecidas para germoplasma forrajero de zonas templado y mediterráneas. [B. L. Maass y P. C. Kerridge]

References

Belalcázar, J. and Schultze-Kraft, R. (comps.). 1994. La colección de forrajeras tropicales mantenida en CIAT. 4. Catálogo de germoplasma de Colombia. Documento de Trabajo No. 137. CIAT, Cali, Colombia. 604 p.

FAO/IPGRI, 1994. Genebank standards. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) and International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy. 13 p.

Kelemu, S. (comp.). 1993. Seed health testing and phytosanitary procedures for tropical forages.

Working document no. 132. CIAT, Cali, Colombia. 33 p.

Krapovickas, A. and Gregory, W. C. 1994. Taxonomía del género *Arachis* (Leguminosae). *Bonplandia* 8(1-4):1-186.

Maass, B.L.; Hanson, J.; Hacker, J.B. and Coradin, L. (eds.). 1995. Report of a Working Group on Tropical and Subtropical Forage Genetic Resources (Second Meeting). Working document No. 245. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 23 p.

Schultze-Kraft, R. and Belalcázar, J. n.d. Nueva variedad de *Centrosema macrocarpum* Benth. (Leguminosae: Papilionoideae) en Colombia. Submitted to Caldasia.

Schultze-Kraft, R. (comp.). 1990. The CIAT collection of tropical forages. 1. Catalog of germplasm from Southeast Asia. Working Document No. 76. CIAT, Cali, Colombia. 316 p.

Schultze-Kraft, R. (comp.). 1991a. La colección de forrajeras tropicales del CIAT. 2. Catálogo de germoplasma de Venezuela. Documento de Trabajo No. 85. CIAT, Cali, Colombia. 296 p.

Schultze-Kraft, R. (comp.). 1991b. La colección de forrajeras tropicales del CIAT. 3. Catálogo de germoplasma de Centroamérica, México y el Caribe. Documento de Trabajo No. 90. CIAT, Cali, Colombia. 269 p.

Proyecto: Recursos genéticos de forrajeras

Actividades propuestas para 1996

1. Adquisición

- En colaboración con el ICA, se establecerán procedimientos adecuados para el seguimiento fitosanitario post-introducción, incluyendo la provisión de espacio en un invernadero adicional.
- Se continuará índizando germoplasma forrajero tropical para enfermedades (Unidad de Virología).
- Se participará en la recolección de germoplasma de *Cratylia* en los Cerrados Brasileños y de *Arachis* spp. en Paraguay.
- Se introducirá a Colombia germoplasma nuevo donado por ILRI (para laderas de altitud media), OFI (*Calliandra*) y EMBRAPA/CENARGEN (*Cratylia* y *Arachis*).
- Se preparará un listado de gramíneas de las tribus Chloridoideae y Panicoideae con la información disponible en herbarios colombianos.

2. Conservación

Para progresar en mejorar las actividades de recursos genéticos en el CIAT, es necesario enfatizar en conservación especialmente en el procesamiento de accesiones atrasadas, la multiplicación, el duplicado de seguridad, y pruebas de viabilidad y sanidad de semilla, el almacenamiento a largo plazo y la investigación en fisiología de semilla. Sin embargo, el mejoramiento sólo puede lograrse si se tienen recursos disponibles.

- Se participará en la reunión taller de consulta sobre "bancos genéticos en in vitro y en campo", que tendrá lugar en el CIAT en enero de 1996.
- Se continuará la determinación del modo de reproducción en las accesiones de germoplasma de *Brachiaria* y se iniciará un estudio de alogamia de accesiones sexuales de *Brachiaria*.

3. Caracterización e identificación

- Se continuará la caracterización de especies clave con énfasis en germoplasma nuevo de *Arachis* y *Cratylia*.

- Se participará en la caracterización bioquímica de accesiones de germoplasma *D. heterocarpon* subsp. *ovalifolium*, un proyecto colaborativo de la GTZ.

4. Manejo y documentación de datos

- Se participará activamente en la revisión y uniformización de datos en el proyecto SINGER.
- Se completará la revisión de datos de pasaporte para germoplasma de África y de otros países.
- Se editará y publicarán catálogos de germoplasma de Brasil, África y otros países.

5. Rhizobia y Mycorrhizae

- Se continuará el mantenimiento de las colecciones.
- Se aumentará el número de cepas puras.
- Se proporcionará inóculo suficiente para los investigadores del CIAT.
- Se ofrecerá un curso de capacitación sobre MVA a técnicos y científicos de programas nacionales.
- Se realizará un ensayo de invernadero para identificar especies efectivas de MVA para el establecimiento de las accesiones *A. pintoi* CIAT 17434 y 22160 en suelo franco-arcilloso.

6. Red de recursos genéticos forrajeros

- Se llegará a una decisión acerca de los participantes potenciales en una nueva red de recursos genéticos forrajeros.
- Se tomará la decisión sobre la mejor forma para utilizar los fondos facilitados por la iniciativa de recursos genéticos a través del sistema GCIAI como fondos base para atraer más apoyo a largo plazo.

Anexo 1. Especialistas consultados para la identificación de algunos géneros.

Espacialista	Institución	Genero identificado
Arroyo, J. E.	Universidad del Chocó, Quibdó, Colombia	<i>Galactia</i>
Barneby, R. C.	The New York Botanical Garden, Bronx, NY, U.S.A.	<i>Albizia, Ateleia, Calopogonium, Cassia, Chamaecrista, Dalea, Mimosa, Parkia, Senna</i>
Baudoin, J. P.	Université de Gembloux, Belgium	<i>Dolichopsis, Macroptilium, Pachyrhizus, Vigna</i>
Clayton, W. D.	Royal Botanic Gardens, Kew, England	<i>Brachiaria, Cynodon</i>
Clements, R. J.	CSIRO, Brisbane, Australia	<i>Centrosema</i>
Costa, N. M. S.	EPAMIG, Sete Lagoas, MG, Brazil	<i>Stylosanthes</i>
Debouck, D. G.	CIAT, Cali, Colombia	<i>Lablab, Macroptilium, Macrotyloma, Phaseolus, Vigna</i>
Edye, L. A.	CSIRO, Townsville, Australia	<i>Stylosanthes</i>
Fantz, P. R.	North Carolina State University, Raleigh, U.S.A.	<i>Clitoria</i>
Fortunato, R. H.	INTA, Castelar, Buenos Aires, Argentina	<i>Galactia, Eriosema</i>
Geesink, R.	Leiden, The Netherlands	<i>Derris, Millettia</i>
Hernández, H. M.	Universidad Nacional Autónoma de México, México	<i>Calliandra, Zapoteca</i>
Krapovickas, A.	Universidad Nacional del Nordeste, Corrientes, Argentina	<i>Arachis</i>
Lavin, M.	Montana State University, Bozeman, U.S.A.	<i>Coursetia, Cracca</i>
Lewis, G. P.	Royal Botanic Gardens, Kew, England	<i>Clitoria, Cratylia, Periandra, Senna, Sesbania, Leguminosae</i>
Luckow, M.	Bailey Hortorium, Cornell University, Ithaca NY, U.S.A.	<i>Desmanthus</i>
Maesen, L. J. G. van der	Wageningen Agricultural University, The Netherlands	<i>Atylosia, Cajanus, Cratylia, Dicerma, Dolichos, Dunbaria, Dysolobium, Flemingia, Pueraria, Shuteria, Sinodolichos, Stylosanthes, Teyleria, Uraria</i>
Marechal, R. J. M.	Université de Gembloux, Belgium	<i>Dysolobium, Glycine, Lablab, Macroptilium, Macrotyloma, Phaseolus, Vigna</i>
Maxwell, R. H.	University of Louisville, NY, U.S.A.	<i>Aeschynomene, Dioclea</i>
Monteiro, R.	Universidade Estadual Paulista (UNESP), Rio Claro SP, Brazil	<i>Sesbania</i>
Ohashi, H.	Tohoku University, Japan	<i>Desmodium, Phylloidium, Tadehagi</i>
Queiroz, L. P.	Universidade Federal de Feira de Santana, BA, Brazil	<i>Camptosema, Canavalia, Cratylia, Galactia</i>
Renvoize, S. A.	Royal Botanic Gardens, Kew, England	<i>Andropogon, Axonopus, Bothriochloa, Brachiaria, Chloris, Chrysopogon, Cynodon, Digitaria, Echinochloa, Eragrostis, Hyparrhenia, Ischaemum, Lasiacis, Leptochloa, Leptocoryphium, Paspalum, Pennisetum, Setaria, Sporobolus Gramineae</i>
Rico-Arce, M. L.	Royal Botanic Gardens, Kew, England	<i>Abarema, Acacia, Adenanthera, Mimosa, Neptunia, Mimosoideae</i>
Rudd, V. E.	Reseda, CA, U.S.A.	<i>Aeschynomene, Chaetocalyx, Poirertia, Zornia</i>
Rugolo de A., Z. E.	Darwinión, Buenos Aires, Argentina	<i>Cynodon, Digitaria</i>
Schubert, B.	The Arnold Arboretum of Harvard University, U.S.A.	<i>Desmodium</i>
Schultze-Kraft, R.	Universität Hohenheim, Stuttgart, Germany	<i>Centrosema</i>
Sorensson, Ch.	University of Hawaii, U.S.A.	<i>Leucaena</i>
Valls, J. F. M.	CENARGEN/EMBRAPA, Brasilia, D.F., Brazil	<i>Arachis</i>
Verdcourt, B.	Royal Botanic Gardens, Kew, England	<i>Abrus, Alysicarpus, Dioclea, Mucuna, Smithia, Teramnus</i>
Vijai Kumar, B. K.	Hyderabad, India	<i>Indigofera</i>
Williams, R. J.	CSIRO, Brisbane, Australia	<i>Centrosema</i>

B. Evaluación para Adaptación Ambiental

Principales actividades de investigación

1. Forrajes para sabanas y ambientes estacionalmente secos (Carimagua, Colombia, Atenas, Costa Rica y Planaltina, Brasil).
2. Forrajes para laderas con altitud media (Cauca, Colombia, y Costa Rica).
3. Forrajes para trópico húmedo de tierras bajas (San Isidro, Costa Rica, y Caquetá, Colombia).
4. Forrajes para sistemas de cultivo-pasturas (Uberlândia, Brasil y Carimagua, Colombia).
5. Forrajes para el Sudeste Asiático.
6. Forrajes para África Occidental y Central.
7. Forrajes con alto valor nutritivo.
8. Sistemas de información sobre adaptación de especies forrajeras.

Aspectos Sobresalientes (1994-1995)

- Se realizó un taller sobre *Cratylia* para fijar prioridades de investigación futura en este género.
- Se identificaron accesiones de *Arachis pintoi*, *Centrosema*, *Desmodium ovalifolium*, *Canavalia*, *Mucuna pruriens*, *Cajanus cajan* y de especies de *Brachiaria* con tolerancia a temperaturas bajas y promisorias para las laderas de altura media en el departamento del Cauca, Colombia.
- Se identificaron accesiones promisorias de *Panicum maximum* para las tierras bajas tropicales húmedas de Costa Rica y Colombia, y de *Hyparrhenia* en Colombia.
- Aún no se han identificado árboles y arbustos de uso multi-propósito apropiados para las laderas de altura media.
- Se identificaron accesiones de diferentes especies de leguminosas para sistemas de producción cultivo-pasturas en los Cerrados del Brasil y en los Llanos Orientales de Colombia.
- Se identificaron seis especies con amplia adaptación ambiental en el Sudeste Asiático.

- En enero de 1995, se establecieron nuevos sitios de evaluación de especies forrajeras en Laos y Vietnam, como parte del proyecto "Forrajes para Pequeños Productores".
- Se identificaron nuevas especies forrajeras para África Occidental.
- Las accesiones recomendadas para evaluación regional se incluyen en los Cuadros 10 y 11.

1. Forraje para sabanas y ambientes estacionalmente secos

1.1 Llanos Orientales de Colombia

En 1993, se establecieron en Carimagua 380 accesiones de *Galactia striata* y cerca de 80 de *Chamaecrista rotundifolia* (sin. *Cassia rotundifolia*) para evaluar su adaptación ambiental. Ambas colecciones mostraron un amplio rango de variación en características morfológicas y de adaptación general. Bajo las condiciones de baja fertilidad de suelos de la región, *Galactia striata* fue atacada por el añublo foliar y *Chamaecrista rotundifolia* por la antracnosis, por lo cual no son apropiadas para este ecosistema.

Galactia striata. Las accesiones de esta especie presentaron, principalmente, hábito de crecimiento postrado, siendo éste diferente al de *G. striata* CIAT 964, tradicionalmente utilizada. Se encontró una alta variación intra-accesión que, junto con la población de insectos observada, sugiere una polinización cruzada de esta especie. Algunas accesiones con flor blanca pueden servir para establecer la tasa de alogamia de esta especie. Casi todo el germoplasma sufrió un gran ataque de añublo por *Rhizoctonia*. En su mayoría las accesiones sobrevivientes y más vigorosas (Cuadro 1) son originarias del Casanare, Colombia. Las accesiones de mejor desempeño fueron seleccionadas para su inclusión en ensayos en Carimagua y en las laderas del Cauca, donde se estableció un ensayo agronómico a finales de 1995. Este ensayo también incluye un ecotipo local originario de San Vicente en las laderas de altura media del departamento del Cauca, el cual crece abundantemente en pasturas de *Brachiaria humidicola*.

Cuadro 1. Evaluación de leguminosas herbáceas para sabanas. Cl. Carimagua, Llanos Orientales de Colombia. 1993- 1994.

Germoplasma evaluado	Accesiones más sobresalientes (no. CIAT)
	Accesiones (no.)
<i>Galactia striata</i>	380
	8151, 20786, 20787, 7236, 8139, 8143, 8148, 8749, 17971, 20758
<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	80
var. <i>rotundifolia</i>	8156, 8158, 8391
var. <i>grandiflora</i> (hojas erectas, grandes)	8992, 17000, 17001

***Chamaecrista rotundifolia* (sin. *Cassia rotundifolia*).** *Chamaecrista rotundifolia* incluye dos variedades botánicas, var. *rotundifolia* y var. *grandiflora*, que difieren en el hábito de crecimiento de la planta (prostrado vs. erecto) y en el tamaño de planta, folíolos y flores (pequeño vs. grande) (Irwin y Barneby, 1982). El germoplasma mantenido en el CIAT y evaluado en Carimagua contiene pocas accesiones de la última variedad. La mayoría de los materiales de la colección de *C. rotundifolia* sufrieron ataque de antracnosis, antes de iniciar algún régimen de corte. Sin embargo, la característica más notable de esta especie es su potencial de producción de semilla, y el establecimiento fácil y rápido de nuevas plántulas. Después de 2.5 años del establecimiento, las accesiones de tipo erecto de la var. *grandiflora* han sobrevivido en el área del experimento, el cual se abandonó a finales de 1994. Las accesiones de mejor desempeño (Cuadro 1) se han recomendado para producción de semillas y pruebas regionales en otros sitios de los Llanos Orientales. En las laderas de altura media en el Cauca, Colombia, las accesiones de *C. rotundifolia* muestran una buena cobertura del suelo en cultivos de yuca (K. Müller-Sämman, comunicación personal) [B. L. Maass y Edgar A. Cárdenas].

1.2 Atenas, Costa Rica

***Chamaecrista rotundifolia*.** En 1994, en un Inceptisol del trópico subhúmedo en Atenas, Costa Rica (1860 mm de precipitación anual y 5 a 6 meses secos), se establecieron 17 accesiones de *Ch. rotundifolia* var. *rotundifolia* (tipo prostrado) y var. *grandiflora* (tipo erectos y hojas grandes), seleccionadas con base en su origen y su adaptación preliminar en Carimagua, Colombia.

En esta evaluación se han observado diferencias

significativas entre accesiones en relación con la tolerancia a la sequía y la retención de hojas durante el período seco. Las accesiones *Ch. rotundifolia* var. *grandiflora* CIAT 8992, 18252, 17000, 7792 y 8201 mostraron tolerancia sobresaliente a condiciones secas y aceptable retención de hojas durante este período, en particular *Ch. rotundifolia* CIAT 8992 y 17000. Un comportamiento similar se observó para *Ch. rotundifolia* CIAT 8202 y 17002 de tipo semierecto; entretanto, las únicas accesiones de tipo prostrado (var. *rotundifolia*) que mostraron aceptable tolerancia a la sequía y buen retención de hojas fueron *Ch. rotundifolia* CIAT 17007 y 8368.

La incidencia de plagas y enfermedades ha sido baja, excepto un ataque leve del hongo foliar *Phyllosticta* sp.

La producción acumulada de materia seca fue mayor en *Ch. rotundifolia* CIAT 18252 (7670 kg/ha de MS) seguido de *Ch. rotundifolia* CIAT 8992 y 17000 (5950 y 4820 kg/ha, respectivamente). Todas estas accesiones tienen floración tardía y *Ch. rotundifolia* CIAT 18252 no sólo retiene hojas durante el período seco, sino que también rebrota desde la base del tallo. Al inicio de la estación lluviosa se observaron 70 plántulas/m² de esta accesión.

Los tipos prostrados CIAT 8398, 17517, 17518, 9735 y 7091 mostraron una adaptación pobre bajo estas condiciones subhúmedas, presentaron una fuerte defoliación durante el período seco y su recuperación con las lluvias fue lenta. El rango de producción de MS de estas accesiones varió desde 0 hasta 3200 kg/ha. Sin embargo, la mayoría de ellas floreció en forma temprana y su regeneración a partir de semillas fue buena en *Ch. rotundifolia* CIAT 8389 y 9735.

Similar a lo ocurrido en Carimagua, Colombia, las accesiones mejor adaptadas fueron del tipo erecto, var. *grandiflora*, en particular *Ch. rotundifolia* CIAT 8992 y 17000 (Cuadro 1). [P. J. Argel, Alfredo Valerio y Guillermo Pérez]

Arbustos. En Atenas (trópico seco) y San Isidro (trópico húmedo estacional), Costa Rica, se están evaluando bajo corte 21 accesiones de *Desmodium velutinum*, 21 accesiones de diferentes especies de *Uraria*, 11 accesiones de *Cratylia argentea* y tres accesiones de especies de *Calliandra*.

Los cortes se realizan cada 6 a 8 semanas dependiendo de la época del año. Se encontraron diferencias significativas en adaptación y producción de MS entre y dentro de especies. *Desmodium velutinum* y el arbusto *Uraria* no se adaptan en San Isidro. Las plantas que se trasplantaron no crecieron bien y la producción de MS fue mínima. La mortalidad de plantas fue alta durante los primeros 6 meses después de la siembra y la evaluación se suspendió en este sitio. Entretanto, en Atenas, ocurrió una variación amplia en producción dentro de las dos especies, aunque esto sólo se observó durante la estación lluviosa de 6 meses de duración. Durante la estación seca las plantas se defoliaron completamente y algunas murieron.

Las especies de *Calliandra* se adaptan bien en ambos sitios; sin embargo, la producción de MS de *Calliandra* sp. CIAT 20400 (probablemente una especie nueva según H. M. Hernández), fue mayor que la de *C. calothyrsus*.

Cratylia argentea mostró buena adaptación en ambos sitios, aunque existió interacción entre sitio y accesiones (Cuadro 2). La producción de MS fue más variable en San Isidro que en Atenas. Sin embargo, es interesante notar que las accesiones *C. argentea* CIAT 18516, 18666, 18667, 18668 y 18676 se comportaron bien o mejor en el suelo ácido de San Isidro que en el suelo menos ácido de Atenas.

Una característica sobresaliente de *C. argentea* es la alta retención de hojas durante la época seca, especialmente de los retoños. En Atenas, donde la época seca dura 6 meses, la retención de hojas fue de 90% aproximadamente, lo que representó cerca de 30% de producción de MS durante ese periodo. Estos resultados indican el potencial de este arbusto para sistemas agrícolas en el ecosistema seco que predomina a lo largo de la Costa Pacífica de América Central. [P. J. Argel, A. Valerio y G. Pérez].

Cuadro 2. Producción de MS de *Cratylia argentea* establecida en Atenas y San Isidro, Costa Rica.

Accesión no. CIAT	Rendimiento de MS (g/planta) ¹		
	Atenas	San Isidro	Diferencia entre sitios ²
18667	193 a	133 ab	ns
18676	184 ab	200 a	ns
18673	184 ab	28 c	**
18674	183 ab	73 bc	**
18668	172 abc	206 a	ns
18672	174 bcd	48 bc	**
18666	163 bcd	191 a	ns
18957	154 cd	40 c	**
18516	145 de	117 abc	ns
18675	126 e	35 c	**
18671	121 e	30 c	**
Promedio	163 a	100 b	**

1. Promedio de siete cortes durante la época húmeda y cuatro durante la época seca en Atenas, y de tres y dos cortes durante las épocas húmeda y seca en San Isidro, respectivamente.

2. Promedios seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

1.3 Cerrados, Brazil¹

Arbustos. Entre 1991 y 1995, en Planaltina, DF. (EMBRAPA/CPAC), ecosistema Cerrado, se evaluaron 73 accesiones de 10 géneros de leguminosas arbustivas. La producción de MS acumulada en 1 año varió significativamente ($P < 0.05$) entre materiales en un rango entre 0.5 t/ha para *C. argentea* CIAT 18516 y 2.5 t/ha para *Mimosa* sp. CNPAB 0040. La producción de MS varió entre accesiones desde 0.5 t/ha para *C. argentea* CIAT 18516 hasta 2 t/ha para *C. argentea* CIAT 18675. La relación hoja:tallo varió ($P < 0.05$) desde 1:1 (*C. argentea* CIAT 18666 y 18668) hasta 3:1 (*C. argentea* CIAT 18667, 18673, 18674 y 18675).

La profundidad del sistema radical en *C. argentea* y *Leucaena leucephala* es muy diferente. La profundidad de la zona radical en *C. argentea* CIAT 18516 fue de 1.80 m y en *C. argentea* CIAT 18675 fue de 1.30 m; por el contrario, el híbrido de *L. leucocephala* BRA -001911

(Los números BRA y CIAT aparecen en el Anexo 1)

fue sólo de 0.65 m y de 0.40 m para *L. leucocephala* cv. Texas. En este ensayo se estimarán la biomasa de las raíces y su distribución.

Cratylia argentea tiene varios atributos agronómicos positivos. Crece bien en suelos ácidos de baja fertilidad. Hasta ahora, las accesiones evaluadas son tolerantes a patógenos, muestran alta retención de hojas hasta el final de la estación seca, tienen raíces profundas, y tolerancia a la quema. Se sugiere evaluar en pruebas regionales las accesiones *C. argentea* CIAT 18667, 18673, 18674 y 18675 [E. A. Pizarro, Allan K. B. Ramos, y Margarida A. Carvalho].

Taller de *Cratylia*. En julio de 1995, se celebró en Brasilia un taller para fijar prioridades de investigación futura en *Cratylia*. Se identificaron cinco áreas principales de investigación:

1. Información botánica;
2. Ubicación y recolección de germoplasma nuevo;
3. Caracterización y evaluación agronómica;
4. Valor nutritivo; y
5. Utilización y manejo.

En cada uno de estos temas se identificaron los aspectos específicos para investigación futura. Las memorias de este taller están en edición y se publicarán en español y portugués por el CIAT y EMBRAPA [E. A. Pizarro y Lidio Coradin].

***Paspalum*.** América tropical y subtropical son un centro de diversidad del género de gramíneas *Paspalum*. En EMBRAPA/CENARGEN se encuentra una colección de germoplasma bastante grande de *Paspalum*. En 1992, en Planaltina, DF, se estableció un ensayo de parcelas pequeñas bajo corte con el germoplasma disponible en CENARGEN (93 accesiones). Los testigos fueron accesiones seleccionadas de *Paspalum*, *Brachiaria brizantha* CIAT 16315 y 16488 y gramíneas comerciales utilizadas en la región. Las accesiones se sembraron en parcelas de un surco de 5.5 m con dos niveles de fertilizante y dos repeticiones. Los niveles de fertilización (kg/ha) fueron: bajo (B) y alto (A): P (B) = 34, (A) = 86, K (B) = 50, (A) = 83, FTE (B) = 30, (A) = 60) y cal (B) = 1700, (A) = 3000. Durante el establecimiento y en el primer año de producción, se encontraron diferencias ($P < 0.001$) en producción de MS entre accesiones en el primer corte (45 días y 270 mm) y en la producción anual acumulada. Se encontró también una interacción significativa ($P < 0.001$) entre nivel de fertilizante y genotipo. Según el nivel de fertilización, a

los 45 días de rebrote, la colección de *Paspalum* produjo 1 t/ha en la dosis baja y 2.3 t/ha en la alta, mientras que las especies testigo produjeron 2 t/ha en la dosis baja y 6 t/ha en la alta.

Los análisis de la planta entera a los 45 días de rebrote, mostraron un contenido de PC entre 9.5% y 11% de DIVMS entre 46% y 57% para *Paspalum* y las especies testigo, respectivamente. La DIVMS más baja (30%) se encontró en *Paspalum* sp. BRA-012602, y la más alta (63%) en *P. guenoarum* BRA-003824.

El promedio de la producción de MS durante las dos estaciones lluviosas fue de 23 t/ha para los testigos (rango entre 14 t/ha para *B. brizantha* CIAT 16488 y 30 t/ha para *B. brizantha* CIAT 16315) y un promedio de 8 t/ha para las accesiones de *Paspalum* (rango entre 1.5 t/ha en *P. compressifolium* BRA-005088 y 17 t/ha para *Paspalum* sp. BRA-012793). Las accesiones más productivas fueron: *Paspalum* BRA-012793 y cv. Pantaneiro (17 t/ha); BRA-012602 (16 t/ha); *P. atratum* BRA-009610 (16 t/ha) y BRA-009652 (15 t/ha). El promedio de producción de MS durante la época de mínima precipitación (mayo-octubre, 260 mm) fue de 2 t/ha para las especies testigo con un rango entre 1.5 para *A. gayanus* cv. Planaltina (CIAT 62)1 y 2.7 t/ha para *Panicum maximum* CIAT 26290 (cv. Vencedor), y 1.2 t/ha para las accesiones de *Paspalum* con un rango entre 0.01 t/ha para *P. plicatulum* BRA-014729 y 3 t/ha para *P. plicatulum* BRA-012602, BRA-012793, V11884 y V11802/1.

En la próxima época lluviosa se caracterizará la morfología y el potencial de producción de semilla. El experimento se completará durante 1996. [E. A. Pizarro y A. K. B. Ramos]

2. Forrajes para Laderas de Altitud Media

2.1 Cauca, Colombia

En mayo de 1993, se inició la investigación de nuevas opciones forrajeras para las laderas localizadas en el departamento del Cauca, Colombia. El objetivo de esta investigación es proporcionar componentes forrajeros para la investigación dentro del Programa de Laderas del CIAT. Los ensayos de evaluación de germoplasma se realizaron en sitios localizados a 1200 m.s.n.m. (San Vicente) y 1.600 m.s.n.m. (El Melcho). Ambos sitios poseen suelos ácidos con bajo contenido de cationes, saturación de Al intermedia y alta capacidad para fijar P.

La precipitación anual (1800 mm) se distribuye en forma bimodal y en El Melcho la temperatura es menor debido a su mayor altura.

Se evaluó un grupo de germoplasma de 43 especies y 101 accesiones de leguminosas herbáceas, 18 especies y 30 accesiones de leguminosas arbustivas, y 29 especies y 41 accesiones de gramíneas. Los materiales se eligieron con base en sus datos de pasaporte y accesiones avanzadas seleccionadas en otros ecosistemas. En abril de 1994, en colaboración con el Programa de Laderas, se expusieron varias leguminosas con características contrastantes a agricultores de la región para: (1) identificar los criterios de selección que tienen los agricultores para las leguminosas para abono verde y forrajeras, (2) identificar la tendencia de los sistemas de manejo de diferentes leguminosas por los agricultores, (3) calificar el potencial de las leguminosas para ciertos sistemas de producción, y (4) probar las mejores opciones en una situación real de agricultura. Este ejercicio se repetirá en diciembre de 1995 para ayudar en la selección de las especies más apropiadas.

Las hormigas cortadoras de hoja aparecen como el problema más severo, hasta el punto que pueden impedir el establecimiento de las plantas. También se han observado ataques de "chiza" (larvas de Coleoptera: Melolonthidae, que es una plaga principal en varios cultivos en la región (A. Gaigl, 1995, comunicación personal). Poco se sabe de la resistencia o tolerancia de diferentes leguminosas y gramíneas a estas plagas.

Leguminosas herbáceas. En 1993, se iniciaron tres ensayos de *Centrosema*, uno de *Desmodium* y uno con varias especies.

Centrosema. Entre 10 especies de *Centrosema* (45 accesiones) evaluadas, *C. grazielae*, *C. acutifolium* y *C. brasilianum* fueron las de más rápido establecimiento en el sitio localizado a mayor altura, e inicialmente, produjeron la mayor cantidad de biomasa; *C. acutifolium* fue la leguminosa de mejor comportamiento en el sitio localizado a menor altitud. Durante el segundo y tercer corte, *C. macrocarpum*, *C. schiedeanaum* y *C. acutifolium* fueron las de mejor comportamiento en el sitio a mayor altitud. La especie anual *C. pascuorum* no se reestableció a partir de la semilla producida durante la fase inicial.

En general, la especie más vigorosa fue *C. macrocarpum* con varias accesiones sobresalientes: CIAT 5713, 15047, 5911, 5744 y 15014. *Centrosema acutifolium* CIAT 15249 y 15160 presentaron buena cobertura del suelo.

Centrosema schiedeanaum CIAT 15727 presentó buen vigor y proporcionó una cobertura muy densa. *Centrosema grazielae* CIAT 5402 y 25398 fueron menos vigorosas que *C. schiedeanaum*, pero proporcionaron una densa cobertura del suelo. Otras especies como *C. pascuorum*, *C. virginianum* y *C. brasilianum* fueron inicialmente muy vigorosas y produjeron alta cantidad de MS; sin embargo, no persistieron. Se encontró interacción significativa entre especies y sitios de evaluación. La producción total fue menor en el sitio localizado a mayor altitud [B. L. Maass, Fernando Díaz y Carlos G. Meléndez].

Desmodium. La mayoría de las especies de este género se establecieron de manera lenta, siendo *D. intortum*, *D. distortum* y *D. cajanifolium* las de establecimiento más rápido. Sin embargo, las de mejor desempeño fueron *D. ovalifolium* CIAT 13115, 13307 y 13089, particularmente en sitios de mayor pendiente. La única especie que se estableció bien fue *D. barbatum* que es nativa y abundante en la región y, aunque no es muy productiva, sí forma surcos densos que pueden ser útiles en el control de la erosión. [B. L. Maass, E. A. Cárdenas y C. G. Meléndez]

Otras especies. Dentro de las otras leguminosas herbáceas, por su comportamiento en el sitio de mayor altura, en términos de velocidad en cubrir el suelo, persistencia y producción de MS, sobresalieron *Arachis pintoi* CIAT 18748, 18744 y 22160, *Canavalia ensiformis* CIAT 9108 y 715, *C. brasiliensis* CIAT 17009 y *Mucuna pruriens* CIAT 9349.

Algunas accesiones que presentaron un establecimiento relativamente lento, pero que posteriormente mejoraron notablemente durante la estación seca fueron: *Pueraria phaseoloides* CIAT 9900, 17307 y 18382, *Macrotyloma axillare* CIAT 823, *Chamaecrista rotundifolia* CIAT 8990, *Galactia striata* CIAT 964 y 8151, *Stylosanthes guianensis* CIAT 11844 y *Vigna adenantha* CIAT 4222. Las accesiones evaluadas de *Calopogonium mucunoides*, *Macroptilium atropurpureum* y la mayoría de las especies de *Vigna*, *Dolichos* y *Lablab* no se establecieron bien o no persistieron durante más de 1 año.

La semilla de los materiales seleccionados se está aumentando para iniciar algunas pruebas regionales.

Vigna (1995). En 1995, se estableció en El Melcho una colección de accesiones nuevas de caupí (*Vigna unguiculata*) y de *V. adenantha* que incluyó tipos erectos, de grano y con corta duración; y tipos prostrados,

forrajeros y perennes. Los primeros presentaron un crecimiento inicial rápido, sin embargo, fueron atacados por enfermedades, especialmente por la mancha foliar causada por *Ascochyta*. Los tipos forrajeros de caupi y *V. adenantha* presentaron lento establecimiento y no parecen ser una alternativa para especies vigorosas, como por ejemplo *C. macrocarpum* o especies de *Canavalia*, a menos que se utilicen prácticas agronómicas más favorables que incluyan altos niveles de fertilización y control de enfermedades.

Leguminosas arbustivas. En la evaluación inicial de una colección grande de leguminosas arbustivas y arbóreas, sólo *guandul (Cajanus cajan)* se estableció bien y fue productivo. El comportamiento de esta especie fue similar en los dos sitios de evaluación. Las tres accesiones de *C. cajan* (CIAT 17522, 913 y 9739) evaluadas presentaron buen comportamiento. Sin embargo, se presentó un ataque severo por hormigas durante el establecimiento. La única especie que se estableció por semilla en el sitio de mayor altura fue *Clitoria fairchildiana* que crece muy lentamente.

La temperatura relativamente baja limita el crecimiento de *Cratylia argentea*, especialmente en el sitio a mayor altura. La mortalidad de las plantas fue alta en ambos sitios (75% en El Melcho y 80% en San Vicente). Catorce meses después de la siembra no se encontraron diferencias en altura de plantas entre sitios por la alta variabilidad en crecimiento (Cuadro 3). Otras observaciones en la región del Cauca confirman que *C. argentea* es la especie mejor adaptada en sitios con temperaturas más altas, como Quilichao (1000 msnm).

Sería útil establecer si el promedio de la temperatura diaria o la temperatura nocturna baja es lo que limita el crecimiento.

En mayo de 1995, se estableció una colección de nuevo germoplasma de *C. cajan* en la cual se incluyeron tipos forrajeros donados por el ICRISAT. Los materiales son muy variables en hábito de crecimiento, tiempo de floración y color de la flor y la semilla. Las observaciones hasta ahora sugieren que la accesión *C. cajan* CIAT 913, tradicionalmente utilizada en el CIAT, es el tipo más vigoroso y frondoso. [B. L. Maass y E. A. Cárdenas]

Gramíneas. Entre las gramíneas, *Brachiaria decumbens*, *B. brizantha* CIAT 6780 y *B. humidicola* CIAT 16886, 6369 y cv. Llanero mostraron una rápida cobertura del suelo y fueron muy vigorosas. Sin embargo, *B. humidicola* no alcanzó los niveles de producción de MS alcanzados con *B. brizantha* y *B. decumbens*. *Brachiaria brizantha* CIAT 16774 (decumbente) y *B. brizantha* CIAT 16549 (erecta) presentaron hojas verdes, aún al final de la época seca. El pasto Guatemala (*Tripsacum andersonii* CIAT 6051) fue particularmente vigoroso y actualmente está siendo adoptado ampliamente en la región como una barrera contra la erosión. Ninguna de las otras gramíneas erectas probadas presenta rendimientos de MS comparables con esta última. *Panicum maximum* CIAT 16081 y 6172 presentaron una productividad intermedia y mayor que *P. maximum* CIAT 6299 (cv. Tobiata) y CIAT 6799. Ninguna de estas gramíneas mostró tolerancia específica a la sequía. [B. L. Maass y E. A. Cárdenas]

Cuadro 3. Altura de la planta (cm) de *Cratylia argentea*, 14 meses después de trasplantada en laderas de altitud media. Cauca, Colombia.

Accesión no. CIAT	Sitio y altitud (m.s.n.m.)									
	San Vicente (1200)			El Pital (1350)			El Melcho (1600)			
	Promedio	Rango	CV	Promedio	Rango	CV	Promedio	Rango	CV	
18673 ^b	n.d. ^c	n.d.	-	-	-	-	72.3	20-140	0.52	-
18516 ^b	41.8	9-110	1.06	-	-	-	46.8	10-123	0.85	ns ^a
18516 ^d	-	-	-	114.9	22-210	0.48	63.7	10-160	0.67	***

- Según la prueba de t: ns = no hay diferencias entre sitios, ** = sitios significativamente diferentes.
- Significa que sólo sobrevivieron entre 5 y 6 plantas de las 24 establecidas por sitio.
- No sobrevivieron planta.
- Promedio de 20 plantas escogidas al azar.

3. Forrajes para Tierras Bajas en el Trópico Húmedo

3.1 América Central

Las evaluaciones se realizan en San Isidro, en un suelo franco-arcilloso ácido (pH 4,6), con saturación alta de aluminio (78%) y cationes básicos intercambiables bajos (mq/100 g): Ca (0.3), Mg (0.2) y K (0.06), P (2.1 ppm Bray), Mn (2.7 ppm) y Zn (0.9 ppm), pero con un contenido relativamente alto de M.O. de 6.7%.

Panicum maximum. En San Isidro se evaluaron bajo corte 17 accesiones seleccionadas de *P. maximum*, incluyendo los cultivares comerciales Vencedor, Tanzania, Centenario, Tobiata y el material comercial común (*P. maximum* CIAT 604). Las plantas se establecieron mediante el trasplante de plántulas de 1 mes de edad, que se fertilizaron una sola vez con N-P-K (10-30-10) a razón de 50 kg/ha. En el segundo año, al comienzo de la estación húmeda, las parcelas recibieron en forma adicional 50 kg/ha de N.

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar. Las parcelas constaron de 15 plantas establecidas en tres surcos a una distancia de 0.5 m x 0.5 m entre plantas, con tres replicaciones. Para las evaluaciones sólo se cosecharon las cinco plantas centrales de cada parcela, los cortes se hicieron a 0.25 m sobre el suelo con una frecuencia de 6 y 8 semanas de rebrote durante los períodos húmedos y secos, respectivamente.

Después de ocho corte (cinco durante la época húmeda y tres durante la seca) se encontraron diferencias significativas en rendimiento de MS (Cuadro 4). *Panicum maximum* CIAT 16061, 16051, cv. Tobiata, 6969 y 6798 fueron las accesiones mejores adaptadas en este sitio de suelo ácido. *Panicum maximum* CIAT 6799 y 6944, provenientes de la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT, no mostraron buen comportamiento como si ocurre con estas mismas accesiones provenientes de Carimagua, por lo cual se cree que son accesiones diferentes (ver Recursos Genéticos 3.1, página 2-7).

El cultivar comercial Centenario presentó una producción intermedia de MS, mientras que los cvs. Tanzania y Vencedor no se adaptaron bien en este sitio. La proporción de MS producida durante los 3 a 4 meses de la época seca fue equivalente al 60% de la producción durante la época húmeda. [P. J. Argel, A. Valerio y Ronald Quiroz]

Cuadro 4. Rendimiento de MS por planta de las accesiones de *Panicum maximum* establecidas en suelos ácidos de San Isidro, Costa Rica (promedio de ocho cortes, cinco durante la época húmeda y tres durante la época seca).

No. CIAT (cultivar)	Rendimiento MS (g/planta)		
	Lluviosa	Seca	Promedio*
16061	108	50	86 a
16051	101	57	84 ab
6299 (cv. Tobiata)	91	50	76 abc
6969	84	49	71 abc
6798	83	50	70 abc
16028	71	52	64 bcd
6177	71	45	61 bd
6871	70	33	56 bcde
(Centenario)	62	36	52 cde
6968	61	36	51 cde
6799	62	34	51 cde
16031 (Tanzania)	53	29	44 def
6215	40	36	39 ef
604 (Común)	48	25	39 ef
6944	44	25	37 ef
622	33	22	29 f
26900 (Vencedor)	27	19	24 f

* Promedios seguidos por letras iguales no son significativamente diferentes ($P < 0.05$).

3.2 Caquetá, Colombia

Desde comienzos de 1992 hasta mediados de 1995, las actividades de selección de germoplasma se realizaron en la hacienda La Rueda cerca de Florencia, Caquetá, perteneciente al Fondo Ganadero del Valle. Además de la alta precipitación en la zona, los suelos en este sitio tienen drenaje interno pobre. Allí se evaluaron accesiones preseleccionadas de leguminosas herbáceas y de arbustos y gramíneas en cortes cada 9 semana, durante épocas de máxima y mínima precipitación (Cuadro 5). Los resultados con las leguminosas *Arachis* y *Stylosanthes* y la gramínea *Brachiaria* aparecen en los proyectos correspondientes en este informe.

En diciembre de 1994, en colaboración con CORPOICA y el Fondo Ganadero del Valle, se celebró un día de campo para dar a conocer a los ganaderos de la zona los resultados de estos trabajos. En este evento más de 120

Cuadro 5. Evaluación de leguminosas herbáceas y arbustivas en el trópico húmedo, Caquetá Colombia, entre 1992 y 1994, y selección de materiales promisorios.

Germoplasma evaluado		Germoplasma sobresaliente	
Especies	Accesiones (no.)	MS ¹	Accesión no. CIAT, en orden descendente
Leguminosas arbustivas		- g/planta -	
<i>Codariocalyx gyroides</i>	27	246-267	CIAT 33131, 13547, 3001, 33130
<i>Cratylia argentea</i>	11	81-80	CIAT 18668, 18674, 18672, 18676
<i>Desmodium velutinum</i>	83	57-59	CIAT 33249, 33138, 33242, 23996
<i>Flemingia macrophylla</i>	55	266-320	CIAT 17400, 17405, 17409, 17407, 17412
Leguminosas herbáceas		- g/m ² -	
<i>Arachis pintoii</i>	8	49-64	CIAT 18747, 18748, 18751
<i>Centrosema acutifolium</i>	11	83-87	CIAT 15814, 15446, 5278
<i>Centrosema capitatum</i>	3	20-29	CIAT 5114, 15680
<i>Desmodium ovalifolium</i>	11	113-124	CIAT 13125, 350, 13400
<i>Pueraria phaseoloides</i>	8	42-45	CIAT 17765, 17292, 7978
Otras especies de <i>Arachis, Cajanus,</i> <i>Centrosema,</i> <i>Desmodium,</i> <i>Stylosanthes, Zornia</i>	134	—	no hay selección
Total	351		

1. Promedio de cuatro cortes de rebrote de 9 semanas, dos durante la época de mínima y dos durante la época de máxima precipitación. Para las leguminosas arbustivas sólo se midió la producción de MS foliar.

participantes mostraron su interés en las nuevas opciones forrajeras para esta región.

Leguminosas herbáceas. Las mejores leguminosas herbáceas adaptadas son, en orden descendente, *Desmodium heterocarpon* subsp. *ovalifolium*, *A. pintoii* (3 accesiones), *Centrosema acutifolium*, *C. tetragonolobum* y *Pueraria phaseoloides*. Se seleccionaron las mejores accesiones (Cuadro 5) y se inició la multiplicación de semillas.

Leguminosas arbustivas. Entre los arbustos, sobresalió el comportamiento de *Codariocalyx gyroides* y *Flemingia macrophylla*.

Codariocalyx gyroides. La altura de corte a 80 cm sobre el suelo y la frecuencia de corte cada 2 meses parecen ser las prácticas de manejo apropiadas para alcanzar una persistencia y comportamiento óptimos de *C. gyroides*. Se observó una alta variación en tiempo de floración, hábito de crecimiento, diámetro y altura de planta, frondosidad y producción de MS dentro de accesiones de esta especie. La morfología de la planta no difirió de la

misma manera.

Las accesiones más sobresalientes de *C. gyroides*, en períodos de precipitación mínima y máxima, fueron CIAT 33130 y 33131 (originarias de Tailandia) y 13547 y 13548 (originarias de Hainan, China), todas de ambientes con estación seca pronunciada; CIAT 3001 también tuvo buen comportamiento. De Indonesia, sólo CIAT 23746 y 23737 mostraron buen desarrollo, mientras que la mayoría de los materiales originarios de Papua Nueva Guinea fueron improductivos siendo CIAT 13395 y 13979 de mejor comportamiento originarias de Papua Nueva Guinea.

Todos los materiales con una proporción relativamente alta de MS producida durante la época de mínima precipitación, presentaron una producción total baja, excepto CIAT 3001 en el primer año y CIAT 33130 en el segundo año. En general, la proporción de MS en la hoja fue alta, siendo de 53% y 56% en los dos períodos de máxima y de 73% y 75% en los dos de mínima precipitación.

Tres años después del establecimiento, ocurrió una considerable variación en supervivencia entre accesiones de *C. gyroides*. Se observó supervivencia de 100% en las accesiones promisorias: CIAT 3001, 13547 y 33131, mientras que CIAT 33129, 23745 y 23746 presentaron supervivencia entre 80% y 95%.

Se encontró una alta aceptabilidad de *C. gyroides* por vacas lactantes, con poca diferencia entre accesiones, mientras exista una gramínea disponible. Sin embargo, los animales rechazaron la leguminosa cuando era la única fuente de forraje.

Otros arbustos. *Cratylia argentea* se adaptó bien, pero produjo menos biomasa que *C. gyroides* o *Flemingia macrophylla*. La producción de MS de hojas de *C. argentea* durante 2 años fue, en promedio, de 33 g/planta en la época de mínima precipitación y de 86 g/planta en la época de máxima precipitación. La proporción de hojas varió entre 64% y 90%, sin diferencias importantes entre épocas seca y lluviosa. Tres años después del establecimiento todas las accesiones tienen buen vigor.

Aunque, desafortunadamente, sólo dos accesiones de *Desmodium velutinum* muestran adaptación moderada (Cuadro 5), esta especie tiene el valor forrajero más alto entre los cuatro arbustos evaluados.

Gramíneas. A principios de 1993, se establecieron 29 accesiones preseleccionadas de *P. maximum* y 21 accesiones de *Hyparrhenia* para evaluación bajo corte.

***Panicum maximum*.** Dentro de *P. maximum* se observó variación morfológica grande. En general, las accesiones no fueron productivas y presentaron ataque de varias enfermedades. Sólo *P. maximum* CIAT 6299 cv. Tobiata presentó un comportamiento aceptable, en particular, en el período de mínima precipitación (Cuadro 6). Otras accesiones, como *P. maximum* CIAT 16024, 6629 y 6799 produjeron considerablemente menos MS, especialmente en la época de mínima precipitación.

Las accesiones CIAT 6799 y 6944 tuvieron un mal desempeño; las accesiones evaluadas con estos números en Carimagua y que presentaron buen desempeño allí, actualmente se consideran como una sola accesión y se les asignó un nuevo número CIAT (ver página 2-7).

Cuadro 6. Comportamiento de *Panicum maximum* en el trópico húmedo. Hacienda La Rueda, Caquetá, Colombia, 1993-1994.

Característica	Epoca de máxima precipitación ^a		Epoca de mínima precipitación ^a		Relación: E. mínima/ E. máxima ^a	
	Prom.	Rango	Prom.	Rango	Prom.	Rango
Rendimiento total de MS (g/planta)	48.5***	9.4-113.2	30.3***	5.75-93.75	0.66	0.27-1.35
Proporción de hojas	0.67	0.27-1.00	0.75	0.27-1.00	-	-
Rendimiento de MS hojas (g/planta)	33.8***	2.5-113.2	22.8***	1.57-93.75	0.70	0.27-1.27
Accesiones más vigorosas:						
CIAT 6299 (cv. Tobiata) ^b	113.2	-	93.8	-	0.83	-
CIAT 6799	62.7	-	57.9	-	0.92	-
CIAT 16024	72.6	-	34.9	-	0.48	-
CIAT 6629	45.6	-	52.4	-	1.15	-
CIAT 6798 ^b	39.3	-	25.6	-	0.65	-
DMS _{0.05}	21.1	-	19.3	-	-	-

*** Promedios entre accesiones son significativamente diferentes ($P < 0.001$), según la prueba de F.

a. Datos del primer año. b. Entre las cinco mejores accesiones en Costa Rica.

Otras accesiones sobresalientes en San Isidro, Costa Rica, como CIAT 16061 y 16051 no se incluyeron en el germoplasma evaluado en el Caquetá. Es necesario evaluar en forma multilocacional un conjunto común de accesiones de *P. maximum*.

Hyparrhenia. Varias accesiones de *Hyparrhenia* mostraron excelente vigor, sanidad y producción de MS total y estacional (Cuadro 7) con una proporción alta de follaje. Se evaluaron *H. dregeana*, *H. filipendula*, *H. diplandra* y varias especies no identificadas, además de la tradicional *H. rufa*, encontrándose considerable variación morfológica entre ellas. Entre las accesiones de más alto rendimiento, *Hyparrhenia* sp. CIAT 26234, *H. diplandra* CIAT 26231 y 26230 e *Hyparrhenia* sp. CIAT 16401 parece que hay la oportunidad de seleccionar aquellas con mayor producción de MS en la época de mínima precipitación. En comparación con estas accesiones frondosas y de alta producción, el control *H. rufa* CIAT 601 presentó un pobre desempeño. Se recomienda analizar la calidad de forraje de los materiales vigorosos y observar objetivamente su aceptabilidad. Cuando los animales entraron dos veces de manera accidental a las parcelas, consumieron todas las accesiones, excepto *H. diplandra* CIAT 26231 e *Hyparrhenia* sp. CIAT 26234. El mismo rechazo de estas dos accesiones vigorosas se observó posteriormente, cuando el ensayo se sometió a pastoreo por ganado vacuno. [B. L. Maass, E. A. Cárdenas y Aristipo Betancourth]

4. Forrajes para Sistemas Cultivo-Pastura

4.1 Cerrados, Brasil

El uso más intensivo del ecosistema de Cerrado permite la introducción de leguminosas forrajeras en sistemas cultivos-pasturas con alto uso de insumos. Por ese motivo el PFT inició la introducción y evaluación preliminar de los géneros *Neonotonia* y *Macroptilium*, que requieren una fertilidad mayor de suelo que la natural en los Cerrados.

Neonotonia. En enero de 1994, se sembraron para evaluación preliminar y producción de semilla 36 accesiones de *Neonotonia*, principalmente *N. wightii*. Un año después del establecimiento sólo el 3% de las accesiones había muerto. Al final del período seco (3.4 mm de mayo a octubre de 1995) sobresalieron por su vigor y retención de hojas las accesiones *N. wightii* CIAT 204, 235 y 19105.

En aquel año, la producción promedio de semillas fue de 60 g/parcela (equivalente a 40 kg/ha), y en 1995 fue de 328 g/parcela (equivalente a 219 kg/ha). En este último año, la producción de semillas pura varió entre 0 y 850 kg/ha. Las accesiones de mayor rendimiento de semilla fueron: *N. wightii* CIAT 18912, 206 y 233, en orden descendente.

Cuadro 7. Comportamiento de accesiones *Hyparrhenia* durante el primer año de producción en el trópico húmedo. Hacienda "La Rueda", Caquetá, Colombia.

Característica	Máxima precipitación ^a		Mínima precipitación ^a		Relación: Mínima/máxima ^a	
	Prom.	Rango	Prom.	Rango	Prom.	Rango
MS total (g/planta)	89.3***	35.9-238.3	70.6***	25.8-156.7	1.12	0.26- 4.31
Proporción de hoja	0.63	0.35-0.92	0.49	0.11-0.93	-	-
MS de hojas (g/planta)	58.3***	12.2-166.1	34.9***	5.0-76.4	0.73	0.17-1.97
Accesiones CIAT más vigorosas:						
<i>Hyparrhenia</i> sp. 16401	94.3	-	76.4	-	0.83	-
<i>H. diplandra</i> 26230	166.1	-	74.3	-	0.92	-
<i>H. diplandra</i> 26231	161.8	-	74.0	-	0.48	-
<i>Hyparrhenia</i> sp. 26234	144.6	-	69.9	-	1.15	-
<i>H. hirta</i> 26727	56.9	-	65.7	-	1.16	-
<i>H. rufa</i> 601 (común)	34.3	-	16.4	-	0.98	-
DMS _{0,05}	28.9	-	22.1	-	-	-

*** Promedios entre accesiones son significativamente diferentes (P < 0.001), según la prueba de F. a. Sólo incluye datos del primer año.

Macroptilium. En enero de 1994, se sembraron en un surco de 5 m por parcela para evaluación preliminar y producción de semilla 75 accesiones de *Macroptilium*, principalmente *M. atropurpureum*, que representaban el rango geográfico de origen de germoplasma mantenido en el CIAT. Un año después del establecimiento, 15% de las accesiones habían muerto. Al final del segundo período seco (3.4 mm de mayo a octubre de 1995) sobresalieron por su vigor y retención de hojas las accesiones de *M. lathyroides* BRA-02992 (= CIAT 24219) y *M. atropurpureum* CIAT 4004, 4048, 4083 y 4091. El rendimiento de semilla pura en 1994 varió entre 0 y 480 kg/ha. La accesiones con el rendimiento más alto de semilla fueron *M. atropurpureum* CIAT 4615, 24118 y 561, en orden descendente. La cosecha de semillas para 1995 se encuentra en proceso. [E. A. Pizarro y A. K. B. Ramos]

Evaluación regional. En diciembre de 1993, se estableció en la Universidad Federal de Uberlândia (UFU) un ensayo regional B modificado. Se evaluaron 25 leguminosas preseleccionadas que comprendieron tres especies y varias accesiones (*Arachis pintoi*, 4 accesiones; *Centrosema brasilianum*, 16 accesiones; y *Calopogonium mucunoides*, 5 accesiones), establecidas en un suelo arenoso con la gramínea común *B. brizantha* CIAT 16488.

De manera simultánea, se sembraron 19 accesiones preseleccionadas de: *B. brizantha* (11), *Paspalum* spp. (6) y *Panicum maximum* (2) con una leguminosa común *S. guianensis* cv. Mineirão (= CIAT 2950).

La cobertura del suelo se estimó durante el establecimiento y la producción de MS en dos estaciones de cultivo, al final de las cuales se inició el pastoreo con ganado vacuno.

Leguminosas. La cobertura del suelo se estimó a los 77,

98 y 144 días después del establecimiento (Cuadro 8), siendo diferente ($P < 0.01$) entre accesiones. A los 144 días se distinguieron dos grupos: uno con *Centrosema brasilianum* y *Calopogonium mucunoides* con 100% de cobertura del suelo, y otro con las accesiones de *A. pintoi* que sólo cubrían el 58% del suelo.

Sin embargo, únicamente *A. pintoi* y las accesiones de *C. brasilianum* persistieron más de 2 años. La composición botánica de las accesiones *A. pintoi* CIAT 22160, 18750, 17434 y 18747 fueron 30%, 15%, 13% y 10%, respectivamente.

Gramíneas. La cobertura del suelo, estimada a los 77, 98 y 131 días después del establecimiento (Cuadro 9), fue diferente ($P < 0.0001$) entre accesiones. A los 131 días se separaron dos grupos: *B. brizantha* y las accesiones de *P. maximum* que mostraban un rango de cobertura entre 83% a 98% y, otro grupo menos agresivo representado por las accesiones de *Paspalum* que mostraban un promedio de cobertura de 26%.

Para las accesiones de *B. brizantha* y *P. maximum* el rango de producción de MS varió entre 4 y 5 t/ha, con una proporción de la leguminosa entre 17% y 37%. La producción de MS y la composición botánica fueron similares para *B. brizantha* y las accesiones de *P. maximum* desde la etapa de establecimiento. En el grupo de gramíneas menos agresivas de las accesiones de *Paspalum*, se produjo menos de 1 t/ha de MS, mientras que *S. guianensis* cv. Mineirão dominó en la pastura (4 t/ha de MS y 82% en composición botánica).

La producción de MS en la época seca fue muy baja, alcanzando 1 t/ha para las accesiones de *B. brizantha* y *P. maximum* y 0.5 t/ha para las accesiones de *Paspalum*. Las gramíneas sobresalientes fueron *B. brizantha* CIAT 16488, 26110, 16306, 16467, 16473 y *P. maximum* BRA-00876. [E. A. Pizarro, Miguel A. Ayarza y A. K. B. Ramos]

Cuadro 8. Promedio de cobertura del suelo durante el establecimiento y producción de MS de leguminosas preseleccionadas asociadas con *Brachiaria brizantha* CIAT 16488, durante la época lluviosa. Uberlândia, MG, Brasil.

Especie (no. de accesiones)	Cobertura del suelo (%) durante el establecimiento (días)			MS (t/ha) en la época lluviosa	
	77	98	144	Leguminosas (%)	Gramínea
<i>Arachis pintoi</i> (4)	20	41	58	2.0 (26)	6.0
<i>Centrosema brasilianum</i> (16)	33	64	100	3.0 (33)	5.0
<i>Calopogonium mucunoides</i> (5)	45	76	100	0 (0)	7.0

Cuadro 9. Promedio de cobertura del suelo después del establecimiento, producción de MS a los 70 días y durante la época lluviosa en gramíneas preseleccionadas asociadas con *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirão. Uberlândia, MG, Brasil.

Especie (no. de accesiones)	Cobertura del suelo (%) durante el establecimiento (días)			Producción de MS del primer rebrote (t/ha)		MS (t/ha) en la época lluviosa	
	77	98	131	Gramíneas	Leguminosa (%)	Gramíneas	Leguminosa (%)
<i>B. brizantha</i> (11)	55	65	86	5.0	1.9 (29)	3.9	1.9 (30)
<i>P. maximum</i> (2)	42	58	83	4.0	2.0 (37)	4.0	2.0 (32)
<i>Paspalum</i> spp. (6)	16	33	26	0.8	4.0 (82)	0.5	6.0 (91)

4.2 Llanos Orientales, Colombia

En un suelo franco-arcilloso de Carimagua con un alto efecto residual de fertilización de un cultivo anterior, se estableció un ensayo con 17 especies de leguminosas y un total de 45 accesiones con arroz. Las leguminosas se asociaron con *B. decumbens*, y 6 meses después de su establecimiento, se evaluó la persistencia en pastoreo. Desafortunadamente, el arroz fue pastoreado dos veces por Chigüiros y, por lo tanto, no fue posible evaluar la compatibilidad de las leguminosas con el cultivo. Sin embargo, varios materiales inicialmente respondieron bien a la fertilidad residual, en particular, (en orden descendente para cada especie): *Pueraria phaseoloides* CIAT 9900, 7182, 17296 y 20024; *Stylosanthes guianensis* línea 3, CIAT 2950 (cv. Mineirão), 11844 y 11833; *Arachis pintoi* CIAT 22160; *Galactia striata* CIAT 18018 y 8143; *Desmodium ovalifolium* CIAT 13089, *Calopogonium mucunoides* CIAT 9454, 822, 20676, 20709 y 709.

Por el contrario, otras especies no presentaron buen desarrollo lo que significa que no se adaptaron o no aprovecharon la mayor fertilidad residual en el suelo. Entre éstas se encuentran las especies de *Centrosema*, que fueron muy atacadas por insectos comedores de hojas; *Macroptilium atropurpureum* y *Neonotonia wightii*. Después de 2 años, las accesiones más persistentes y de mejor comportamiento fueron *A. pintoi* CIAT 22160, *D. ovalifolium* CIAT 13089. *D. strigillosum* CIAT 13661, *P. phaseoloides* y *C. macrocarpum* CIAT 5713). Esta última se recuperó después de un desarrollo inicial lento. Unas pocas accesiones han sido seleccionadas y fueron establecidas en un nuevo ensayo bajo un cultivo de maíz que fue pastoreado inmediatamente después de la cosecha del grano. [B. L. Maass, E. A. Cárdenas y Camilo Plazas]

5. Forrajes para el Sudeste Asiático

La investigación en forrajes en el Sudeste Asiático comenzó en 1992 con el "Proyecto Regional de Semillas Forrajeras en el Sudeste Asiático" y se ejecutó entre 1992 y 1994. Este proyecto se desarrolló conjuntamente con la División de Cultivos Tropicales y Pasturas de CSIRO, financiado por AIDAB (actualmente AusAID) y en colaboración con científicos de Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia.

Después de la evaluación inicial de especies en Los Baños y Cavinti en las Filipinas durante 1992-1993, se recolectó semilla y material vegetativo de las especies más promisorias, las que se proporcionaron a colaboradores para pruebas multilocacionales. En total se establecieron ensayos en 22 sitios con un número variable de accesiones en cada uno, dependiendo de las necesidades locales. El número de accesiones evaluadas en uno o más sitios fue de 32 gramíneas y 89 leguminosas.

Los resultados de estas evaluaciones multilocacionales se resumieron en la Tercera Reunión Regional del Proyecto, realizada en Samarinda, Kalimantan, Indonesia, en octubre de 1994 (Stür et al., 1994). Se identificaron seis especies nuevas con adaptación amplia, y de cada una de ellas se produjeron plegables informativos:

- *Andropogon gayanus* CIAT 621, cv. Kent (Australia).
- *Brachiaria brizantha* CIAT 6780 (cv. Marandú, Brasil).
- *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk (Australia).
- *Brachiaria humidicola* cv. Tully (Australia), CIAT

6369 y CIAT 6133 (también referida como *B. dictyoneura*).

- *Centrosema pubescens* CIAT 15160.
- *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 (cv. Pucallpa, Perú).

Otras accesiones forrajeras han mostrado potencial, pero sólo se incluyeron en algunos sitios o funcionaron bien en sitios específicos. Estas se evaluarán aún más, antes de recomendar su adopción generalizada:

- *Aeschynomene histrix* CIAT 9690.
- *Arachis pintoii* CIAT 17434, 18744, 18747, 18748, 18750.
- *Desmodium heterophyllum* CIAT 349.
- *Desmodium rensonii* (ex. Davao).
- *Panicum maximum* CIAT 6299 (cv. Tobiata, Brasil).
- *Paspalum atratum* BRA-009610.
- Especies de *Pennisetum* disponible en la localidad.
- Algunas líneas seleccionadas de *Stylosanthes guianensis* provenientes del proyecto de mejoramiento en el CIAT (serie FM).

En enero de 1995, se inició el proyecto de 5 años de duración: "Forrajes para Pequeños Productores" (FSP, iniciales en inglés), que comenzó como un seguimiento a las actividades del Proyecto Regional de Semillas Forrajeras en el Sudeste Asiático. El FSP también es financiado por el gobierno australiano a través de AusAID y se administra conjuntamente con CSIRO. El proyecto se ha ampliado para incluir a Laos, Vietnam y el Sur de la China, además, de Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia.

Se inició la multiplicación de accesiones forrajeras promisorias en Los Baños, Filipinas, en sitios seleccionados del Proyecto, en los cuales se harán evaluaciones a nivel de finca. Se inició la multiplicación de un rango mayor de especies con el objeto de hacer evaluaciones en Laos y Vietnam. En 1995, se establecieron cuatro nuevos sitios de evaluación en estos últimos países.

En septiembre de 1995, se estableció para evaluación en Los Baños una colección de 126 accesiones de leguminosas arbustivas forrajeras —principalmente *Leucaena* spp. Esta investigación forma parte del proyecto conjunto con la Universidad de Queensland: "Nuevas Leucaenas para la Agricultura en el Sudeste Asiático, el Pacífico y Australia", y es patrocinado por ACIAR. [W. W. Stür]

6. Forrajes para Africa Occidental y Central

Algunos miembros del Programa de Forrajes Tropicales (PFT) asistieron a las reuniones de RABAOOC celebradas en Guinea en mayo de 1994 y en Togo en abril de 1995. Se elaboró el análisis e informe final de la evaluación multilocacional de gramíneas y leguminosas herbáceas y de arbustos en 18 sitios de 11 países en Africa Occidental y Central en el CIAT (RABAOOC-AFRNET, 1995) y se distribuyó a todos los participantes.

El resultado fue similar al que aparece en la evaluación preliminar publicada en el Informe Bienal 1992-1993. Las características sobresalientes de esta evaluación colaborativa con CIRAD e ILRI son:

1. Se identificó un grupo nuevo de germoplasma forrajero, que se facilitó a agrónomos y agencias de desarrollo en las áreas subhúmedas y húmedas de Africa Occidental y Central. En muchos casos, el germoplasma nuevo resultó más productivo que las gramíneas y los forrajes comerciales disponibles de Australia.
2. La efectividad de muchas accesiones para proveer alimento para animales en la época seca, por ejemplo, las gramíneas *A. gayanus* CIAT 621, *B. brizantha* CIAT 6780 y 26646 y *B. decumbens* CIAT 606; las leguminosas herbáceas *S. guianensis* CIAT 10136 y 184, *C. macrocarpum* CIAT 5452 y 5713 y *C. pubescens* CIAT 5172, y leguminosas arbustivas *L. leucocephala* CIAT 17502 y *Flemingia macrophylla* CIAT 17403.
3. El potencial de las leguminosas para mejorar barbechos, mediante la fijación de nitrógeno para el cultivo siguiente.
4. La adaptación generalizada de muchas de las especies a través de una variedad amplia de ambientes de suelo y clima.
5. La capacidad demostrada para producir semilla localmente, en particular en Costa Marfil y Guinea, y la adopción de algunas gramíneas y especies de leguminosas por agricultores en sistemas de cultivo-ganadería en Guinea.

Los participantes acordaron que el próximo paso de la investigación debe ser a nivel de finca en sistemas de

producción seleccionados, en aquellos lugares en donde los investigadores y productores han manifestado su interés por el nuevo germoplasma. Actualmente se desarrolla un proyecto por CIRAD (Francia) y NRI (Reino Unido) que se presentará para solicitar financiación de la Unión Europea (E.U.). El CIAT e ILRI colaborarán con CIRAD y NRI en este proyecto. [P. C. Kerridge y B. Peyre de Fabrègues (CIRAD)]

7. Forrajes de Alto Valor Forrajero

Durante 1994 y 1995, como un complemento a la evaluación de germoplasma forrajero para adaptación ambiental, se determinaron la composición química y la DIVMS de diferentes arbustos y especies de leguminosas sembradas en ambientes contrastantes. Entre las leguminosas arbustivas evaluadas en sabana (Llanos Orientales de Colombia) se encontró que *Cratylia argentea*, *Desmodium velutinum* y *Uraria* spp. tenían mayor DIVMS que *Codariocalyx gyroides*, *Flemingia macrophylla* y especies de *Tadehagi*. Estas diferencias en DIVMS se relacionaron con la presencia de taninos condensados (TC) en estas últimas leguminosas. Los análisis de laboratorio posteriores de hojas maduras de 27 accesiones de *Codariocalyx gyroides* sembradas en un ambiente de bosque húmedo (Florencia, Caquetá, Colombia) mostraron diferencias en la DIVMS (rango: 33% a 45%) y en TC (rango: 8% a 14%) entre accesiones. Aunque la DIVMS de *C. gyroides* es relativamente baja, se sugiere continuar la evaluación de CIAT 23737 y 23748. Estas dos accesiones han presentado sistemáticamente una mayor DIVMS (45%) y TC extractables menores (9%) en comparación con otras accesiones, independientemente de la estación del año. [C. E. Lascano y Nelmy Narváez]

8. Sistemas de Información sobre Adaptación de especies Forrajeras

Se ha implementado completamente la base de datos de pasaporte de germoplasma en el sistema ORACLE. Esto permite el acceso fácil a estos datos con fines de mapeo y análisis geográfico, a través de sistemas de información geográfica (SIG).

En 1994 se preparó un mapa de áreas potenciales para uso de *Leucaena* en relación con adaptación a suelo y clima en América del Sur y América Central, utilizando información sobre características de adaptación de esta leguminosa e información del SIG sobre suelos y climas. Este mapa de adaptación potencial de *Leucaena* debe ser

validado. En 1995 se desarrollaron mapas de alta probabilidad para encontrar cinco especies de *Stylosanthes*. Estos mapas de *S. guianensis*, *S. capitata*, *S. hamata*, *S. scabra de s.* y *Stylosanthes* sp. aff. *scabra* se desarrollaron con base en datos de pasaporte del banco de germoplasma, provenientes de los sitios de recolección.

Para permitir el desarrollo futuro de esta clase de mapas se deben revisar, complementar cuando sea necesario y estandarizar los datos sobre la información de pasaporte y de comportamiento agronómico. La estandarización de los datos se realizó para todos los ensayos de evaluación de germoplasma efectuados en el Caquetá y para dos colecciones grandes de *Brachiaria* y de *B. humidicola* en Carimagua, los cuales se agregaron a la base de datos de germoplasma en el CIAT. [P. C. Kerridge, P. Jones, B. L. Maass y Belisario Hincapié]

Referencias

- Irwin, H. S. y Barneby, R. C. 1982. The american Cassinae. A synoptical revision of Leguminosae tribe Cassieae subtribu Cassinae in the New World. Mem. New York Bot. Gard. 35(1-2):1-918.
- RABAO-ACFRNET (Réseau de Recherche en Alimentation du Bétail en Afrique Occidentale et Centrale). 1995. Results 1990-1994, 5th annual meeting, Lomé, Togo, April 3-9, 1995. CIAT working document no. 145. NARS-CIRAD/EMVT-CIAT-ILCA, Cali, Colombia. 258 p.
- Stür, W.W.; Cameron, A.G. and Hacker, J.B. 1995. Forages for smallholders - Proceedings of the third meeting of the Southeast Asian Regional Forage Seeds Project. Samarinda, Indonesia, 23-28 October 1994. CIAT Working document no. 143. CIAT, Cali, Colombia. 149 p.

B. Evaluación para adaptación ambiental.

Actividades propuestas para 1996

1. Forrajes para sabanas y ambientes estacionalmente secos

- Se finalizará el análisis de datos y se escribirán los informes técnicos.
- En Costa Rica se continuarán las observaciones de campo de *Chamaecrista rotundifolia*, durante una estación seca adicional. Se seleccionarán las mejores accesiones para multiplicar semillas y se harán evaluaciones en sistemas de producción.
- En Atenas, Costa Rica, se estableció un nuevo experimento con *C. argentea* CIAT 18516 para estudiar el efecto en producción de MS de la densidad de cultivo y tiempo al primer corte.

2. Forrajes para laderas de altitud media

- Se continuarán las evaluaciones en los ensayos de San Vicente y El Melcho, establecidos en 1995 con *Cajanus cajan* y *Vigna adenantha*; se analizarán los datos y se hará el resumen de los resultados.
- Se evaluará un nuevo grupo de leguminosas de arbustos que fue establecido en octubre de 1995, en relación con su adaptación a temperatura y limitaciones de humedad.
- Se hará la evaluación agronómica de 15 especies de leguminosas con uso potencial en este ecosistema, junto con un grupo similar en las sabanas de Carimagua.
- Se evaluarán accesiones seleccionadas de *Galactia striata* para adaptación a laderas de mediana altura en el Cauca (El Melcho y Quilichao).
- Se reunirá un grupo de accesiones promisorias de leguminosas para evaluación multilocacional en laderas de altitud media, en colaboración con el Programa de Laderas del CIAT.
- Se evaluará el efecto de diferentes opciones de manejo en la productividad y persistencia de *Cratylia argentea* en Quilichao.

3. Forrajes para trópico húmedo de tierras bajas

- Se completará el análisis de los datos y se escribirá el informe técnico de los resultados de los ensayos en el Caquetá.
- Se continuará la evaluación de *Panicum maximum* en San Isidro, Costa Rica, durante una estación seca adicional (1995-1996). Se presentará un informe técnico.
- Se incrementará la oferta de semilla de accesiones promisorias para pruebas multilocacional.
- Se dispondrán para evaluación regional los materiales promisorios en Acre, Rondonia, Brasil; y Pucallpa, Perú.

4. Forrajeras para sistemas de cultivo-pasturas

- Se continuarán y finalizarán los ensayos de germoplasma de especies de *Macropodium* y *Neonotonia*; se seleccionarán las accesiones promisorias y se iniciará la multiplicación de semillas.
- Se continuarán los ensayos en Uberlândia, MG, Brasil, en colaboración con el Programa de Tierras Bajas Tropicales del CIAT; para seleccionar accesiones promisorias y reunir el germoplasma para pruebas multilocacionales.

5. Forrajes para el Sudeste Asiático

- En Laos y Vietnam se establecerán seis sitios nuevos de evaluación de germoplasma.
- En Los Baños, Filipinas, se continuará la evaluación de leguminosas arbóreas.
- Se evaluará un rango mayor de especies de *Arachis*.

6. Forrajes para Africa Occidental y Central

- Se colaborará conjuntamente con el ILRI en el

desarrollo de los proyectos con CIRAD (Francia) y NRI (Reino Unido) que se presentará para financiación para la Unión Europea.

7. Forrajes de alto valor forrajero

- Se continuarán las mediciones de la calidad de las especies de gramíneas y leguminosas que se evalúan para adaptación en diferentes localidades.
- Se evaluará la composición química de especies y accesiones seleccionadas de *Paspalum* que están en evaluación en EMBRAPA/CPAC, Brasil.

8. Sistemas de información sobre adaptación de especies forrajeras

- Se hará el análisis de la evaluación multilocacional de diferentes especies, en colaboración con la Unidad de Biometría del CIAT. Esto proporcionará información sobre características esenciales de la planta.

- La base de datos de pasaporte de germoplasma estará vinculada a la base de datos de SIG para producir mapas de distribución natural y finalmente parámetros asociados con la distribución natural.
- Se explorará un programa general para producir mapas de adaptación potencial de especies comercialmente importantes. Se revisará la distribución potencial de *Leucaena*.
- Se utilizarán los datos de pasaporte de los sitios de recolección y del desempeño agronómico de *Desmodium ovalifolium* en una variedad grande de ambientes, para desarrollar un mapa sobre áreas de adaptación potencial de esta especie.
- Se producirán mapas de distribución de *Arachis* a partir de datos de pasaporte y de herbario.

Cuadro 10. Germoplasma para evaluación de adaptación ambiental en ensayos regionales (números CIAT) por ecosistemas (subrayado: accesiones más promisorias. En negrilla: testigos).

Género y especie*	Sabanas/ Llanos	Sabanas/ Cerrados	Laderas de altitud media	Bosque subhúmedo	Bosque húmedo	Sudeste-Asiático
LEGUMINOSAS						
HERBACEAS						
<i>Aeschynomene histrix</i>	-	-	-	-	-	9690
<i>Arachis pintoii*</i>	18748, 18744, 18750, <u>22160</u> , 17434	18748, 18744, 18750, <u>22160</u> , 17434	<u>18748</u> , 18744, 18750, 22160, 17434	22159, 18748, <u>18744</u> , 18750, 22160, 17434	18748, 18744, 18750, <u>18747</u> , 18751, 17434	18748, 18744, 18750, <u>22160</u> , 17434
<i>Calopogonium mucunoides</i>	-	822, 20709, 20676, 19519, 9450, 719	-	-	-	-
<i>Canavalia brasiliensis</i>	-	-	17009	-	-	-
<i>Canavalia ensiformis</i>	-	-	9108, 715	-	-	-
<i>Centrosema acutifolium</i>	#	-	<u>15249</u>	<u>5568</u> , 15086, 15816, 5112, 5277	<u>5568</u> , 15086, 15816, 5112, 5277	-
<i>Centrosema brasilianum</i>	-	-	-	<u>15387</u> , 5234	-	-
<i>Centrosema macrocarpum</i>	<u>25522</u>	<u>25522</u>	<u>5713</u> , 15014, 15047, 25522	<u>25522</u>	<u>25522</u>	<u>15014</u> , 25522, 5713
<i>Centrosema pubescens</i>	-	438	-	5189, <u>5634</u>	-	<u>15160</u> , 15470, 438 , 442
<i>Centrosema schiedeanum</i>	-	-	<u>15727</u>	-	-	-
<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	-	8992, 17000, 8990, cv. Wynn	<u>8992</u> , <u>17000</u> , 8990 , cv. Wynn	<u>8992</u> , <u>17000</u> , 8990 , cv. Wynn	-	-
<i>Clitoria ternatea</i>	-	-	-	-	-	712, 772
<i>Desmanthus</i> spp.	-	-	-	<u>7752</u> ^c	7752 ^c	cvs. Bayamo, Uman CPI-91146, CPI-40071
<i>Desmodium heterocarpon</i> subsp. <i>ovalifolium</i>	-	-	<u>13115</u> , 13307, 13089, 350	-	<u>13125</u> , 350	<u>13305</u>
<i>Galactia striata</i>	-	-	<u>8151</u> , 20786, 8143, 964	-	-	-
<i>Macrotyloma axillare</i>	-	-	823	-	-	-
<i>Pueraria phaseoloides</i>	20024, 17296, 18381, 9900	<u>7182</u> , 8042, 17296, 17300, 17307, 9900	<u>9900</u> , 17307, 18382	<u>7182</u> , 9900	<u>17765</u> , 17296, 17300, <u>17307</u> , 9900	7182, 8042, 17296, 9900
<i>Stylosanthes capitata</i>	Multiline 5	2320, 2353, 2546, Multiline 5	-	Multiline 5	-	-
<i>Stylosanthes guianensis*</i>	11844	-	11844	21	-	11834 ^b , 11833, 11844
<i>Teramnus uncinatus</i>	-	-	-	-	-	7315, 9012
<i>Zornia</i> spp.	-	-	-	-	-	<u>8088</u> , 14049, 728 , 9925, 8886, 9179

Género y especie*	Sabanas/ Llanos	Sabanas/ Cerrados	Laderas de altitud media	Bosque subhúmedo	Bosque húmedo	Sudeste-Asiático
LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS						
<i>Cajanus cajan</i>	-	-	21507, 18701, 20794, 18700, 20891, 913	-	-	-
<i>Codariocalyx gyroides</i>	-	-	-	-	33131 , 13547, 3001	-
<i>Cratylia argentea</i>	18668, 18676	18674, 18675, 18676	-	18668 , 18676 , 18516	18674 , 18668 , 18957, 18676	18676, 18668, 18516
<i>Desmodium rensonii</i>	-	-	-	-	-	ex MBRLC ^d
<i>Gliricidia sepium</i>	-	-	-	-	-	OFI 82/94, 124/91 ^e
<i>Leucaena diversifolia</i>	-	-	-	17503	-	-
GRAMINEAS						
<i>Brachiaria brizantha</i> *	-	16121, 16150, 16294, 16307, 16319, 16488, 26110	6780 , 16774, 16549	6387, 16322, 26110, 26646	6387, 16322, 26110	26110 , 26646, 16488, 16319
<i>Brachiaria decumbens</i> *	-	-	-	-	-	16497, 606
<i>Brachiaria humidicola</i> *	-	-	-	-	-	16886, 6369, 6133
<i>Hyparrhenia</i> spp.	-	-	-	-	26230	-
<i>Panicum maximum</i>	36000	#	6299	16061, 16028, 16051, 6299	16061, 16028, 16051, 6299	36000, 16061, 16051, 6299
<i>Paspalum atratum</i>	-	BRA-009415, BRA-009610 , BRA-009687 ^f	-	BRA-009415, BRA-009610	BRA-009415, BRA-009610	BRA-009415, BRA-009610
<i>Paspalum guenoarum</i>	-	BRA-003824	-	BRA-003824	BRA-003824	BRA-003824

a. Cultivares: Leguminosas herbáceas—*A. pintoii* CIAT 17434 cv. Maní Forrajero Perenne; *C. acutifolium* CIAT 5277 - cv. Vichada; *C. macrocarpum* CIAT 25522 - Compuesto Ucayali; *D. heterocarpon* ssp. *ovalifolium* CIAT 350 cv. Itabela. Gramíneas—*B. brizantha* CIAT 6780 - cv. Marandu, CIAT 26646 - cv. La Libertad; *P. maximum* CIAT 6299 - cv. Tobiatá.

b. Línea mejorada CIAT = FM05-3.

c. ex Universidad de Florida, Fort Pierce, USA (= IRFL-474).

d. MBRLC = ex Mindanao Baptist Rural Life Center (ex CSIRO, Australia).

e. OFI = ex Oxford Forestry Centre, UK.

f. BRA = ex EMBRAPA/CENARGEN; con cuarentena en Colombia.

* Ensayo regional especial planeado para 1996.

Ver Cuadro 11.

Cuadro 11. Germoplasma para evaluación en sistemas de producción (números CIAT, si no se indica otro) por ecosistemas.

Géneros y especies	Sabanas/Llanos	Sabanas/Cerrados	Ladera de altura media	Bosque sub-húmedo	Bosque húmedo	Sudeste-Asiático
LEGUMINOSAS HERBACEAS						
<i>Arachis pintoi</i>	22160	22160	22160	18744	18748, 18744	22160, 18750
<i>Centrosema acutifolium</i>	5277 (f)	-	-	-	5277	5277
<i>Centrosema brasilianum</i>	-	5234 (BRA)	-	15387 (MCAC)	-	-
<i>Centrosema macrocarpum</i>	25522 (f)	-	5713	25522	25522	-
<i>Centrosema pubescens</i>	5634, 15160 (f)	5634, 15160	-	5634, 15160	5634, 15160	15160
<i>Desmodium heterocarpon</i> <i>ssp. ovalifolium</i>	-	-	-	-	-	13089
<i>Desmodium heterophyllum</i>	-	-	-	-	-	349
<i>Pueraria phaseoloides</i>	8042 (f)	-	9900	-	-	-
<i>Stylosanthes guianensis</i>	11844	2950 (BRA)	11844	-	184	184
LEGUMINOSAS ARBUSTIVAS						
<i>Cajanus cajan</i>	-	-	913	-	-	-
<i>Codariocalyx gyroides</i>	-	-	-	-	33131, 13547	-
<i>Cratylia argentea</i>	-	-	-	18668, 18676	18674	-
<i>Desmodium rensonii</i>	-	-	-	-	-	ex MBRLC
<i>Flemingia macrophylla</i>	-	-	-	-	-	17403
<i>Gliricidia sepium</i>	-	-	-	-	-	OFI 82/94, 124/91
<i>Leucaena leucocephala</i>	-	-	-	17263 (MCAC)	-	21245 ^b
<i>Leucaena pallida</i>	-	-	-	-	-	CQ3439
GRAMINEAS						
<i>Andropogon gayanus</i>	-	-	-	-	-	621
<i>Brachiaria brizantha</i>	-	16488	6780	26110	26110	26110, 6780
<i>Brachiaria decumbens</i>	-	-	606	-	-	606
<i>Brachiaria humidicola</i>	-	-	6133	16888, 26149	16886, 26149	6133, 16886
<i>Panicum maximum</i>	36000	BRA-008761	6299	16061	-	6299
<i>Paspalum atratum</i>	-	BRA-009610	-	-	-	BRA-009610
<i>Paspalum guenoarum</i>	-	-	-	-	-	BRA-003824
<i>Tripsacum andersonii</i>	-	-	6051	-	-	-

a. Cultivares: Herbáceos—*C. acutifolium* CIAT 5277 - cv. Vichada; *C. macrocarpum* CIAT 25522 - Compuesto Ucayali; *D. heterophyllum* CIAT 349 - cv. Johnstone; *S. guianensis* CIAT 184 - cv. Pucallpa, CIAT 2950 - cv. Mineirão. Gramíneas—*A. gayanus* CIAT 621 - cv. Carimagua 1; *B. brizantha* CIAT 6780 - cv. Marandu; *B. decumbens* CIAT 606 - cv. Basilisk; *B. humidicola* CIAT 6133 - cv. Llanero; *P. maximum* CIAT 6299 - cv. Tobiatá.

b. K636

f. Para sistemas cultivo-pasturas con alta fertilidad residual en el suelo.

BRA Para los Cerrados brasileños.

MCAC Para México, América Central y el Caribe.

Anexo 1. Números de accesión CIAT y nombres de cultivares.

Especies	Accesión CIAT (no.)	Accesión BRA no., cultivar	Especies	Accesión CIAT no.	Accesión BRA no. o cultivar
<u>Gramíneas:</u>			<u>Leguminosas</u>		
<i>A. gayanus</i>	621	Planaltina	<i>Arachis pintoii</i>	17434	013251
<i>B. decumbens</i>	606	Basilisco	<i>A. pintoii</i>	18747	015121
<i>B. brizantha</i>	16306	003361	<i>A. pintoii</i>	18750	015598
<i>B. brizantha</i>	16315	003441	<i>A. pintoii</i>	22160	031143
<i>B. brizantha</i>	16467	003891	<i>Cratylia argentea</i>	18516	000167
<i>B. brizantha</i>	16473	003948	<i>C. argentea</i>	18666	000019
<i>B. brizantha</i>	16488	004391	<i>C. argentea</i>	18667	000027
<i>B. brizantha</i>	26110	004308	<i>C. argentea</i>	18668	000035
<i>B. brizantha</i>	6780	Marandú	<i>C. argentea</i>	18673	000094
<i>B. humidicola</i>	6133	Llanero	<i>C. argentea</i>	18674	000116
<i>P. maximum</i>	6299	Tobiatá	<i>C. argentea</i>	18675	000124
<i>P. maximum</i>	6871	Centenario	<i>Stylosanthes guianensis</i>	184	Pucallpa
<i>P. maximum</i>	16031	Tanzania	<i>S. guianensis</i>	2950	Mineirão
<i>P. maximum</i>	26900	Vencedor			

Proyecto: Mejoramiento Genético de *Brachiaria*

Coordinador del Proyecto: John W. Miles

Justificación

El género *Brachiaria* es la fuente más importante de plantas forrajeras tropicales cultivadas. En Brasil, solamente, se estima que existen más de 50 millones de hectáreas con este género.

El uso a gran escala de *B. decumbens* en pasturas empezó a comienzos de la década de los 70, y permitió un aumento sustancial en la productividad animal, tanto por unidad de área como por unidad animal. Desafortunadamente, *B. decumbens* es muy susceptible al ataque de salivazo (varias especies y géneros de la familia Cercopidae (Homoptera)). *Brachiaria brizantha* cv. Marandú, liberado en Brasil, es altamente resistente a salivazo, pero no persiste en condiciones de baja fertilidad en el suelo. Un tercer cultivar comercial, *B. brizantha* cv. La Libertad, liberado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), es intermedio en resistencia a insectos y en persistencia, aunque no es de híbrido estolonífero.

Entre 1984 y 1985 se realizó una extensa misión de recolección de germoplasma que fue financiada por el IBPGR (actualmente IPGRI, en inglés). Esta fue liderada por el CIAT con la colaboración del ILCA y los programas nacionales en seis países de África Oriental. En esta misión se recolectaron casi 800 accesiones nuevas de más de 20 especies de *Brachiaria*, las cuales se están caracterizando por su adaptación edáfica, reacción a plagas y enfermedades clave, así como por otros atributos.

Con la introducción, por la Dra. C. B. do Valle (EMBRAPA/CNPGC), a América tropical en 1985 y al CIAT en 1988, de un biotipo artificialmente tetraploidizado de la especie diploide sexual *B. ruziziensis*, ha sido posible iniciar proyectos de mejoramiento de plantas en el género *Brachiaria*. La hibridación era anteriormente imposible, debido a la reproducción apomictica natural (asexual por semilla) en todas las especies comerciales de *Brachiaria*, excepto la diploide *B. ruziziensis*. En el CIAT el trabajo de mejoramiento de *Brachiaria* se ha realizado en estrecha colaboración con EMBRAPA en Brasil, con ello se busca mejorar la utilidad y la productividad de las

gramíneas forrajeras de *Brachiaria* mediante el uso de los recursos genéticos naturales, complementados por mejoramiento de plantas. En el programa de mejoramiento de plantas del CIAT se busca combinar la adaptación edáfica y la persistencia de *B. decumbens* con la resistencia por antibiosis al salivazo de *B. brizantha* en nuevos cultivares apomicticos de *Brachiaria* con alta calidad forrajera. Este proyecto incluye actividades relacionadas que se complementan con la selección de accesiones nativas de *Brachiaria* y el programa de mejoramiento de plantas.

Objetivo

Mejorar la utilidad y la productividad de plantas forrajeras de *Brachiaria* mediante la utilización de los recursos genéticos naturales complementados por el mejoramiento de plantas.

Principales actividades

1. Recursos genéticos.
2. Los acervos genéticos nuevos de *Brachiaria*.
3. Genética de apomixis.
4. Evaluación de resistencia al salivazo.
5. Diversidad genética en *Brachiaria*.
6. Control genético de atributos claves.
7. Adaptación edáfica.
8. Resistencia al añublo foliar por *Rhizoctonia*.
9. Evaluación de resistencia viral.
10. Dormancia de semilla.
11. Hongos endófitos en gramíneas tropicales.
12. Almacenamiento de polen.
13. Taller sobre *Brachiaria*.

Aspectos Sobresalientes (1994-1995)

- Las selecciones de accesiones avanzadas en ensayos agronómicos pasaron a ensayos de pastoreo en pequeñas parcelas en Carimagua y el Caquetá.
- Clones apomicticos seleccionados de poblaciones mejoradas se incluyeron en ensayos de pastoreo en pequeñas parcelas en Carimagua y el Caquetá.

- Identificados varios marcadores AFLP y RAPD ligados con el gen de apomixis en una población híbrida.
- Se están identificando segregantes híbridos con resistencia comparable a aquella que existe en el cultivar comercial *B. brizantha* cv. Marandú.
- Se cuantificó, con el uso de marcadores moleculares, la diversidad genética entre y dentro de especies de *Brachiaria*.
- La formación de una población híbrida para evaluar la utilidad de los marcadores "QTL" para la resistencia a salvazo.
- Una red de ensayos regionales en Brasil para evaluar 19 accesiones de *Brachiaria* en 10 sitios.
- En la estación del CIAT en Popayán, Colombia, se inició la multiplicación de semilla de accesiones e híbridos seleccionados para evaluación regional en 1996.
- Se implementaron metodologías confiables de campo y de invernadero para evaluar resistencia genética al añublo foliar por *Rhizoctonia*, tal como se ha hecho para identificar fuentes de resistencia.
- Se demostró una variación genética marcada en producción de forraje y en absorción de P, N, y Ca en un Oxisol franco-arenoso de Carimagua. Se encontró una estrecha relación entre absorción de P y producción de forraje.
- Se desarrolló un método de cultivo en macetas para simular la fertilidad decreciente del suelo y para evaluar diferencias genotípicas en tolerancia a baja fertilidad. Se identificaron tres características de la planta: área foliar, longitud de la raíz y absorción de P por los rebrotes, como índices para adaptación edáfica.
- Se demostró que la pobre persistencia de *B. ruziziensis* en suelos ácidos de baja fertilidad podría estar relacionada con su incapacidad para distribuir una mayor proporción de biomasa en las raíces en crecimiento.

- Se identificaron accesiones de *B. decumbens* y *B. brizantha* tolerantes a condiciones de mal drenaje.

1. Recursos Genéticos

1.1 Ensayos de evaluación agronómica bajo corte en pequeñas parcelas

Carimagua: Entre 1991 y 1994, se evaluaron en pequeñas parcelas 186 accesiones de 10 especies de *Brachiaria*. Se registró una considerable variación inter- e intraespecífica para diversos atributos importantes de la planta, tales como producción estacional de MS, relación hoja/tallo, contenido de N, P y Ca en las hojas, DIVMS, época de floración y producción de semillas.

Entre 1991 y 1994, en un ensayo aparte se evaluaron 53 accesiones de *B. humidicola* en parcelas pequeñas, con el uso como testigos de los cultivares comerciales *B. humidicola* CIAT 679 cv. Humidicola, *B. brizantha* cv. La Libertad, *B. decumbens* cv. Basilisk y *B. dictyoneura* cv. Llanero. El objetivo fue buscar accesiones ambientalmente adaptadas con alto valor nutritivo (contenido de N y DIVMS) y mayor producción de semillas en latitudes bajas que el cultivar *B. humidicola* CIAT 679. La variación registrada entre accesiones para estos atributos y producción de MS se presenta en Cuadro 1. [G. Keller-Grein, B. L. Maass, C. Plazas]

Cuadro 1. Comportamiento de un banco de germoplasma de *Brachiaria humidicola* (5 accesiones) en Carimagua, Llanos Orientales de Colombia.

Característica	Promedio	Rango
MS (g/m ²) ^a época lluviosa	65	27-133
MS (g/m ²) ^a época seca	28	11-47
N contenido (% en MS de hoja ^b)	0.94	0.76-1.16
DIVMS (% en MS de hoja ^c)	61.3	54.2-66.3
Inicio de floración (días después del corte)	62	45-131
Producción de semillas (g/m ²)	1.9	0.1-7.8

a = Promedios de 5 ó 3 cosechas en época lluviosa o seca, respectivamente, con 6 semanas de rebrote cada uno.

b = Promedio de cinco análisis. c = Un análisis

FUENTE: G. Keller-Grein et al., n.p.

Caquetá: Entre 1993 y 1995, con base en las selecciones inicialmente hechas en Pucallpa, Perú, se evaluaron en el Piedemonte del Caquetá 58 accesiones de siete especies. Las accesiones de *B. brizantha*, *B. decumbens* y *B. humidicola* se adaptaron bien y crecieron con vigor en un régimen de corte cada 2 meses. En los períodos de máxima y mínima precipitación la producción de MS de las hojas varió en forma amplia entre 35 accesiones de *B. brizantha* (Cuadro 2), confirmando que *B. brizantha* CIAT 16827 y 16829 son las accesiones más vigorosas, junto con el

cv. La Libertad (CIAT 26646). El cultivar Marandú (*B. brizantha* CIAT 6297 ó 6780) presentó una producción de MS de las hojas superior al promedio.

Se encontró un amplio rango de variación en la proporción hoja:tallo en los materiales de *B. brizantha*. En general, *B. humidicola* presentó una mayor relación hoja:tallo que *B. brizantha*; entre las accesiones, *B. humidicola* CIAT 16886 fue particularmente productivo.

Cuadro 2. Comportamiento de diferentes especies y accesiones de *Brachiaria* en el trópico húmedo de Colombia. Hacienda La Rueda, Caquetá, 1993-1994.

Especies (no. de accesión)	Producción total de MS ^a		Proporción hoja:tallo ^a	
	Precipitación: máxima	mínima	Precipitación: mínima	máxima
<i>B. brizantha</i>	- (g/pl) -			
Promedio (35)	60.4+	103.3 *	0.69 * **	0.54 * **
Rango (35)	30.7-90.9	60.9-162.2	0.42-0.96	0.33-0.81
CIAT 16139	76.1	86.5	0.63	0.45
CIAT 16441	82.8	139.0	0.53	0.38
CIAT 16455	78.1	114.4	0.55	0.33
CIAT 16488	54.3	115.2	0.76	0.54
CIAT 16472	71.2	127.5	0.51	0.35
CIAT 16779	55.3	137.3	0.93	0.59
CIAT 6297, cv. Marandú ^b	47.2	112.5	0.90	0.68
CIAT 16827 ^c	69.9	162.2	0.84	0.65
CIAT 16829 ^c	56.3	101.0	0.94	0.67
CIAT 26646, cv. La Libertad ^b	84.7	148.7	0.76	0.54
<i>B. decumbens</i>				
CIAT 606, cv. Basilisk ^b	92.5	109.0	0.69	0.42
CIAT 6058	253.7	252.7	0.61	0.39
<i>B. humidicola</i>	- (g/m ²) -			
Promedio (8)	68.9ns	153.2+	0.93 * **	0.91 **
Rango (8)	42.3-101.5	98.1-188.3	0.74-1.00	0.71-1.00
CIAT 679, cv. Humidicola ^b	94.5	174.0	0.74	0.71
CIAT 6133, cv. Llanero ^b	157.6	177.6	0.90	0.73
CIAT 16180	88.8	188.3	0.97	0.84
CIAT 16888	48.6	156.6	1.00	1.00
CIAT 16886 ^c	101.5	160.9	1.00	1.00

El análisis de variancia se realizó entre *B. brizantha* y las accesiones de *B. humidicola*; diferencias significativas entre accesiones según la prueba de F (ns = P > 0.1; + = P < 0.1; * = P < 0.05; ** = P < 0.01).

a. Sólo se presentan datos del primer año. b. Testigos comerciales. c. Accesiones no seleccionadas para el ensayo de pastoreo.

Mientras la incidencia de salivazo fue relativamente baja en el primer año de evaluación y sólo pocas accesiones fueron severamente dañadas, un fuerte ataque de añublo foliar causado por *Rhizoctonia solani* se registró en 35 accesiones durante la estación lluviosa. Una alta incidencia de roya se observó en *B. humidicola* CIAT 679 y 16191, especialmente. Entre las mejores accesiones se seleccionaron ocho para evaluación adicional en asociación con *Arachis pintoi* bajo pastoreo. [B. L. Maass, C. G. Meléndez]

1.2 Ensayos de pastoreo en parcelas pequeñas. En Carimagua y el Caquetá, las observaciones en los ensayos de corte en pequeñas parcelas permitieron seleccionar para evaluación adicional un número pequeño de accesiones (Cuadro 3) que se mostraron promisorias en uno o en ambos ambientes. En 1995, se establecieron ensayos de pastoreo en pequeñas parcelas en los sitios anteriores, para evaluar la persistencia de las accesiones naturales y unos pocos híbridos seleccionados en el programa de mejoramiento. Se utilizó un diseño similar en ambas localidades. Los genotipos de *Brachiaria* fueron establecidos vegetativamente en parcelas de 35 m², en surcos alternos con *A. pintoi*. Las parcelas se organizaron en bloques completos con tres replicaciones. Uno o dos híbridos seleccionados, así como cultivares comerciales apropiados se incluyeron como controles en los ensayos (Cuadro 3). [J. W. Miles, I. M. Rao, C. Plazas]

1.3 Evaluación agronómica regional. En la estación CIAT-Popayán se están multiplicando semillas de las accesiones de *Brachiaria* y varios híbridos seleccionados en Carimagua. La semilla producida servirá para establecer en 1996 una serie de ensayos agronómicos regionales, en colaboración con CORPOICA y el Fondo Nacional de Ganado, en diferentes agroecosistemas de Colombia y otros países. El objetivo es evaluar la adaptación a una diversidad de condiciones ambientales e identificar genotipos ampliamente adaptados. Las parcelas de multiplicación de semillas (100 m² ó 30 m²) se establecieron vegetativamente a principios de marzo de 1995. Se ha cosechado semilla de varias introducciones y se está evaluando su calidad. [J. W. Miles, C. G. Meléndez]

2. Los Acervos Genéticos Nuevos de *Brachiaria*

2.1 Mejoramiento de poblaciones. Actualmente se mantienen dos poblaciones mejoradas; una

Cuadro 3. Listado de genotipos seleccionados de *Brachiaria* para ensayos de pastoreo en parcelas pequeñas en Carimagua y en Montañita (Caquetá).

Carimagua:	<i>B. humidicola</i> CIAT 679 *, 6013, 16867, 16871, 16873, 16886, 26159, 26425, 26427. <i>B. brizantha</i> CIAT 6297, 16212, 16327, 16776, 26032, 26124, 26318, 26554, 26556G, 26562 <i>B. decumbens</i> CIAT 606*, 26180 <i>B. dictyoneura</i> CIAT 6133*, 16506 Híbridos - BR93NO/3009, FM9201/1873
Montañita:	<i>B. humidicola</i> CIAT 679*, 16180, 16888 <i>B. brizantha</i> CIAT 6297, 16139A, 16441, 16455, 16472, 16488, 16779, 26646* <i>B. decumbens</i> CIAT 606*, 6058 <i>B. dictyoneura</i> CIAT 6133* Híbrido - FM 9201/1873

* = Control comercial

segregando por modo reproductivo (apomixis/sexualidad); y la segunda sexual. La primera población produce segregantes apomícticos en cada generación, pero cada año requiere una mayor inversión en la determinación de modo reproductivo. El manejo de la segunda población (sexual) será más sencillo que el de la primera (apomíctico/sexual). Como la población sexual es mejorada mediante selección cíclica, la ganancia genética se realizará en híbridos apomícticos generados mediante cruzamientos de la población sexual mejorada con uno o más apomícticos apropiados. Los conceptos involucrados en los métodos de mejoramiento efectivos y eficientes para *Brachiaria* apomíctica sugieren la atención en la población sexual. [J. W. Miles, M. L. Escandón]

En el Caquetá y en Carimagua se establecieron aproximadamente 1500 progenies por polinización abierta de una población sexual. Cada genotipo se replicó en forma vegetativa en los dos ensayos y un tercer propágulo se conservó en CIAT-Palmira. De la población se han seleccionado, en ambos sitios, aproximadamente 250 genotipos individuales con base en su vigor y ausencia de enfermedades foliares. [J. W. Miles, M. L. Escandón]

2.2 Ensayos agronómicos. En 1995, en Carimagua se establecieron 43 recombinantes agronómicos apomícticos, identificados como plantas individuales en 1994, en parcelas de un surco, junto con varias accesiones seleccionadas. Se está intentando generar una población grande como una fuente de nuevos segregantes apomícticos y sexuales, mediante la exposición de una serie de clones sexuales seleccionados como plantas solas espaciadas, a la polinización abierta en ensayos agronómicos. La progenie de estos clones sexuales proporcionará una diversidad de genotipos, tanto sexuales como apomícticos, y ampliará significativamente la base genética del material de mejoramiento. [J. W. Miles, C. Plazas]

Los resultados de un ensayo agronómico en parcelas pequeñas, establecido en 1994, mostró que los recombinantes híbridos presentan segregación de atributos más allá del rango de los materiales paternos que formaron en las poblaciones de mejoramiento (Ver sección de Adaptación Edáfica). [I. M. Rao, J. W. Miles, C. Plazas]

2.3 Selección recurrente para habilidad de combinación específica. Se inició la investigación sobre la factibilidad de realizar "selección recurrente para capacidad de combinación específica" en una población sexual (Miles y Escandón, en preparación). Parece que el obstáculo principal es la logística para formar suficientes progenies para "test-cross". Esto probablemente tendrá que hacerse mediante polinización abierta en una parcela grande de campo, aproximadamente de 2 ha. Se ha formado un número pequeño de progenies experimentales de test-cross. [J. W. Miles, M. L. Escandón]

3. Genética de la Apomixis

Los objetivos de la investigación en el genoma *Brachiaria* son:

- Marcar el gen de apomixis y completar el mapa genético de *Brachiaria*.
- Construir un mapa de *Brachiaria* con base en las sondas polimórficas provenientes de los mapas RFLP de arroz, maíz y trigo;
- Integrar los marcadores basados en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR) en el programa de mejoramiento, utilizando poblaciones sexuales y apomícticas.

Se generó una población híbrida de 115 individuos mediante cruzamiento de un clon *B. ruziziensis*

tetraploide, sexual con *B. brizantha* CIAT 26646, un tetraploide natural apomíctico. Los híbridos individuales fueron 'fenotipados' para el modo reproductivo, mediante observación microscópica de la estructura del saco embrionario en un mínimo de 20 ovarios con sacos clasificables. Hasta la fecha se han examinado 600 RAPDs y 64 'primers' de AFLP, utilizando el análisis de conjuntos de segregantes (bulk segregant analysis, en inglés) y se identificaron los 'primers' ligados. Una buena homología se detectó entre *Brachiaria*, por un lado y arroz y maíz, por otro. Se ha iniciado la construcción de un mapa molecular utilizando primers AFLP y un conjunto de 75 polimorfismos de arroz y clones RFLP de maíz. [J. Tohme, N. Palacios]

4. Evaluación de Resistencia a Salivazo

Un nuevo entomólogo del Programa (0.5 PFT, 0.5 Programa de Arroz) se unió al proyecto en junio de 1995, después de un período de 18 meses sin el apoyo directo de un especialista.

4.1 Confirmación de selección en el campo. Siguiendo con la evaluación y selección en el campo, 75 clones híbridos generados por polinización abierta entre accesiones de *B. ruziziensis*, *B. decumbens* y *B. brizantha* se evaluaron para resistencia a salivazo utilizando una metodología diseñada para uso en invernadero. El clon BR94NO/0678 presentó un nivel de resistencia comparable al de *B. brizantha* cv. Marandú, que es la fuente principal de resistencia en estas poblaciones. En 1994, este clon se estableció en el campo sólo en Caquetá, y está disponible en el CIAT para pruebas adicionales en el invernadero. [G. C. Yencho, G. Sotelo]

4.2 Posibilidad de usar marcadores moleculares en selección. En septiembre de 1995 se inició el estudio de las progenies *B. ruziziensis* x *B. brizantha* cv. Marandú, que actualmente se utilizan para identificar marcadores moleculares relacionados con apomixis. Los progenitores representan las expresiones extremas en resistencia tipo antibiósis: *B. ruziziensis* es susceptible y *B. brizantha* es altamente resistente a salivazo. Se está investigando la posibilidad de utilizar estas poblaciones para identificar marcadores moleculares asociados con genes para resistencia a esta plaga. Si se encuentran los marcadores ligados con la resistencia y ellos explican una proporción significativa de la variación en resistencia, se podrían utilizar para mejorar la eficiencia de los métodos actualmente utilizados para evaluar resistencia en poblaciones segregantes. El éxito del proyecto relacionado con marcación de genes depende, en parte, de tres factores: (1) que las

progenies descritas anteriormente en efecto sean segregantes, para resistencia a salivazo; (2) que se discrimine en forma idónea entre clones resistentes y susceptibles dentro de estas progenies; y (3) que sea posible identificar marcadores polimórficos adecuados en las poblaciones con las cuales se puede construir el mapa genético molecular de *Brachiaria*. Se está caracterizando la resistencia de unos 80 clones híbridos en el invernadero. Dependiendo del resultado de estos experimentos, se decidirá si se continúa con los experimentos de marcación de genes. [G. C. Yencho, G. Sotelo]

4.3 Selección en el campo. Una limitación significativa al desarrollo de la resistencia a salivazo en los clones de *Brachiaria* es el hecho que las poblaciones de salivazo en el campo varían en forma drástica, tanto espacial como temporalmente, lo que hace difícil evaluar poblaciones híbridas de manera confiable en el campo. Se están evaluando diversos métodos para establecer poblaciones uniformes de salivazo en el campo. Sin embargo, ninguno de los métodos ensayados hasta el presente ha sido del todo satisfactorio.

Está claro que la evaluación efectuada en el primer año en el campo es inadecuada en que las selecciones avanzan sin información suficiente sobre su resistencia a salivazo. Parece inevitable tener que regresar a un ciclo de 2 años de evaluación en el campo, hasta cuando sea posible desarrollar una metodología confiable de infestación en el campo o un método de selección en invernadero con suficiente capacidad. Una evaluación de 2 años duplicará la duración de una generación, de 1 año a 2 años, pero debe mejorar la eficiencia y la tasa de mejoramiento genético. [G. C. Yencho, J. W. Miles, G. Sotelo]

4.4 Estudio de preferencia de alimentación de insectos adultos de salivazo. Hasta la fecha, las fuentes importantes de resistencia a salivazo, *B. brizantha* cv. Marandú y otras accesiones, y *B. jubata* CIAT 16531 y CIAT 16203, se han evaluado en ensayos diseñados para medir su efecto de antibiosis sobre el salivazo. Con el objeto de caracterizar los mecanismos de resistencia al insecto, se han iniciado estudios tendientes a determinar la preferencia relativa de los adultos por estas accesiones. Estos estudios se están realizando en jaulas pequeñas (1 m³) en el invernadero, donde se está dando la oportunidad a los insectos adultos de seleccionar entre plantas resistentes y susceptibles. Para medir la preferencia se registran el número de adultos presentes y su localización en cada planta. Cuando finaliza cada ensayo se determina el número de huevos colocados en cada maceta. Los

estudios se iniciaron con *B. ruziziensis*. En el futuro, se compararán accesiones de *B. ruziziensis*, *B. brizantha* y *B. decumbens*. [G. C. Yencho, G. Sotelo]

5. Diversidad Genética en *Brachiaria*

Uso de marcadores RAPD para determinar relaciones genéticas

La mayoría de los biotipos poliploides de *Brachiaria* son apomíticos. Por lo tanto, el mejoramiento genético de *Brachiaria* dependió de la identificación, recolección y conservación de la variación natural existente hasta el momento en que se desarrolló un tetraploide sexual fértil, obtenido de un diploide sexual *B. ruziziensis*. Esto permitió un programa de mejoramiento dirigido a especies como *B. decumbens* y *B. brizantha*.

El entendimiento de las relaciones genéticas entre y dentro de especies contribuirá a diseñar mejores estrategias para la recolección y la conservación de la biodiversidad. Además, proporcionará a los mejoradores información sobre la base genética utilizada y permitirá la selección racional de progenitores para maximizar la expresión de la heterosis.

Al describir las relaciones genéticas, los enfoques anteriormente disponibles han utilizado datos de morfología comparativa, fisiología e isoenzimas. Más recientemente, se han aplicado varias técnicas moleculares para detectar polimorfismo al nivel de ADN; Se están utilizando ampliamente marcadores de ADN como RFLPs o RAPDs, basados en PCR, para determinar las relaciones genéticas en plantas cultivadas.

Se ha iniciado un estudio de relaciones genéticas en especies de *Brachiaria* utilizando marcadores de RAPD basados en PCR. Esta técnica involucra el examen de ADN para polimorfismo, utilizando una serie de pares 'primers' base-10 (cebadores de 10 pares de base de longitud) para amplificar al azar fragmentos de ADN. El método produce polimorfismo típicamente dominante o recesivo.

Las relaciones genéticas entre las especies de *Brachiaria* se compararon utilizando 'primers' de RAPD (Suárez, 1994). Los genotipos evaluados incluyeron accesiones *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. ruziziensis*, *B. jubata*, *B. humidicola* y *B. dictyoneura*, que son de interés principal para programas de forrajeras en América tropical, y representan un rango diverso de germoplasma, tanto para nivel de ploídia como para características agronómicas. Los datos de RAPD se generaron por amplificación total del ADN, utilizando

al azar secuencias nucleótidas base-10 como 'primer' en reacciones PCR. Estos datos se analizaron por el método del promedio aritmético de grupos parados no balanceados (UPGMA, en inglés) y el análisis de componentes principales (PCA, en inglés). El patrón de agrupamiento obtenido (Figura 1) es consistente con la asignación de *B. decumbens*, *B. brizantha* y *B. ruzizensis* a un grupo taxonómico, y *B. jubata*, *B. humidicola* y *B. dictyoneura* a otro. Esta evaluación preliminar señala áreas para investigación adicional:

Análisis de datos RAPDs en especies de *Brachiaria*

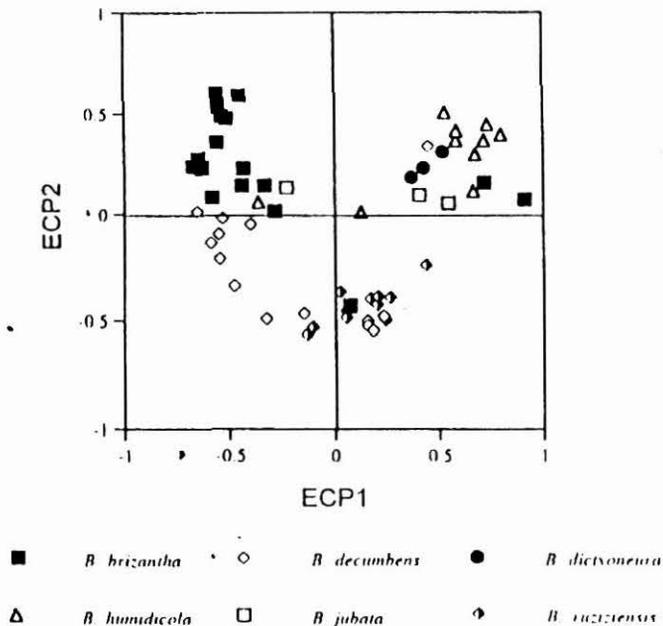


Figura 1. Semejanza genética de seis especie *Brachiaria* determinada utilizando el análisis de componentes principales en datos RAPDs (Suárez, 1994).

1. La relación entre *B. decumbens* y *B. ruzizensis* con base en los datos RAPD, así, algunas accesiones de *B. decumbens* son estrechamente similares a las accesiones de *B. ruzizensis*.
2. La cantidad de diversidad presente en especies sexuales versus apomícticas: *B. ruzizensis* sexual ha mostrado menos variabilidad que las especies apomícticas *B. decumbens* y *B. brizantha*.

Esta observación preliminar muestra la utilidad de los marcadores basados en PCR, como RAPDs, para discriminar entre diferentes especies de la colección de

Brachiaria y para diferenciar genotipos dentro de especies. Se proseguirá con esta caracterización genética para comprender la cantidad de diversidad presente en la colección y para obtener más información acerca de su distribución en relación con el modo reproductivo de los genotipos. [J. Tohme, N. Palacios]

6. Control Genético de Atributos Claves

Se está generando el material genético necesario para demostrar la modificación genética de la expresión del alelo dominante que confiere la capacidad para la reproducción apomíctica. [J. Miles, M. L. Escandón]

7. Adaptación Edáfica

Las observaciones de campo en los Cerrados de Brasil y en los Llanos Orientales de Colombia, indican que *B. ruzizensis* común y *B. brizantha* cv. Marandú están menos adaptadas a Oxisoles de baja fertilidad que *B. decumbens* cv. Basilisk, ampliamente cultivado. Las razones para estas diferencias en adaptación edáfica aún no son claras.

Los tres cultivares se están utilizando como progenitores en un programa de mejoramiento para desarrollar genotipos superiores de *Brachiaria*, que combinen la tolerancia a salivazo de *B. brizantha* cv. Marandú con la buena adaptación de *B. decumbens* a factores edáficos. La investigación anterior indicó que las diferencias en adaptación a suelos ácidos entre los tres progenitores no se debe a la tolerancia a toxicidad de Al, sino a otros factores relacionados con la baja fertilidad en el suelo. Todavía es necesario identificar atributos de la planta de *B. decumbens* que contribuyen a su adaptación a suelos ácidos de baja fertilidad con el objeto de desarrollar un método confiable y rápido de selección. La identificación de la variabilidad genética entre recombinantes para adquirir nutrientes y producir mayores cantidades de forraje, facilitaría el desarrollo de los genotipos superiores de *Brachiaria*.

7.1 Selección en condiciones de campo. En 1994, en un Oxisol franco-arcilloso de Carimagua se estableció un ensayo para evaluar diferencias en adaptación edáfica de 43 recombinantes genéticos de *Brachiaria*, comparados con 12 accesiones naturales incluyendo los 4 progenitores: *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandú, *B. ruzizensis* 44-02 y *B. brizantha* cv. La Libertad. Durante el establecimiento se aplicaron cantidades bajas de fertilizante equivalente (kg/ha): 40 N, 20 P, 20 K, 14 Ca, 12 Mg y 12 S. Después de 5.5 meses de crecimiento de las plantas se midieron varios atributos que incluyeron la biomasa de los rebotes en cortes

entre 10 y 15 cm de altura según el tipo de la planta, la relación hoja:tallo, el índice de área foliar, la composición nutritiva de los rebrotes y absorción del nutrimentos.

Los resultados presentados en la Figura 2 muestran una marcada variación genética en absorción de nutrimentos y en producción de forraje durante el establecimiento de la pastura. Las relaciones lineales entre rendimiento de forraje y nutrimentos (N, P y Ca) en el rebrote, absorbidos por unidad de superficie en recombinantes genéticos y accesiones, indican la importancia de la absorción de nutrimentos para la producción de forraje. La relación entre absorción de P por los rebrote y el rendimiento de forraje (Figura 2b) fue más estrecha ($r^2=0.78$) que la de la absorción de N ($r^2=0.66$) o de Ca ($r^2=0.47$). Estos análisis de regresión indican que durante el establecimiento, la absorción de P puede ser más limitante para la producción de forraje que la absorción de N y Ca en este suelo. Entre los cuatro progenitores, *B. ruziziensis* fue menos eficiente en la absorción de P y en consecuencia, menos productivo. Dos recombinantes genéticos, BRN093/3009 y FM9201/1873, fueron sobresalientes en términos de biomasa de forraje y absorción de nutrimentos en los brotes. Sin embargo, ninguno de estos dos recombinantes fue altamente resistente a infestación de salivazo. Tal vez sería posible recombinar la adaptación edáfica de estos dos recombinantes con la tolerancia a salivazo del recombinante sexual BRN093/1371.

Se observó también una variación genética significativa en otros atributos de la planta como índice de área foliar, relación hoja:tallo y fraccionamiento de nutrimentos (absorción en hojas/absorción en rebrote x 100). Se encontró que varios recombinantes genéticos eran superiores a sus progenitores en fraccionamiento de P y N hacia las hojas, lo que ayudaría a mantener mayores tasas de expansión foliar.

En 1995, en un ensayo replicado con aplicaciones baja y alta de fertilizantes en un Oxisol arenoso de Carimagua, se sembraron los recombinantes genéticos adicionales de *Brachiaria* junto con sus progenitores, para continuar este estudio sobre diferencias en adaptación edáfica y persistencia en el campo. [I. M. Rao, J. W. Miles, J. C. Granobles]

7.2 Selección en condiciones controladas. Las observaciones de campo en pasturas de *Brachiaria* sugieren que una de las causas principales de la degradación en suelos ácidos, además de salivazo, es una disminución en fertilidad del suelo con el transcurso

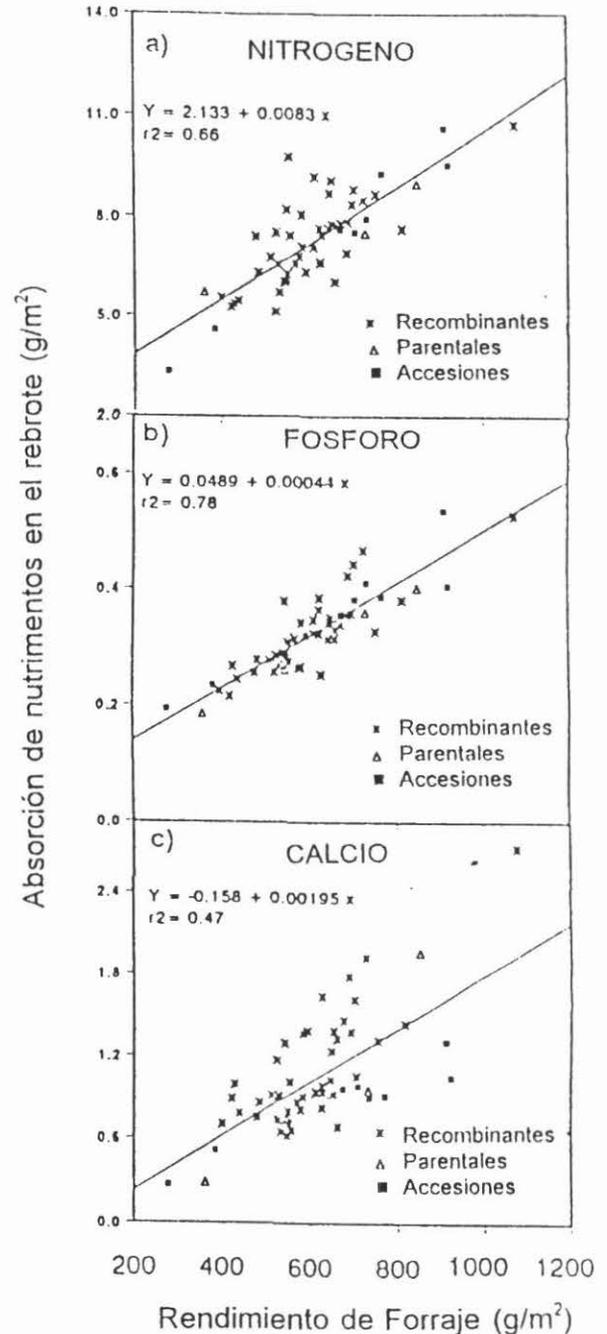


Figura 2. Relación entre absorción de nutrimentos en el rebrote y el rendimiento de forraje de 55 genotipos de *Brachiaria*, incluyendo 12 accesiones CIAT (cuatro parentales) y 43 recombinantes genéticos, cultivados en un Oxisol franco-arenoso de Carimagua.

del tiempo. Se realizó un ensayo en invernadero para evaluar las diferencias en tolerancia a la reducción en la oferta de nutrimentos entre cuatro progenitores y 53 recombinantes genéticos de *Brachiaria*. Las plantas se cultivaron en macetas (4 kg de suelo por maceta) utilizando un Oxisol franco-arenoso de Carimagua. En la siembra se aplicaron bajas cantidades de nutrimentos (kg/ha): 20 P, 20 K, 50 Ca, 14 Mg y 10 S. No se aplicó N ni micronutrimentos. Las plantas se cortaron a diferentes intervalos (50, 96 y 192 días después de un corte de uniformización) y crecieron sin fertilización adicional, para simular el crecimiento de plantas bajo condiciones de disminución en el suministro de nutrimentos. En el momento del tercer corte (192 días) se midieron varios atributos de la planta: biomasa de rebrotes, área foliar, relación hoja:tallo, clorofila en hoja, proteína soluble en hojas, N específico foliar, absorción de nutrimentos en rebrotes, índice de fraccionamiento de N, biomasa y longitud de la raíz. Estas mediciones se hicieron para identificar las diferencias genotípicas en tolerancia a la disminución de la fertilidad en el suelo.

Tres atributos de la planta: producción de área foliar, longitud de la raíz y absorción de P en los rebrotes fueron útiles para identificar diferencias genotípicas en adaptación a la reducción de la fertilidad en el suelo (Cuadro 4). Entre los cuatro progenitores, *B. ruziziensis*

absorbió la menor cantidad de P, debido a su sistema radical más pequeño. El descenso en absorción P en los rebrotes ejerció un efecto marcado sobre la producción del área foliar de este progenitor, comparado con los otros tres progenitores. Entre los 53 recombinantes genéticos probados, por lo menos tres mostraron una adaptación similar o mejor que los progenitores a la disminución de la fertilidad. Esto fue evidente por su capacidad para mantener un mayor crecimiento de raíces y expansión de hojas. Estos atributos de la planta podrían servir como índices de selección en ensayos de campo para identificar genotipos superiores de *Brachiaria* para suelos ácidos de baja fertilidad. [I. M. Rao, J. W. Miles, J. Ricaurte y R. García]

7.3 Persistencia en condiciones del campo. En 1992, en un Oxisol franco-arcilloso se estableció un ensayo de campo para determinar las diferencias de adaptación edáfica entre cuatro cultivares de *Brachiaria* (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandú, *B. brizantha* cv. La Libertad y *B. ruziziensis* cv. Común) cultivados en monocultivo o en asociación con *A. pintoi* CIAT 17434. El experimento estaba diseñado en parcelas divididas con los tratamientos de fertilidad de suelo como parcelas principales y el monocultivo vs. la asociación como subparcelas. La aplicación inicial de fertilizantes fue de dos niveles: bajo (kg/ha): 20 P, 20

Cuadro 4. Diferencias en tolerancia a baja fertilidad en el suelo, entre progenitores y recombinantes genéticos de *Brachiaria* cultivados en macetas (4 kg suelo) utilizando un Oxisol franco-arenoso de Carimagua.

Genotipo	Biomasa de rebrote (g/maceta)	Área foliar (cm ² /maceta)	Longitud de la raíz (m/maceta)	Absorción de P en rebrotes (mg/maceta)
Progenitores*:				
<i>B. decumbens</i>	2.0	153	177	4.6
<i>B. brizantha</i> - M	1.6	139	146	5.4
<i>B. brizantha</i> - L	2.8	109	127	4.5
<i>B. ruziziensis</i>	1.7	88	86	2.9
Recombinantes:				
FM9302/2564	1.9	201	235	5.6
FM9302/2457	2.2	161	198	5.2
FM9302/2662	2.0	166	318	4.7
Promedio**	1.9	156	183	4.6
DMS _{0.05}	0.4	52	77	0.9

* *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandú (M), *B. brizantha* cv. La Libertad (L), *B. ruziziensis* cv. Común.

** Valor promedio de 53 recombinantes genéticos y cuatro progenitores.

K, 50 Ca, 12 Mg y 10 S; y alto (kg/ha): 50 P, 100 K, 100 Ca, 24 Mg, 20 S y micronutrientes. La persistencia de las pasturas se ha evaluado bajo pastoreo periódico intenso dependiendo de la cantidad de forraje en oferta. Con el objeto de evaluar la persistencia bajo condiciones de disminución de la fertilidad en el suelo, no se aplicaron fertilizantes para mantenimiento. Se espera que la presencia de la leguminosa en las asociaciones mejorará la persistencia de las *Brachiarias*. Se están observando los atributos de la raíz y de los rebrotes en las gramíneas en monocultivo.

Los resultados obtenidos en la época lluviosa de 1994 con gramíneas en monocultivo, indican que *B. ruzizensis* común fue menos persistente en el tiempo, debido a su incapacidad para fraccionar una mayor proporción de la biomasa hacia el crecimiento de las raíces (Cuadro 5). Esto permitió que la vegetación nativa dominará esta gramínea a medida que la fertilidad en el suelo descendió.

No hay indicios de degradación de pasturas en los cultivares de *B. brizantha*. Esto puede ser debido a que al suministro de N por mineralización en este suelo es adecuado para el crecimiento de estas gramíneas. La intensidad de pastoreo se aumentó para inducir el descenso de la pastura. La influencia de la leguminosa en el descenso de la pastura se seguirá a través del tiempo. [I. M. Rao, R. Thomas, P. Herrera, J. C. Granobles]

Cuadro 5. Diferencias en fraccionamiento de la biomasa entre la raíz y brotes de cuatro cultivares de *Brachiaria*, cultivados en un Oxisol franco-arcilloso de Carimagua con aplicación baja de fertilizantes al establecimiento.

Cultivar	Relación raíz/rebrote	
	1992	1993
<i>B. decumbens</i> cv. Basilisk	0.49	0.50
<i>B. brizantha</i> cv. Marandú	0.63	0.72
<i>B. brizantha</i> cv. La Libertad	0.89	0.68
<i>B. ruzizensis</i> cv. Común	0.32	0.36

Un genotipo ideal de *Brachiaria*, que sea productivo y persistente bajo aplicación limitada de nutrientes en condiciones del campo, no sólo debe absorber mayores cantidades de nutrientes limitantes, por ejemplo P, N y Ca, mediante la producción de raíces finas, sino también utilizar nutrientes para producir mayores cantidades de área foliar. Junto con estos dos atributos, la capacidad de un mayor fraccionamiento de P y N

hacia las hojas que a hacia los tallos, contribuirá a la producción de mayores cantidades de forraje verde. Una de las estrategias para desarrollar dicho tipo ideal de *Brachiaria* sería evaluar primero para tolerancia a salivazo e identificar los genotipos promisorios y luego someter aquellos a evaluación para adaptación edáfica, calidad de forraje, resistencia a enfermedades y otros atributos deseables.

7.4 Tolerancia de *Brachiaria* spp. al mal drenaje

Los cultivares comúnmente utilizados, *B. decumbens* cv. Basilisk y *B. brizantha* cv. Marandú, son susceptibles a condiciones de encharcamiento en las zonas de trópico húmedo y, a menudo, sucumben a las enfermedades. No obstante, existe poca comparación objetiva de diferencias intra e intraespecíficas en relación con la tolerancia a condiciones de mal drenaje.

Se evaluaron nueve accesiones de tres *Brachiaria* spp. y cuatro cultivares comerciales, a lo largo de un gradiente de nivel freático que presentaba condiciones de drenaje desde buenas hasta pobres. Al final del gradiente de mal drenaje el nivel freático fluctuaba entre -50 cm en periodos secos a +10 cm durante periodos de alta precipitación. El vigor y mortalidad de planta se registraron cada semana durante 1 año, tiempo en el cual se midió la producción de MS a través del gradiente, con drenaje bueno, medio y pobre.

Se encontraron variaciones significativas entre y dentro de *Brachiaria* spp. a tolerancia al anegamiento (Cuadro 6). Se confirmó la adaptación buena de *B. humidicola* y *B. dictyoneura* a condiciones de suelo saturado, así como la susceptibilidad de *B. decumbens* cv. Basilisk y *B. brizantha* cv. Marandú. Sin embargo, hay accesiones de *B. decumbens* (CIAT 16497) y *B. brizantha* (CIAT 26110) que mostraron tolerancia buena a condiciones a mal drenaje. *B. humidicola* CIAT 16886 produjo más MS que el cultivar comercial *B. humidicola* CIAT 679. [P. J. Argel, A. Valerio, R. Martínez, M. Hernández (MAG)]

8. Resistencia al Añublo foliar por *Rhizoctonia*

Se desarrolló una metodología de campo e invernadero, basada en la inoculación artificial con esclerocios secos, para evaluar un grupo de 42 accesiones de *Brachiaria* (Kelemu et al., n.p.). La enfermedad se cuantificó en el invernadero como porcentaje de hojas infectadas, porcentaje de área foliar infectada y número de esclerocios en el tejido infectado. El porcentaje de área foliar se estimó visualmente en plantas inoculadas en el

Cuadro 6. Vigor de planta, mortalidad de la planta y rendimientos de MS de *Brachiaria* spp. establecido a lo largo de un gradiente de drenaje: 1 = malo, 2 = moderado, 3 = bueno. Guápiles, Costa Rica.

Especies	Accesión CIAT no.	Vigor ¹ de la planta	Mortalidad	Producción de MS (kg/ha)		
				(1)	(2)	(3)
				1349a ²		
<i>B. humidicola</i>	679	4.5	0		1468a	1055a
	16886	5.0	0	2840a	1987b	2768ab
	26149	4.5	0	1824a	2391a	2654a
<i>B. dictyoneura</i>	6133	4.5	0	2052a	3311a	2454a
<i>B. decumbens</i>	606	3.5	0	1425a	1531a	1841b
	16497	4.0	0	2364a	2122a	2468a
<i>B. brizantha</i>	6387	3.5	0	1601a	2811a	2763a
	16322	4.0	0	2100a	3129b	2458ab
	26110	3.5	0	2468a	2803a	2297a
	26646	3.0	0	1633a	2986b	2735ab
	16168	3.0	0.5	1826a	2497b	2982b
	16827	2.5	0.5	1369a	2371ab	1758b
	16835	1.5	2.0	1384a	2098b	2078b
	6780	2.0	1.5	1483a	2114a	3101b

¹ Vigor: 0 = pobre, 5 = altamente vigoroso. Tasa de mortalidad: 0 = nula, 5 = alta.

² Promedios en una misma columna seguidos por letras similares no son significativamente diferentes ($P < 0.1$), según la prueba de Duncan.

campo. Todos los criterios de la enfermedad se correlacionaron positivamente. Las diferencias en resistencia no fueron discretas, sugiriendo una heredabilidad cuantitativa. Con esta metodología de selección confiable y repetible tal resistencia puede fácilmente manejarse en programas de mejoramiento. Las más resistente entre la muestras probadas fueron, con una excepción, las accesiones de *B. humidicola*. Una accesión, *B. brizantha* CIAT 16320, se clasificó como moderadamente resistente. Otras accesiones de *B. brizantha* o *B. decumbens* fueron menos susceptibles que *B. brizantha* cv. Marandú. [S. Kelemu, J. Badel]

9. Evaluación de Resistencia Viral

9.1 Desarrollo de una metodología confiable de selección de genotipos de *Brachiaria* resistentes a potivirus. Las pruebas de inoculación artificial realizadas en 1994, produjeron tasas de infección de

hasta 35% ó 80% cuando el potivirus de *Brachiaria* se inoculó manualmente sobre con las plántulas no es inusual para la mayoría de los sistemas de hospedantes de virus, donde el fenómeno conocido como resistencia de la planta adulta es responsable de las bajas tasas de infección de virus inoculados por medio artificial.

Este año, una técnica diferente de inoculación mecánica —la técnica de cepillado o barrido con aire— utilizado para otros potivirus de gramíneas, tales como el virus de mosaico de la caña de azúcar, se probó en plántulas de *Brachiaria*. Los resultados de esta prueba, realizada a 30 ó 50 p.s.i, resultó en una eficiencia de transmisión promedio de 11% ó 6%. En consecuencia, esta técnica se consideró inadecuada para propósitos de selección.

La técnica de inoculación mecánica utilizada en el CIAT ha producido tasas de infección de 100% para otras gramíneas como sorgo, maíz y *Paspalum* spp.

Mientras que las especies de *Brachiaria* probadas son más difíciles de inocular con la técnica de manual convencional, las tasas de infección actual de 80% a 90% son adecuadas para objetivos de selección, en la medida en que se inoculen como plántulas.

9.2 Caracterización de un potivirus que infecta *Brachiaria* spp. Anteriormente se había informado sobre la caracterización molecular de los potivirus detectados en *B. brizantha* en el CIAT. Se demostró que este virus tiene una semejanza en la secuencia nucleotídica de 97.3% con el fragmento correspondiente analizado de la proteína de la cubierta de la cepa viral del mosaico del pasto Johnson (JGMV), anteriormente descrito en Australia. Este año, un antisuero de JGMV-JG preparado en Australia se probó en el CIAT con el potivirus de *Brachiaria*. El antisuero reaccionó positivamente, confirmando la caracterización molecular del potivirus de *Brachiaria* como una cepa del virus del mosaico del pasto Johnson. Un manuscrito de este trabajo ha sido presentado para publicación en Journal of Phytopathology.

9.3 Efecto del virus del mosaico del pasto Johnson en la producción de semillas de *Brachiaria* spp. En 1994, se realizó una prueba preliminar para determinar el efecto del potivirus *Brachiaria* en el rendimiento de semilla de *B. brizantha*. El promedio de rendimiento de semilla de 15 plantas de esta gramínea, sistemáticamente infectada con el virus fue de 92.4 semillas, con cuatro plantas que no produjeron semilla. El promedio de rendimiento de las plantas libres del virus fue de 213 semillas.

El experimento anterior se repitió en 1995, aumentando el número de plantas de la prueba a 50 por tratamiento (infectadas o libres). Se utilizó un diseño de bloques al azar con cinco repeticiones de 10 plantas cada una para los dos tratamientos. Las plantas de la prueba se inocularon en junio de 1995 y próximamente se cosechará la semilla.

9.4 Evaluación de la transmisión posible por semilla de la cepa *Brachiaria* del virus del mosaico del pasto Johnson a *B. brizantha*. Se investigó la trasmisividad potencial por semilla de la cepa *Brachiaria* del potivirus del mosaico del pasto Johnson. Se germinaron un total de 1433 semillas, recolectadas de plantas de *B. brizantha* infectadas en forma sistemática, y las plántulas resultantes se analizaron para la presencia del virus. Ninguna de las plántulas fue infectada por el virus; por lo tanto, la tasa de transmisión debe ser menor que 0.07%.

9.5 Selección del germoplasma de *Brachiaria* por su reacción a la cepa *Brachiaria* del virus del mosaico del pasto Johnson. Un total de 131 selecciones de *Brachiaria* spp. realizadas en el Caquetá y Carimagua, han estado en evaluación continua mediante rejuvenecimiento frecuente e inoculación manual de los propágulos vegetativos. Hasta la fecha, un total de 64 híbridos han probado ser susceptibles al virus, los restantes 67 híbridos o bien son resistentes o han escapado a la infección en condiciones artificiales.

Estos híbridos deben evaluarse de nuevo cuando haya semilla disponible para aumentar la eficiencia de inoculación y distinguir entre resistencia viral "verdadera" y resistencia de la planta adulta. [F. Morales]

10. Dormancia de Semilla

La dormancia o latencia de la semilla ha sido una inquietud recurrente en *B. dictyoneura*. Recientemente se ha terminado un proyecto de tesis de M.Sc. realizado por M. Sánchez (U. Nacional de Colombia, sede Palmira) con el apoyo del PFT (Sánchez, M. S. 1995). En el estudio, la semilla de varias fuentes colombianas de *B. dictyoneura* se sometió a escarificación con ácido o mecánica, y tratamientos con calor seco. Los efectos de estos tratamientos sobre la germinación se evaluaron a través de 12 meses después de la cosecha.

Al igual que en otras especies de *Brachiaria*, se encontraron dos tipos de latencia: una restricción física de la germinación debido a la impermeabilidad de la testa (lemma y pelea, y glumas) y una dormancia fisiológica del embrión de la semilla.

La escarificación con ácido o mecánica fue efectiva para superar las barreras físicas a la germinación. Mientras se detectaron efectos estadísticamente significativos para varios tratamientos, ninguno, excepto el tiempo, ejerció un efecto importante sobre la dormancia fisiológica del embrión de la semilla. La germinación de espiguillas sin escarificar fue baja aún 12 meses después de la cosecha. La germinación máxima de la semilla escarificada con ácido ocurrió 6 meses después de la cosecha. Se recomiendan, la escarificación con ácido y un período de 3 meses de maduración poscosecha. [M. Sánchez, J. W. Miles]

11. Hongos Endófitos en Gramíneas Tropicales

En estudios preliminares se detectó la presencia de endófitos en gramíneas nativas de los Llanos Orientales de Colombia. En 1966, se intensificarán las actividades en este sentido, con recursos financieros de un proyecto nuevo.

12. Almacenamiento de Polen

En este campo no se realizó ninguna actividad.

13. Taller sobre *Brachiaria*

En octubre de 1994, se realizó un Taller Internacional sobre la Biología, la Agronomía y el Mejoramiento de *Brachiaria*. El evento se efectuó en la sede del CIAT y participaron conferencistas invitados de 13 países de África, América, Asia, Australia y Europa.

La edición de las memorias del taller están en proceso y se espera tenerlas listas a principio de 1996. [J. W. Miles, B. L. Maass, C. B. do Valle]

Proyecto: Mejoramiento genético de *Brachiaria*

Actividades propuestas para 1996

1. Recursos genéticos

- Se establecerán ocho ensayos agronómicos regionales en colaboración con Corpoica y el Fondo Nacional del Ganado en Colombia.
- Se establecerán ensayos regionales en Bolivia, Costa Rica y Brasil.

2. Los acervos genéticos nuevos de *Brachiaria*

- Se harán observaciones durante un segundo año en los ensayos de campo en Carimagua y el Caquetá, antes de las selecciones finales para recombinación genética.
- Se probará la factibilidad de recombinar clones seleccionados utilizando plantas en macetas en CIAT-Palmira.
- Se recombinará un número pequeño de clones sexuales, seleccionados después de 2 años de observaciones en el campo.
- Se continuará la evaluación de la logística de la selección recurrente por capacidad combinatoria específica en poblaciones sexuales, mediante observaciones de un número pequeño de progenies de cruzamientos formadas en 1995 y se establecerán bloques de cruzamiento (parcelas de 2 ha del genotipo probador).

3. Genética de apomixis

- Se confirmarán los marcadores actualmente disponibles en una segunda población híbrida.
- Se identificarán marcadores más íntimamente ligados al 'locus' de apomixis (mapeo detallado).

4. Evaluación de resistencia al salivazo

- Se continuarán los estudios sobre marcadores de genes de resistencia, infestación artificial en el campo y de preferencia de alimentación de salivazo. Los estudios de preferencia se deben concluir para mediados de 1996.

- Se proyecta finalizar entre marzo y abril de 1966 la evaluación inicial de progenies 1027 y 1028 para el mapeo genético de de resistencia al salivazo.

5. Diversidad genética en *Brachiaria*

- No se proyectaron actividades específicas para 1996.

6. Control genético de atributos claves

- Se identificarán líneas paternas para un estudio de la modificación genética de la expresión del gene mayor, que controla la reproducción apomictica
- Se iniciarán cruzamientos controlados para producir progenies apropiadas para dicho estudio.

7. Adaptación edáfica

- Se continuarán las mediciones de persistencia de cuatro accesiones parenterales de *Brachiaria*, bajo pastoreo intensivo.
- En un ensayo de campo establecido en 1995, se observarán los atributos de la planta que podrían estar relacionados con adaptación y persistencia bajo diferentes condiciones edáficas. Entre ellos, las producción de área foliar, la absorción de P por rebrotes y la absorción y contenido de N en los brotes a través del tiempo. Este ensayo se protegerá con insecticidas para eliminar el efecto de salivazo.
- Se realizará un ensayo de invernadero para evaluar la tolerancia a baja fertilidad de unos pocos recombinantes seleccionados y sus progenitores, utilizando un régimen de corte frecuente para inducir una disminución en la fertilidad del suelo.
- Se estudiarán las características anatómicas y morfológicas de la raíz de accesiones tolerantes y susceptible a condiciones de mal drenaje.

8. Resistencia al añublo foliar por *Rhizoctonia*

- En Carimagua, se inoculará artificialmente en el campo un número grande de plantas y se evaluará la resistente en las poblaciones mejoradas.
- Se evaluará una posible relación entre la morfología foliar (por ejemplo, densidad de los tricomas) y la resistencia a *Rhizoctonia* y calidad nutritiva.

9. Evaluación de resistencia viral

- Se completará la evaluación del efecto del virus del mosaico del pasto Johnson en el rendimiento de semilla y de forraje.
- Se continuará y ampliará la selección de poblaciones mejoradas por resistencia a enfermedades virales.

10. Dormancia de semilla

- No se proyectan actividades específicas para 1996.

11. Hongos endófitos en gramíneas tropicales

- Se determinará si *Brachiaria* spp. se encuentra naturalmente infectadas por hongos endófitos.
- Si se detectan hongos endófitos, se iniciará la evaluación de sus efectos en los atributos de *Brachiaria*, en particular con respecto a resistencia a salvazo y parámetros de calidad de forraje.

12. Almacenamiento de polen.

- Se terminó un trabajo de tesis de pregrado y se prepara un manuscrito para publicación.

13. Taller sobre *Brachiaria*.

- Las memorias del Taller aparecen publicadas próximamente.

Proyecto: Acervos genéticos mejorados de especies forrajeras de *Arachis*

Coordinadores del proyecto: P.C. Kerridge y E. A. Pizarro

Justificación

Arachis pintoi es la primera leguminosa herbácea tropical con alta productividad y persistencia a largo plazo cuando se asocia con gramíneas estoloníferas vigorosas en los trópicos húmedo y subhúmedo. Tiene también un alto potencial como planta de cobertura para controlar las malezas y para mejorar el suelo. Sin embargo, su desarrollo como leguminosa forrajera comercial actualmente se basa casi exclusivamente en un solo genotipo. Aunque esta accesión es muy exitosa, tiene ciertas limitaciones tales como un establecimiento lento y una limitada tolerancia a la sequía. Por lo tanto, es necesario desarrollar y evaluar accesiones adicionales para ampliar el rango de adaptación de *A. pintoi* y asegurar la disponibilidad de genes resistentes para posibles brotes de enfermedades e insectos. Es necesario evaluar la resistencia de todas las accesiones potencialmente promisorias de *A. pintoi*, respecto a las enfermedades e insectos que afectan al maní común (*Arachis hypogaea*), así como también evaluar los problemas que pueden surgir con *Arachis* como planta forrajera a medida que su difusión es más amplia y mayores áreas se están sembrando con esta leguminosa. También se deben adquirir y evaluar otras especies del género *Arachis* que tienen potencial forrajero y que permitan ampliar el rango de *Arachis* en diferentes ambientes. Es importante mejorar el conocimiento sobre la variabilidad genética en especies potencialmente útiles, para desarrollar programas de conservación 'ex situ' e 'in situ'. Muchas de las áreas donde este género ocurre naturalmente están actualmente expuestas al desarrollo agrícola.

Las especies silvestres de *Arachis* tienen un uso potencial generalizado en pasturas de gramíneas y leguminosas, o como cultivos de cobertura tanto en el trópico húmedo y subhúmedo como en el subtrópico. Pueden desempeñar un papel estratégico en sistemas de agricultura sostenible, mediante la cobertura del suelo y la fijación de nitrógeno. Los estudios 'ex-ante' indican una alta tasa interna de retorno social (58%). Los beneficiarios serían los agricultores en los principales ecosistemas existentes en los trópicos subhúmedo y húmedo.

En 1996, se iniciará un proyecto colaborativo entre CENARGEN, ICRISAT y el CIAT para la conservación de especies silvestre de *Arachis*. Se espera que el proyecto tenga un impacto considerable en la adquisición de *Arachis* y en los estudios sobre el potencial de las accesiones de este género para tolerar enfermedades y daños por insectos. El CIAT está buscando recursos financieros adicionales para investigación en el área de diversidad genética y conservación de *Arachis*.

Objetivo

Extender el rango de adaptación de las especies forrajeras de *Arachis*, mediante la expansión de la base genética disponible a través de la recolección y la evaluación. Asegurar la conservación mediante estudios de diversidad genética donde se evalúa la resistencia a enfermedades e insectos. Mejorar la utilidad de esas especies mediante prácticas de establecimiento más rápido y confiable.

Actividades principales

1. Adquisición de germoplasma de *Arachis*.
2. Caracterización de germoplasma de *Arachis*.
3. Evaluación para adaptación ambiental
4. Tolerancia a enfermedades e insectos.
5. Manejo para un establecimiento rápido altos rendimientos.
6. Investigación de condiciones óptimas para producción y almacenamiento de semillas.
7. Diversidad genética y conservación de especies silvestres de *Arachis*.
8. Comportamiento reproductivo y compatibilidad de especies.

Aspectos destacados

- El germoplasma de *Arachis pintoi* se ha recolectado en áreas con menos de 1000 mm de precipitación.
- Existe un aumento en el número de accesiones disponibles de *A. pintoi* (ingresaron 113) y de *A. repens* (ingresaron 31).

- La caracterización morfológica y de isoenzimas del nuevo germoplasma de *A. pintoii* mostró que el rango de variación ha aumentado a medida que se agregan nuevas accesiones; existe una buena separación en grupos según su origen geográfico y no se han detectado genotipos duplicados en las accesiones mantenidas en el CIAT.
- La evaluación multilocacional del germoplasma recientemente introducido a Colombia, destaca el potencial agronómico de varias accesiones nuevas, entre ellas *A. pintoii* CIAT 22160, 18751 y 18747.
- Una accesión nueva, *A. pintoii* BRA-031828, ha mostrado buena adaptación en los Cerrados, Brasil.
- La calidad forrajera de las accesiones nuevas parece ser tan buena o mayor que la del cultivar comercial actual *A. pintoii* CIAT 17434.
- La siembra directa de semilla, la alta producción de éstas y la fertilización adecuada aumentan la tasa de establecimiento.
- La calidad de semilla depende del sitio de producción, la manipulación poscosecha y el almacenamiento; el deterioro de la semilla puede ser rápido en condiciones húmedas, pero insignificante cuando la humedad ambiental es baja.

1. Adquisición de germoplasma de *Arachis*

1.1 Recolección en Brasil

Durante 1994 y 1995, se realizaron cuatro viajes de recolección con el liderazgo del Dr. J. F. M. Valls, de EMBRAPA/CENARGEN. En estos se dio especial importancia a la recolección de especies silvestres de *Arachis* con potencial forrajero. En total, se recolectaron 172 accesiones (Cuadro 1). En Brasil, el germoplasma disponible de la sección Caulorrhizae es, actualmente, de 144 accesiones (*A. pintoii* = 113; *A. repens* = 31) y en la sección Rhizomatosaes hay 72 accesiones de *A. glabrata*. Este material se está multiplicando actualmente.

Siete accesiones nuevas, de las 32 recolectadas en 1995, provienen de áreas con una precipitación anual entre 700 y 1000 mm. Todas se han sembrado en vivero. [J. F. M. Valls y E. A. Pizarro]

Cuadro 1. Germoplasma de *Arachis* recolectado en Brasil durante 1994 y 1995.

SECCIÓN/especie	No. de accesiones
ARACHIS	
<i>A. hypogaea</i>	11
<i>A. cardenasii</i> vel. aff.	2
<i>A. decora</i>	3
<i>A. diogoi</i> vel. aff.	2
<i>A. glandulifera</i>	1
<i>A. helodes</i> et aff.	3
<i>A. kuhlmannii</i> et aff.	3
<i>A. magna</i> et aff.	5
<i>A. stenosperma</i>	4
<i>A. simpsonii</i> et aff.	10
<i>A. valida</i>	2
<i>A. sp.</i> (Luis Alves)	6
<i>A. sp.</i> (São Félix)	1
CAULORRHIZAE	
<i>A. pintoii</i>	21
<i>A. repens</i>	10
ERECTOIDES	
<i>A. archeri</i>	3
<i>A. benthamii</i>	1
<i>A. oteroi</i>	1
<i>A. paraguariensis</i>	5
<i>A. sp.</i> (Pto. Murtinho)	1
EXTRANERVOSAE	
<i>A. burchellii</i>	6
<i>A. lutescens</i>	8
<i>A. macedoi</i>	2
<i>A. prostrata</i>	5
<i>A. retusa</i>	1
HETERANTHAE	
<i>A. dardanii</i>	3
<i>A. giacomettii</i>	1
<i>A. pusilla</i>	12
<i>A. sylvestris</i>	3
PROCUMBENTES	
<i>A. lignosa</i>	1
<i>A. matiensis</i>	3
<i>A. vallsii</i>	1
RHIZOMATOSAE	
<i>A. burkartii</i>	1
<i>A. glabrata</i>	24
<i>A. pseudovillosa</i>	3
TRIERECTOIDES	
<i>A. guaranitica</i>	2
TRISEMINATAE	
<i>A. triseminata</i>	1

A&M, USDA, ICRISAT, EMBRAPA-CENARGEN/CPAC-CIAT.

1.2 Introducción de materiales al Banco de Germoplasma en el CIAT y seguimiento fitosanitario.

Durante 1994 y 1995, se agregaron 56 accesiones de *A. pintoi* y de otras especies de *Arachis* a la colección mantenida en el CIAT; aunque en su mayor parte provienen de EMBRAPA/CENARGEN, Brasil, también hay algunas de INTA, Argentina. El Banco de Germoplasma actualmente mantiene 106 accesiones de 20 especies silvestres de *Arachis*, incluyendo 61 de *A. pintoi*. Todas, excepto 14 de ellas, se han liberado después de un seguimiento fitosanitario para identificar posibles plagas, enfermedades y virus.

Algunas fueron probadas con más detalle por la Unidad de Investigación en Virología (UIV) del CIAT, que indizó 22 accesiones de *A. pintoi*, cuatro de *A. repens* y siete de otras especies de *Arachis*.

La UIV adelanta una evaluación con dos accesiones de *A. pintoi* recolectadas en Costa Rica que resultaron positivas en pruebas de ELISA y una de *Arachis* sp. que presentó un potivirus relacionado con el Virus de Moteado de Maní (PMoV), el primer virus detectado en *A. pintoi*. Aquél virus se está caracterizando para determinar su relación con la primera cepa de PMoV detectada. Doce de las primeras 18 accesiones de *A. pintoi* provenientes de Brasil probaron ser susceptibles a PMoV, cuando se utilizó inoculación mecánica. Las restantes seis accesiones de *A. pintoi* y todas las de *A. repens* no fueron infectadas con éxito mediante inoculación artificial, por tanto, se está investigando si en ellas existe una fuente de resistencia a PMoV.

A las plantas limpias se les asignaron números de accesión CIAT y se establecieron en una colección en el campo de CIAT-Palmira para la producción de semillas y la caracterización morfológica y bioquímica de las accesiones. [A. Ortiz, B. L. Maass, F.J. Morales, S. Kelemu, M. Castaño]

2. Caracterización de germoplasma de *Arachis*

2.1 Brasil

La variación morfológica de 51 accesiones del género *Arachis*, pertenecientes a la sección *Caulorrhizae* fueron evaluadas mediante un análisis multivariado. Se aplicó un análisis de conglomerados a los datos relacionados

con 52 caracteres morfológicos de naturaleza cualitativa y cuantitativa. El fenograma resultante, basado en el coeficiente de distancia utilizando a 51 OTU's, correlacionó bien con las características morfológicas. Este análisis también permite la separación de los grupos según las regiones geográficas: planos inundados de San Francisco, MG, y el Estado de Bahía. [Luci Monçato y J. F. M. Valls (CENARGEN)]

2.2 Colombia

Se está realizando la caracterización morfológica y bioquímica de *Arachis*, utilizando isoenzimas y proteínas de la semilla. Esta se realiza con la asistencia de estudiantes de pregrado de la Universidad del Valle, Cali y de Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

Validación de descriptores morfológicos en *Arachis pintoi*. La caracterización morfológica de *A. pintoi* se basa en los 32 descriptores propuestos para el género *Arachis* (IBPGR 1990), utilizando aquellos que probaron más discriminación.

Para determinar la estabilidad de estas características a través del tiempo y en cuatro ambientes diferentes, se compararon 10 características cuantitativas (Cuadro 2) y 10 cualitativas (Cuadro 3) de seis introducciones de *A. pintoi*.

Cuadro 2. Características cuantitativas de *Arachis pintoi* en cuatro condiciones ambientales diferentes.

Descriptor morfológico	1 ¹	Sitio ²	Sitio ³	Sitio ⁴
Longitud del peciolo (cm)	3.0B*	3.8A	2.4C	3.7A
Longitud del foliolo apical (cm)	2.6B	3.4A	2.5B	3.4A
Diámetro del foliolo apical (cm)	1.8B	2.1A	1.6C	2.1A
Longitud del hipanto (cm)	7.5B	9.1A	7.6B	--
Diámetro estándar (cm)	1.5B	1.7A	1.5B	--
Longitud de clavija (cm)	13.4B	15.2A	11.8B	--
Longitud del segmento basal (mm)	10.9B	11.8A	10.5B	--
Longitud del istmo (cm)	2.4A	2.4A	1.3B	--
Longitud de semilla (mm)	9.1B	10.0A	--	--

¹ Condiciones de invernadero. Palmira, 1990.

² Condiciones de campo. Palmira, 1993.

³ Palmira, 1995.

⁴ Chinchiná, 1995.

* Características seguidas por la misma letra son estadísticamente iguales.

Cuadro 3. Características cualitativas de *Arachis pintoi* bajo cuatro condiciones ambientales diferentes.

Descriptor morfológico	CI ¹ Pal-90	Campo ² Pal-93	Campo ³ Pal-95	Campo ⁴ Chi-95
Pigmentación del tallo	ausente	ausente	presente	---
Pecíolo basal	ausente	ausente	ausente	ausente
Color del folíolo	ausente verde	ausente verde-amarillento	pocos verde	pocos ---
Forma del folíolo apical	obovado	obovado	obovado	obovado
Pubescencia del folíolo	glabro/peludo *	glabro/peludo*	glabro/peludo *	glabro/peludo *
Base del folíolo	ausente	ausente	ausente	ausente
Margen pubescente del folíolo	peludo	peludo	peludo	peludo
Color del estandarte	amarillo	amarillo	amarillo	---
Color de la semilla	naranja-grisáceo	naranja- grisáceo	---	---

¹ Condiciones del invernadero, Palmira, 1990; Condiciones del campo: ² Palmira, 1993; ³Palmira, 1995;

⁴ Chinchiná, 1995. * Siempre glabro arriba y pubescente abajo.

Entre los sitios se observó alguna variación, tanto en las características cuantitativas como en las cualitativas, relacionadas con el vigor de crecimiento. En general, se encontró una adecuada estabilidad de expresión, aunque existió variación diferencial en la pigmentación del tallo y en la base del pecíolo.

Debido a la interacción de la expresión morfológica con las condiciones ambientales, la caracterización bioquímica es una herramienta complementaria valiosa en estudios de caracterización.

Arachis pintoi y *A. repens*. Se caracterizaron 52 accesiones de *A. pintoi* y dos de *A. repens* mediante la aplicación de electroforesis de geles de poliacrilamida (PAGE en inglés) a las isoenzimas α -esterasa y β -esterasa (EST), diaforasa (DIA), fosfatasa ácido- $\alpha\beta$ (ACP), glutamato oxaloacetato trans-aminasa (GOT) y peroxidasa (PRX).

Los resultados indicaron una alta variación intraseccional e intraspecífica, y no se detectaron duplicados genéticos.

El rango de variación morfológica aumentó a medida que se caracterizaron nuevas accesiones, con un rango amplio y continuo entre *A. repens* y *A. pintoi*. Estas dos especies de *Arachis* de la sección Caulorrhizae no se pudieron diferenciar ni por polimorfismo isoenzimático ni por rasgos morfológicos. Tampoco contenía patrones específicos que pudieran estar relacionados con el origen geográfico del germoplasma.

Arachis glabrata. La colección de 14 accesiones de *A. glabrata* mantenida en el CIAT se caracterizó utilizando 46 descriptores vegetativos y reproductivos. Los descriptores del fruto y de la semilla se excluyeron debido a la ausencia de fructificación. Se hizo un análisis de conglomerados de sus principales componentes para agrupar tipos de plantas morfológicamente similares. Mediante la utilización de aquellos nueve caracteres que más contribuyeron a los dos primeros componentes se distinguieron siete grupos morfológicos en el análisis de conglomerados (índice de la semejanza 0.91), lo que indica una variación genotípica amplia dentro de este germoplasma. [B. L. Maass, A. Ortiz, A. M. Torres, M. F. Bermúdez, J. M. Alarcón]

2.3 Taxonomía de *Arachis*

Actualmente está disponible un nuevo tratamiento sistemático del género *Arachis*: Krapovickas, A. y Gregory, W. C. 1994. Taxonomía del género *Arachis* (Leguminosae). Bonplandia 8:1-186.

3. Evaluación para Adaptación Ambiental

La mayoría del germoplasma de *Arachis* es originario de Brasil, donde se le ha asignado la sigla BRA (de EMBRAPA) y el respectivo número de accesión. A los materiales introducidos al CIAT se les asigna un número de accesión CIAT. Ver Anexo donde se incluyen la correspondencia entre las accesiones BRA y CIAT.

3.1 Planaltina, Brazil¹

Sección *Caulorrhizae*

Vivero. La reciente colección de 32 accesiones de *Arachis* fue establecida para evaluación y multiplicación preliminar. Después de 8 meses de establecimiento, se encontró una amplia variedad en el índice de adaptación agronómica (malo a excelente), la cobertura del suelo (50% a 100%) y retención de hoja (bajo y alto). Las accesiones sobresalientes son *A. pintoi* BRA 031291, 031895, 032239, 032328, 032352, 032361, 032395, 032433 y 033430. [E. A. Pizarro y A. K. B. Ramos]

Ensayo en parcelas pequeñas. En 1992, se estableció un ensayo con 46 accesiones asociadas con *Paspalum atratum* BRA-009610 en dos tipos de suelo en el CPAC, Planaltina, Brasilia; uno, representativo de áreas bajas y el otro, de áreas bien drenadas del Cerrado.

Los promedios de rendimiento de materia seca (MS) a los 45 días en época seca (118 mm) y a los 180 de rebrote en época de lluvias (1054 mm) durante el primer año fueron similares en ambas áreas (1.7 t/ha vs. 1.5 t/ha a los 45 rebrote de días y 4 t/ha vs. 3.6 t/ha a los 180 días, respectivamente).

En el segundo año ocurrió una reducción notoria en el rendimiento de MS en ambos sitios. El promedio de producción de MS en el área bien drenada a los 45 días de rebrote (313 mm) fue marcadamente inferior que en el área baja (0.05 t/ha vs. 1.5 t/ha) y a los 180 días de rebrote (1132 mm) fue 54% más baja (2.6 t/ha vs. 5 t/ha, respectivamente). La proporción de leguminosa disminuyó de 47% a 15%. Las asociaciones más productivas y estables en ambos sitios se obtuvieron con: *A. pintoi* CIAT 17434, 18748, 22159, 22160 y BRA-031828, -031844 y -031852.

La retención de hojas verdes fue menor en la parte superior del paisaje durante la estación seca. La retención de hojas verdes en septiembre, al final de la estación seca ocurrió sólo en *A. pintoi* CIAT 17434, 18748 y BRA-031852 en la sabana bien drenada, mientras en la más baja sobresalieron *A. pintoi* CIAT 18750, 22160, 22159 y BRA-030082;-030449;-031861;-031828.

El rendimiento de semilla, 15 meses después del establecimiento, de las 46 accesiones que crecieron en asociación con *P. atratum* BRA-009610 en el área inundada en forma estacional varió entre 0 y 4 t/ha para las accesiones de *A. pintoi* y entre 0 y 400 kg/ha para *A. repens*. Las accesiones de *A. pintoi* que produjeron 2 t/ha o más de semilla fueron: *A. pintoi* CIAT 22148, 22255, 22258 y 22160; 3 t/ha o más *A. pintoi* CIAT 22155 y 4 t/ha o más: *A. pintoi* CIAT 22150. [M. A. Carvalho y E. A. Pizarro]

Accesiones promisorias. Se seleccionaron siete accesiones de *A. pintoi*, que habían mostrado buen comportamiento agronómico en evaluaciones anteriores en EMBRAPA-CPAC, o se habían mostrado vigorosas al momento de la recolección. Estas accesiones fueron seleccionadas para evaluación con *Paspalum maritimum* BRA-028075, una accesión con alta retención de hojas durante la estación seca. El ensayo se sembró en enero de 1993 en un suelo hidromorfo húmedo, representativo de zonas bajas y húmedas del Cerrado, localizado en el Colegio Agrícola de Brasilia.

Entre enero de 1993 y febrero de 1995 (1524 mm precipitación), la producción total de MS anual fue similar, siendo en promedio de 5 t/ha; no obstante, el rendimiento de la leguminosa mostró una amplia variación —desde 0.2 t/ha de MS para *A. pintoi* CIAT 22172 hasta 3.2 t/ha de MS para *A. pintoi* BRA-031828. La invasión de malezas fue escasa, y entre febrero y julio de 1995 (447 mm de precipitación) en dos cosechas se produjeron 4 t/ha de MS con *A. pintoi* CIAT 22172 y 7 t/ha de MS con *A. pintoi* BRA-031828.

La reserva de semilla en el suelo 18 meses después del establecimiento fue baja en todas las accesiones evaluadas (8 a 650 kg/ha), si se compara con su rendimiento cuando se cultivan en la misma área, pero en asociación con *P. atratum* BRA-009610. *Arachis pintoi* BRA-031828 parece ser una accesión promisorias. El área del ensayo se sometió a pastoreo a partir de octubre de 1995. [E. A. Pizarro, A. K.B.Ramos y M.A.Carvalho]

Sección *Arachis*

Los tipos de planta más frondosos, de la sección *Arachis*, aún aquellos con un ciclo de vida corto, pueden ser promisorios en sistemas agrícolas mixtos.

¹ Ver anexo para accesiones BRA y números de accesión del CIAT correspondientes.

En un área bien drenada del Cerrado brasileño se evaluaron 35 accesiones de *A. hypogaea* seleccionadas por I. Godoy del Instituto Agronómico de Campinas, São Paulo. En la evaluación se incluyó como testigo *A. pintoi* CIAT 22160.

Noventa días después de la siembra, se encontraron diferencias significativas ($P < 0.01$) en el rendimiento de MS. El rango de producción varió desde 0.75 t/ha para *A. pintoi* hasta 5 t/ha para *A. hypogaea* V 5554. La cantidad de MS acumulada a los 180 días después de la siembra era más bajo ($P < 0.001$) que a los 90 días, debido, especialmente, al resquebrajamiento de las hojas.

El promedio de producción de MS del rebrote (entre 90 y 180 días, y 486 mm de precipitación) en las accesiones de *A. hypogaea* fue 50% más bajo que en *A. pintoi* CIAT 22160. El índice de cobertura del suelo fue 3.7 para las primeras accesiones y de 1.7 para la segunda.

El rendimiento de semilla pura a los 180 días después de la siembra fue diferente ($P < 0.05$) entre accesiones, siendo el rango entre 1.3 y 2.2 t/ha para las accesiones *hypogaea*, y de 400 kg/ha para *A. pintoi*. [E. A. Pizarro, M. A. Carvalho y A. K. B. Ramos]

3.2 Colombia

Evaluación agronómica. En 1994, se sembraron en seis sitios 27 accesiones disponibles de *A. pintoi* y cinco de *A. repens*, para evaluar la interacción de genotipo x ambiente. Como rango de ambiente en el trópico húmedo se escogió la estación experimental ICA-Macagual y en la hacienda La Rueda, Caquetá; en las sabanas se localizó en el CI. Carimagua, en un suelo franco-arenoso (Alegria) y en un franco-arcilloso (Alcancia); en la zona de laderas secas estacionales de Chinchiná en un suelo fértil franco-arcilloso y en un franco-limoso en Popayán. La leguminosa se estableció en una asociación con gramínea común (*B. humidicola* CIAT 6133). Después de un corte inicial de estandarización, el manejo ha consistido en pastoreos fuertes cada 30 días. En Popayán, donde no hay disponibilidad de animales, las parcelas se cortan con la misma frecuencia que se pastorean las demás.

Debido a la escasez inicial de material, para la siembra se utilizaron estolones enraizados de *Arachis*, plantados cada 50 cm en dos surcos continuos entre tres surcos de 1 m de la gramínea. El tamaño de las parcelas fue de 3 m x 2 m, con una densidad de la leguminosa del 40%.

Mediciones. Durante los 4 meses del establecimiento, se hicieron dos observaciones sobre la tasa de crecimiento de los estolones (cm/día); la cobertura del suelo (%); la capacidad de enraizamiento de los estolones; además, se observó la presencia de enfermedades, plagas y las deficiencias nutricionales más evidentes. El comienzo de la floración se determinó cada 2 semanas, cuando el 50% de las plantas presentaban anthesis total y florecimiento (números/m²). El rendimiento total de MS se midió mediante el corte de 1 m² en cada parcela a una altura de 10 cm sobre el suelo.

Floración. Todas las accesiones iniciaron la floración en la época del corte de estandarización, excepto *A. repens* CIAT 22165 en todos los sitios, y *A. repens* CIAT 22164 en Alegria, Alcancia y Macagual. Se encontró una alta variación en la intensidad de floración, siendo *A. pintoi* CIAT 22152 la accesión más prolífica, y *A. repens* y las accesiones *A. glabrata* las de menos floración.

Establecimiento. La celeridad del establecimiento se puede evaluar con base en la cobertura del suelo y por la tasa de expansión lateral de los estolones, aunque ambas variables son muy diferentes. Algunas accesiones estoloníferas, en particular *A. repens*, invade rápidamente el suelo, pero no proporciona mucha cobertura y sus estolones no enraizan. Ambas características—cobertura y expansión— están relacionadas con el vigor inicial de la planta y con rendimiento de MS, aunque el último depende de la capacidad de la planta para expandirse verticalmente cuando la competencia de la gramínea es más intensa.

En los seis sitios seleccionados el establecimiento fue diferente: En Chinchiná, la cobertura del suelo fue rápida, alcanzando un valor máximo en forma temprana, alrededor de los 120 días después de la siembra. Ciento sesenta días después de la siembra el crecimiento vigoroso de la gramínea dominó la asociación. La mayoría de las accesiones de leguminosa no cubrieron más del 50% de la parcela; sin embargo, *A. pintoi* CIAT 18747 y 22160 cubrieron más del 80%.

En Popayán, sucedió lo contrario debido al crecimiento lento de las gramíneas y, aunque *Arachis* también creció lentamente, su crecimiento fue lo suficientemente rápido para invadir totalmente la parcela antes de que se iniciara la competencia de la gramínea. La máxima cobertura del suelo sólo se alcanzó después de 200 días con la mayoría de las accesiones.

En el Caquetá, en la hacienda La Rueda, el vigor y la cobertura fueron similares a las alcanzadas en Popayán, mientras que en Macagual, el vigor y el crecimiento fueron muy variable entre accesiones.

En Carimagua, en ambos sitios —Alcancía y Alegría— los resultados fueron similares a los obtenidos en Chinchiná, aunque menos pronunciados. En estos sitios, el desarrollo de *Arachis* también fue limitado en gran medida por la presión de enfermedades, en particular la antracnosis.

En resumen, la tasa diaria de expansión de estolones de *Arachis*, 4 meses después de plantados, fue mayor en Alcancía, seguida de Chinchiná, Alegría y La Rueda, y más lenta en Popayán y Macagual (Cuadro 4).

La producción total de MS y de la leguminosa reflejan la tasa de expansión y cobertura del suelo debido a la diferencia en condiciones ambientales en los sitios (Cuadro 5).

Existe una alta variación dentro de accesiones de *A. pintoii* y entre ambientes. *Arachis pintoii* CIAT 18751, 18747, 22160 y 22155 tienen características de establecimiento superior en términos de vigor y crecimiento rápido, mientras que *A. pintoii* CIAT 22152, 22154, 22156 y 22158 tienen características inferiores. [B. L. Maass y E. A. Cárdenas]

Calidad de forraje del nuevo germoplasma de *Arachis*. En el Caquetá, bosque húmedo, se evaluó la calidad de diferentes especies y accesiones de *Arachis*; dentro de ellas, tres de *A. glabrata*, seis de *A. repens* y 21 de *A. pintoii*.

Cuadro 4. Celeridad de establecimiento de accesiones de *Arachis pintoii* en seis sitios en Colombia. Medida como extensión lateral (cm/día), 4 meses después de la siembra.

Sitio:	Alcancía	Alegría	La Rueda	Macagual	Chinchiná	Popayán
Tasa de expansión lateral (cm/día):						
Media	0.42 **	0.29 **	0.26 **	0.20 **	0.32 **	0.17 **
Rango	0.10-0.61	0.04-0.49	0.06-0.44	0.04-0.36	0.10-0.53	0.05-0.31
Accesiones seleccionadas:						
Rango	0.43-0.61	0.27-0.41	0.15-0.42	0.12-0.30	0.24-0.53	0.14-0.29
Rangos:						
CIAT 17434 ^a	7	3	12	9	23	15
CIAT 18744 ^b	6	16	4	7	10	12
CIAT 18748 ^b	11	19	6	12	7	6
CIAT 22159 ^c	9	7	19	27	13	3
CIAT 22160 ^c	14	4	5	4	2	7
CIAT 22154 ^d	18	11	23	25	15	20
CIAT 18747 ^e	2	9	3	15	1	4
CIAT 18751 ^e	1	8	9	10	3	2

a = Testigo; b = Accesiones seleccionadas debido a su buena compatibilidad con gramíneas;

c = Accesiones seleccionadas debido a su tolerancia a la sequía; d = Calidad superior;

e = Tasa de crecimiento superior durante el establecimiento.

** = Diferencias entre accesiones (por sitio) altamente significativa (P > 0.0001), prueba de F.

Cuadro 5. Producción total de MS de la pastura y de la leguminosa durante el establecimiento de todas las accesiones de *Arachis pinto* y de las 14 más productivas en cuatro sitios en Colombia.

Sitio:	La Rueda	Macagual	Chinchiná	Popayán	Media
Total MS gramíneas + leguminosa (g/m²):					
Promedio de 14 accesiones	682.0 *	776.0 *	656.5ns	278.9ns	598.4 **
Rango de 14 accesiones	540-961	499-1096	499-739	198-342	
Producción de MS de la leguminosa (g/m²):					
Promedio de total	20.9	16.7	33.3	29.5	25.1
Promedio de 14 accesiones	45.3 **	32.7ns	69.3 ***	60.1 *	51.8 ***
Accesiones seleccionadas:					
CIAT 17434a	26.1 de	44.6	5.4 d	16.8 cd	23.2 e
CIAT 18744b	57.1 abcd	24.3	65.6 c	51.7 bcd	49.7 bcd
CIAT 18746	30.7 de	52.1	51.8 cd	53.9 bcd	47.1 bcde
CIAT 18747e	76.1 abc	20.7	188.4 a	75.0 abc	90.1 un
CIAT 18748b	82.8 a	33.0	54.1 cd	67.5 abcd	59.4 bc
CIAT 18751e	54.7 abcd	58.5	131.5 b	119.4 un	91.0 a
CIAT 18752	77.2 ab	38.0	7.2 d	87.8 ab	52.6 bcd
CIAT 22148	41.8 bcde	27.9	10.4 d	26.4 bcd	26.6 de
CIAT 22150	13.3 e	37.2	54.2 cd	74.1 abc	44.7 cde
CIAT 22154d	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.	n.i.
CIAT 22155	33.1 de	13.9	159.0 ab	83.2 ab	72.3 ab
CIAT 22157	38.2 cde	42.3	31.5 cd	30.8 bcd	35.7 cde
CIAT 22159c	24.0 de	1.0	45.1 cd	84.9 ab	38.7 cde
CIAT 22160c	56.2 abcd	19.5	150.3 ab	66.3 abcd	73.1 ab
CIAT 22165f	22.7 de	45.0	15.0 cd	4.2 d	21.7 e

Diferencias significativas entre accesiones, Prueba F: *** = $P > 0.0001$; ** = $P > 0.001$; * = $P > 0.05$

a. Testigo; b. Accesiones seleccionadas por su buena compatibilidad con las gramíneas; c. Accesiones seleccionadas por su tolerancia a la sequía; d. Calidad superior, no incluye el rendimiento de las 14 accesiones; e. Tasa de crecimiento superior durante el establecimiento. f. Únicamente la accesión *A. repens*.

Los resultados mostraron poca diferencia en N y DIVMS entre especies de *Arachis*. Las accesiones sobresalientes de *A. pinto* CIAT 18744 y 18748 (con buena compatibilidad con gramíneas agresivas y persistentes bajo pastoreo) y *A. pinto* CIAT 22160 (tolerante a la sequía) presentaron valores de DIVMS ligeramente mayores que el cultivar comercial *A. pinto* CIAT 17434. Se debe notar que la alta DIVMS de *A. pinto* CIAT 22154 se relaciona con una menor concentración de taninos (Cuadro 6).

Arachis glabrata tiene menos taninos extractables y ligados en comparación con las otras especies.

Estos resultados muestran que las accesiones de *A. pinto* más avanzadas por razones agronómicas, tienen una calidad forrajera alta o mayor que el cultivar comercial *A.*

pinto CIAT 17434 cv. Maní Forrajero Perenne. [C. Lascano y N. Narváez]

4. Tolerancia a enfermedades e insectos

Durante 1994 y 1995 no se condujo alguna investigación específica sobre enfermedades o plagas que atacan las especie silvestres de *Arachis*.

En general, las enfermedades no se han considerado una limitación principal para la adaptación y utilización de *Arachis*. Sin embargo, las enfermedades comunes del maní (*A. hypogaea*) se encuentran muy difundidas y se han identificado algunos virus. También se ha observado una alta incidencia ocasional de antracnosis, en particular, en material sembrado vegetativamente.

Cuadro 6. Variación en calidad entre accesiones de *Arachis* establecidas en un sitio de bosque húmedo (CI. Macagual, Caquetá, Colombia).

Especies	Número de accesiones	N (%)	DIVMS (%)	Taninos condensados	
				Extractables (%)	Ligados (%)
<i>A. glabrata</i>					
Promedio	3	2.7	73.6	0.3	0.9
Rango		(2.4-3.1)	(72.2-76.1)	(0.2-0.6)	(0.7-1.0)
<i>A. pintoi</i>					
Promedio	22	2.8	74.7	2.4	2.3
Rango		(2.1-3.3)	(69.6-82.4)	(0.4-3.3)	(0.8-3.0)
CIAT 17434a		2.9	71.5	2.5	2.4
CIAT 18744b		3.2	78.0	1.4	3.0
CIAT 18748b		2.9	75.8	2.5	2.1
CIAT 22159c		3.4	69.6	2.5	2.3
CIAT 22160c		3.0	74.5	1.9	1.8
CIAT 22154d		2.3	82.4	0.4	0.8
<i>A. repens</i>					
Promedio	5	3.4	71.6	1.8	2.4
Rango		(2.6-3.7)	(68.6-76.3)	(0.6-2.6)	(1.4-3.4)

a = Testigo; b = Accesiones seleccionadas por su buena compatibilidad con gramíneas; c = Accesiones seleccionadas por su tolerancia a la sequía; d. Accesiones de calidad superior.

Cyrtomenus bergi, un insecto polífago, subterráneo, puede atacar la semilla a través de la vaina y predisponer las plantas al ataque de patógenos y, a la vez, reducir el rendimiento de semilla. La producción de semillas está limitada en algunas áreas por la presencia de este insecto. Como el insecto es también común en yuca, papa, maíz, maní y caña de azúcar, es necesario tomar las medidas necesarias cuando se seleccionan áreas para producción de semillas de *Arachis*.

Se encontró un efecto del aumento de la cantidad de semilla en el rendimiento de *A. pintoi* CIAT 22160 y en la competencia con las malezas. Durante el establecimiento (140 días, 800 mm y 70 días lluviosos), el rendimiento de MS de *Arachis* aumentó de 0.5 t/ha con 5 SPG/ha hasta 1.5 t/ha con 25 SPG/ha ($P < 0.001$), dando una relación de:

$$MS \text{ (kg/ha)} = 150 + 48 \text{ (SPG/ha)}$$

La mayor tasa de siembra redujo significativamente ($P < 0.001$) el rendimiento de las malezas.

Se considera que 10 semillas/m es la cantidad mínima para el establecimiento de la mayoría de las leguminosas forrajeras, pero esto resulta relativamente costoso para *Arachis* debido al alto peso de la semilla de esta leguminosa; para comparación, el peso de 100 semillas de *A. pintoi*, *C. macrocarpum*, *S. guianensis* es, aproximadamente, de 24, 5 y 0,3 g respectivamente. El balance entre número de semillas y costo es por lo tanto muy crítica para *Arachis*. [E. A. Pizarro, A. K. B.Ramos, M. A.Carvalho]

5. Manejo para un establecimiento rápido y altos rendimientos

5.1 Planaltina, Brasil

Se realizaron varios experimentos para determinar el efecto de diversos factores en la celeridad de establecimiento.

Tasa de siembra. En un suelo hidromorfo de Planaltina, se estableció un ensayo con *A. pintoi* CIAT 22160, colocando 2, 4, 6, 8 y 10 semillas por metro lineal, en surcos de 0.5 m de ancho (equivalente a 5, 10, 15 y 20 ó 25 kg/ha de semillas puras germinables (SPG)).

Efecto de P, K y cal. Se investigó la importancia de nutrición adecuada en el establecimiento de *Arachis*. Para el efecto se estableció un ensayo en un suelo no cultivado bien drenado en Planaltina. Se midió el efecto de la cal (0 y 75% de saturación de bases), el K (0 y 100 kg/ha) y el P (0 y 52 kg/ha) en el establecimiento de *A. pinto* CIAT 22160. El P afectó en forma significativa ($P < 0.001$) el rendimiento y la cobertura del suelo, pero la cal y el K no influyeron en estas propiedades durante el establecimiento de la leguminosa. Sin P, la cobertura del suelo a los 130 días después del establecimiento fue de 20%, y con 52 kg/ha de P fue de 80%, siendo la producción de MS de 300 kg/ha y 1200 kg/ha, respectivamente. [L. Vilela y E. A. Pizarro]

5.2 Colombia

En un experimento de campo en el CI. Carimagua, se demostró nuevamente que el establecimiento de *Arachis* es más rápido con el uso de la fertilización adecuada de fósforo, bien sea en cantidades pequeñas colocadas debajo de la semilla o cantidades más grandes aplicadas al voleo.

Parece ventajoso establecer *Arachis* junto con otras leguminosas de rápido establecimiento, como *Stylosanthes* o *Centrosema*.

La investigación sobre el desarrollo de *Arachis* como un componente de pasturas (ver sección 8-10) ha demostrado claramente la necesidad de efectuar un pastoreo fuerte en forma temprana para reducir la competencia de la gramínea asociada.

5.3 Costa Rica

Establecimiento de *Arachis pinto* en asociación con *Brachiaria humidicola* utilizando diferentes métodos de propagación para la leguminosa. En un suelo ácido de San Isidro, Costa Rica, se estableció *Arachis pinto* CIAT 17434 utilizando: (1) estolones de 25 cm de largo, (2) semilla, y (3) unas plántulas de 1 mes de edad, en surcos alternos con *B. humidicola* cv. Llanero. La distancia de siembra fue de 0.5 m dentro de surcos y 1 m entre la gramínea y el surco de la leguminosa. Los tratamientos se replicaron cuatro veces.

El trasplante de plántulas de *Brachiaria* desde almácigo es un sistema ampliamente utilizado por agricultores pequeños de la región. La razón para esta práctica, según ellos, es económica, ya que se requiere menos semilla y

es más segura para establecer pasturas en áreas de laderas pendientes.

Treinta días después de siembra se encontró que el número de plantas establecidas fue igual en los tratamientos, pero aquellas plantas provenientes de semillas eran más vigorosas que aquellas de estolones o las plántulas trasplantadas. [A. Valerio y R. Quiroz]

Efecto de la quema y la aplicación de herbicidas en la recuperación de *Arachis pinto* establecido con estolones o por semilla presente en el suelo. En el estudio se determina la efectividad de quemar y de aplicar herbicidas en la supervivencia de *A. pinto* ya establecido.

El ensayo se realizó en un Inceptisol en Guápiles (trópico húmedo) donde había una poblaciones de 1 año de edad de *A. pinto* CIAT 17434, 18744 y 18748, con las siguientes cantidades estimadas de semilla en el suelo: 2080, 550 y 600 kg/ha, correspondientes a 1977, 374 y 462 semillas/m² respectivamente.

Se aplicaron los tratamientos siguientes:

1. Quema.
2. Quema + Picloram + 2,4-D amina (1.5% v/v), 30 días después de la quema.
3. Picloram + 2,4-D amina (1.5% v/v) + Atrazina (2.5 kg/ha de i.a.), una aplicación.
4. Igual al tratamiento anterior, pero el Picloram + 2,4-D amina, se repitió a intervalos mensuales.
5. Metsulfuron-metil (0.23 kg/ha de i.a.) + Atrazina (2.5 kg/ha de i.a.) en una aplicación, y Metsulfuron-metil (0.23 kg/ha de i.a.) a intervalos mensuales.

La precipitación durante 18 meses del periodo experimental fue de 7011 mm.

Todas las accesiones se recuperaron después de la quema o de una sola aplicación de herbicidas, tanto cuando se establecieron por estolones o mediante semilla en el suelo.

La recuperación de las plantas se monitoreó en detalle en los tratamientos (4) y (5) en los cuales se hicieron aplicaciones repetidas de los herbicidas (Cuadro 7). Se observó que después de 2 a 3 meses de aplicaciones repetidas de Picloram + 2,4-A amina (1.5% v/v) y después de 5 a 6 meses con aplicación repetida de Metsulfuron-metil (0.23 kg/ha de i.a.), aún sobrevivían yemas a partir de los estolones.

Cuadro 7. Observaciones mensuales de rebrote de estolones y emergencia de semillas después de las aplicaciones repetidas de herbicidas en varias accesiones de *Arachis pinto* en Guápiles, Costa Rica.

<i>A. pinto</i>		Meses después del tratamiento																		
Accesión	Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOTAL
No. CIAT																				
Rebrote/m ²																				
17434	1	17	13	1	0	0	0													31
	2	14	33	3	1	1	0													52
18744	1	7	11	0	0	0	0													18
	2	0	19	21	2	4	0													46
18748	1	45	21	3	0	0	0													69
	2	0	15	53	61	40	6													175
Plántulas/m ²																				
17434	1	0	15	8	11	4	9	9	7	11	21	18	9	2	1	0	1	1	0	127
	2	0	36	6	11	2	11	9	4	5	16	11	11	24	1	0	0	0	1	148
18744	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	2	2	0	0	1	1	1	10
	2	0	0	0	2	1	1	0	0	1	1	1	2	4	0	0	0	0	0	13
18748	1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	2	1	0	0	1	1	1	11
	2	0	0	0	0	1	0	2	1	1	3	2	3	6	1	0	1	0	0	21

Tratamientos: 1. Picloram + 2,4-D Amina + Atrazina una aplicación, más picloram + 2.4 D amina a intervalos mensuales.
2. Metsulfuron-metil + Atrazina una aplicación, más Metsulfuron-metil a intervalos mensuales.

La emergencia de plántulas a partir de la reserva de semillas fue mayor en *A. pinto* CIAT 17434, que tiene el mayor banco de semilla en el suelo. Las observaciones se continuaron durante 18 meses, aunque después de 13 meses se presentó una disminución severa en emergencia de plántulas. *Arachis pinto* CIAT 18748 presentó una mayor recuperación a partir de los estolones que las otras dos accesiones.

Estas observaciones muestran la alta tolerancia de *A. pinto* a la aplicación de herbicidas y la capacidad de esta especie para recuperarse mediante los estolones o las reservas de semilla en el suelo. [P. J. Argel, A. Valerio, R. Martínez]

6. Condiciones óptimas para producción y almacenamiento de semillas

6.1 Condiciones de almacenamiento

En un estudio para determinar la viabilidad de cuatro lotes de semilla producida en diferentes regiones de Colombia, conservados bajo tres condiciones ambientales de almacenamiento: 25 a 30 °C y 60% a 75% HR, 10 a 15 °C y 50% a 55% HR (Testigo A) y HR < 10% y 20 °C (Testigo B).

Se encontró, en pruebas de germinación 2, 4, 8, 10 y 14 meses después de la cosecha que, la dormancia causa

plántulas anormales y este efecto no desapareció completamente sino entre 6 y 8 meses después de la cosecha.

La semilla almacenada en las condiciones ambientales del CIAT en Palmira, empezó a perder viabilidad 10 meses después de la cosecha, pero en las dos condiciones controladas no presentó disminución en la germinación, después de 14 meses de almacenamiento, cuando el estudio finalizó.

El secado natural redujo el contenido de humedad de la semilla a 6.5%.

Se encontraron diferencias en la calidad fisiológica entre lotes de semilla producida en diferentes sistemas, los cuales no fueron distinguidos por la prueba de tetrazolium.

Este estudio sugiere que la dormancia de semilla en *Arachis* debe estudiarse en más detalle. [C. I. Cardozo, Universidad Nacional, Palmira]

Hay pocos estudios sobre el efecto de las condiciones ambientales en el mantenimiento de la calidad de la semilla de *A. pintoii*. Sin embargo, existen algunas observaciones que merecen citarse. En Cochabamba, Bolivia, la empresa SEFO-SAM ha almacenado semilla de esta leguminosa durante 5 años con una pérdida de 10% en viabilidad. Por el contrario, semilla de buena calidad almacenada durante 2 meses en el ambiente húmedo del Caquetá, Colombia, perdió completamente su viabilidad después de 2 meses.

Las observaciones de campo sobre el manejo de semilla son también relevantes. Cuando la semilla se seca

inmediatamente después de la cosecha se presentan pocos problemas con la germinación posteriormente. Sin embargo, el almacenamiento temporal en bolsas antes del secado favorece el ataque de hongos en las pruebas de germinación. Por lo tanto, es necesario investigar el efecto de la infestación fungosa en la viabilidad de la semilla.

6.2 Defoliación

En un estudio sobre el efecto de la defoliación —3, 6 y 9 meses después de la siembra— de *A. pintoii* CIAT 22160, se encontró que las frecuencias de 3 y 6 semanas afectaron el rendimiento de semilla pura (130 kg/ha), mientras que sin defoliación se produjeron 860 kg/ha de semilla pura. [E. A. Pizarro y M. A. Carvalho]

6.3 Efecto de las condiciones de almacenamiento y el origen en la calidad de la semilla de dos ecotipos de *Arachis pintoii*.

Dos lotes de semilla de *A. pintoii*, CIAT 18744 y 17434 que se cosecharon en enero de 1995 en Guápiles (trópico húmedo) y Atenas (trópico subhúmedo), Costa Rica, se conservan en este último sitio. Cada 2 meses se realizan pruebas de germinación de semilla con o sin vainas y almacenadas en ambientes controlado (18 °C y 55% HR) y sin control (27 °C y 80% a 95% HR). El conteo de plántulas normales y defectuosas se hace cada 7, 14 y 21 días. Igualmente, se cuentan las semillas buenas y descompuestas. Los resultados preliminares, como porcentajes de germinación, indican una alta interacción entre sitios de cosecha y las variables clase de semilla, condiciones de almacenamiento, edad de la semilla y accesiones (Cuadro 8).

Cuadro 8. Porcentajes de germinación de dos introducciones de *A. pintoii*, cosechados en Guápiles y Atenas (Costa Rica) y almacenados en condiciones controladas y no controladas.

Variables		Atenas	Guápiles	Diferencia entre sitios
		(%)		
Tipo de semilla	Con vaina	47 a ¹	23 b	* ²
	Sin vaina	45 a	24 b	*
Condiciones de almacenamiento	Incontrolado	56 c	36 e	*
	Controlado	35 d	11 f	*
Edad de semilla	2 meses	46 g	20 h	*
	4 meses	45 g	27 h	*
Accesión CIAT	17434	51 i	28 k	*
	18744	41 j	19 l	*
Promedio de germinación		46	24	**

¹ Para cada sitio, promedios de las variables seguidos por la misma letra no son diferentes ($P < 0.001$). ² $P < 0.05$.

La semilla cosechada en Guápiles ha presentado porcentajes de germinación sistemáticamente inferiores en el tiempo, lo cual indica una fuerte dormancia de ésta.

Dentro de cada sitio se ha presentado mayor germinación de la semilla almacenada en condiciones no controladas que en aquella mantenida en cuarto frío, siendo más notorio en *A. pintoi* CIAT 17434 que en *A. pintoi* CIAT 18744. No se han encontrado diferencias en germinación de la semilla con o sin vaina, o en semilla almacenada por 2 ó 4 meses. [P. J. Argel, A. Valerio y G. Pérez]

7. Diversidad genética y conservación de especies silvestres de *Arachis*

Durante 1994 y 1995 no se han efectuado trabajos en esta área. Se propone emprender un estudio de diversidad genética, distribución e implicaciones geográficas para la conservación, una vez que se tengan los recursos financieros adicionales para un proyecto sobre preservación de especies silvestres de *Arachis*.

8. Comportamiento reproductivo y compatibilidad de especies

No se desarrollaron actividades durante 1994-1995.

ANEXO.

Listado de accesiones de *Arachis* originarias de Brasil y conservadas en el CIAT, organizado por número de accesión BRA.

<i>A. pintoi</i>	BRA-012122 = CIAT 18744	<i>A. pintoi</i>	BRA-031348 = CIAT 22295
<i>A. pintoi</i>	BRA-013251 = CIAT 17434	<i>A. pintoi</i>	BRA-031356 = CIAT 22289
<i>A. pintoi</i>	BRA-014931 = CIAT 18745	<i>A. pintoi</i>	BRA-031364 = CIAT 22237
<i>A. pintoi</i>	BRA-014940 = CIAT 18746	<i>A. pintoi</i>	BRA-031381 = CIAT 22240
<i>A. pintoi</i>	BRA-015083 = CIAT 18747	<i>A. pintoi</i>	BRA-031399 = CIAT 22234
<i>A. pintoi</i>	BRA-015121 = CIAT 18748	<i>A. pintoi</i>	BRA-031445 = CIAT 22266
<i>A. pintoi</i>	BRA-015253 = CIAT 18749	<i>A. pintoi</i>	BRA-031453 = CIAT 22267
<i>A. pintoi</i>	BRA-015598 = CIAT 18750	<i>A. pintoi</i>	BRA-031461 = CIAT 22268
<i>A. pintoi</i>	BRA-016357 = CIAT 18751	<i>A. pintoi</i>	BRA-031496 = CIAT 22236
<i>A. pintoi</i>	BRA-016683 = CIAT 18752	<i>A. pintoi</i>	BRA-031500 = CIAT 22241
<i>A. pintoi</i>	BRA-020401 = CIAT 20826	<i>A. pintoi</i>	BRA-031526 = CIAT 22290
<i>A. pintoi</i>	BRA-030252 = CIAT 22148	<i>A. pintoi</i>	BRA-031534 = CIAT 22238
<i>A. pintoi</i>	BRA-030261 = CIAT 22149	<i>A. pintoi</i>	BRA-031542 = CIAT 22269
<i>A. pintoi</i>	BRA-030325 = CIAT 22150	<i>A. pintoi</i>	BRA-031551 = CIAT 22270
<i>A. pintoi</i>	BRA-030333 = CIAT 22292	<i>A. pintoi</i>	BRA-031798 = CIAT 22271
<i>A. pintoi</i>	BRA-030368 = CIAT 22172	<i>A. repens</i>	BRA-029190 = CIAT 22161
<i>A. pintoi</i>	BRA-030384 = CIAT 22151	<i>A. repens</i>	BRA-029220 = CIAT 22162
<i>A. pintoi</i>	BRA-030392 = CIAT 22173	<i>A. repens</i>	BRA-029211 = CIAT 22293
<i>A. pintoi</i>	BRA-030465 = CIAT 22174	<i>A. repens</i>	BRA-030082 = CIAT 22163
<i>A. pintoi</i>	BRA-030481 = CIAT 22152	<i>A. repens</i>	BRA-030449 = CIAT 22164
<i>A. pintoi</i>	BRA-030490 = CIAT 22175		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030511 = CIAT 22153		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030520 = CIAT 22154		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030546 = CIAT 22256		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030601 = CIAT 22155		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030619 = CIAT 22156		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030872 = CIAT 22257		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030899 = CIAT 22231		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030929 = CIAT 22258		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030945 = CIAT 22176		
<i>A. pintoi</i>	BRA-030988 = CIAT 22157		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031003 = CIAT 22158		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031135 = CIAT 22159		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031143 = CIAT 22160		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031194 = CIAT 22259		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031208 = CIAT 22232		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031216 = CIAT 22260		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031224 = CIAT 22233		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031267 = CIAT 22261		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031275 = CIAT 22239		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031283 = CIAT 22262		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031291 = CIAT 22294		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031305 = CIAT 22235		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031313 = CIAT 22263		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031321 = CIAT 22264		
<i>A. pintoi</i>	BRA-031330 = CIAT 22265		

Proyecto: Acervos genéticos mejorados de especies forrajeras de *Arachis*

Actividades propuestas para 1996

1. Adquisición de germoplasma de *Arachis*

Recolección de germoplasma de *Arachis* en Paraguay.

Continuar con la introducción y supervisión fitosanitaria del germoplasma nuevo que llega al CIAT.

La Unidad de Virología hará un índice de todas las accesiones del germoplasma de *Arachis* por serología, microscopía electrónica y electroforesis de geles de ácidos nucleicos.

Los diferentes virus encontrados en *Arachis* están siendo caracterizados para desarrollar técnicas confiables de diagnóstico y para facilitar el intercambio internacional de germoplasma.

2. Caracterización de germoplasma de *Arachis*

Se continuará la caracterización morfológica y bioquímica.

Se intercambiarán datos sobre caracterización con CENARGEN e ICRISAT

3. Evaluación para adaptación ambiental

Se continuará la evaluación de interacción de genotipo x ambiente de *A. pintoii*, incluyendo las nuevas accesiones de germoplasma obtenidas mediante recolección

Se evaluarán cinco accesiones nuevas de *A. pintoii* en Atenas, Costa Rica, en asociación con gramíneas bajo manejo de pastoreo.

4. Tolerancia a enfermedades e insectos

Se iniciará un programa para evaluar resistencia a enfermedades entre todas las accesiones de *Arachis*, después de determinar el método apropiado de inoculación. Se hará énfasis en las enfermedades antracnosis por *Colletotrichum* y mancha foliar por *Cercospora*.

Se adelantarán contactos se con patólogos del ICRISAT.

5. Manejo para un establecimiento rápido y altos rendimientos

Se establecerán experimentos para evaluación de *Arachis* en pasturas asociadas a nivel de finca..

6. Investigación de condiciones óptimas para producción y almacenamiento de semillas

Se continuarán los experimento de seguimiento de la calidad de semilla.

Se conducirán experimentos para vigilar el efecto de los patógenos sobre la calidad de la semilla a través del tiempo.

Se establecerá un experimento para explicar la diferencia en producción de semilla entre campos plantados con material vegetativo o con semilla

7. Diversidad genética y conservación de especies silvestres de *Arachis*

Se hará la localización exacta de accesiones y especímenes del herbario para introducir una base de datos al GIS (Geographic Information System en inglés).

8. Comportamiento reproductivo y compatibilidad de especies

Se diseñarán experimentos de fácil realización con la asistencia de estudiantes de pregrado de las universidades locales.

Proyecto: Desarrollo de Cultivares Persistentes de *Stylosanthes*

Coordinadora del Proyecto: Segenet Kelemu

Justificación

Las especies de *Stylosanthes* son leguminosas forrajeras tropicales y subtropicales con distribución natural en América Central y del Sur. Estas leguminosas están entre las más importantes en Australia, América Central y del Sur, África, Asia y partes del sur de EE. UU. Se utilizan como forrajeras, abono verde, producción de harinas integrales y mejoradoras de barbechos.

La antracnosis es la principal limitación para el uso de *Stylosanthes* como leguminosa forrajera tropical, ya que afecta su persistencia en pastoreo. El alto rendimiento de semilla y el vigor de las plántulas son componentes importantes que podrían contribuir a la persistencia de un cultivar de *Stylosanthes* en los sistemas de pastoreo.

La antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc., es la enfermedad de *Stylosanthes* más importante y diseminada. En Colombia, se ha encontrado que la enfermedad ocasiona la pérdida completa de las plantas. El patógeno es una especie heterogénea que consiste en diversas poblaciones con especificidad de hospedante y amplio rango de variación, tanto en morfología como en patogenicidad.

El centro de origen del género *Stylosanthes* y, por lo tanto, el posible centro de diversidad genética del patógeno, está en América del Sur. Sin embargo, muy poco se conoce acerca de la composición fisiológica de las razas del patógeno en esta región, principalmente debido a la falta de los cultivares y accesiones diferenciales apropiados. En la interacción *S. guianensis*/*C. gloeosporioides* los estudios de variabilidad patogénica son difíciles de realizar por la heterogeneidad de los hospedantes y su domesticación relativamente reciente. El conocimiento de la composición de las razas de *C. gloeosporioides* y su distribución geográfica ayudarán en el desarrollo de programas de mejoramiento efectivos para resistencia a antracnosis y de estrategias para administrar los genes de resistencia.

Objetivos

- Aumentar y caracterizar la diversidad genética en

especies de *Stylosanthes*.

- Seleccionar y desarrollar híbridos naturales y mejorados de germoplasma de *Stylosanthes* con alto rendimiento de semilla, buen vigor de plántula y resistencia a antracnosis.
- Determinar la variabilidad en el patrón de virulencia de aislamientos de *C. gloeosporioides* en Sur América y, de esta forma, diseñar o seleccionar un conjunto de genotipos de *S. guianensis*, que diferencien las razas fisiológicas del patógeno; (iv) para determinar la diversidad genética de *C. gloeosporioides* que infecta *Stylosanthes* spp.

Principales Actividades

1. Caracterización de especies de *Stylosanthes*.
2. Evaluación de genotipos naturales de *Stylosanthes*.
3. Nuevo acervos genético de *Stylosanthes*.
4. Estudios sobre rendimiento de semilla y persistencia de plantas.
5. Caracterización de *C. gloeosporioides*:
 - 5.1. Identificación de los genotipos diferenciales de *Stylosanthes*.
 - 5.2. Identificación de razas fisiológica de aislamientos de *C. gloeosporioides*.
 - 5.3. Caracterización de aislamientos de *C. gloeosporioides* con base en marcadores moleculares.
 - 5.4. Análisis bioquímico de aislamientos de *C. gloeosporioides*.
6. Estudios epidemiológicos.
7. Sistemas de transformación de plantas y resistencia.
8. Identificación de nuevas enfermedades.

Aspectos Sobresalientes (1994-1995)

- Se identificó una amplia diversidad de germoplasma de *Stylosanthes* con grupos geográficos diferentes.
- Se identificaron genotipos de *Stylosanthes* con alto rendimiento de semilla.
- Se identificaron genotipos de *Stylosanthes* vigorosos y promisorios para resistencia a antracnosis.

- Se identificaron 17 genotipos diferenciales de *S. guianensis*, con base en los patrones de virulencia de 45 aislamientos de *C. gloeosporioides*.
- Se determinaron 52 patotipos en aislamientos de *C. gloeosporioides* en América del Sur.
- Se encontró que los aislamientos de *C. gloeosporioides* de América del Sur son más complejos y diversos que los de Australia, según la prueba de patogenicidad y análisis de RAPD.
- Se demostró que el juego de cuatro diferenciales australianos de *S. guianensis* no son suficientes para la diferenciación de aislamientos sudamericanos del patógeno.
- Se encontraron patotipos "únicos" entre los aislamientos sudamericanos que pueden ocasionar infección cruzada de *Stylosanthes* spp.
- Se demostró que aislamientos provenientes de *Arachis pintoii* pueden causar síntomas de antracnósis en *Stylosanthes* spp.
- Se demostró que aislamientos que causan síntomas de antracnósis en *Stylosanthes* spp. producen enzimas que degradan la pared celular, lo que parece estar relacionado con virulencia.

1. Caracterización Bioquímica y Morfológica de Especies de *Stylosanthes*

Se están haciendo caracterizaciones morfológicas y bioquímicas de la extensa colección de *S. capitata* y *S. guianensis* (aproximadamente 300 y 1400 accesiones, respectivamente) existente en el Banco de Germoplasma la Unidad de Recursos Genéticos y estudiantes de pregrado de Universidad del Valle, Cali, y Universidad Nacional de Colombia en Palmira.

***Stylosanthes capitata*.** El CIAT reunió un extenso banco de germoplasma 'ex-situ' de *S. capitata*, parte del cual había sido evaluado antes en forma agronómica. Con base en los datos electroforéticos de cuatro isoenzimas (en orden descendente de polimorfismo, α -EST, β -EST, ACP, DIA) y proteínas de semilla nativa, se reveló que existe un alto grado de polimorfismo intraespecífico. Las enzimas más polimórficas fueron α - y β -esterasas (EST) y α - β fosfatasa ácida (ACP), sin embargo, las proteínas de la semilla fueron aún más polimórficas. Los patrones

de banda de ACP y de proteínas de semilla mostraron alguna relación geográfica.

Los sistemas de marcadores investigados fueron útiles para dactiloscopia de las accesiones *S. capitata* en el Banco de Germoplasma mantenido en el CIAT. La diversidad en esta colección es notable y solamente existe la sospecha sobre la duplicidad de dos accesiones originarias de sitios adyacentes en el estado brasileño de Minas Gerais. En relación con el número de patrones únicos, así como el número total de estos, las regiones de variación más alta se encontraron en el norte y nordeste de Brasil, mientras el sudeste parece ser la región de menor diversidad para el germoplasma de *S. capitata*, independientemente del número de accesiones analizado.

Una diversidad relativamente grande se detectó en el grupo pequeño de germoplasma proveniente de Venezuela y no se evidenciaron duplicados en él. En el futuro, se debe enfatizar la recolección en este país, de acuerdo con las observaciones recientes de Fernandes et al. (1993) y de Grof et al. (1993), quienes consideran que el germoplasma de *S. capitata* originario de Venezuela es poco afectado por antracnósis, de acuerdo con las evaluaciones realizadas en Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

La caracterización morfológica de *S. capitata* mostró una gran variabilidad entre accesiones, con alguna relación al origen del germoplasma. Por ejemplo, accesiones que se originaron en Brasil o Venezuela fueron morfológicamente diferentes. No obstante, los datos generados aún se deben analizar. [B. L. Maass, S. I. Marulanda, A. Ortiz, I. C. Vásquez]

***Stylosanthes guianensis*.** Hasta el presente, se han caracterizado 561 accesiones de la colección de *S. guianensis* L. mantenida en el CIAT, para el efecto se han utilizando marcadores bioquímicos. Estos marcadores involucraron proteínas de semilla nativa y las isoenzimas α -EST, β -EST, $\alpha\beta$ -ACP y DIA. Todas las pruebas se realizaron mediante electroforesis en geles de poliacrilamida (PAGE, en inglés) y los marcadores isoenzimáticos se seleccionaron con base en su polimorfismo y calidad de los patrones banda.

Estas 561 accesiones cubren el rango geográfico de distribución de *S. guianensis* y representan más de un tercio de las 1400 accesiones mantenidas en el Banco de Germoplasma en el CIAT.

El polimorfismo mostrado por estos marcadores

bioquímicos es mayor para la isoenzima α -EST, seguido por β -EST y, en menor grado, por ACP y DIA. Las proteínas de semilla presentaron polimorfismo intermedio, no tan alto como las esterases ni tan bajo como el ACP y DIA. De estos cinco marcadores, sólo el polimorfismo en la isoenzima ACP en las proteínas de semilla nativa se relacionaron con la distribución geográfica.

En el germoplasma originario de Brasil, Argentina y Perú se encontraron dos bandas diferenciadas de proteínas de semilla nativa (designadas 13 y 15), pero éstas no se presentaron en el germoplasma originado en México, América Central, Colombia, Venezuela, Bolivia y en algunas accesiones de Guyana. Por otra parte, la banda 14 no se presentó en el germoplasma de Brasil, Argentina y Perú, pero sí en el germoplasma de México, América Central, Colombia, Venezuela, Bolivia y en algunas accesiones de Guyana. Estos son dos grupos diferenciados.

Los datos muestran definitivamente una asociación de patrones de banda con el origen geográfico del germoplasma. No obstante, es necesario hacer algunos análisis adicionales para interpretar el significado en relación con la naturaleza de la diversidad y si hay significancia por evaluación de antracnósis, la principal enfermedad de *Stylosanthes*. [C.H. Ocampo, A. Ortiz, B.L. Maass]

2. Evaluación de Accesiones Naturales de *Stylosanthes*

La identificación continuada de nuevas fuentes de resistencia en accesiones de *Stylosanthes* es una parte integral de un programa de mejoramiento. Se realizó la selección rutinaria para adaptación general, con énfasis en la resistencia a antracnósis, para aquellas accesiones del banco de germoplasma de *S. guianensis*, que no se evaluaron anteriormente en el CI. Carimagua.

Se establecieron dos conjuntos: en 1993 se sembraron 100 accesiones, y en 1994 se sembraron 135 accesiones, en un suelo franco-arenosos del sitio Yopare, Carimagua, Colombia. Se evaluó la resistencia a antracnósis de las accesiones en condiciones naturales de infección. Inicialmente, la incidencia de la enfermedad fue leve en Yopare. Además, las accesiones sembradas en 1994 sufrieron una alta infestación por un barrenador del tallo (probablemente una especie de *Caloptilia*). Después de 18 meses de evaluación un alto número de accesiones *S. guianensis* var. *pauciflora* presentaban altas tasas de supervivencia (Figura 1).

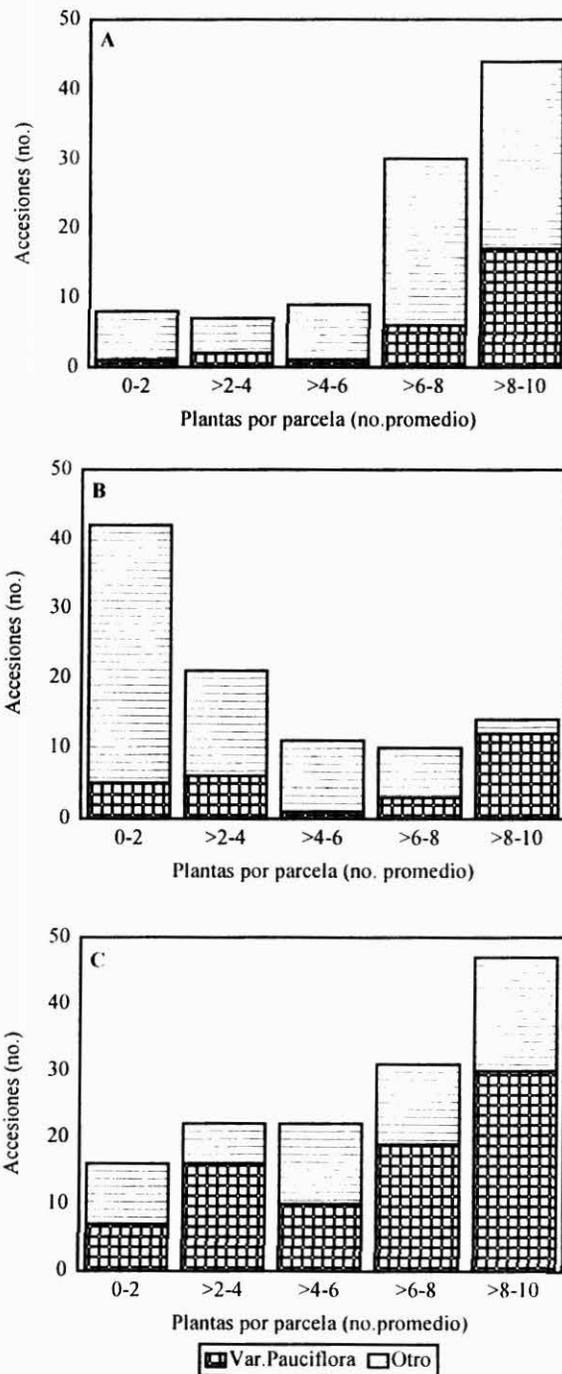


Figura 1. Mortalidad de *Stylosanthes guianensis* causada principalmente por antracnósis; (A) y (C) = 15 meses, (B) = 19 meses después del establecimiento de los conjuntos (A y B en 1994) y (C en 1993). CI. Carimagua.

Se seleccionaron nueve accesiones: *S. guianensis* CIAT 11415, 11645, 11671, 10929, 11413, 11646, 11682, 2996 y 10287, que fueron tan vigorosas como las líneas mejoradas *S. guianensis* CIAT 11844 y 11833. Todas las accesiones seleccionadas pertenecen a la var. *pauciflora*. Estas accesiones y otras líneas mejoradas, se evaluarán bajo presión alta de antracnósis en parcelas grandes en Carimagua. [B. L. Maass, E. A. Cárdenas, C. Plazas]

3. Nuevo Acervo Genético de *Stylosanthes*

3.1 Selección

Durante 1995, la mayoría de las poblaciones avanzadas progresó una generación adicional.

3.2 Evaluación de líneas mejoradas

Durante 1995, se estableció en el CI. Carimagua un experimento en parcelas pequeñas para evaluar los resultados del trabajo de mejoramiento con *Stylosanthes*. El ensayo incluye las 10 accesiones parentales originales del programa de hibridación iniciado en 1981, así como los productos de esta actividad en la forma de dos líneas pedigree-derivadas (actualmente CIAT 11833 y 11844), y seis poblaciones avanzadas. Se espera evaluar los atributos forrajeros y de producción de semillas en estos materiales, así como la reacción a las enfermedades. La evidencia de los cambios genéticos, debidos a 12 generaciones de selección masal, puede evaluarse utilizando marcadores bioquímicos y/o moleculares apropiados. [J. W. Miles y S. Kelemu]

3.3 Evaluación a nivel de finca de líneas mejoradas

Los materiales del programa de mejoramiento de *Stylosanthes* están actualmente sometidos a pruebas intensas y muestran un buen comportamiento, por ejemplo, en los trabajos de sistemas de cultivo que se llevan a cabo a nivel de fincas en Puerto López, Llanos Orientales de Colombia, (J. I. Sanz, comunicación personal; ver pág. 8.1-8.28).

3.4 Poblaciones avanzadas de *S. guianensis*

La floración temprana y la resistencia a antracnósis de líneas *S. guianensis* fueron derivadas de poblaciones avanzadas provenientes del CIAT en las Filipinas y Brasil. Para crear poblaciones heterogéneas se mezclaron

físicamente semillas de selecciones con fenología y características morfológicas similares. Seis de estas poblaciones se designaron como GC 1575, 1576, 1577, 1578C, 1579 y 1580; estas poblaciones se están reuniendo con otros 10 híbridos resistentes a antracnósis y altamente productivos (*S. guianensis* CIAT 11833, 11844, y poblaciones avanzadas no. 1 a 6) y dos controles estándar (*S. guianensis* CIAT 184 y 2312) para ensayos regionales extensos. [B. Grof, J. W. Miles y C. Fernandes]

3.5 Población avanzada de *S. capitata* y *S. macrocephala*

A partir de una mezcla de accesiones *S. capitata* y *S. macrocephala* resistentes a antracnósis se desarrolló una población (denominada GC-1580 multilínea 5). La selección natural y el cruzamiento abierto entre estos genotipos desempeñaron un papel principal en el desarrollo de esta multilínea. Ambas especies se adaptan a suelos de baja fertilidad. Esta población se incluirá próximamente en ensayos regionales. [B. Grof y C. Fernandes, EMBRAPA/CNPQC]

4. Estudios Sobre Rendimiento de Semilla y Persistencia de Plantas Forrajeras

Las plantas de *Stylosanthes*, en ausencia de enfermedades e insectos y con nutrición adecuada, pueden tener una vida finita. La vida media varía de 1 a 3 años y su duración depende de la especie y del manejo. Por lo tanto, además de la resistencia a enfermedades e insectos, la persistencia a largo plazo de esta leguminosa en asociaciones con gramíneas, dependerá de la capacidad para producir semilla suficiente bajo condiciones de pastoreo, seguido por el establecimiento exitoso de las plántulas de esta semilla en competencia con las gramíneas asociadas.

4.1 Rendimiento de semilla de líneas avanzadas

El incremento en la producción de semilla ha sido un objetivo principal en el mejoramiento de *S. guianensis*, además de la resistencia a antracnósis. Esto es más importante en *S. guianensis* var. *pauciflora* de floración tardía, que en *S. guianensis* var. *vulgaris* de floración temprana, ya que el primero produce menos semilla que el segundo. Sin embargo, los tipos de *S. guianensis* var. *pauciflora* tienen, en general, mayor resistencia a antracnósis que los tipos *vulgaris*. La presión de selección por mayores rendimientos de semilla ha dado lugar a

rendimientos relativamente grandes de semilla bajo condiciones de cero defoliación (Cuadro 1).

Aún está por comprobarse si el rendimiento de semilla bajo pastoreo es lo suficientemente alto para producir la reserva necesaria en el suelo para restablecer la población de plantas original. [J. W. Miles]

Cuadro 1. Rendimiento de semilla de los genotipos de *Stylosanthes guianensis*, cultivados en surcos.

Entrada	Tipo	Rendimiento (E.S.) (g/3 m)
FM-103 (el CIAT 136)	<i>vulgaris</i>	0.2 (0.1)
FM-104 (el CIAT 184)	<i>vulgaris</i>	0.3 (0.1)
FM0186/06 (cv. Minerão?) ?		1.0 (0.2)
FM9205/04	<i>pauciflora</i>	9.4 (0.8)
MF-23 (el CIAT 10136)	<i>pauciflora</i>	9.5
FM9205/05	<i>pauciflora</i>	13.6 (1.4)
FM9205/06	<i>pauciflora</i>	18.6 (2.3)
Línea 41 (CIAT 11833)	<i>pauciflora</i>	19.4 (2.1)
FM-20 (el CIAT 2031)	<i>pauciflora</i>	22.9 (3.2)
Línea 44 (CIAT 11844)	<i>pauciflora</i>	23.6 (3.2)
FM9205/03	<i>vulgaris</i>	35.0 (6.0)
FM9205/02	<i>vulgaris</i>	38.0 (4.2)

En un Latosol rojo oscuro de Campo Grande, Brasil, se estableció un experimento para determinar el potencial *S. guianensis*. En el campo se establecieron 20 híbridos seleccionados por floración temprana y dos genotipos testigo, cv. Mineirao (liberado en 1993), GC 348 (una accesión recolectada localmente), los cuales previamente se habían cultivado en macetas. El rango de rendimiento de semilla limpia fue de 9.95 kg/ha a 199.69 kg/ha. *Stylosanthes guianensis* GC 1518, 1517 y 1561 produjeron la mayor cantidad de semilla. El cultivar *S. guianensis* cv. Mineirao y GC 348 produjeron 10.42 kg/ha y 19.00 kg/ha de semilla en vaina, respectivamente. [B. Grof y C. Fernandes (EMBRAPA/CNPGC)]

4.2 Supervivencia de plántulas en asociaciones con gramíneas.

La supervivencia de plántulas de leguminosas que crecen en asociación con gramíneas es afectada por la competencia de éstas por nutrientes y humedad y, en mayor grado, por luz. Las gramíneas estoloníferas, *B. dictyoneura* y *B. decumbens* se consideran más competitivas que las gramíneas erectas *A. gayanus* y *P. maximum*.

La supervivencia se determinó mediante la distribución de semillas de la leguminosa en pasturas establecidas de gramíneas y la observación de la supervivencia de las plántulas establecidas a través del tiempo. Para evaluar la efectividad del procedimiento, se compararon dos líneas avanzadas de *S. guianensis* var. *pauciflora*, *S. guianensis* CIAT 11833 y 11844 con *S. capitata* cv. Capica en tres pasturas de gramíneas que fueron pastoreadas continuamente. Las gramíneas estaban en diferentes sitios, ambas especies de *Brachiaria* crecían en un suelo franco-arenoso y el *Andropogon* en un suelo franco-arcilloso. Los tratamientos se hicieron con y sin aplicación de P y K.

La germinación fue muy variable entre sitios, aunque la proporción de plantas sobrevivientes no fue afectada en el mismo grado que lo fue la germinación. La supervivencia de *S. guianensis* CIAT 11844 fue mayor que la de *S. guianensis* CIAT 11833, lo que sugiere una diferencia entre líneas en capacidad competitiva (Cuadro 2). No se encontró una diferencia consistente entre gramíneas en su efecto sobre la supervivencia de las leguminosas.

Esta investigación se continuará 3 años más con un rango mayor de líneas de *S. guianensis*. Hay actualmente una buena razón para evaluar la producción de semillas bajo pastoreo y para determinar si la disponibilidad de ésta, en lugar de la supervivencia de plántulas, ejerce el mayor efecto en la persistencia a largo plazo. [P. C. Kerridge y J. C. Granobles]

Cuadro 2. Plántulas de líneas de *Stylosanthes* sobrevivientes¹, asociadas con diferentes gramíneas fertilizadas.

Especies	Ag.	Dic.	Mar.	Jun.	Ag.
	(plantas/m ²)				
<i>B. dictyoneura</i> +					
CIAT 11833	143	45	19	13	6
CIAT 11844	148	93	105	97	68
cv. Capica	74	24	18	14	16
<i>B. decumbens</i> +					
CIAT 11833	7	3	1.3	0.7	0.9
CIAT 11844	19	9	6	6	5
cv. Capica	4	3	3	3	3
<i>A. gayanus</i> +					
CIAT 11833	65	27	6	6	5
CIAT 11844	67	25	24	20	17
cv. Capica	46	31	24	32	31

1. Se distribuyeron 200 semillas/m² en julio de 1994.

5. Caracterización de *Colletotrichum gloeosporioides*

5.1 Identificación de genotipos diferenciales de *Stylosanthes*

Se dispone de muy poca información sobre la composición de razas y diversidad patógena de la población de *C. gloeosporioides* existente en América del Sur. Esto se debe, principalmente, a la falta de accesiones y cultivares diferenciales apropiados de *Stylosanthes*. Las reacciones de 24 accesiones y líneas endogámicas de morfología diversa a aislamientos del patógeno recolectados en diferentes regiones, se utilizaron para selecciones posteriores de genotipos del hospedante que mostraron capacidad diferencial. Los patrones de virulencia se utilizaron para seleccionar 17 genotipos diferenciales de *S. guianensis*. Aún no se conoce la identidad de los genes que confieren la resistencia a antracnosis en cada genotipo hospedante.

5.1.1 Desarrollo de las líneas endogámicas de *S. guianensis*. Las líneas endogámicas de *S. guianensis* se desarrollaron por descendencia a partir de semilla individual a través de varias generaciones, en número diferente según el genotipo. O sea, los genotipos de floración temprana tenían más generaciones que aquellos de floración tardía, pero ninguno de ellos tuvo menos de cinco generaciones endogámicas, es decir, todos fueron esencialmente 100% homocigóticos. Cada línea descendiente se originó de semilla individual de una sola planta arbitrariamente seleccionada de las accesiones mantenidas en el CIAT. Mientras la herencia de cada planta puede identificarse, la identidad genética para cada línea endogámica no es necesariamente representativa de la accesión de germoplasma original [J. W. Miles].

5.1.2 Aislamientos de *C. gloeosporioides*. Se seleccionaron 45 aislamientos monoconidiales de *C. gloeosporioides* a partir de infecciones naturales en diversas accesiones y líneas avanzadas de *S. guianensis*. Treinta aislamientos eran del Caquetá (Amazonía colombiana), 11 de Carimagua (sabanas); 1 de Quilichao (Cauca, Colombia); 1 de Paragominas (Brasil); y 2 de Pucallpa (Amazonía peruana). Estos aislamientos se agruparon en 32 patotipos utilizando los 17 genotipos diferenciales del hospedante. Algunos de los aislamientos más viejos de la colección, en particular *C. gloeosporioides* CIAT 13393, 11372, 14101, 10643, 12622 y 13366, fueron menos virulentos y posiblemente la perdieron durante el cultivo y almacenamiento. La

baja virulencia, sin embargo, también puede representar un cambio hacia mayor virulencia en el período de 10 años.

Los aislamientos *C. gloeosporioides* CIAT 16093, 16094, 16135, 16162, 16176, 16133, 16140, 16134 y 13373 infectaron el cultivar Fitzroy de *S. scabra*, supuestamente resistente y no-hospedante. Estos aislamientos pueden representar un biotipo único. Exceptuando el aislamiento CIAT 13373, este grupo se recolectó en el Caquetá, en la Amazonía Colombiana. La significancia de la potencialidad de un biotipo nuevo se debe aún investigar [S. Kelemu, J. L. Badel, X. P. Bonilla].

En un experimento separado, cultivos del hongo aislados de plantas de *Arachis pintoi* con síntomas de antracnosis, fueron altamente virulentos en *Stylosanthes* en pruebas de invernadero [S. Kelemu y M. S. Sánchez].

5.2 Identificación de razas fisiológica de aislamientos de *C. gloeosporioides*

Se utilizaron dos juegos diferenciales del hospedante para caracterizar la variabilidad patógena en 106 aislamientos de diversas regiones de América del Sur y Australia. Utilizando los 17 genotipos de *S. guianensis*, incluyendo los cuatro diferenciales australianos, 72 aislamientos del Tipo B —específicos para *S. guianensis*— se agruparon en 52 patotipos. Sin embargo, utilizando sólo los cuatro diferenciales australianos, estos aislamientos se agruparon en 10 patotipos.

Los dendogramas de similitud de estos aislamientos, con base en virulencia y avirulencia en los 17 genotipos del hospedante, reveló seis grupos al utilizar 80% de similitud (Figura 2). Los aislamientos caen, en general, en dos grupos principales por origen geográfico: las sabanas y la cuenca Amazónica de Colombia, con los aislamientos de otros orígenes dispersos dentro de estos grupos.

Ocho de los 34 aislamientos Tipo A —no específicos para *S. guianensis*— *C. gloeosporioides* CIAT 12048, 11203, 10484, 10657, 14285, 13782, 16082 y 10738 fueron patógenos a *S. guianensis* cv. Endeavour. Estos aislamientos, originarios de América del Sur, pueden representar un cuarto grupo de patotipos que difieren de los Tipos A y B. El cultivar Fitzroy (*S. scabra*), supuestamente 'susceptible universal' a los aislamientos australianos de Tipo A, mostró resistencia a los aislamientos *C. gloeosporioides* CIAT 10471, 10484, 11203, 14285, 16084 y 16085. Ninguno de los diferenciales fue resistente a todos los aislamientos probados. Por otra parte, siete de los aislamientos: *C. gloeosporioides* CIAT 10351, 10480, 12048, 12414,

0.48 0.64 0.80 0.96 1.12

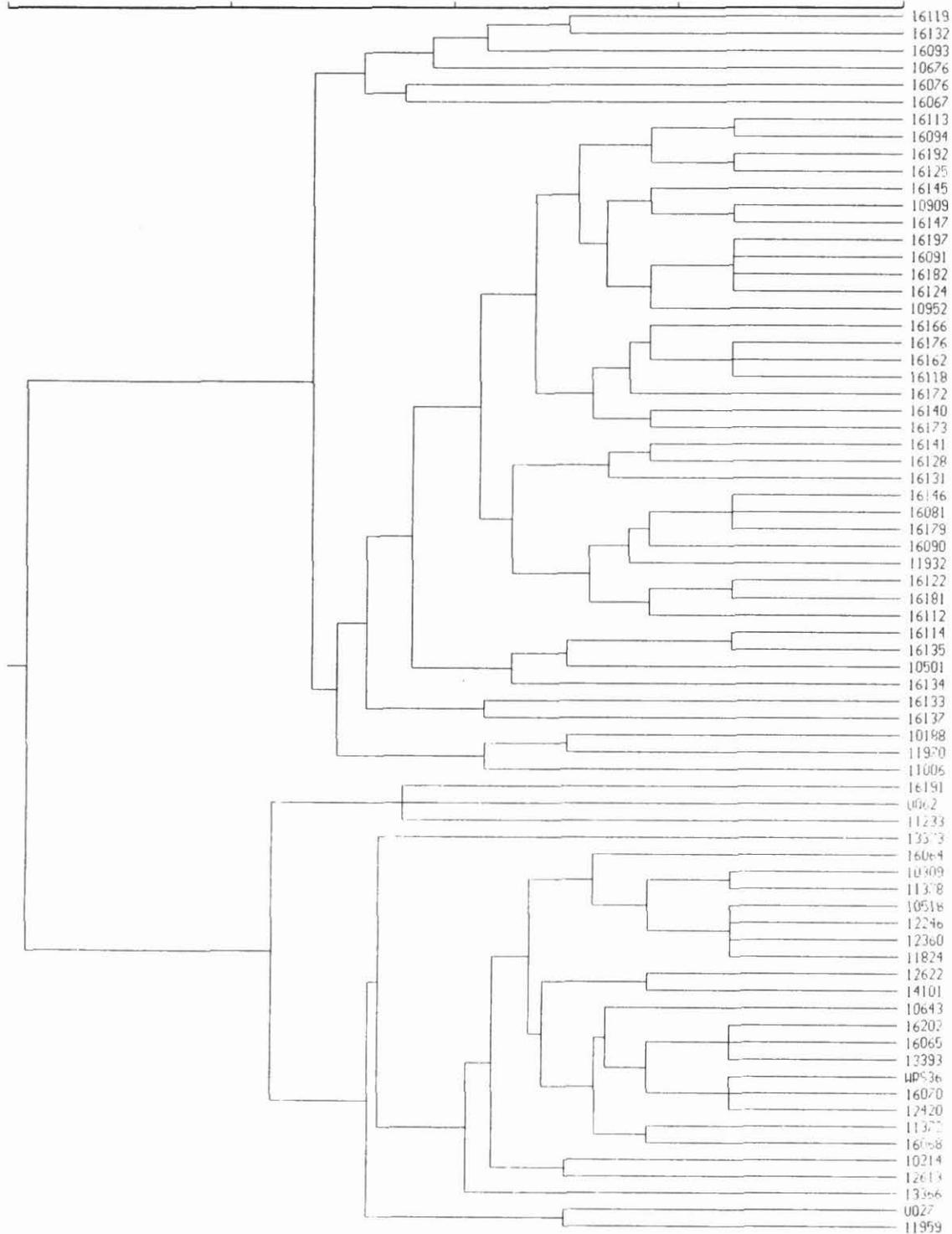


Figura 2. Dendrograma de similitud de 77 aislamientos monoconidiales de *Colletotrichum gloeosporioides* especificos para *Stylosanthes guianensis* (aislamientos Tipo B), con base en virulencia y avirulencia en 17 genotipos del hospedante, utilizando el programa UPGMA de NTSYS-PC.

16086, 16088 y 16089 fueron patógenos en todos los diferenciales. Es importante notar que todos estos aislamientos, excepto CIAT 12048, son originarios de Brasil, uno de los centros de diversidad genética de las especies de *Stylosanthes*. Se identificaron 19 patrones de virulencia entre los 34 aislamientos similares al Tipo A en siete diferenciales [S. Kelemu, J. W. Miles, J. L. Badel, C. X. Moreno y M. X. Rodriguez].

5.3 Caracterización de aislamientos de *C. gloeosporioides* con base en marcadores moleculares

Se midió la diversidad genética a nivel molecular de 138 aislamientos sudamericanos y australianos en dos poblaciones de *C. gloeosporioides*, mediante amplificación de ADN por la reacción en cadena de polimerasa (PCR) utilizando 11 'primers' de 10 bases (Kelemu et al., 1995). Las amplificaciones revelaron polimorfismo cuantificable entre los aislamientos, y se registraron en total 125 posiciones de banda (Figura 3).

No se encontraron correlaciones significativas entre diversidad genética, medida por polimorfismo de ADN amplificado al azar (RAPD, en inglés) y razas de patógenos definidas por los patrones de patogenicidad en los diferenciales. Sin embargo, los aislamientos no patógenos o débilmente patógenos, aislados de *S. guianensis*, fueron genéticamente más diferentes que los aislamientos virulentos del mismo hospedante y marcadamente agrupados y separados de los aislamientos más virulentos por análisis de RAPD. En general, los aislamientos se agruparon por su origen geográfico. Los aislamientos específicos de *S. guianensis* recolectados en el CI. Carimagua, un sitio en donde *Stylosanthes* se ha mejorado y seleccionado por varios años, presentó un rango mayor de diversidad genética que los de Florencia, un sitio recientemente abierto para ensayos en la cuenca Amazónica de Colombia. En un experimento separado que involucraba aislamientos sudamericanos y australianos, los análisis de datos RAPD sugirieron que los antecedentes genéticos de aislamientos de patógenos sudamericanos son muy divergentes. Sin embargo, algunos aislamientos de *S. guianensis* del Caquetá fueron similares al biotipo B australiano. [S. Kelemu, C. X. Moreno, M. X. Rodríguez, J. L. Badel y Chaozu He (CSIRO)]

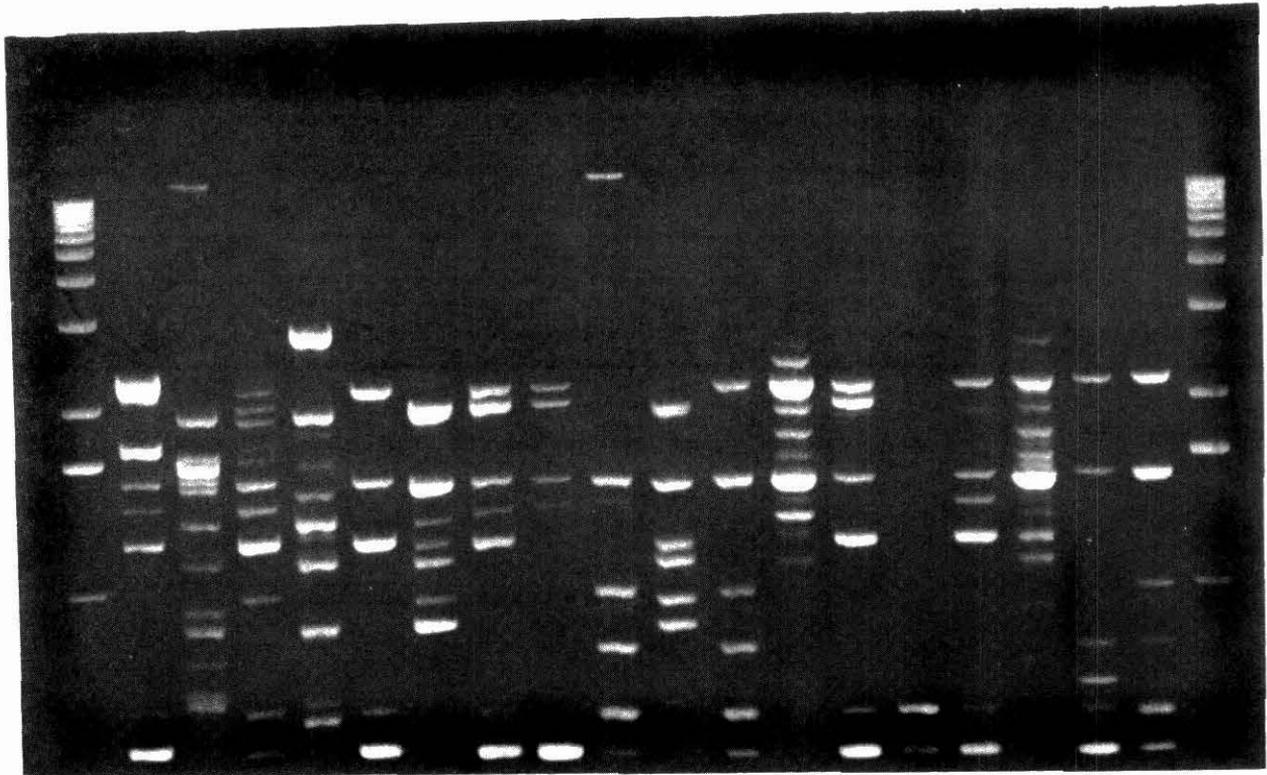


Figura 3. Análisis RAPD de aislamientos representativos de *Colletotrichum gloeosporioides* que infectan especies de *Stylosanthes*.

5.4 Análisis bioquímico de aislamientos *C. gloeosporioides*

Los patógenos de plantas producen muchos tipos de enzimas que degradan la pared de las células, y en varias enfermedades estas enzimas desempeñan un papel principal en el proceso de infección y en el desarrollo de los síntomas. Se ha demostrado que varias especies de *Colletotrichum* producen enzimas que degradan la pared celular de cultivos durante la infección de los tejidos de la planta. Sin embargo, no existe información sobre la producción de éstas por aislamientos de *C. gloeosporioides* que infectan especie de *Stylosanthes*. Se menciona aquí la detección de actividad de pectato liasa en *C. gloeosporioides* en tejidos infectados de *Stylosanthes* (Cuadro 3). La actividad detectada en geles de enfoque isoeléctrico ultrafinos de estas preparaciones revelaron la presencia de isoenzimas con pIs desde ácidos hasta alcalinos (Figura 4). El papel de cada una de estas isoenzimas en la patogenicidad debe ser investigada. [S. Kelemu y M. S. Sanchez]

Cuadro 3. Actividad de pectato liasa en muestras extraídas de tejidos de *Stylosanthes* infectados por aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides*¹.

Aislamiento	Hospedante original	Actividad de pectato liasa
16331	<i>S. capitata</i>	0.71
16086	<i>S. capitata</i>	4.54
10035	<i>S. capitata</i>	2.85
10351	<i>S. capitata</i>	2.19
16088	<i>S. capitata</i>	1.68
16266	<i>S. guianensis</i> Mineirão	2.13
11378	<i>S. guianensis</i>	4.35
11233	<i>S. guianensis</i>	0.17
11372	<i>S. guianensis</i>	0.27
SR24	<i>Stylosanthes</i> spp.	2.02
16338	<i>S. capitata</i>	3.91
16273	<i>S. capitata</i>	2.53
UQ27	<i>Stylosanthes</i> spp.	0.58

¹ La actividad de pectato liasa se expresa en $\mu\text{mol}/\text{min}$ del producto liberado por mg de proteína total en la muestra a 25 °C.

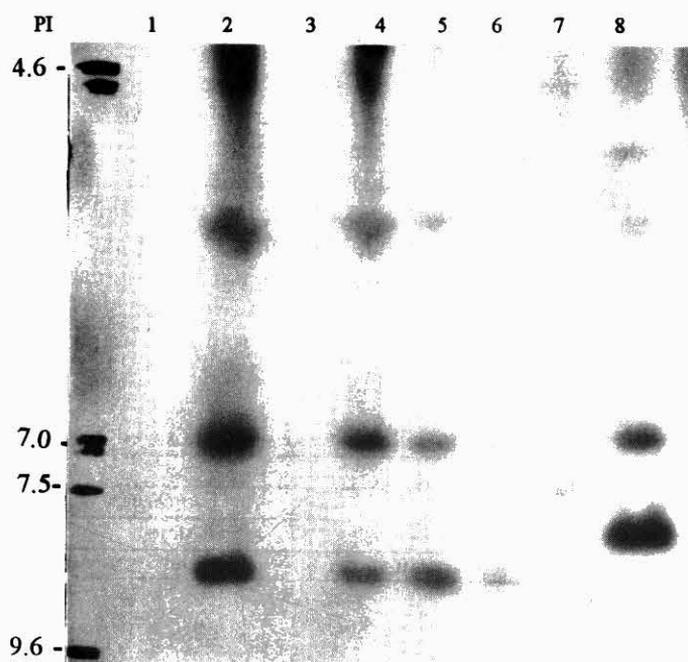


Figura 4. Análisis de la actividad detectada en geles de enfoque isoeléctrico de la izoenzima de pectato liasa producidas en plantas por aislamientos de *Colletotrichum gloeosporioides*.

6. Estudios Epidemiológicos

En Carimagua y el Caquetá, Colombia, se sembraron 32 genotipos seleccionados de *S. guianensis* y *S. scabra*, en sitios próximos a las estaciones meteorológicas con el objeto de registrar los diversos parámetros del clima: temperatura del dosel, humedad del follaje, precipitación, temperatura del aire. Se evaluó la severidad de la antracnosis con el objeto de comprender el progreso de esta enfermedad y su relación con las condiciones del tiempo. En el Cuadro 4 se muestran

los datos promedio de antracnosis en genotipos del hospedante en las dos localidades para un período de tiempo parcial durante 1995. Estudios similares se están realizando en Planaltina y Campo Grande, Brasil. Los aislamientos de *C. gloeosporioides* recolectados de los genotipos del hospedante se caracterizan utilizando diferenciales y nivel molecular. Estos estudios se realizarán durante un período de 2 a 3 años. [S. Kelemu, J. Badel, C. Fernandes (EMBRAPA/CNPQC), M. Charchar (EMBRAPA/CPAC) y S. Chakraborty (CSIRO)]

Cuadro 4. Promedio de los datos de antracnosis en 32 genotipos de *Stylosanthes* sembrados en Carimagua y Caquetá, 1995.

Genotipo hospedante	Localidad													
	Carimagua							Caquetá						
	Meses							Meses						
	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep	Octubre	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Sep
<i>1. S. guianensis</i>														
FM 2E	3.0	0.0		0.0	0.4	0.0	5.4	0.1	0.0	0.0	0.6	0.5	0.4	0.0
FM 4E	3.0			0.0	0.1	3.5	2.8	0.1	0.0	0.0	0.3	0.5	1.2	1.1
FM 42G	1.4	8.5		0.0	1.5	2.5	0.5	0.9	1.1	1.5	2.5	2.5	2.5	3.1
FM 6E	0.0			0.0	0.1	0.1	0.0	0.1	0.1	0.0	1.6	0.4	0.3	0.4
FM 7D	0.0	0.0	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6	0.4	0.1	0.0	1.5	1.1	1.1	1.4
FM 8E	7.5	4.1	0.0	0.0	0.4	0.7	8.0	0.0	0.0	0.0	0.5	0.1	0.1	0.1
FM 9D	0.0			0.1	1.1		8.0	0.0	0.0	0.0	1.5	0.1	0.1	0.0
FM 10E	0.0	0.3	0.0	0.0	0.1	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	1.3	0.0	0.0	0.0
FM 12E	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3	1.3	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
FM 13D	0.0	0.5	0.0	0.0	0.2	0.0	0.1	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
FM 9205 /01	5.7	4.8	7.7	1.2	4.3	5.0	6.1	2.9	3.2	3.3	4.5	3.7	4.1	4.1
FM 9205 /02	4.3	7.4	8.5	2.0	2.0	5.1	3.3	2.4	2.9	2.8	3.9	3.1	3.2	3.7
FM 9205 /03	5.5	8.7	9.0	1.1	1.8	3.3	2.5	2.1	2.1	2.8	3.1	2.5	2.7	3.1
FM 9205 /05	0.0	0.0	0.2	0.4	0.6	1.5	0.1	0.4	0.0	0.0	0.7	0.6	0.7	1.0
FM 9205 /06	0.0	0.0	0.0	0.3	1.5	1.5	0.1	0.1	0.0	0.0	0.5	0.9	0.9	1.1
<i>2. S. scabra</i>														
45-I-1	0.4	0.2	0.9	5.8	6.1	4.8	0.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
11-V-1	1.0	0.7	2.8	0.3	1.1	5.9	0.1	0.9	0.3	0.0	0.1	1.0	0.9	0.8
2-I-4	0.1	0.2	2.0	3.4	4.3	3.9	0.0	0.1	0.1	0.0	0.6	0.1	0.0	0.1
80-V-10	0.8	0.7	3.4	4.3	4.2	7.0	0.1	0.2	0.2	0.0	0.1	0.0	0.1	0.0
86-III-9	0.5			0.1	0.6	3.4	0.0	0.4	0.0	0.0	0.1	0.2	0.6	1.1
38-II-1	0.8	0.3	2.7	4.5	5.1	6.4	1.1	0.3	0.1	0.0	0.1	0.1	0.1	0.1
45-II-6	0.4	0.5	3.6	1.4	2.6	1.7	0.8	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.3
11-IV-1	0.1	0.0	1.6	4.8	7.3	9.0	0.0	0.3	0.1	0.0	0.0	0.2	0.2	0.3
86-I-8	0.3	0.0	0.9	0.8	1.2	0.5	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0	0.1	0.3	0.3
42-III-6	2.6	2.6	4.2	3.6	3.9	4.1	0.1	0.2	0.1	0.0	0.1	0.0	0.0	0.0
110345	0.5	0.0	0.5	2.7	3.6		0.1	0.1	0.1	0.0	0.0	0.1	0.0	0.1
40205	0.0			0.0	1.1	6.3	0.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
55860	0.3	0.0	0.0	0.1	1.2	3.9	0.3	0.1	0.2	0.0	0.5	0.3	0.3	0.1
93116	0.3	0.7	2.5	6.0	7.0	9.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.7	0.1	0.1	0.0
36260	0.3	1.7	2.2	3.1	6.2	5.6	0.1	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.1
Q10042	0.3	0.1	3.1	5.7	8.1		0.4	0.7	0.2	0.0	0.0	0.1	0.3	0.9
40292	0.3	0.1	1.3	3.7	2.9	3.8	0.8	0.1	0.1	0.0	1.2	1.2	1.3	0.9

Con Base en una escala de puntaje en hoja: 0 = ninguna incidencia de enfermedad, 9 = incidencia alta de enfermedad. Valores faltantes representan parcelas completamente secas.

7. Sistemas de Transformación de Plantas y Resistencia a Enfermedades

Se han establecido los protocolos para la transformación y regeneración de plantas por medio agrobacterium, tal como se informó el año anterior. Debido a la facilidad de transformación y regeneración que presenta *Stylosanthes*, esta leguminosa puede utilizarse como un sistema modelo para el estudio de procesos biológicos básicos en plantas transgénicas. En la actualidad se encuentran disponibles versiones de ingeniería genética de la mayoría de los cultivos alimenticios importantes en el mundo como maíz, arroz, soya y algodón. Varias aplicaciones para pruebas en el campo de cultivos genéticamente diseñados han sido aprobadas por los gobiernos de EE. UU. y de otros países. El número de genes deseables clonados está aumentando en forma sostenida a nivel mundial. Se está preparando un proyecto especial de transferencia de algunos de los genes clonados de resistencia a enfermedades disponibles de otras plantas a especies de *Stylosanthes*.

8. Identificación de Nuevas Enfermedades

8.1 Muerte descendente y marchitamiento de *Stylosanthes* spp.

En campos de *Stylosanthes* de Brasil y Colombia, se ha observado una enfermedad que se caracteriza por muerte descendente y marchitamiento. En 1995, en Campo Grande, Brasil, fue evidente un caso severo de la enfermedad en un lote de multiplicación de semillas de *S. guianensis* cv. Mineirao. La enfermedad, a menudo, se observa en Carimagua, Colombia. Se había informado anteriormente que era posible reproducir los síntomas en el invernadero, al inocular plantas con un cultivo puro del hongo. Sin embargo, la identificación correcta del hongo no ha sido posible, ya que hasta el presente no se han obtenido esporas en cultivo.

Una serie de experimentos con medios de cultivo y condiciones de crecimiento diferentes, revelaron que el hongo produjo un número limitado de esporas en agar de jugo V-8 y de agar extracto de levadura, después de 21 días de incubación a 28 °C. La identificación correcta del hongo se encuentra actualmente en progreso. Los

síntomas se pueden reproducir artificialmente, tanto en plantas adultas como en plántulas (Figura 5). [S. Kelemu, J. L. Badel y C. Fernandes (EMBRAPA/CNPQC)]

8.2 Quemazón por añublo

En parcelas de *Stylosanthes* en el Caquetá, Colombia, se observó quemazón por añublo, causado por *Botrytis cinerea*. Las condiciones húmedas en la región favorecieron el desarrollo de la enfermedad, caracterizada por quemazón severa en los ápices y muerte descendente. La enfermedad se detectó en 1979 en San José del Nus, Colombia, atacando *S. guianensis* y *S. hamata*. En condiciones ambientales favorables para el desarrollo de la enfermedad, pueden ocurrir grandes pérdidas de rendimiento de semilla en genotipos susceptibles. [S. Kelemu y J. L. Badel]



A



B

Figura 5. Muerte descendente y síntomas de la enfermedad de marchitamiento en *Stylosanthes guianensis*: (A) en planta adulta, y (b) en plántula. Las plantas a la derecha están sanas.

Proyecto: Desarrollo de Cultivares Persistentes de *Stylosanthes*

Actividades propuestas para 1996

1 Caracterización

- Finalizar el análisis de datos de la caracterización morfológica de *S. capitata*; supervisar la terminación de trabajos de tesis de pregrado.
- Combinar los resultados de caracterización morfológica y bioquímica de *S. capitata* para el análisis global de diversidad en esta especie y preparar el informe técnico respectivo.
- Completar el análisis de los datos de la caracterización bioquímica de *S. guianensis* y preparar el informe técnico respectivo.

2 Evaluación

- Combinar el conjunto de las accesiones de *S. guianensis* más tolerantes a antracnosis, seleccionadas para pruebas agronómicas en Carimagua.
- Reunir un conjunto de accesiones y líneas mejoradas de *S. guianensis* y *S. capitata* para evaluación multilocacional.

3. Nuevo acervo genético de *Stylosanthes*

- Selección futura de poblaciones avanzadas.
- Evaluaciones de líneas mejoradas avanzadas.
- Evaluación a nivel de finca de líneas mejoradas.
- Prueba regional de líneas avanzadas y seleccionadas.

4. Estudios sobre rendimiento de semilla y persistencia de plantas

- Continuar con el experimento de supervivencia.
- Investigar la producción de semillas bajo pastoreo.

5. Caracterización de *C. gloeosporioides*

- Caracterización de más aislamientos a nivel molecular y bioquímico.
- Identificación de razas fisiológica de aislamientos nuevos.
- Análisis completo de datos.

6. Estudios epidemiológicos

- Continuar con los estudios y la recolección de datos.
- Análisis de datos.

7. Transformación de plantas y resistencia

- Adquirir genes clonados de resistencia en plantas clonales.
- Transformar un genotipo de *S. guianensis*.

8. Identificación de enfermedades nuevas

- Continuar con la observación sobre nuevas enfermedades con potencial para ocasionar problemas.
- Identificar algunas fuentes de resistencia a las enfermedades muerte descendente y marchitamiento.

Proyecto: Forrajes con Alto Valor Nutritivo

Coordinador del Proyecto: Carlos E. Lascano

Justificación

Las plantas forrajeras tienen usos múltiples, entre otros, son fuente de alimento para animales, mejoran la fertilidad del suelo y controlan la erosión en sistemas de producción en el trópico. Sin embargo, la adopción de nuevas especies forrajeras por los agricultores podría estar determinada, en alto grado, por los efectos benéficos sobre la producción animal, por ejemplo, en la ganancia de peso vivo y en producción de leche. En consecuencia las especies forrajeras nuevas deben caracterizarse en términos de calidad nutritiva.

Algunas especies de leguminosas herbáceas y leñosas adaptadas a suelos ácidos tienen niveles altos de taninos condensados (TC), pero su efecto sobre la alimentación de animales se ha evaluado en forma limitada. Para desarrollar métodos de selección por presencia de taninos en leguminosas tropicales y diseñar técnicas de alimentación basadas en leguminosa, es necesario comprender mejor cómo éstos y otros polifenoles afectan el consumo, y la digestibilidad y utilización del nitrógeno por los rumiantes. Existe un conocimiento limitado del efecto de los factores ambientales (suelo, clima), en la calidad de los forrajes. Los nuevos ecotipos de forrajeras se deben probar en ensayos de alimentación animal o en experimentos de pastoreo, para determinar su aporte potencial a la producción animal.

Objetivo

Determinar el valor alimenticio de las nuevas especies de gramíneas y leguminosa seleccionadas para suelos ácidos en los trópicos subhúmedo y húmedo.

Principales Actividades

1. Procedimientos de selección por la presencia de taninos y otros compuestos secundarios en leguminosas forrajeras.
2. Influencia del ambiente en el valor nutritivo de especies forrajeras seleccionadas.
3. Valor nutritivo y productividad de nuevos ecotipos de especies forrajeras.

Aspectos Sobresalientes (1994-1995)

- Se encontró que las diferentes especies de *Calliandra* (i.e. *C. calothyrsus*, *C. houstoniana*, *C. magdalenae*) tienen taninos hidrolizables, entre ellos ácido gálico, además de TC.
- Se encontraron diferencias grandes entre leguminosas arbustivas en su distribución de TC dentro del tejido foliar. Mientras que en *Senna velutinum* y *Acacia boliviana* todo los TC presentes fueron extractables, en *Gliricidia sepium* estaban ligados a proteína y fibra.
- Se demostró que en *D. ovalifolium* y *F. macrophylla* hay por lo menos tres tipos de taninos: no-reactivos con proteína y con afinidad baja y alta a proteína.
- Se demostró con ovinos alimentados con leguminosas contrastantes *D. ovalifolium* y *F. macrophylla*, que la concentración de TC extractable ejerció mayor efecto sobre la utilización de N que el nivel de TC ligado o grado de astringencia.
- Se demostró que las mezclas de leguminosas arbustivas, con y sin taninos, utilizadas para alimentar ovinos como suplementos a gramíneas de baja calidad, aumentaron el flujo y la absorción aparente de N en el intestino delgado, pero la retención de N no aumentó.
- Se demostró variación genotípica en digestibilidad entre *Brachiaria* spp. y la estabilidad de este atributo a través de ambientes contrastantes.
- Se demostró variación genotípica en lignocelulosa de las hojas entre especies de *Brachiaria* sp. que crecieron con baja aplicación de nutrimentos en un Oxisol franco-arenoso.
- Se demostró que la variación genotípica en DIVMS de hojas entre 18 genotipos de

Brachiaria fue mayor que la variación inducida por cambios en el suministro de nitrógeno en el suelo a un genotipo individual.

- Se demostró un alto incremento en la producción de leche en pasturas con *S. guianensis* (híbrido) asociado con gramíneas.
- Se demostró que la producción de leche en pasturas fertilizadas con N fue similar en ecotipos de *P. maximum* seleccionados para suelos ácidos y en *B. decumbens* cv. Basilisk y mayor que en *B. dictyoneura* cv. Llanero.

1. Procedimientos de Selección por la Presencia de Taninos y otros Compuestos Secundarios

La investigación durante los últimos 2 años se ha concentrado en: (1) caracterizar por presencia de taninos las leguminosas arbustivas en la colección del CIAT; (2) estudiar la distribución de TC en el tejido foliar de diferentes leguminosas tropicales provenientes de Colombia y Australia; (3) definir las interacciones del método de conservación de forraje de leguminosas y el nivel de glicol de polietileno (PEG, acrónimo en inglés) agregado para reducir los TC en el forraje; (4) estudiar el efecto del nivel y tipo de TC en leguminosas en la utilización de N por ovinos; y (5) estudiar el efecto de dilución de los TC a través de mezclas de leguminosas en la utilización de N por ovinos.

1.1 Selección por taninos

Leguminosas leñosas. Se estudio la presencia de TC e hidrolizables en diferentes géneros y especies de leguminosas leñosas sembradas en CIAT-Palmira y CIAT-Quilichao. Los resultados (Cuadro 1) indican que *Senna spectabilis* CIAT 20823 y *Cassia* sp. CIAT 7975 no tienen taninos lo que se relacionó con la mayor DIVMS comparada con la de otras leguminosas leñosas. En contraste, todas las especies de *Calliandra* analizadas presentaron taninos hidrolizables y condensados. El significado de estos resultados, en términos de nutrición de rumiantes, no son bien conocidos. Los datos limitados sugieren que los taninos basados en ácido gálico, es decir hidrolizables, pueden ser degradados por microorganismos y que interactúan con proteína en una manera similar a los TC —que consisten en flavonoles. Sin embargo, el producto final de la degradación de taninos hidrolizables por microorganismos del rumen pueden ser potencialmente tóxicos para animales [N. Narváez, y C. Lascano].

1.2 Distribución de taninos condensados en hojas de leguminosas tropicales

En la Universidad de Massey, N.Z., se midieron por el método Butanol-HCl los TC extractables y ligados en hojas de leguminosas tropicales provenientes de Quilichao, Colombia, y en Townsville, Australia. A excepción de *S. siamea* CIAT 20698 todas las especies contenían TC. La mayoría de ellas contenían entre 65% y 95% de los TC totales como TC extractable, a

Cuadro 1. Mediciones de calidad en hojas de leguminosas leñosas existentes en la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT.

Leguminosas (CIAT No.)	N (%)	DIVMS	Taninos hidrolizables ^{1/} (%)	Taninos condensados	
				Extractable (%)	Ligado
<i>Calliandra calothyrsus</i> (21252)	3.3	45.6	1.3	2.7	1.9
<i>Calliandra houstoniana</i> (20399)	2.5	28.1	0.4	4.0	1.0
<i>Calliandra magdalenae</i> (20401)	2.9	37.9	1.2	8.6	17.0
<i>Calliandra</i> sp. (21419)	2.6	22.2	0.4	9.4	13.1
<i>Clitoria fairchildiana</i>	2.5	29.5	-	3.1	4.2
<i>S. spectabilis</i> (20823)	3.6	58.3	-	-	-
<i>Cassia</i> sp. (7975)	3.3	53.3	-	-	-
<i>Mimosa colombiana</i> (9287)	3.3	22.4	2.0	13.6	14.5
<i>Mimosa colombiana</i> (21343)	2.1	20.6	0.8	18.4	7.3

^{1/} Acido gálico

excepción de *Flemingia macrophylla* que tenía del total de TC, 60% extractable y 40% ligado; y *Gliricidia sepium* en la cual todo los TC estaban unidos a proteína. En *Acacia boliviana* proveniente de Australia y en *S. velutinum* de Colombia todos los TC eran extractables.

Los resultados de este estudio indican que el uso de métodos analíticos para medir sólo TC extractables puede conducir a conclusiones erradas cuando se evalúa la calidad de leguminosas tropicales, ya que pasan por alto el efecto de los taninos ligados a fibra y proteína. [F. Jackson*, T. Barry* (* Massey Univ., N.Z.), C. Lascano (CIAT) y B. Palmer (CSIRO)]

1.3 Efecto del método de preparación de la muestra y el PEG en la concentración y astringencia de taninos condensados

Para implementar un esquema efectivo de selección de especies forrajeras con bajo contenido de TC es necesario definir mejor cómo diferentes niveles de TC afectan los rumiantes. Un enfoque de investigación útil es reducir los TC con PEG, ya que los TC se unen a él en preferencia a proteína. Además, se sabe que la concentración de TC en leguminosas puede variar con el tratamiento poscosecha o la preparación de la muestra del forraje. Sin embargo, no se ha definido el efecto del PEG en la concentración de TC en leguminosas tropicales sujetas a diferentes métodos de preparación de las muestras. Por lo tanto, se realizó un estudio para determinar los efectos del PEG y el método de preparación de las muestras en concentración y astringencia o capacidad de taninos para unirse a proteína de los TC en dos leguminosas tropicales contrastantes.

Hojas de *Desmodium ovalifolium* se sometieron a tres tratamientos: T1: forraje fresco + PEG, estas muestras fueron congeladas; T2: forraje fresco + PEG, estas muestras se secaron al sol; y T3: forraje secado al sol + PEG. En cada tratamiento se incluyeron cinco concentraciones de PEG (MW 8000): 0, 19, 25, 35 y 45 g/kg de MS. Además, hojas secas al sol de *Flemingia macrophylla* también se sometieron a las mismas cinco concentraciones de PEG utilizadas con *D. ovalifolium*.

Los TC residuales extractables y ligados (fibra + PEG) fueron afectados por PEG; se observó efecto de ambos métodos de preparación de muestras y una interacción de especie de leguminosa x PEG. Los TC extractables de *D. ovalifolium* secado al sol fueron más astringentes que aquellos de *F. macrophylla* igualmente secados al sol.

Sin embargo, la astringencia de los TC de *D. ovalifolium* fue inferior en muestras congeladas comparado con muestras secadas al sol, independientemente de la concentración de PEG. Los resultados también indicaron que al aumentar la concentración de PEG ocurrió una disminución exponencial de los TC extractables, pero se alcanzó un punto (42 a 61 g/kg de MS) a partir del cual los incrementos adicionales de PEG dieron lugar sólo a cambios pequeños en TC extractables (Figura 1A). Esto sugirió la presencia de TC extractables que fueron no-reactivos con proteína en las leguminosas probadas. Se observó una relación cuadrática entre astringencia de los TC extractables y la concentración de PEG (Figura 1B), lo que sugirió la presencia de TC extractables con diferente afinidad para proteína en las leguminosas evaluadas.

En general, los resultados de este estudio indican que el PEG agregado a los forrajes redujo los TC extractables en forrajes frescos y congelados o en forraje seco al sol, y que no hay diferencia si el PEG se agregó antes o después del secado de la muestra al sol. Sin embargo, los resultados sí indicaron que la reducción de los TC extractables con PEG fue exponencial y que había una cierta porción de TC extractable que no reaccionó con proteína. Esto implica que hay una necesidad de cuantificar la relación entre TC extractable y nivel de PEG en leguminosas forrajeras antes de su uso en ensayos de alimentación. Los resultados también sugieren que las especies de leguminosas evaluadas pueden tener, por lo menos, tres tipos de TC extractables con diferentes pesos moleculares y como resultado diferentes afinidades para proteína. También se deduce de los resultados que los métodos de conservación de forraje y procesamiento de muestras, podrían afectar las actividades de los TC en una especie dada de leguminosa. Esto implica que en la selección de especies de leguminosas o ecotipos por bajo contenido de tanino, hay necesidad de evaluar, no sólo la concentración de estos en el forraje, sino también la estructura de los taninos presentes. [R. Barahona (Univ. Kansas), C. Lascano (CIAT), R. Cochran (Univ. Kansas) y J. Morrill (Univ. Kansas)]

1.4 Efecto de la concentración y astringencia de taninos en el consumo de leguminosas y utilización de N por ovinos

Resultados anteriores habían mostrado beneficios nutricionales con *D. ovalifolium* mediante la reducción de TC extractables con PEG. La reducción de TC

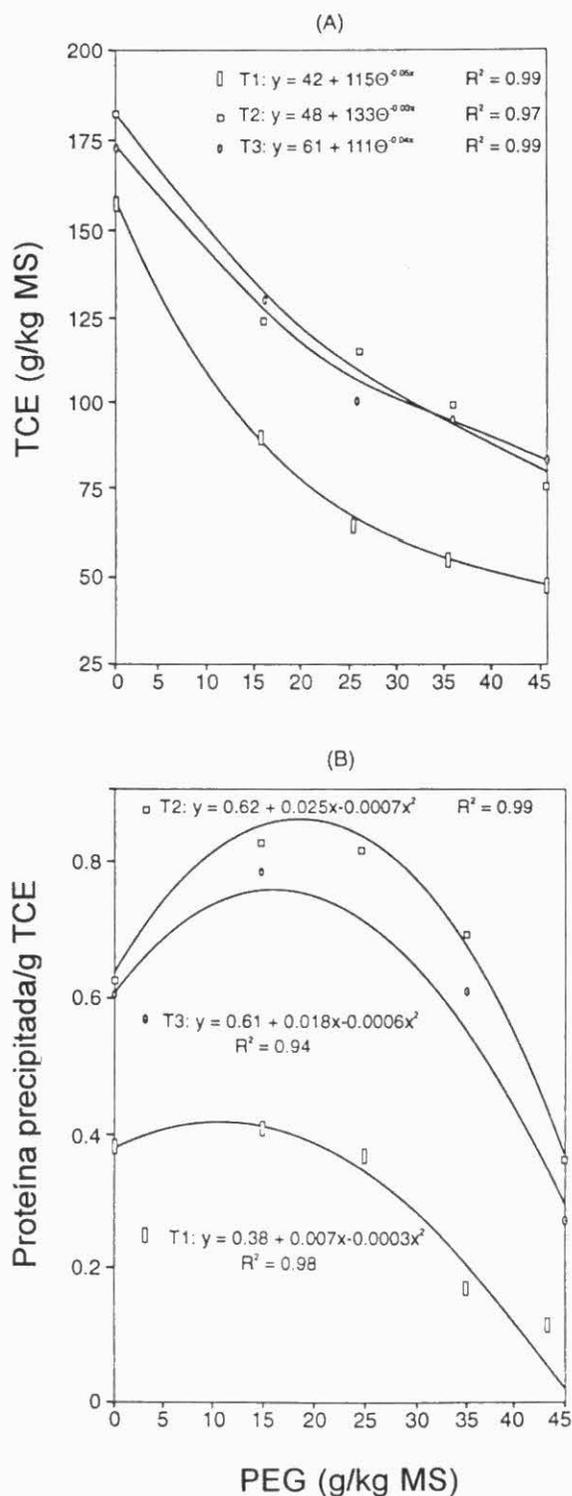


Figura 1. Efecto de glicol de polietileno (PEG) en el nivel (A) y la astringencia (B) de taninos condensados extractable (TCE) en *D. ovalifolium* sujeto a diferentes tratamientos de conservación (T1 = Fresco + PEG, congelado; T2 = Fresco + PEG, secado al sol; T3 = Secado al sol + PEG). (Barahona, R. Tesis de MSc)

extractable en esta leguminosa de 5% a 2% dio lugar a un aumento de 20% en el consumo y 2.5 veces más N retenido por corderos (Carulla, 1994). Sin embargo, no se conoce hasta donde se podrían generalizar estos resultados a otras leguminosas tropicales. Los resultados de laboratorio mostraron diferencias grandes entre especies tropicales de leguminosa en relación con afinidad de TC extractable y proteína (astringencia) y en concentración y distribución relativa de TC extractables y ligados (Cano et al. 1994). Por lo tanto, se realizó un experimento para estudiar la influencia de los TC extractable y ligado y la astringencia de taninos en el consumo, la digestión y la utilización de N por ovinos alimentados con dos leguminosas tropicales contrastes.

Para el efecto, ovinos alojados en jaulas metabólicas se alimentaron con *D. ovalifolium* (D.o.) y *F. macrophylla* (F.m.), que tenían concentraciones similares de TC extractable, pero diferente concentración de TC ligado y astringencia (Cuadro 2). Además, las leguminosas difirieron en PC (17% en D.o. y 23% en F.m.) y en contenido de pared celular indigestible (28% en D.o. y 44% en F.m.). Forraje picado y secado al sol de cada leguminosa se asperjó con agua o PEG (3.5 g/kg de MS) para reducir los TC extractables. Con estos forrajes se alimentaron (26 g/kg de PV por día) ocho ovinos con fístulas en el rumen y en el duodeno. Los animales recibieron por vía intra-ruminal un suplemento de energía constante (4 g/kg de PV por día) de ripio de yuca (yuca a la cual se le ha extraído el almidón).

Los resultados en el Cuadro 2, indican que el consumo de ambas leguminosas fue similar a niveles iguales de TC extractables en el forraje, pero aumentó en 8% y 15% para *D. ovalifolium* y *F. macrophylla* respectivamente, cuando los TC extractables se redujeron de 9% a 5% (con base en MS) en el forraje mediante adición de PEG. Sin embargo, el consumo de las leguminosas parece que fue limitado, no sólo por taninos, sino también por la baja relación hoja:tallo (1.0) en *D. ovalifolium* y el alto nivel de pared celular indigestible (44%) en *F. macrophylla*.

Las digestibilidades de la M.O. y de la fibra detergente neutra (FDN) fueron bajas, pero mayores en *D. ovalifolium* que en *F. macrophylla*. No obstante, la digestibilidad aumentó en ambas leguminosas debido a la reducción de los TC extractables, mediante la adición de PEG. El flujo de N al duodeno, la absorción aparente de N y el N fecal fueron mayores con *F. macrophylla* que con *D. ovalifolium*, lo que se relacionó con la mayor cantidad de N consumido. Los nivel de

Cuadro 2. Efecto del nivel y grado de astringencia de taninos condensados (TC) en leguminosas tropicales sobre el consumo, la digestibilidad y la utilización de nitrógeno (N) por ovinos alimentados con leguminosas con y sin adición de PEG (Barahona, R. Tesis de MSc).

Elemento	<i>D. ovalifolium</i>		<i>F. macrophylla</i>		ES.
	Control	PEG	Control	PEG	
TC extractable (%)	9.4a	5.4b	9.0a	4.7b	9.4
TC ligado (%)	10.0d	15.9c	25.9b	30.6a	0.4
Astringencia ^{1/}	0.6b	1.0a	0.3c	0.7	0.03
Consumo (MS, g/día)	591b	638a	555b	625a	17
Digestibilidad de la M.O. (%)	51.4a	51.6a	45.3a	48.5b	0.9
Digestibilidad FDN (%)	38.0b	44.6a	25.1d	34.2c	1.3
Consumo de N (g/día)	13.9c	13.9c	21.5b	23.6a	0.5
Flujo de N en duodeno (g/día)	14.9b	11.9c	19.9a	18.2a	0.9
N absorbido, % N en duodeno	48.9	52.9	47.2	50.6	2.3
N sobrepasante, % N consumido	57.6a	39.5b	60.7a	48.2a	4.6

^{1/} g de proteína (BSA) precipitado/g de TC extractable. a,b,c,d = significa que promedios en cada surco con letras similares no son diferente (P < 0.05).

proteína sobrepasante fueron similares para ambos leguminosas altas en TC extractable, pero se redujeron cuando se agregó PEG al forraje. Sin embargo, la absorción aparente de N en ovinos alimentados con las dos leguminosas no fue afectado por la reducción de los TC extractables (Cuadro 2).

En general, los resultados indican que el nivel de proteína del forraje que escapa del rumen aparentemente se relaciona con la concentración de TC extractable, pero no se relaciona con la concentración de TC ligados o con la astringencia de taninos medida en laboratorio. Los resultados de este estudio también indicaron que el consumo y digestibilidad de las dos leguminosas evaluadas fueron no sólo afectadas por la concentración de TC extractable sino también por el contenido de la pared celular y la relación hoja:tallo. Por lo tanto, cuando se evalúa la calidad de las leguminosas tropicales con TC es necesario examinar la composición y degradabilidad de la pared celular. [R. Barahona, C. Lascano, R. Cochran y J. Morrill]

1.5 Dilución de taninos a través de mezclas de leguminosas

Una característica común en muchas leguminosas

leñosas tropicales es la presencia de altas concentraciones de TC, lo cual como se sabe afecta el consumo y la ganancia de peso vivo. Sin embargo, los bajos niveles de TC pueden ser beneficioso en dietas de rumiantes, ya que reducen la degradación de proteína en el rumen. En consecuencia, las mezclas de leguminosas arbustivas, con y sin tanino, podrían tener implicaciones prácticas en la alimentación de rumiantes en fincas de pequeños productores que involucran la suplementación de gramíneas de baja calidad o en sistemas agrícolas con forrajes de corte y acarreo a base de leguminosa leñosas.

Para probar esta hipótesis se utilizó *C. argentea* (C.a.), libre de taninos; y *F. macrophylla* (F.m.), alta en taninos, solas o en mezcla como suplemento para ovinos alimentados con una gramínea madura de baja calidad (*B. dictyoneura*, 60% de la ración básica). En un primer experimento, los ovinos se complementaron con mezclas (80% C.a. + 20% F.m. ó 60% C.a. + 40% F.m.) de las dos leguminosas (40% de la ración). Los resultados mostraron que el N urinario se redujo a medida que *F. macrophylla* aumentó en la mezcla de las leguminosas, sugiriendo menos pérdidas de amonio del rumen, debido a la protección de la proteína por taninos. Sin embargo, este efecto positivo fue contrarrestado por el mayor N fecal a medida que el nivel de TC aumentó

en la dieta, y como resultado la retención de N no fue afectada (Fässler y Lascano, 1995).

Se realizó un segundo experimento de alimentación para estudiar en más detalle la utilización de N por ovinos alimentados con una gramínea de baja calidad (*B. dictyoneura*) suplementada con *C. argentea* y *F. macrophylla* solas o en mezclas. Suplementos de *C. argentea*, reemplazados con 25, 50 ó 100% de *F. macrophylla* se usaron para conformar 40% de la ración total. Las mediciones incluyeron consumo, digestibilidad, amonio ruminal y utilización de N.

Los resultados mostraron un aumento marcado en los niveles de amonio en el rumen con la reducción de los niveles de *F. macrophylla* en la mezcla de las leguminosas (Figura 2). Además, el flujo de N duodenal aumentó con los mayores niveles de *F. macrophylla* en la dieta (Cuadro 3). Esto se relacionó con una mejora pequeña, pero significativa, en la eficiencia de absorción aparente de N en el intestino

delgado. Sin embargo, el N retenido como una proporción del N consumido no fue afectado por los diferentes suplementos de la leguminosa.

Los resultados indican que las mezclas de leguminosas con y sin TC, utilizadas como suplemento a gramíneas de baja calidad, aumentan el flujo de N al intestino delgado. Sin embargo, la retención de N no mejoró, posiblemente debido a un desbalance energía-proteína en los nutrientes o a la digestión incompleta del complejo taninos-proteína en el tracto posterior. Por lo tanto, en el futuro los estudios de formulación de mezclas de leguminosas se deben basar no sólo en el nivel de taninos, sino que también se debe considerar la digestibilidad de las especies involucradas. [C. Powell (NRI, Reino Unido), C. Lascano, D. Romney (NRI, Reino Unido) y M. Gill (NRI, Reino Unido)]

En resumen, los resultados indican que el nivel de TC extractables y la degradabilidad de la pared celular se deben considerar en la selección de leguminosas

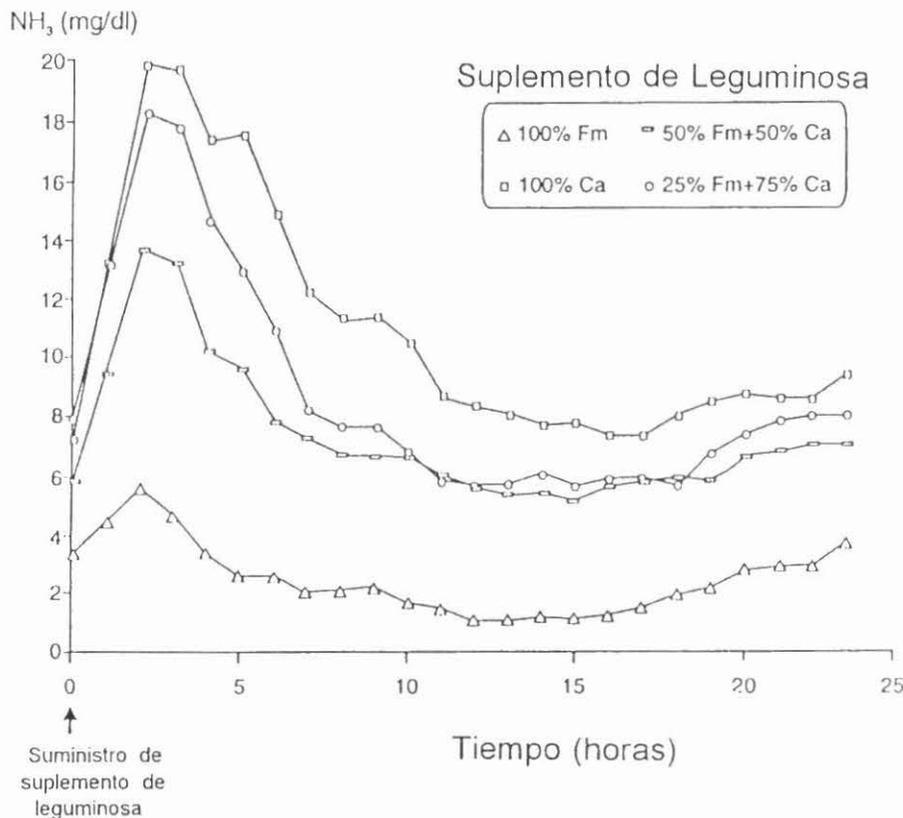


Figura 2. Cambios a través del tiempo en concentración de amonio ruminal en ovinos alimentados con una gramínea de baja calidad (60% de la ración) suplementada con dos leguminosas (40% de ración) solas o en mezcla (Powell et al., resultados no publicados).

Cuadro 3. Efecto de mezclas de la leguminosa (*C. argentea* y *F. macrophylla*) como suplemento de una gramínea de baja calidad (*B. dictyoneura*) en el consumo, digestibilidad y utilización de N por ovinos (Powell et al., resultados no publicados).

Elemento	Suplemento de leguminosa ^U				E.E.
	100% Ca	C.a. (75%) + F.m. (25%)	C.a. (50%) + F.m. (50%)	100% F.m.	
Consumo total (MS, g/día)	822	811	808	810	30
TC extractable en la dieta (%)	-	1.2	2.4	3.9	
Digestibilidad					
MS (%)	55.9	55.6	55.2	57.0	1.3
FDN (%)	58.9a	56.6ab	55.0ab	54.2b	1.3
Utilización de N					
consumo de N (g/día)	15.1a	14.5a	13.8a	11.6b	0.6
N en el flujo duodenal (g/día)	9.0b	9.9ab	10.7a	11.3a	0.4
N absorbido, % N duodenal	42.1c	43.9bc	46.0ab	47.7a	1.1
N retenido, % de N consumido	31.7	31.5	29.0	30.5	3.8

^U Suministrado en la mañana como 40% (con base en MS) de la ración diaria. a,b,c = promedios en la misma hilera con letras iguales no difieren en forma significativa (P < 0.05).

forrajeras tropicales basadas en taninos. Los resultados también indican que las mezclas de leguminosas podrían ser una manera práctica de dilución de TC a un nivel donde pueden ser beneficiosos para el animal. Sin embargo, todavía no es claro hasta qué grado los TC ligados, la astringencia de taninos y la composición de la pared celular afectan la digestión y la utilización de N por rumiantes alimentados con leguminosas altas en taninos. Además, es necesario definir el efecto de mezclas de leguminosas con nivel variable de taninos y digestibilidad en el consumo, la digestión y la utilización de N por rumiantes.

2. Influencia del Ambiente en el Valor Nutritivo de Especies Forrajeras Seleccionadas

La evaluación de la interacción de genotipo x ambiente en la calidad de los forrajes es importante para definir las estrategias de mejoramiento de especies forrajeras y la identificación de nichos para especies seleccionadas.

2.1 Interacción genotipo x ambiente en los atributos forrajeros de *Desmodium ovalifolium*

Una serie de ensayos agronómicos y de pastoreo realizado en zonas tropicales indican que *D. ovalifolium* se adapta bien a suelos ácidos de baja fertilidad, que es compatible con gramíneas agresivas y que tolera pastoreo fuerte. Sin embargo, el comportamiento animal en pasturas basadas en esta leguminosa es frecuentemente pobre, debido principalmente a su baja aceptabilidad y digestibilidad como resultado de niveles altos de tanino. Estudios preliminares con un grupo limitado de genotipos de *D. ovalifolium* mantenidos en el CIAT, sugirieron que existe variabilidad en concentración de taninos y otros atributos agronómicos. Por otra parte, los estudios con leguminosas de zonas templadas muestran que la concentración de taninos puede aumentar con el estrés ambiental, por ejemplo, con deficiencias nutricionales en el suelo. Estos efectos ambientales sobre la calidad de los forrajes no se ha

definido bien con las leguminosas tropicales altas en taninos.

En 1995, se inició un proyecto colaborativo financiado por BMZ-Alemania para estudiar la interacción genotipo x ambiente en una colección *D. ovalifolium*. Un total de 18 genotipos seleccionados principalmente por su origen se sembraron en cuatro ambientes contrastantes en Colombia: sabana con buen drenaje, Carimagua; bosques húmedos, Florencia, Caquetá; laderas en zona seca, Cauca; y laderas en zona húmeda, Chinchiná, Caldas. Se aplicaron dos tratamientos de fertilización (bajo y alto) que se ajustaron a las condiciones específicas de cada sitio. Las mediciones incluyen: fenología, incidencia de plagas y enfermedades, biomasa estacional, calidad estacional de forraje (PC, DIVMS, contenido de pared de celular, concentración de taninos, astringencia de taninos), cantidad y calidad de hojarasca y calidad y aceptabilidad relativa del forraje por animales.

Se espera que los resultados de este estudio ayudarán a identificar genotipos superiores de *D. ovalifolium* para mejorar las pasturas y los suelos en ambientes seleccionados. Además, los resultados obtenidos aumentarán los conocimientos sobre los efectos que tienen la fertilidad del suelo y el clima en la calidad del forraje y el valor de la hojarasca de leguminosas que contienen taninos, lo que es altamente relevante en el trabajo con leguminosas arbustivas para suelos ácidos. [A. Schmidt (Univ. Hohenheim, Alemania), B. Maass, C. Lascano, P. Kerridge, R. Schultze-Kraft (Univ. Hohenheim, Alemania)]

2.2 Interacción genotipo x ambiente en la calidad de *Brachiaria* spp.

En un estudio colaborativo con el proyecto sobre mejoramiento de *Brachiaria* del Programa de Forrajes Tropicales se midió la DIVMS de 20 genotipos de *Brachiaria* spp. sembrados en tres sitios con suelos y clima contrastantes (Palmira, Quilichao y Carimagua). Los resultados mostraron que la variancia en DIVMS fue cuatro veces mayor que la variancia asociada con la interacción genotipo x ambiente y que había una alta variabilidad en la DIVMS entre accesiones dentro de especies. Estos resultados sugieren que existe un campo amplio para seleccionar genotipos de *B. decumbens* y *B. brizantha* con base en digestibilidad [J. Miles y C. Lascano].

2.3 Suministro de nutrimentos a la planta y calidad de genotipos de *Brachiaria*

Una limitación de las gramíneas tropicales para la producción animal es su baja calidad forrajera. Se sabe que la calidad nutritiva de las gramíneas disminuye con el transcurso del tiempo como resultado del descenso en la fertilidad del suelo. Por lo tanto, el conocimiento de la variación genotípica en la calidad de gramíneas bajo condiciones de baja fertilidad en el suelo, permitiría seleccionar genotipos de calidad forrajera superior en un programa de mejoramiento de *Brachiaria*.

En condiciones de invernadero se realizó un ensayo para probar la relación entre oferta de nutrimentos al suelo y la calidad forrajera en 15 genotipos de cinco especies de *Brachiaria* (tres ecotipos de cada una de las especie: *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. ruziziensis*, *B. humidicola* y *B. dictyoneura*). La selección de genotipos se basó en la evaluación agronómica en el campo (ecotipos comúnmente utilizados, muy productivos y menos productivos). Para el cultivo de las plantas se utilizó un Oxisol franco-arenoso de Carimagua (4 kg de suelo/maceta). Los nutrimentos se aplicaron antes de la siembra en dos niveles (bajo y alto). El nivel bajo incluyó (kg/ha) 20 P, 20 K, 33 Ca, 14 Mg y 10 S; mientras que el nivel alto incluyó (kg/ha): 80 N, 50 P, 100 K, 66 Ca, 28.5 Mg, 20 S; y micronutrimentos: 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo. La caracterización de la calidad del forraje a los 49 días de crecimiento incluyó la PC, la DIVMS, la FDN y la FDA, que se determinaron en hojas y tallos. Las muestras de vegetal se tomaron de tres replicaciones, debido al tamaño reducido de cada una de ellas.

Los resultados, resumidos en el Cuadro 4, muestran que la aplicación de nutrimentos afecta la calidad de ambas fracciones (hoja y tallo) en los genotipos dentro de cada especie. Sin embargo, los atributos de calidad de estas fracciones fueron afectados en mayor grado por el genotipo que por nivel de aplicación de nutrimentos.

El nivel de FDA (que representa lignocelulosa) en hojas de *B. humidicola* y *B. dictyoneura* fue mayor que el de las otras especies (32% a 39% vs. 27% a 30%) cuando las plantas crecieron en condiciones de baja aplicación de nutrimentos. Los valores altos de FDA se relacionaron con un área foliar específica baja (área foliar por unidad de peso foliar), lo que sugiere que el

Cuadro 4. Influencia de la aplicación de nutrimentos en el rango de variación genotípica de características de calidad forrajera de 15 genotipos de cinco especies de *Brachiaria* cultivados en macetas utilizando un Oxisol franco-arenoso de Carimagua.

Parte de la planta	Aplicación	Calidad del forraje (%)			
		PC	DIVMS	FDN	FDA
Hoja	Baja ¹	3.3-6.7	62-78	63-77	27-39
	Alta ²	4.3-7.6	66-80	64-74	26-35
Tallo	Baja	1.8-3.8	46-60	77-84	39-52
	Alta	2.5-4.8	48-60	76-87	39-48

¹ 20 P, 20 K, 33 Ca, 14 Mg y 10 S (kg/ha)

² 80 N, 50 P, 100 K, 66 Ca, 28.5 Mg, 20 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo (kg/ha)

espesor de los tejidos del mesófilo puede ser mayor en *B. humidicola* y *B. dictyoneura* comparado a las otras especies. Para probar esta hipótesis es necesario realizar estudios adicionales en las hojas.

Se realizó un segundo ensayo de invernadero para probar la relación entre la aplicación de N en el suelo y la calidad del forraje de 18 genotipos de seis especies de *Brachiaria* (tres ecotipos de cada una de las especies: *B. decumbens*, *B. brinantha*, *B. ruzizensis*, *B. humidicola*, *B. dictyoneura* y *B. arrecta*). La selección de los genotipos se basó en la evaluación agronómica en el campo (ecotipos comúnmente utilizado, muy productivos y menos productivos). Para el cultivo de las plantas se utilizó un Oxisol franco-arenoso de Carimagua (4 kg de suelo/maceta). Antes de la siembra se aplicó una mezcla nutricional basal (kg/ha): 50 P, 100 K, 66 Ca, 28.5 Mg, 20 S; y micronutrimentos: 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo. El N se suministró en cuatro niveles (kg/ha): 0, 40, 80 y 200. En el momento de la cosecha, 48 días de crecimiento, se hicieron las mediciones de calidad de forraje: PC, DIVMS, FDN y FDA en hojas y tallos.

Al igual que en el ensayo anterior, la variación en atributos de calidad de forraje debido al genotipo fue mayor que la variación inducida mediante la oferta de N en el suelo (Figura 3). La influencia del N aplicado sobre la calidad de las hojas fue mayor que sobre la calidad del tallo y dependió principalmente de las especies y de los genotipos dentro de ellas. El aumento

de la aplicación de N mejoró no sólo la biomasa del rebrote, sino también la DIVMS y redujo la pared celular (FDN) y la lignocelulosa (FAD) en las hojas. Sin embargo, el efecto del N fue mayor sobre el primer atributo que sobre los dos últimos. Estos resultados indican que una disminución en el N aplicado cambiaría en mayor grado la composición de la pared celular que el contenido de dicha pared. [I. M. Rao, C. Lascano, N. Narváez y J. Ricaurte]

En resumen, los resultados anteriores indican que la variación genotípica en las características de calidad de *Brachiaria* spp. es mayor que la variación inducida por los factores ambientales, tales como la oferta de nutrimentos en el suelo. Por lo tanto, hay un campo grande para seleccionar ecotipos de *Brachiaria* por su mejor calidad forrajera y recombinación genética, en particular, bajo condiciones de suelos ácidos de baja fertilidad. Sin embargo, para desarrollar metodologías para evaluar la calidad forrajera de especies en suelos de baja fertilidad, los trabajos en el futuro se deben concentrar en definir el efecto del suministro de nutrimentos y la edad fisiológica del tejido de la planta en la composición de la pared celular y la digestibilidad.

3. Valor Nutritivo y Productividad de Nuevos Ecotipos Forrajeros

El PFT adelanta en la estación CIAT-Quilichao ensayos de pastoreo para medir el potencial de producción de

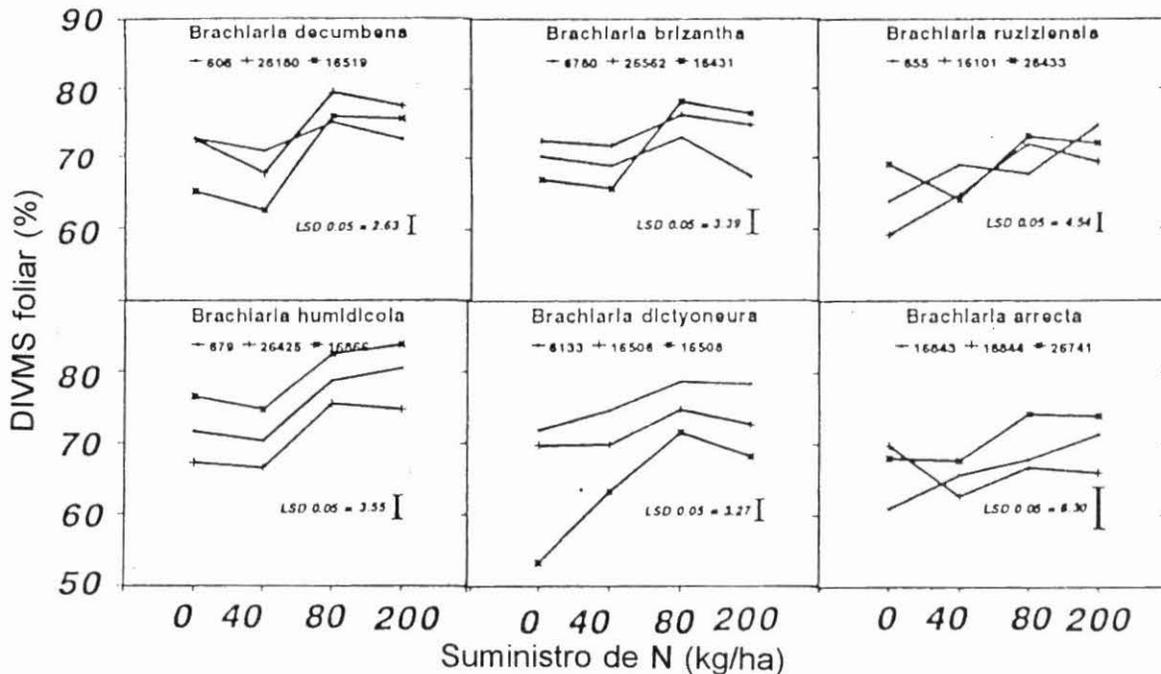


Figura 3. Relación entre la aplicación de N en el suelo y la DIVMS de hojas de 18 genotipos de seis especies de *Brachiaria*.

leche de genotipos seleccionados de gramíneas y especies de leguminosas.

3.1 Producción de leche con híbridos de *Stylosanthes guianensis*

El desarrollo de nuevos híbridos de *Stylosanthes guianensis* con tolerancia a la antracnosis ha sido uno de los resultados de los esfuerzos de mejoramiento del PFT. Dos líneas, *S. guianensis* CIAT 11833 y 11844, se sembraron en mezcla con *B. dictyoneura* para determinar la producción de leche. En el Cuadro 5, se incluyen los resultados en rendimiento de leche a corto plazo de vacas que pastoreaban gramínea sola y gramínea-leguminosa. Las vacas en la pastura asociadas produjeron entre 17% y 65% más leche que en la pastura de gramínea sola. Como se esperaba, el mayor efecto de la leguminosa en producción de leche ocurrió en períodos con escas precipitación.

Los resultados de cinco fases de evaluaciones con híbridos de *S. guianensis*, que aparecen en esta sección, se registraron durante un período de 9 meses (mayo de 1994 a febrero de 1995). Durante este período el contenido de la leguminosa en la pastura varió entre 40% y 54%. Con esta alta proporción de leguminosa se presentó un impacto significativo de *S. guianensis* en el rendimiento de leche. Se debe notar, sin embargo, que

desde febrero de 1995 el contenido de la leguminosa en la pastura ha disminuido significativamente por razones aún no determinadas. [C. Lascano, J. Miles y P. Avila]

3.2 Producción de leche con *Panicum maximum*

Panicum maximum CIAT 6799 y 6944 son dos ecotipos provenientes de ORSTOM y seleccionados para evaluación en suelos de ácidos de baja fertilidad de Carimagua. En 1994, se establecieron en Quilichao estos ecotipos solos y en asociación con *C. macrocarpum* o *S. guianensis* para medir la producción de leche.

Actualmente, se han completado dos experimentos de pastoreo a corto plazo con vacas en ordeño. En uno de ellos, las vacas pastorearon *P. maximum* solo y en asociación con leguminosas. En el otro ensayo se compararon *P. maximum* y dos especies de *Brachiaria* fertilizadas con nitrógeno (100 kg/ha). Los resultados, resumidos en el Cuadro 6, muestran que la producción de leche, tanto con vacas cruzadas como Holstein fue similar en pasturas *P. maximum* solo o con leguminosas. los niveles de urea en la leche fueron altos (22 mg%) y similares en la gramínea sola comparados con los obtenidos en pasturas de gramíneas-leguminosa. Esto sugiere que la proteína no fue limitante en *P. maximum*

Cuadro 5. Rendimiento de leche corregida por grasa de vacas en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* sola y en asociación con *Stylosanthes guianensis* CIAT 11833 y 11844. (C. Lascano, J. Miles y P. Avila, resultados no publicados).

Medición (fase)	Balance hídrico ^{1/} (mm)	Rendimiento de leche lácteo		Diferencia (%)
		<i>B. dict.</i> (kg/vaca/día)	<i>B. dict.</i> + <i>S.g.</i>	
1	4	4.6	7.6	65.2 **
2	-109	6.1	8.3	36.0 *
3	70	4.6	6.7	45.6 **
4	398	11.5	13.5	17.4 **
5	-157	8.6	10.6	23.2 **

^{1/} Precipitación - evapotranspiración * Nivel de significancia (P < 0.10)

** Nivel de Significancia (P < 0.05)

Cuadro 6. Rendimiento de leche a corto plazo, corregida por grasa, de vacas en pasturas de *P. maximum* CIAT 6799 y 6944 con leguminosas y fertilizadas con nitrógeno. (C. Lascano y P. Avila, datos no publicados).

Tipo de Pastura	Tipo de vacas	
	Cruzada	Holstein
	(kg/vaca/día)	
Gramínea/leguminosa		
<i>P. maximum</i> sola	5.3	11.5
+ <i>C. macrocarpum</i>	5.6	11.4
+ <i>S. guianensis</i>	5.4	10.4
Fertilizada con N^{1/}		
<i>P. maximum</i>	5.6a	10.5a
<i>B. decumbens</i> (+ testigo)	5.6a	10.9a
<i>B. dictyoneura</i> (+ testigo)	5.1b	8.6b
Incremento ^{2/} (%)	10	24

^{1/} Fertilizado con 100 kg/ha de N.

^{2/} Con relación al testigo negativo.

a,b. Promedios con letras diferentes en cada columna son diferentes (P < 0.05)

y que las vacas seleccionaron poca leguminosa. Por otra parte, el rendimiento de leche de vacas con diferente potencial genético pastoreando *P. maximum* fertilizado con N fue mayor que en *B. dictyoneura* cv. Llanero más N, pero similar al registrado en *B. decumbens* cv. Basilisk más N. [P. Avila y C. Lascano]

Estos resultados iniciales confirman que *P. maximum* es una opción excelente para producción de leche en el trópico. Hay varios cultivares de *P. maximum* —Vencedor, Tanzania, Centenario— liberados en Brasil que se adaptan marginalmente a suelos ácidos de baja fertilidad, principalmente como resultado del alto requerimiento de N y P. Aún está por comprobar si los ecotipos *P. maximum* seleccionados por el PFT para suelos ácidos tienen menores requerimientos por nutrimentos que los cultivares comerciales.

Proyecto: Forrajes con Alto Valor Nutritivo

Actividades propuestas para 1996

1. Procedimientos de selección para la presencia de taninos y otros compuestos secundarios en leguminosas

Las actividades planeadas para el próximo año con el fin de investigar sobre algunas de las limitaciones identificadas en la evaluación y utilización de leguminosas altas en taninos son:

- Estudios para establecer relaciones entre consumo a corto plazo por ovinos y concentración de TC extractables y ligados en *F. macrophylla* con diferente madurez y tratamiento poscosecha (tesis de pregrado).
- Estudios sobre utilización de N por ovinos alimentados con mezclas de leguminosas que difieren en la concentración de tanino (*C. argentea* y *F. macrophylla*) y digestibilidad (*C. argentea* y *D. velutinum*) (tesis de pregrado).
- Estudios para definir posibles cambios estructurales en taninos recuperados del intestino delgado de ovinos alimentados con leguminosas contrastantes (trabajo colaborativo con IGER, Reino Unido).
- Iniciación de trabajo colaborativo con el Instituto de Pasturas e Investigación Ambiental (IGER, en inglés), Reino Unido, financiado a través de un proyecto de la ODA. El objetivo de este trabajo es definir la influencia de los TC de un rango de especies de leguminosas en: (1) la cinética de fermentación de la pared de celular, y (2) la actividad de enzimas celulolíticas y proteolíticas. Además, se realizarán estudios para determinar el efecto de los factores ambientales en los taninos y en la composición de la pared celular de *D. ovalifolium* y evaluar la actividad de la taninasa de los microorganismos del rumen de animales alimentados con dietas altas en taninos. Se utilizará un rango amplio de muestras de especies de leguminosas con niveles variables de tanino para evaluar la factibilidad utilizar NIRS para medir la concentración de tanino en leguminosas tropicales (tesis de PhD., U. de Gales).

2. Influencia del ambiente en el valor nutritivo de especies forrajeras seleccionadas

Se iniciarán experimentos de campo y en el invernadero para cuantificar el efecto de factores contrastantes de clima y de suelo en la calidad de gramíneas y leguminosas en diferentes estados de desarrollo. Las actividades específicas planeadas durante el próximo año son:

- Se iniciarán las mediciones en *D. ovalifolium* sembrado en cuatro localidades. Al comienzo de la fase de producción se medirán el rendimiento de forraje, la relación hoja:tallo, fecha de floración y calidad de forraje. Además, la concentración de tanino se medirá en tres o cuatro genotipos de *D. ovalifolium* cultivados en el invernadero bajo diferentes condiciones de estrés (nutrimentos en el suelo, sequía...) (tesis de pregrado).
- En un suelo arenoso de Carimagua, se medirán diferencias genotípicas en calidad y adaptación de planta de genotipos de *Brachiaria* y sus recombinantes genéticos cultivados con dos niveles de fertilidad.
- En estudios en invernadero se probará la influencia de reducir nutrimentos en el suelo y el incremento en la edad de la planta sobre la anatomía de la hoja y la composición de la pared celular, utilizando genotipos contrastantes de *B. brizantha* y *B. dictyoneura*.
- Se hará seguimiento a la propuesta conjunta de OFI-CIAT-ICRAF: sobre investigación de factores que afectan el valor nutritivo de las hojas de *Calliandra calothyrsus* como planta de ramoneo, el cual se presentó a la ODA para financiación. El proyecto incluye la evaluación de la calidad forrajera de dos genotipos de la leguminosa con niveles bajos y altos de taninos, cultivados en dos suelos contrastantes (Palmira y Quilichao).

3. Valor nutritivo y productividad de nuevos ecotipos forrajeros

En Quilichao continuarán las actividades de evaluación

del potencial de producción animal de ecotipos de forrajeras seleccionados y desarrollados por el PFT. Sin embargo, estas actividades se están ampliando a otros sitios mediante la colaboración de las instituciones nacionales de investigación. Las actividades específicas propuestas para 1996 incluyen:

- La reformulación y establecimiento en Carimagua de un experimento de pastoreo, incluyendo ecotipos de *P. maximum* seleccionados por el PFT para suelos ácidos y cultivares comerciales desarrollados por EMBRAPA en Brasil, bajo niveles contrastantes de fertilidad.
- El seguimiento a los experimentos sobre producción de leche en pasturas basadas en *A. pintoi*, establecido por IVITA (Perú), la Universidad Federal de Uberlandia (Brasil) y CORPOICA (Macagual, Florencia, Caquetá).
- Se colaborará con el CIAT (Bolivia) en el diseño de un experimento de pastoreo con leguminosas contrastantes para medir la producción de leche en campos de Santa Cruz, Bolivia.

Proyecto: Atributos de Adaptación de Plantas Forrajeras a Suelos Infértiles

Coordinador del proyecto: I. M. Rao

Justificación

El uso de forrajeras adaptadas es una alternativa posible para el manejo de los suelos de baja fertilidad en el trópico. Hasta el presente se han logrado considerables avances en la identificación de leguminosas y gramíneas tropicales bien adaptadas a estos suelos, pero poco se sabe acerca de los atributos de la planta para esta adaptación. El progreso continuo en la selección y mejoramiento genético de forrajeras dependerá del desarrollo de técnicas rápidas y confiables que faciliten la selección de un alto número de genotipos para tolerancia a suelos de baja fertilidad.

La baja disponibilidad de nutrimentos es el principal limitante para la adaptación y producción de forraje en el trópico. La adopción generalizada de cultivares de forrajeras depende de la eficiencia para obtener nutrimentos del suelo y su utilización para crecimiento. El crecimiento de las plantas en suelos ácidos es limitado a menudo por la actividad del ión de hidrógeno (H^+), por la toxicidad de aluminio (Al) y las deficiencias de nutrimentos como P, N y Ca. Las plantas adaptadas tienen atributos relacionados con su habilidad para obtener estos nutrimentos en ambientes con pH bajo y alto Al. El entendimiento de estas estrategias es fundamental para desarrollar procedimientos de selección más eficientes.

El potencial genético de las forrajeras tropicales y los ambientes en los cuales crecen influyen en su desarrollo y producción. La variabilidad genética y la capacidad de la planta para obtener, traslocar, distribuir, acumular y utilizar nutrimentos minerales son características importantes que influyen en la adaptación de las forrajeras a suelos de baja fertilidad. El grado de la variación inter e intra específica en la capacidad para obtener y utilizar nutrimentos debe ser considerado en detalle con el objeto de desarrollar plantas adaptadas a las condiciones de suelos ácidos de baja fertilidad o mejorar su eficiencia para obtener y usar nutrimentos. El mejoramiento de esta adaptación, sin pérdida de rendimiento de forraje o calidad, contribuirá a la disminución en los requerimientos de insumos, en los costos de producción animal y en menos problemas ambientales por degradación de suelos.

El crecimiento y renovación de las raíces son dos componentes clave en el estudio del reciclado de nutrimentos en pasturas y en la absorción de carbono (C) en el suelo. Algunas plantas hacen uso eficiente de los nutrimentos mediante su extracción desde la profundidad del suelo y su reciclado dentro de la planta entera. Además de la toma y el reciclado de nutrimentos, los sistemas radicales profundos también pueden contribuir a la absorción de carbono en los suelos. Son estas características importantes de los sistemas radicales grandes y extensos, como los que presentan muchas gramíneas tropicales introducidas (*Brachiaria* spp.) y leguminosas (*Arachis* spp.). Por lo tanto, el papel de las raíces en el reciclado de nutrimentos y en la absorción de C en pasturas bajo diferentes regímenes se deben evaluar aún más.

Considerable importancia se atribuye al aporte del nitrógeno (N) de las leguminosas en la producción animal sostenible de asociaciones estables de gramíneas y leguminosa. Mientras que el N fijado puede en su mayor parte estar relacionado con el crecimiento de las leguminosas, la fijación es también directamente afectada por algún macronutriente (por ejemplo Ca) o micronutriente (por ejemplo Mo) y por las condiciones ambientales. Muchas leguminosas que se adaptan bien a factores de estrés edáfico, climático y biótico no persisten en asociación con gramíneas vigorosas. Las razones para esto son obvias en algunos casos, pero en otros no. Es necesario definir mejor los atributos para persistencia, en particular, debe ser posible predecir el éxito durante la evaluación primaria de las accesiones forrajeras.

Este proyecto proporcionará una base de investigación estratégica mediante la identificación de los atributos radicales de parte aérea y reproductivos de genotipos de forrajeras que conducen a: (1) a una mayor eficiencia en selección y mejoramiento; (2) identificar las interacciones nutricionales críticas planta-suelo, planta-planta y planta-suelo-animal en sistemas de producción basados en forrajeras; y (3) a la identificación segura de nichos ecológicos para germoplasma forrajero.

Objetivo

Identificar atributos de la planta que confieren tolerancia a suelos de baja fertilidad y contribuyen a la absorción y utilización eficiente de nutrimentos. Lo anterior para desarrollar procedimientos confiables de selección de forrajeras para diferentes ecosistemas.

Principales actividades

1. Atributos de la planta que confieren tolerancia a suelos de baja fertilidad.
2. Papel de las raíces en el reciclado de nutrimentos y en la absorción de carbono.
3. Desarrollo de asociaciones estables de gramíneas-leguminosas.

Aspectos sobresalientes (1994-1995)

- Se demostró que la variación genotípica en producción de área foliar y fraccionamiento de N de las especies de *Brachiaria* es mayor que la variación en absorción de N del suelo.
- Se identificaron tres atributos de la planta: producción de área foliar, longitud de la raíz y eficiencia de absorción de P por unidad de longitud de raíz, como índices posibles de selección de genotipos de *Brachiaria* por su tolerancia a baja fertilidad del suelo.
- Se demostró que la variación genotípica en algunos atributos clave de la planta era mayor que la variación debida a cambios en la disponibilidad de nutrimentos.
- Se demostró que *B. ruziziensis* es menos adaptado a Oxisoles de baja fertilidad, debido a su incapacidad para alterar el fraccionamiento de materia seca entre raíces y parte aérea a medida que la disponibilidad de nutrimentos disminuye en el suelo.
- Se demostró que atributos como longitud y ramificación de la raíz son factores principales que afectan la absorción de P y Ca en suelos de baja fertilidad.
- Se demostró, en condiciones de invernadero, que el crecimiento de plantas de *A. pintoi* en suelos franco-arcillosos puede ser mejorado mediante la

inoculación con micorrizas vesículo-arbuscular.

- Se encontró que la deficiencia de P en las raíces de *A. pintoi* puede inducir exudación de ácido fumárico en la rizósfera.
- Se demostró que la producción de biomasa de las raíces fue mayor en pastos mejorados que en pastos de sabana nativa.
- Se encontró que los pastos mejorados basados en leguminosa pueden absorber cantidades significativas de C en el suelo.
- Se demostró que las pasturas basadas en leguminosas no sólo pueden mejorar el ciclo del N, sino también estimular el ciclo biogeoquímico de otros nutrimentos como Ca.

1. Atributos de la Planta que Confieren Tolerancia a Suelos de Baja Fertilidad

Es altamente deseable que las forrajeras adaptadas hagan uso eficiente de los nutrimentos que existen naturalmente y de aquellos agregados como fertilizante para crecimiento y, en el caso de las leguminosas, de la fijación de N_2 . El uso de germoplasma forrajero adaptado reduce la exigencia de fertilizante, pero no elimina la necesidad de su aplicación. Las investigaciones anteriores indicaron que las leguminosas forrajeras adaptadas toman en suelos infértiles más P y Ca que las gramíneas, por unidad de longitud de raíz. Las gramíneas tienen mayor capacidad para utilizar el N, el P y el Ca en términos de MS producida por unidad de nutrimento absorbido. El grado de variación entre y dentro de especies debe ser explorado para desarrollar genotipos eficientes que llenen los requerimientos nutricionales minerales de los rumiantes.

La investigación durante los últimos 2 años se ha concentrado en: (1) la identificación de la variación genotípica para tolerancia a la baja disponibilidad de nutrimentos en el suelo; (2) la identificación de la variación genotípica para absorción y utilización de nutrimentos; (3) la determinación de la dinámica del P en la rizósfera; y (4) la identificación de los mecanismos de *Brachiaria* para tolerancia a suelos ácidos.

1.1 Variación genotípica para tolerancia a baja disponibilidad de nutrientes

Las variaciones intergenérica e interespecifica para tolerancia a baja disponibilidad de nutrientes han sido identificadas entre varias gramíneas y leguminosas, cuando crecen en suelos de textura contrastante. Pero la variación intraespecifica aún no se ha determinado.

En un ensayo de invernadero se determinaron las diferencias genotípicas de *Brachiaria* para tolerancia a la baja disponibilidad de nutrientes en el suelo. Se midieron los atributos de parte aérea y de la raíz de 15 genotipos en cinco especies de *Brachiaria* (tres genotipos de cada una de las especies: *B. decumbens*, *B. brinzantha*, *B. ruziziensis*, *B. humidicola* y *B. dictyoneura*) para evaluar su tolerancia a baja fertilidad. La selección de los genotipos se basó en la evaluación agronómica en el campo (comúnmente utilizado, muy productivo y genotipos menos productivos). Para el crecimiento de las plantas se utilizó un Oxisol franco-arenoso de Carimagua (4 kg de suelo/maceta). Los nutrientes se aplicaron antes de la siembra en tres niveles (cero, bajo y alto). La aplicación nutricional

baja (kg/ha) incluyó: 20 P, 20 K, 33 Ca, 14 Mg y 10 S; mientras que la aplicación nutricional alta incluyó (kg/ha): 80 N, 50 P, 100 K, 66 Ca, 28,5 Mg, 20 S y micronutrientos: 2 Zn, 2 Cu, 0,1 B y 0,1 Mo. Las plantas se cosecharon después de 49 días de crecimiento.

Se midieron varios atributos de la planta como rendimiento de forraje, biomasa de la raíz, relación raíz/parte aérea, relación hoja/tallo, área foliar, eficiencia fotoquímica de fotosistema II, longitud específica de la raíz, longitud de la raíz, longitud de la raíz/área foliar, área foliar específica, N foliar específico (N en hojas/N en parte aérea x 100), proteína soluble en hojas, índice de fraccionamiento foliar de N, absorción de nutrientes en rebrotes y eficiencia de uso de nutrientes. Se encontró una alta variación genotípica para la mayoría de atributos de la planta a cada nivel de aplicación de nutrientes (Cuadro 1). La variación genotípica en varios atributos de la planta fue mayor que la variación inducida por el nivel de aplicación de nutrientes. El grado de variación genotípica en atributos foliares y de la raíz fue mayor que el del rendimiento de forraje.

Cuadro 1. Efecto de la aplicación de nutrientes en el rango de la variación genotípica de atributos de la planta de cinco especies de *Brachiaria* (15 genotipos), cultivadas en macetas con un Oxisol franco-arenoso de Carimagua.

Atributos de la planta	Aplicación de nutrientes		
	Cero	Baja ¹	Alta ²
Rendimiento de forraje (g/maceta)	1.5 - 4.8	4.9 - 10.6	14.1 - 29.2
Biomasa de la raíz (g/maceta)	0.3 - 2.0	0.9 - 4.1	2.0 - 9.6
Área foliar (cm ² /maceta)	32 - 202	104 - 456	295 - 1259
Clorofila en hoja (mg/m ²)	115 - 187	63 - 171	69 - 173
Proteína soluble en hoja (g/m ²)	1.7 - 3.9	0.7 - 2.4	0.4 - 2.4
Índice de fraccionamiento del N en hoja (%)	20 - 58	36 - 55	32 - 57
Longitud de la raíz (m/maceta)	25 - 105	53 - 202	122 - 422
Longitud de la raíz/área foliar (km/m ²)	3.2 - 28.9	2.3 - 12.1	1.6 - 14.7
Eficiencia de absorción de P (µg/m)	9.0 - 27.2	18.1 - 96.5	24.3 - 140.6

¹ 20 P, 20 K, 33 Ca, 14 Mg y 10 S (kg/ha)

² 80 N, 50 P, 100 K, 66 Ca, 28.5 Mg, 20 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo (kg/ha)

Los resultados, resumidos en el Cuadro 2, muestran diferencias genotípicas significativas en tolerancia a la aplicación baja de nutrimentos como lo revelan los rendimientos de forraje, el área foliar, la longitud de la raíz y la eficiencia de absorción de P. El tamaño de la variación ecotípica en producción de área foliar, longitud radicular y eficiencia de absorción de P por longitud de raíz fue mayor que aquella del rendimiento de forraje. Entre los 15 genotipos probados, *B. decumbens* CIAT 606 mostró mejor tolerancia a la aplicación nutricional, presentó buena área foliar y produjo altos rendimientos de forraje, debido a su mayor capacidad para producir raíces finas y absorber P por unidad de longitud de raíz. Algunos genotipos que mostraron mayor longitud de raíz fueron menos eficientes en adquirir P por unidad de longitud de ésta. Existe la necesidad de comprobar la utilidad de estos tres atributos —área foliar, producción de raíces finas y absorción de P por unidad de longitud de raíz—

de la planta en condiciones de campo para desarrollar una estrategia de selección para identificar genotipos superiores de *Brachiaria* [I. M. Rao, G. Keller-Grein, J. Ricaurte y R. García].

1.2 Variación genotípica en absorción y utilización de nutrimentos

Con la aplicación de dosis altas y bajas de fertilizantes en Oxisoles de texturas contrastantes, se han observado diferencias intergenéricas e interespecíficas entre gramíneas y leguminosas en relación con la absorción y utilización de N, P y Ca. No obstante, no se ha determinado variación genotípica dentro de especies.

En un experimento de invernadero se examinaron las diferencias genotípicas en absorción y utilización de N entre 18 genotipos de seis especies de *Brachiaria* (tres genotipos de cada una de las especies: *B. decumbens*, *B.*

Cuadro 2. Diferencias genotípicas en atributos de la planta de cinco especies de *Brachiaria* para tolerancia a baja aplicación de nutrimentos, cultivadas en macetas (4 kg/maceta) con un Oxisol franco-arenoso de Carimagua.

Especie	Accesión CIAT no.	Rendimiento de forraje (g/maceta)	Area foliar (cm ² /maceta)	Longitud de la raíz (m/maceta)	eficiencia de absorción P (µg/m)
<i>B. decumbens</i>	606	8.7	368	87	79
	26180	7.7	319	85	41
	16519	4.9	192	102	41
<i>B. brizantha</i>	6780	10.6	456	110	53
	26562	8.0	213	55	62
	16431	8.2	192	64	53
<i>B. ruziziensis</i>	655	7.1	255	90	52
	16101	8.5	339	102	48
	26433	6.3	308	94	44
<i>B. humidicola</i>	679	7.4	140	160	28
	26425	7.5	176	202	18
	16866	10.5	225	143	38
<i>B. dictyoneura</i>	6133	8.4	183	114	35
	16506	8.0	239	60	64
	16508	7.2	104	53	96
Promedio		7.9	247	101	50
DMS (P = 0.05)		1.9	76	33	26

brizantha, *B. ruziziensis*, *B. humidicola*, *B. dictyoneura* y *B. arrecta*). La selección de genotipos se basó en la evaluación agronómica previa en el campo (comúnmente utilizado, muy productivo y genotipos menos productivos). Para el crecimiento de las plantas se utilizó un Oxisol franco-arenoso de Carimagua (4 kg de suelo/maceta). Se aplicó a la siembra una mezcla nutricional basal (kg/ha): 50 P, 100 K, 66 Ca, 28.5 Mg, 20 S y micronutrientes: 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo). El N se suministró en cuatro niveles (kg/ha): 0, 40, 80 y 200. En el momento de cosecha (48 días de crecimiento) se determinaron varios atributos de parte aérea como: rendimiento de forraje, relación hoja/tallo, área foliar, clorofila en hoja, proteína soluble en hoja, eficiencia fotoquímica de fotosistema II, composición de nutrimentos en hojas y tallos e índice de fraccionamiento del N foliar.

Los resultados, resumidos en el Cuadro 3, indican que los atributos de la planta fueron afectados por el nivel de aplicación de N. Sin embargo, lo fueron en un mayor grado por el genotipo que por el nivel de N aplicado. Algunos atributos de la planta (producción de área foliar, N foliar específico y proteína soluble en la hoja) presentaron mayor variación genotípica que los otros (rendimiento de forraje, índice de fraccionamiento de N foliar y absorción de N en la parte aérea). Como era de esperarse, el aumento en la aplicación de N mejoró el rendimiento de forraje como resultado de una mayor estimulación en la producción de área foliar.

La variación genotípica en rendimiento de forraje en relación con la aplicación de N fue mayor en *B. dictyoneura* y *B. humidicola* que en las otras cuatro especies. Los genotipos de *B. decumbens* y *B. arrecta* respondieron linealmente al aumento de N. El cultivar *B. dictyoneura* cv. Llanero CIAT 6133 fue sobresaliente en rendimiento de forraje comparado con los otros dos genotipos de esta especie a cada nivel de N aplicado. Una variación genotípica significativa en producción de área foliar se observó en *B. brizantha*, *B. decumbens* y *B. dictyoneura*. La variación genotípica en producción de área foliar en relación con la cantidad de N aplicado (Figura 1) fue mayor que la del rendimiento de forraje (Cuadro 3). El aumento de N aplicado mejoró la producción de área foliar de los genotipos de *B. decumbens*, *B. ruziziensis* y la especie *B. arrecta*. Estos resultados indican que la variación genotípica en producción de área foliar y en el fraccionamiento foliar del N en las especies de *Brachiaria* fueron mayores

que la variación en la absorción de N del suelo. [I. M. Rao, G. Keller-Grein, J. Ricaurte y R. García]

1.3 Dinámica del fósforo en la rizósfera

El proyecto financiado por BMZ/GTZ y realizado conjuntamente con científicos alemanes se completó en 1995. El objetivo de este proyecto era determinar la dinámica del P en la rizósfera de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales que crecen en suelos ácidos de baja fertilidad. Los logros en este proyecto se presentarán en una tesis de posgrado (Ph.D.) en la Universidad de Hohenheim, Alemania. La investigación en este proyecto se orientó para determinar: (1) las diferencias entre *B. dictyoneura* y *B. ruziziensis* en adaptación a suelos ácidos, (2) la influencia del P aplicado en la morfología de la raíz y en la absorción de nutrimentos, (3) el papel de la micorriza vesículo-arbuscular (MVA) en la absorción de P, y (4) la influencia de la deficiencia de P en la exudación de ácidos orgánicos de las raíces. Las principales observaciones se resumen a continuación.

1.3.1 Adaptación a suelos ácidos: En Carimagua, se realizó un experimento de campo en dos tipos de suelo contrastantes (franco-arcilloso y franco-arenoso) para comparar las diferencias en adaptación a suelos ácidos entre *B. dictyoneura* (bien adaptado) y *B. ruziziensis* (menos adaptado). El estudio fue diseñado para identificar factores causales de deficiencia de P al utilizar dos tipos de suelo, dos niveles de aplicación de nutrimentos y de cal para reducir la toxicidad de aluminio y yeso para mejorar la aplicación de Ca en el subsuelo. Los tratamientos permitieron evaluar si la limitación del P en el crecimiento de las raíces y la parte aérea se debía directamente a la baja aplicación del nutrimento en el suelo, o indirectamente a la restricción en el crecimiento de las raíces por toxicidad de aluminio o deficiencia de Ca. La aplicación baja de nutrimentos fue (kg/ha): 20 P, 20 K, 47 Ca, 14 Mg, 10 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo. La aplicación alta fue (kg/ha): 50 P, 40 N, 100 K, 100 Ca, 28 Mg, 20 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo. La cal se aplicó a razón de: 0.5 t/ha en el suelo franco-arenoso y de 2 t/ha en suelo franco-arcilloso, para reducir la saturación de aluminio a 50%. El yeso se aplicó para proporcionar las mismas cantidades de Ca que se aplicaron en los tratamientos de cal, siendo de 1.2 t/ha en el suelo franco-arenoso y de 4.8 t/ha en el suelo franco-arcilloso.

Cuadro 3. Efecto del N aplicado sobre el rango de variación genotípica en atributos de la planta de seis especies de *Brachiaria* (18 genotipos), cultivadas en macetas con 4 kg de un Oxisol franco-arenoso de Carimagua. Las mediciones en atributos de la planta se hicieron después de 48 días de crecimiento.

Atributos de la planta	Aplicación de nitrógeno (kg/ha)			
	0	40	80	200
Rendimiento de forraje (g/maceta)	7.2 - 13.4	8.9 - 23.0	10.5 - 27.2	14.1 - 35.2
Area foliar (cm ² /maceta)	186 - 828	236 - 1230	238 - 1520	365 - 1922
N foliar específico (mg/m ²)	402 - 1857	525 - 2219	577 - 2641	936 - 2620
Proteína soluble en hojas (g/m ²)	0.54 - 2.15	0.72 - 2.80	0.83 - 2.58	1.29 - 3.19
Indice de fraccionamiento de N foliar (%)	44 - 86	35 - 80	41 - 74	38 - 75
Absorción de N en los brotes (mg/maceta)	36 - 75	77 - 130	115 - 200	179 - 322

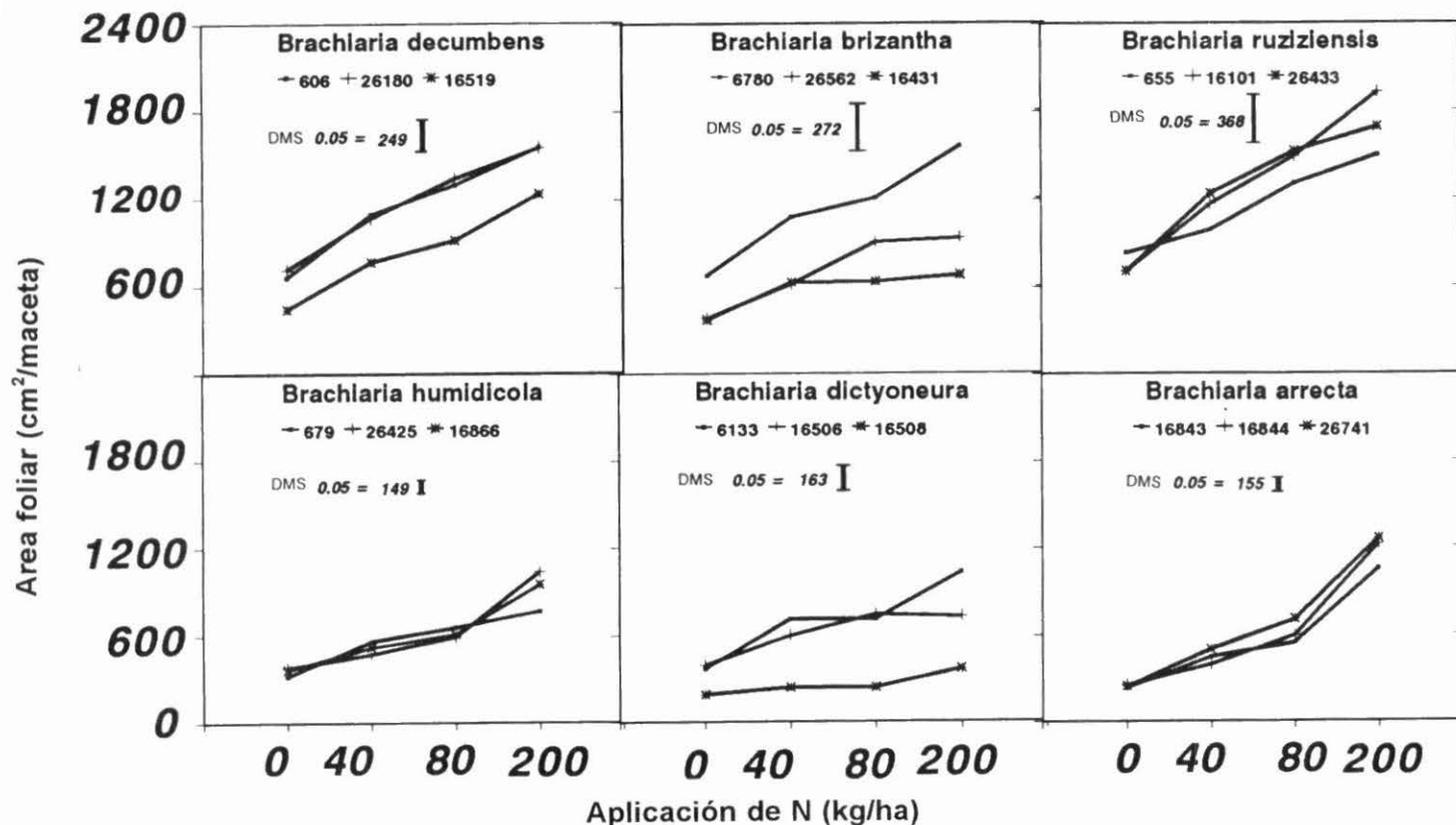


Figura 1. Diferencias genotípicas en producción de área foliar de seis especies de *Brachiaria*, según la aplicación de nitrógeno en un Oxisol franco-arenoso de Carimagua.

Los resultados presentados en la Figura 2 muestran que el crecimiento de las raíces y la biomasa aérea de ambas especies no fue limitado por la toxicidad del aluminio. La densidad de la longitud radicular de *B. ruzizensis* fue marcadamente inferior a la de *B. dictyoneura*, independientemente del tratamiento. Por lo tanto, la demanda de una aplicación alta de nutrimentos fue mayor con *B. ruzizensis*. En suelos franco-arenosos sin N adicional y con aplicación de nutrimentos muy baja, *B. dictyoneura* fue más productivo que *B. ruzizensis* al aumentar la edad de la pastura (hasta 28 meses). Esto se debió, principalmente, a la capacidad de *B. dictyoneura* para alterar sus raíces y el fraccionamiento de la materia seca para adquirir mayores cantidades de P, conjuntamente con su bajo requerimiento de N para crecimiento [K. Häußler, F. Tabares, R. García, I. M. Rao y H. Marschner].

1.3.2 Morfología de la raíz y absorción de nutrimentos: Se realizaron tres experimentos de invernadero para determinar la influencia de la aplicación de nutrimentos en la ramificación de las raíces de *B. dictyoneura* y *B. ruzizensis*. Las plantas se cultivaron en macetas con 2 kg y con 4 kg de suelo, utilizando dos tipos de suelo (franco-arenoso y franco-arcilloso) de un Oxisol de Carimagua. En el primer experimento, ambas especies se cultivaron en macetas con una mezcla de fertilizante basal (kg/ha): 40 N, 100 K, 28 Mg, 20 S y micronutrimentos. Se estudió la influencia de niveles bajo y alto de P y Ca (20 P y 50 Ca, 50 P y 100 Ca) en la morfología de la raíz y absorción de nutrimentos en ambos tipos de suelo. La biomasa de los rebrotes aéreos y la longitud de la raíz de ambas especies fueron mayores con la aplicación alta de P y Ca. La absorción de Ca por unidad de longitud de raíz fue varias veces mayor en *B. ruzizensis* que en *B. dictyoneura*.

En otro ensayo, utilizando la técnica de 'minirhizotrons' (cajas plegables), se determinaron las diferencias en ramificación de la raíz de ambas especies, cultivadas en un suelo franco-arcilloso con diferentes niveles de N aplicado (kg/ha): 7, 22 y 66. Aunque la longitud total de la raíz fue inferior en *B. ruzizensis*, la ramificación de ésta y, por lo tanto, el número de puntos de crecimiento fue mayor en *B. ruzizensis* que en *B. dictyoneura* (Foto 1). Como los puntos de crecimiento

de la raíz son los principales sitios de absorción de Ca, se realizó un tercer experimento para determinar la influencia de la aplicación de P (kg/ha): 5, 10, 20 y 50 en la absorción de Ca por *B. dictyoneura* cultivado en un Oxisol franco-arenoso. La ramificación y el número de puntos de crecimiento de la raíz aumentaron tres veces con aplicación más alta de P. La ramificación de la raíz estuvo estrechamente relacionada con la aplicación de P ($r^2 = 0.89$) y la concentración de Ca en la parte aérea fue significativamente mayor al aumentar la aplicación de P ($r^2 = 0.72$). Estos resultados indican que al aumentar el suministro de P en el suelo aumenta la ramificación de la raíz y contribuye a una mayor absorción de Ca del suelo [K. Häußler, F. Tabares, R. García, I. M. Rao y H. Marschner].

1.3.3 Papel de las micorrizas vesículo-arbuscular (MVA): Se realizaron tres experimentos de invernadero para evaluar la importancia de la asociación de leguminosas con MVA en el crecimiento de las plantas y absorción de P. Se utilizaron *Stylosanthes capitata*, *S. sympodialis* y *Arachis pintoi* cultivadas con baja aplicación de nutrimentos. Se sabe que *S. sympodialis* está menos adaptado a suelos ácidos. En el experimento 1, en un suelo franco-arenoso esterilizado e inoculado con *Glomus manihotis* se examinó la dependencia de *S. capitata* y *S. sympodialis* por MVA. A niveles bajos y moderados de aplicación de P (kg/ha): 10, 20 y 50, ambas especies fueron altamente dependientes de la colonización de MVA para el crecimiento de las plantas y absorción de P. En el experimento 2, en dos tipos de suelo (no esterilizado) a diferentes niveles de aplicación de P (0 y 200 kg/ha) se probó la respuesta de *A. pintoi* a la inoculación con MVA. Aunque la población inicial de esporas en ambos suelos fue similar (400 esporas/100 g de suelo) la colonización de MVA y la respuesta de *A. pintoi* a la aplicación P fue mayor en suelo franco-arenoso que en suelo franco-arcilloso.

En un tercer experimento se probó si las características de suelo que suprimen la colonización de MVA o las MVA nativas en suelo franco-arcilloso bloquean el potencial para colonizar las raíces de *A. pintoi*. Las plantas se cultivaron en un suelo franco-arcilloso no esterilizado, inoculado con esporas derivadas de un suelo franco-arenoso. El crecimiento de las plantas, la colonización de raíces por MVA y la absorción de P

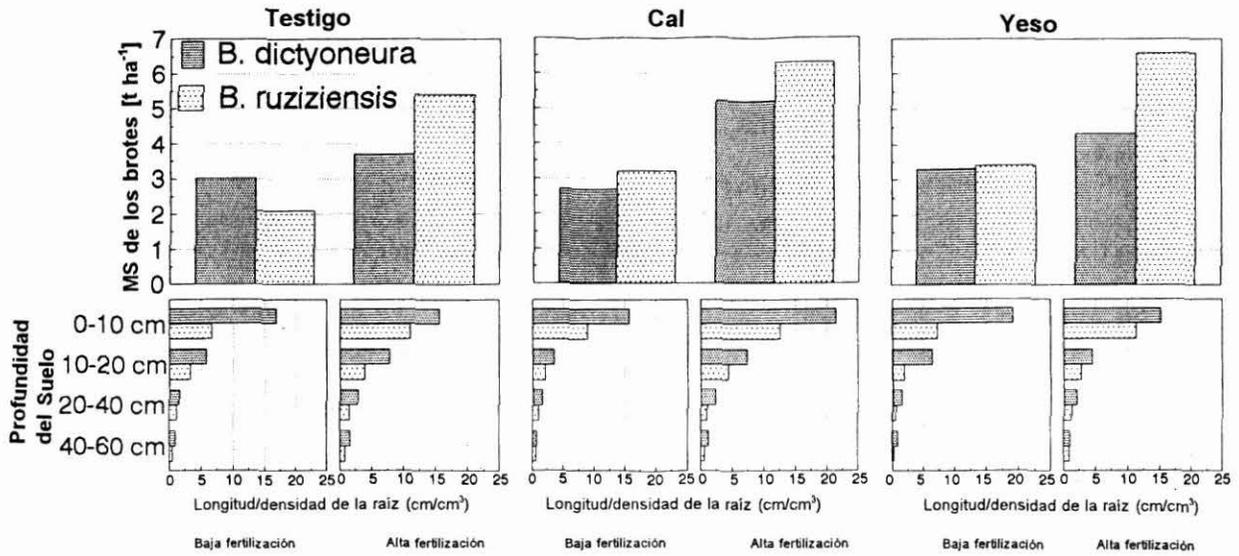


Figura 2. Diferencias en producción de biomasa de la parte aérea y densidad de la longitud de la raíz de *B. dictyoneura* y *B. ruziziensis*, como resultado de la aplicación de cal o yeso con cantidades bajas y altas de fertilizantes. (ver texto para detalles sobre la aplicación de fertilizantes).

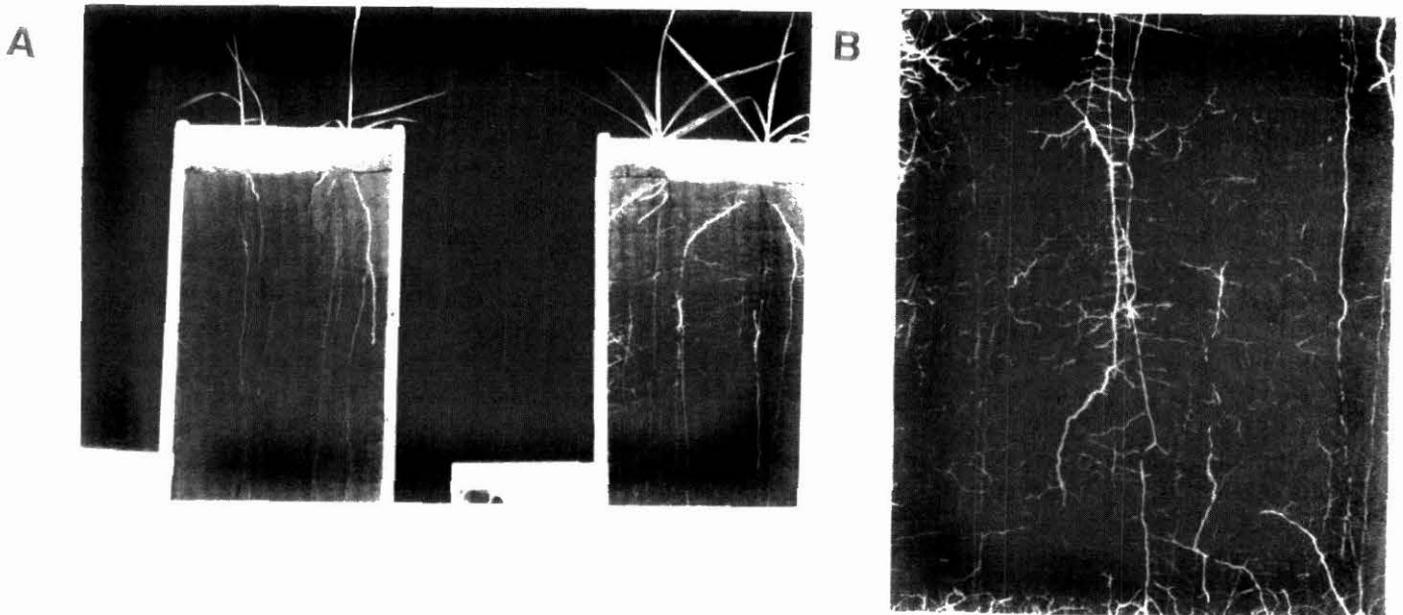


Foto 1. (A) Crecimiento y desarrollo de raíces de *Brachiaria ruziziensis* (derecha) y *B. dictyoneura* (izquierda) cultivadas en un Oxisol de Carimagua; y (B) sistema radical de *B. ruziziensis* que muestra la ramificación extensa y el mayor número de puntos de crecimiento.

fueron mejoradas significativamente mediante la inoculación de esporas provenientes de suelo franco-arenoso. Estos resultados indican la importancia de la colonización de MVA en el establecimiento de leguminosas forrajeras, en particular en suelos franco-arcillosos, donde la población nativa de MVA no puede, quizás, mantener un crecimiento adecuado de las plantas. En consecuencia, la selección de accesiones superiores de *A. pintoii* y/o inoculación con una especie efectiva de MVA puede ser una estrategia importante para el establecimiento rápido de esta leguminosa en Oxisoles franco-arcillosos [K. Häußler, A. Milz, I. M. Rao, B. Dinkelaker y H. Marschner].

1.3.4 Producción y exudación de ácidos orgánicos en las raíces: Se sabe que la exudación de ácidos orgánicos en la rizósfera contribuye a la absorción de P desde fuentes menos disponibles y a la tolerancia a deficiencias de P. En la Universidad de Hohenheim, Alemania, utilizando cámaras de crecimiento de plantas y técnicas de cultivo en solución nutritiva, se investigó la influencia de la deficiencia de P en el exudado de ácidos orgánicos de las raíces de *A. pintoii*. La deficiencia de P se indujo mediante la transferencia de plantas cultivadas en solución nutritiva completa a una solución deficiente en P. La deficiencia de P redujo las concentraciones de ácidos málico, cítrico y fumárico en las raíces. Pero la exudación de ácido fumárico de raíces frescas fue de 0.8 nmol/g/h para plantas deficientes en P, comparada con cantidades mínimas en plantas con suficiente P (< 0.07 nmol/g/h).

Se sabe que la deficiencia de P induce la exudación de ácido fumárico en raíces de maní cultivado, pero no de frijol ni de soya. La cantidad total de ácidos orgánicos exudados por raíces de *A. pintoii* deficientes en P no fue suficiente para explicar la disminución en el pH de la solución nutritiva, al compararlo con plantas cultivadas en medio con suficiente P, lo que sugiere que el cambio en el balance catión/anión fue responsable de ello. Se requiere aún trabajo adicional para determinar el significado de la exudación de fumárico en la raíz de plantas de *A. pintoii* [I. M. Rao y H. Marschner].

1.4 Mecanismos de tolerancia de *Brachiaria* a suelos ácidos

Se inició una tesis de estudiante graduado (Ph.D.) dentro de un proyecto financiado por la Academia Austriaca de Ciencias, en colaboración con la Universidad de Viena, Austria; la Unidad de Investigación en Biotecnología en el CIAT; y el

National Accelerator Center in Faure, Sudáfrica. El objetivo del proyecto es investigar los mecanismos de tolerancia de *Brachiaria* a suelos ácidos.

Tres especies, *B. decumbens* cv. Basilisk (bien adaptado), *B. brizantha* cv. Marandú (menos persistente) y *B. ruziziensis* cv. Común (de pobre persistencia) se seleccionaron para identificar la base fisiológica, bioquímica y molecular de las diferencias en tolerancia a un estrés simulado de suelo ácido —toxicidad de Al y aplicación baja de nutrimentos—. Se utilizó una solución nutritiva con baja fuerza iónica, diseñada con la ayuda del modelo GEOCHEM 2.0 para simular los tratamientos de estrés. Se compararon cuatro tratamientos: solución control (co-Al) que no contenía Al, pero sí cantidades suficientes de todos los nutrimentos; control con concentración tóxica Al ($Al^{3+} = 44 \mu M$) (co + Al); solución de estrés nutricionales sin Al (st-Al); y solución de estrés nutricional con Al (st + Al) que contenía bajos niveles de N, P, K, Ca, Mg en combinación con una concentración tóxica de Al.

La efectividad de estas soluciones se probó en tres variedades de arroz que diferían en tolerancia a suelo ácido. La producción de MS de la raíz y de la parte aérea y, en particular, el alargamiento de la raíz fueron afectados severamente por el tratamiento st + Al, aun en la variedad de arroz más tolerante a suelo ácido. A diferencia de las variedades de arroz, las especies de *Brachiaria*, especialmente *B. decumbens*, fueron menos sensibles a este tratamiento. Los resultados obtenidos hasta el presente indican que: (1) las tres especies de *Brachiaria* son tolerantes a Al, y (2) *B. ruziziensis* está menos adaptada que las otras a Al, como lo demuestran los parámetros de crecimiento relativo (Cuadro 4). La longitud de las raíces de *B. ruziziensis* disminuyó significativamente en el tratamiento st + Al, que no afectó a *B. decumbens*.

El modelo desarrollado para simular el estrés de suelo ácido (st + Al) está siendo utilizado para investigar los mecanismos de adaptación de la especie *Brachiaria* a estos suelos. La investigación está centrada en tres aspectos: (1) absorción de nutrimentos por la planta, (2) producción y exudación de compuestos fenólicos tóxicos, e (3) inducción de genes.

Cuadro 4. Diferencias relativas en atributos de parte aérea y de raíz de tres especies de *Brachiaria*, cultivadas en solución nutritiva con fuerza iónica baja. Los valores son porcentajes de una solución¹ nutritiva st+Al comparados con aquellos de una solución² co-Al.

Parámetro	Especies		
	<i>B. ruzizensis</i>	<i>B. decumbens</i>	<i>B. brizantha</i>
Biomasa aérea (rebrotos)	45 ^a	71 ^b	73 ^b
Area foliar	33 ^a	61 ^b	63 ^b
Biomasa de la raíz	81 ^a	139 ^b	118 ^b
Longitud de la raíz	35 ^a	100 ^c	65 ^a
Número de puntas de la raíz	24 ^a	58 ^b	61 ^b

a,b,c P < 0.05 entre especies, según el método Tukey-Kramer.

¹ Composición en μM : 100 NO_3^- , 10 NH_4^+ , 60 Ca^{2+} , 60 K^+ , 30 Mg^{2+} , 1 H_2PO_4^- , 6 H_3BO_3 , 1 Mn^{2+} , 1 Zn^{2+} , 0.2 Cu^{2+} , 0,001 MoO_4^{2-} , 5 Fe^{3+} , 5 EDTA^{2-} , 5 SiO_3^{2-} , 80 Na^+ , 100 SO_4^{2-} , 268,398 Cl^- , 80 Al^{3+} , 54,68 HCl (pH=4.2)

² Composición en μM : 500 NO_3^- , 50 NH_4^+ , 300 Ca^{2+} , 300 K^+ , 150 Mg^{2+} , 5 H_2PO_4^- , 6 H_3BO_3 , 1 Mn^{2+} , 1 Zn^{2+} , 0,2 Cu^{2+} , 0,001 MoO_4^{2-} , 5 Fe^{3+} , 5 EDTA^{2-} , 5 SiO_3^{2-} , 80 Na^+ , 286 SO_4^{2-} , 252,398 Cl^- , 67.75 HCl (pH=4.2)

1.4.1 Absorción nutricional: La enzima Adenosin Trifosfatasa (ATPasa), que trasloca H^+ de la membrana plasmática, desempeña un papel clave en la nutrición de la planta, ya que crea un gradiente de protón que se utiliza como fuerza motriz para la absorción de nutrimentos. Los experimentos se iniciaron para evaluar el efecto de tratamiento st + Al en la actividad de ATPasa de la membrana del plasma radicular. Las membranas del plasma se purificaron a través de un método de partición en dos fases. Los estudios con inhibidores específicos de ATPasa de diferentes tipos de membrana celular revelaron un grado alto de pureza. Actualmente se están evaluando el grado y el modo de inhibición de la actividad de H^+ -ATPasa por Al^{3+} y la influencia de cationes como K^+ , Ca^{2+} y Mg^{2+} en la actividad de la enzima.

En general, se considera que la absorción de nutrimentos es especialmente activa en las puntas de las raíces. Por lo tanto, las diferencias en mecanismo de absorción o preferencias hacia ciertos elementos. Por ejemplo, en el contexto del equilibrio anión-catión, podrían dar lugar a diferencias en los niveles y/o distribución de nutrimentos en los tejidos de la punta de la raíz. Para abordar este aspecto, se prepararon secciones transversales de ésta con un microtomo, se liofilizaron y se exploraron a través de protones inducidos por emisión de rayos-x (PIXE). Esta técnica permite visualizar la distribución espacial de Al, P, Ca, K, Si, S, Cl, Fe, Mn, Cu y Zn en puntas de la raíz. Los

resultados preliminares en la distribución de S, P y K indicaron una buena resolución espacial.

Una estrategia bien conocida para evaluar la absorción de P y tolerancia a Al de especies forrajeras en suelos ácidos involucra la determinación de la producción y exudación de ácidos orgánicos en la raíz. Para evaluar estas características en *Brachiaria* se están desarrollando protocolos para purificación de ácidos orgánicos y análisis de HPLC.

1.4.2 Producción y exudación de compuestos fenólicos tóxicos: Estudios preliminares realizados en EMBRAPA-CPAC, Planaltina, Brasil, sugirieron que la persistencia de ciertas leguminosas cuando se asocian con especies de *Brachiaria* (por ejemplo, *B. brizantha* cv. Marandú) podría ser afectada por la acumulación de compuestos tóxicos (alelopatía) en el suelo. La producción y la exudación de compuestos fenólicos también pueden causar autotoxicidad a la especie *Brachiaria*, lo que conduce a una baja persistencia en condiciones de campo. 'Medicarpin', un compuesto fenólico soluble en agua y producido por la alfalfa, fue identificado como un aleloquímico que causa autotoxicidad. Por lo tanto, se extrajeron compuestos fenólicos de raíces de plantas cultivadas en forma controlada y en condiciones de estrés y se analizaron por HPLC. En las raíces de *B. ruzizensis* se identificaron dos compuestos principales que se acumulan, por lo menos 10 veces más, bajo condiciones de estrés. Queda ahora por demostrar en qué grado

estos compuestos son responsables de la reducción del crecimiento de las raíces de *B. ruziziensis* bajo el tratamiento st + Al mencionado anteriormente. Es necesario desarrollar ensayos biológicos para la evaluación del potencial tóxico de extractos de las raíces y parte aérea en plántulas de varias gramíneas y leguminosas.

1.4.3 Inducción de genes. El aislamiento de genes inducidos por estrés puede proporcionar un enfoque alternativo para avanzar en el conocimiento de las diferencias en adaptación de especies de *Brachiaria* a suelos ácidos. La comparación de las secuencias de ADN de genes aislados con aquellos genes conocidos en bases de datos, la visualización de su patrón de expresión en tejidos mediante hibridación in situ y la evaluación de su inducibilidad por diferentes tratamientos de estrés, podrían producir información valiosa en lo que se refiere a su papel en la adaptación a suelos ácidos. Los experimentos fueron iniciados mediante aislamiento de mRNA de puntas de la raíz de plantas cultivadas en el tratamiento st + Al y utilizado para la síntesis cDNA. El cDNA fue luego amplificado a PCR y actualmente está siendo clonado en vectores plasmídicos para construcción de cDNA [P. Wenzl, L. Mancilla, C. Pineda, A.L. Chaves, J. Mayer, I. Rao, R. Albert y E. Heberle-Bors].

Los resultados obtenidos en 1995 indican que las diferencias en adaptación y persistencia en suelos ácidos entre especies de *Brachiaria* podrían atribuirse a diferencias en tolerancia a baja disponibilidad de nutrientes en ambientes de suelos con Al tóxico. Atributos de la raíz, como longitud y ramificación, son factores principales que afectan la absorción de P y Ca en suelos de baja fertilidad. El mejoramiento en la absorción de P en suelos de baja fertilidad contribuye a un mayor crecimiento de hojas y producción de forraje. La variación genotípica en los atributos de las hojas y la raíz de *Brachiaria* fue mayor que la variación debida a los cambios en aplicación de nutrientes. Tres atributos de la planta: producción de área foliar, enraizamiento longitudinal y eficiencia de absorción de P por unidad de longitud de la raíz, se identificaron como índices posibles de selección para evaluar la tolerancia de genotipos de *Brachiaria* a suelos de baja fertilidad. Se requiere investigación adicional en las accesiones de *A. pintoi* para evaluar el papel de la MVA y la exudación de ácidos orgánicos en la raíz, con el objeto de dilucidar los mecanismos de absorción de P y para mejorar su comportamiento durante la fase de establecimiento de pasturas, en particular en Oxisoles

franco-arcillosos.

2. Las Raíces en el Reciclado de Nutrientes y en la Absorción de Carbono

En pasturas sometidas a pastoreo el ciclo de los nutrientes desde el suelo a las plantas y su regreso nuevamente al suelo ocurre a través del tejido muerto de la planta o mediante la excreta de los animales. La evaluación de la dinámica de la biomasa y la longitud radicular en pasturas basadas en leguminosa, comparadas con pasturas de gramíneas solas o con pasturas nativas, es un componente clave para comprender el papel del reciclado de nutrientes y la absorción de C en el suelo. Se considera que las diferencias en biomasa de la raíz a través del tiempo reflejan el resultado neto de nuevo crecimiento de raíces y la pérdida de éstas por muerte y deterioro. Por lo tanto, la regeneración de raíces a través del tiempo contribuye no sólo al reciclado de nutrientes, sino también a mejorar los suelos vía absorción de C.

2.1 Cambios en la biomasa y en la longitud específica de las raíces en pasturas

En un Oxisol franco-arcilloso de la estación CIAT-Carimagua, Llanos Orientales de Colombia, durante 4 años se estimaron la biomasa y la longitud de la raíz durante la estación de cultivo de *B. dictyoneura* sola y de *B. dictyoneura* + *C. acutifolium* en pastoreo y se compararon con la sabana nativa. El manejo de las pasturas y las aplicaciones de fertilizante se describieron anteriormente (Tropical Forages Program. Biennial Report 1992-1993). La aplicación baja de fertilizantes (kg/ha) fue: 20 P, 20 K, 50 Ca, 20 Mg, 12 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.5 Bo, 0.1 Mo, y la aplicación alta (kg/ha) fue: 60 P, 60 K, 150 Ca, 60 Mg, 24 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.5 Bo y 0.1 Mo.

Los cambios en biomasa y longitud específica (longitud por unidad de peso de la raíz) de la raíz en relación con la edad de la pastura aparecen en la Figura 3. El promedio de producción de biomasa de la raíz de la pastura de gramínea sola fue aproximadamente de 6 t/ha, en comparación con la de la gramínea asociada con leguminosa que fue de 3.9 t/ha, con la aplicación inicial baja de fertilizantes. En contraste con las pasturas mejoradas, la producción de biomasa de la raíz de la sabana nativa fue sólo de 1.5 t/ha (Figura 3a)

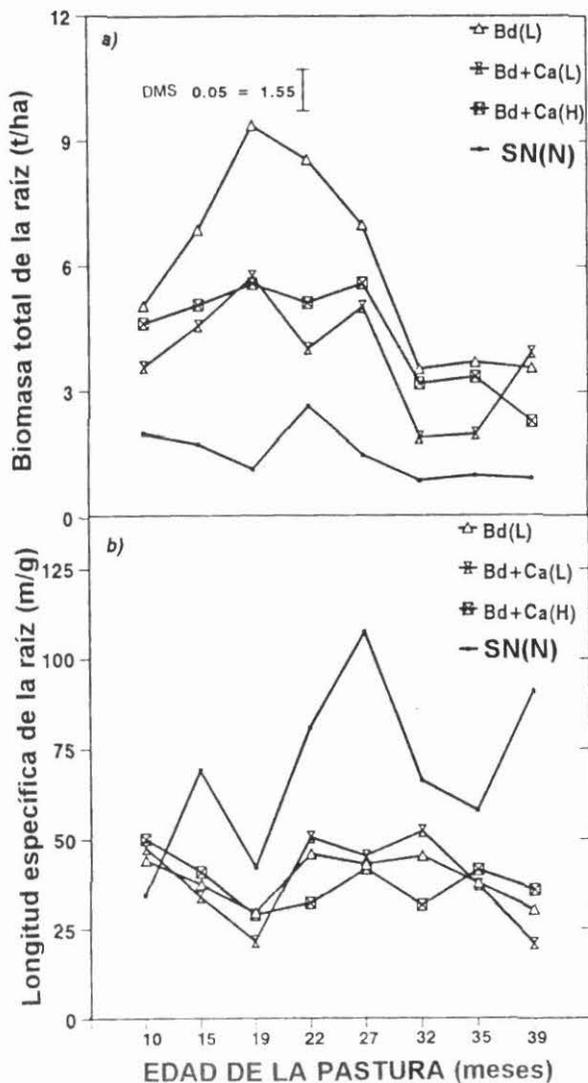


Figura 3. Cambios en: (a) biomasa total de la raíz y (b) longitud específica de la raíz en varias pasturas establecidas en un Oxisol franco-arcilloso de Carimagua. Las pasturas fueron establecidas en agosto de 1990 y el pastoreo se inició 10 meses después del establecimiento (junio de 1991). Las pasturas mejoradas fueron utilizadas con carga media. B.d. = *B. dictyoneura*, C.a. = *C. acutifolium*, S.N. = sabana nativa. L = fertilizante inicial baja; H = fertilizante inicial alta; N = sin aplicación de fertilizante (las dosis aparecen en el texto).

Las estimaciones de renovación de la raíz (k , por año) con base en los cambios en biomasa con el transcurso del tiempo ($k = W_y/W_{max}$, donde W_y = incremento anual, W_{max} = biomasa máxima) indicaron que aquella fue dos a tres veces mayor en pasturas mejoradas (0.97 a 1.65) que en la sabana nativa (0.48), después de 3 años. La longitud específica de la raíz, que es una medida de la fineza del sistema radical, fue mayor en las pasturas de la sabana nativa que en las mejoradas (Figura 3b). Aún es necesario evaluar la renovación de las raíces y su persistencia a largo plazo (> 5 años).

Los resultados, resumidos en el Cuadro 5, muestran cambios a través del tiempo en la reserva de nutrientes en las raíces de varias especies. Los cambios en la reservas de N y P reflejan, en parte, los cambios en la biomasa de la raíz. La cantidad de N presente en raíces de pasturas mejoradas fue hasta de 18 kg/ha, mientras que en sabana nativa fue sólo de 6 kg/ha. La reserva de P en raíces de pasturas mejoradas fue hasta cinco veces mayor que en la sabana nativa. Tendencias similares se observaron con las reservas de K y Ca. Estos resultados indican el grado de reciclado de nutrientes vía renovación de raíces en pasturas bajo pastoreo con animales.

La determinación de la biomasa y la longitud de la raíz en gramíneas solas o con leguminosas persistentes (mayores de 5 años) indicó que la biomasa total de la raíz en estas pasturas (*B. decumbens*/*P. phaseoloides*; *B. humidicola*/*A. pintoi*) varió entre 0.8 y 1.4 t/ha. Esta observación indica que las pasturas bien manejadas —con fertilización de mantenimiento cada 2 años— quizás no requieren de un sistema radical extenso, si el reciclado de nutrientes y la actividad biológica es alta en la parte superior (20 cm) del perfil del suelo. Sin embargo, un sistema radical pequeño puede presentar una mayor renovación que el de pasturas de corta duración, las cuales no alcanzan aún un estado de equilibrio en términos de reciclado de nutrientes. Se requiere un trabajo de investigación adicional para comprobar esta hipótesis. La estimación a largo plazo de la longitud específica de la raíz en estas pasturas indicó que era mayor en *B. decumbens* que en *B. humidicola* [I. M. Rao, P. Herrera y J. C. Granobles].

Cuadro 5. Cambios a través del tiempo en las reservas de nutrientes en raíces (kg/ha) de varias especies forrajeras establecidas en un Oxisol franco-arcilloso de Carimagua (ver Figura 3 para detalles de los tratamientos).

Nutriente	Pasturas	Edad de la pastura (meses)					Promedio
		10	15	19	32	35	
Nitrógeno	Sn (N)	5.71	6.23	4.60	3.81	2.70	4.61
	Bd (B)	9.40	16.59	15.42	13.17	7.51	12.42
	Bd + C.a. (B)	10.82	18.04	12.46	8.08	6.27	11.13
	Bd + C.a. (A)	15.26	17.35	16.43	14.64	7.77	14.29
Fósforo	Sn (N)	0.41	0.41	0.15	0.13	0.59	0.34
	Bd (B)	1.17	1.96	3.63	0.99	0.14	1.58
	Bd + C.a. (B)	1.07	1.35	2.04	0.34	0.07	0.97
	Bd + C.a. (A)	1.47	1.63	2.00	1.41	0.15	1.33

Sn = sabana nativa; Bd = *B. dictyoneura*; C.a. = *C. acutifolium*.

N = sin fertilizante; B = fertilización inicial baja; A = fertilización inicial alta.

2.2 Aporte de las pasturas en la absorción de carbono en el suelo

En Carimagua, conjuntamente con el Programa de Tierras Bajas Tropicales, se estimó la absorción de carbono (C) por pasturas mejoradas a una profundidad en el suelo entre 0 y 80 cm, y se comparó con el absorción de este elemento en suelos de sabana nativa (Figura 4).

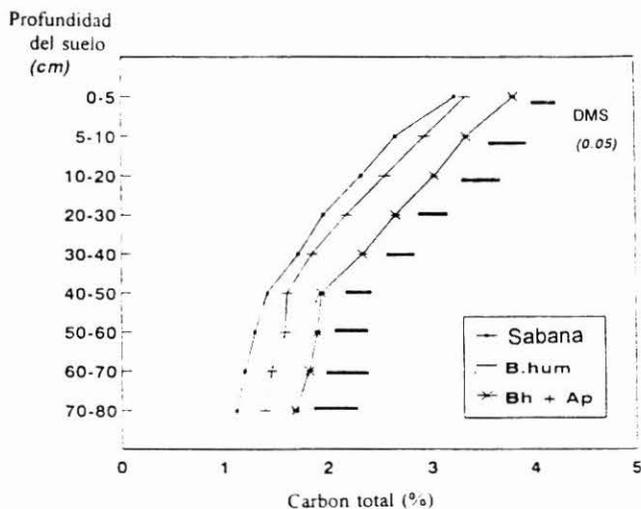


Figura 4. Distribución del carbono orgánico en suelo con gramíneas mejoradas solas (*Brachiaria humidicola* (Bh) y pasturas de *B. humidicola*/*A. pintoi* comparado con sabana nativa, en un Oxisol franco-arcilloso de Carimagua.

En pasturas de *B. humidicola* bien manejadas aumentó la concentración de C en el suelo hasta una profundidad de 80 cm, lo que dio lugar a una absorción de 25 t/ha de este elemento más que en las pasturas cercanas de sabana nativa. La inclusión durante 5 años de un componente de leguminosa (*A. pintoi*) incrementó significativamente la concentración de C y mejoró notablemente la cantidad absorbida en el suelo (75 t/ha más), casi tres veces más que la cantidad en la sabana nativa.

Todavía no se conoce la dinámica del C en el suelo en estas pasturas. Pero los resultados en la relación C:N indican que, no sólo esta relación en suelo de sabana nativa es inusualmente alta (21.5), sino que también varió hasta 33.2 en pasturas mejoradas con leguminosas. Para que esto ocurra es necesario que la relación C:N de la materia orgánica recientemente acumulada sea muy alta. Por lo tanto, es necesario comprender la dinámica de los procesos suelo-planta relacionados con la absorción de C en pasturas mejoradas. Estos resultados indican que las pasturas basadas en leguminosa no sólo contribuyen a una mayor producción animal sino también a moderar el aumento de dióxido de carbono atmosférico y, de esta manera, a reducir el calentamiento de la tierra [I. M. Rao, M. Fisher, P. Herrera y R. García]

2.3 Producción de raíces en asociaciones de gramíneas-leguminosas sembradas con cultivos

La producción y la renovación de raíces por las pasturas

basadas en leguminosas pueden contribuir a mejorar los suelos y a la producción sostenible de cosechas e sistemas de rotaciones de pasturas y cultivos. En una asociación de gramíneas-leguminosas (*B. humidicola* CIAT 679 + *A. pintoi* cv. Maní Forrajero + *S. capitata* cv. Capica + *C. acutifolium* cv. Vichada) se estudiaron la biomasa y la distribución de la longitud de la raíz hasta 80 cm de profundidad en el suelo y se compararon con la sabana nativa. La asociación se sembró conjuntamente con arroz de secano en mayo de 1993. En noviembre de 1994, 1.5 años más tarde, la biomasa total de la raíz (t/ha) de la pastura mejorada fue 1.96, comparada con 0.93 en la sabana nativa. La estimación de la longitud específica de la raíz (m/g) indicó que la sabana nativa tenía mayor producción de raíces finas; los valores fueron 90 para la sabana y 59 para la pastura mejorada [I. M. Rao, D. K. Friesen y J. C. Granobles].

Los resultados obtenidos a través de 1995 indican que la producción y renovación de raíces en pasturas basados en leguminosas no sólo mejoran el reciclado de nutrientes sino también contribuyen a la absorción de C en el suelo. Sin embargo, el grado de renovación de las raíces en pasturas a largo plazo aún no ha sido determinado. Además, es necesario determinar la dinámica del C en suelos bajo pasturas mejoradas.

3. Desarrollo de Asociaciones Estables de Gramíneas-Leguminosas

La leguminosas forrajeras tropicales desempeñan un papel clave en la fijación de N, mediante el estímulo del ciclo de otros nutrientes y el mejoramiento de la cantidad y calidad del forraje ofrecido a los animales. Sin embargo, las pasturas basadas en leguminosa son a menudo inestables. Por lo tanto, es necesario definir y modelar los atributos de la planta que contribuyen a la estabilidad de las asociaciones de gramíneas y leguminosas.

3.1 Fijación y transferencia de N por las leguminosas

Las tasas de fijación de N por leguminosas forrajeras se miden normalmente durante el primero o segundo año de establecimiento de la pastura. Existen pocos informes sobre la tasa de fijación de N durante períodos largos y se asume, generalmente, que la leguminosa continúa fijando N a tasas similares a aquéllas medidas durante los primeros años de establecimiento. Sin embargo, esta suposición debe ser comprobada por dos

razones: (1) la fertilidad del suelo puede disminuir después de la aplicación inicial de fertilizantes en el establecimiento, y (2) se sabe que la disminución de la fertilidad reduce el porcentaje de N en la leguminosa, derivado de la fijación.

En condiciones de campo en Carimagua, utilizando la técnica de dilución isótopo ^{15}N , se midió la fijación de N durante 3 años sucesivos en las leguminosas forrajeras *A. pintoi*, *C. acutifolium* y *S. capitata*. Las leguminosas crecieron en asociación con *B. dictyoneura* en dos niveles de fertilización inicial (bajo y alto), en suelos contrastantes (franco-arcilloso y franco-arenoso). Los resultados indicaron que el principal efecto de la fertilización fue sobre la población de la leguminosa y no sobre la fijación de N por unidad de biomasa (Programa de Tierras Bajas Tropicales. Informe Anual, 1994). Por lo tanto, la cantidad de N fijado por leguminosas forrajeras tropicales se puede estimar a partir de la medición de la biomasa de la leguminosa en la pastura. en consecuencia, tales estimaciones se pueden hacer de forma sencilla en campos de agricultores [R. Thomas, M. Rondón, H. F. Alarcón y N. M. Asakawa].

3.2 Papel de las leguminosas en el reciclado de nutrientes

La determinación de la absorción de nutrientes (N, P, K y Ca) en la parte aérea de asociaciones estables de gramíneas-leguminosas de *B. decumbens*/*P. phaseoloides* y *B. humidicola*/*A. pintoi*, indica que la introducción de leguminosas no sólo mejora la aplicación de N a través de la fijación biológica, sino que también contribuye a una mayor absorción y reciclado de Ca a partir de suelos ácidos de baja fertilidad (Cuadro 6) [I. M. Rao y P. Herrera]

Cuadro 6. Diferencias en absorción de nutrientes en la parte aérea pasturas gramíneas-leguminosas persistentes en un Oxisol franco-arcilloso de Carimagua.

Pastura	Edad años	N	P (kg/ha)	K	Ca
<i>B. decumbens</i>	13	23	2.2	27	6
<i>P. phaseoloides</i>	13	40	2.5	18	16
<i>B. humidicola</i>	9	33	6.2	58	6
Bh/ <i>A. pintoi</i>	9*	76	7.0	69	14

* Leguminosa con 5 años de persistencia.
Bh = *Brachiaria humidicola*.

3.3 Persistencia de las leguminosas

Los estudios de la dinámica de supervivencia y el vigor de plantas de leguminosas introducidas en asociación con gramíneas vigorosas proporcionarán una mejor comprensión de los atributos necesarios para la persistencia de las leguminosas.

3.3.1 Persistencia de leguminosas en suelos arenosos de baja fertilidad: En Carimagua, *S. capitata* cv Capica y *C. acutifolium* cv Vichada, sembrados en asociación con *B. dictyoneura* cv Llanero, no persistieron más de 2 años cuando se sembraron en un suelo franco-arenoso, mientras que sí persistieron por más tiempo en un suelo franco-arcilloso. Esta pobre persistencia pudo deberse a su incapacidad para competir con las gramíneas por nutrientes, en particular por K; y por humedad durante la estación seca. Por otra parte, *S. capitata* cv Capica ha persistido durante 8 años en asociación con *B. decumbens* en un suelo similar de la misma localidad, en condiciones en las cuales la agresividad de las gramíneas fue reducida por infestación con salivazo.

En junio de 1994 se inició un experimento para investigar la causa de la baja persistencia de las leguminosas. Para el efecto se establecieron *A. pintoii* cv. Maní Forrajero, *S. capitata* cv. Capica, *C. acutifolium* cv. Vichada y *D. ovalifolium* CIAT 13089 en pasturas de *B. dictyoneura* y *B. decumbens* mediante la siembra en hileras cultivadas y fertilizadas con cuatro combinaciones de P y K.

El establecimiento de las leguminosas fue bueno, excepto *C. acutifolium* cv. Vichada con *B. decumbens*, debido a que las plántulas fueron atacadas por langostas. Se encontró una alta respuesta a P y K durante el establecimiento. Las áreas experimentales estaban localizadas dentro de potreros y se abrieron para pastoreo cada 3 a 4 semanas.

En 1995, todas las leguminosas persistían, pero con diferente vigor. Aún se observa una respuesta fuerte a P. La respuesta a K es variable a través de especies y dentro de tratamientos de las especies aparentemente más susceptibles a deficiencia de este nutriente. *Desmodium ovalifolium* presentó respuesta significativa a P ó K. La respuesta variable dentro de parcelas probablemente se debe a diferencias espaciales pequeñas en el K del suelo. *Stylosanthes capitata* cv. Capica parece ser más susceptible a deficiencias de K que *A.*

pintoii cv. Maní forrajero y que *C. acutifolium* cv. Vichada.

El vigor de las plantas fue mayor para *D. intortum*, que fue pastoreado muy bajo. Le siguieron *S. capitata* cv. Capica, que fue sometido a un pastoreo fuerte, y *A. pintoii* y *C. acutifolium* que presentaron un vigor similar. El comportamiento del *A. pintoii* CIAT 17434 cv. Maní Forrajero durante 1995 no ha sido bueno. Este cultivar ha presentado una coloración amarilla y aparece más susceptible a enfermedades como antracnosis y mancha foliar que en 1994. Recientemente se estableció *A. pintoii* CIAT 22160 en la misma área y parece mucho más vigoroso.

También se está observando la dinámica de supervivencia de plantas originales y generaciones subsiguientes, la cobertura de la planta y la invasión de las gramíneas en los surcos de la leguminosa [P. Kerridge y J. C. Granobles].

3.3.2 Establecimiento y persistencia de leguminosas con diferentes gramíneas. Algunas accesiones nuevas de leguminosas y gramíneas están actualmente disponibles para evaluación regional. Se consideró útil evaluar las leguminosas en términos de su compatibilidad y persistencia cuando crecen en asociación con diferentes gramíneas.

En julio de 1995, en un Oxisol franco-arenoso de Carimagua se estableció un experimento de campo para estudiar asociaciones de *A. pintoii* CIAT 22160, *S. guianensis* CIAT 11833 y *S. capitata* cv. Capica con las gramíneas contrastantes *B. dictyoneura* cv. Llanero y *P. maximum* CIAT 6944. Se incluyó además un tratamiento de gramíneas solas para comparación con el efecto de la leguminosa en el crecimiento de las gramíneas. Se tienen también dos niveles de fertilización para estudiar la interacción entre nutrición y compatibilidad [P. Kerridge, Y. Saito, I. M. Rao y J. Granobles].

3.4 Desarrollo de modelos de simulación

Los modelos de simulación en computador de asociaciones estables de gramíneas-leguminosas son un aporte valioso para la comprensión de la productividad de las pasturas y para predecir su comportamiento en diferentes áreas. Los modelos de simulación orientados a los usuarios pueden facilitar la tarea de manejo de pasturas y mantener, de esta forma, una producción animal sostenible. El sistema de soporte de decisiones

para transferencia de agrotecnología (DSSAT, sigla en inglés) Versión 3.0 tiene 10 modelos de cultivo, incluyendo maní. Estos modelos proporcionan un formato común de insumo-producción, y son similares en el detalle de los niveles. Operan en un mismo tiempo diario y se basan en la comprensión de los procesos biofísicos. La nueva versión DSSAT 3.1 puede cubrir una gramínea forrajera (pasto Bahía). Se están haciendo los ajustes al programa inicial para modificar el modelo de maní y adaptarlo a *Arachis* forrajero.

El modelo CROPGRO-Maní simula el crecimiento del maní (*Arachis hypogaea*) utilizando un código de programa FORTRAN. El modelo tiene insumos a partir de archivos para definir especies y atributos de cultivar. Es un modelo mecánico que incluye fotosíntesis a nivel de hoja, interceptación de luz en la cubierta vegetal viva cerca del suelo, balance de N en el suelo, absorción y fijación de N, opciones de equilibrio de energía, rutinas mejoradas de desarrollo de cultivos y aproximaciones al ataque de plagas.

El objetivo es modificar archivos de "especies" y "cultivar" en el CROPGRO-Maní para simular el crecimiento y la productividad de *Arachis* forrajero bajo pastoreo. Utilizando un modelo genérico para leguminosa de granos a partir DSSAT v.3.0, se modificaron varios parámetros de especies y coeficientes genéticos de maní. Después de modificar parámetros específicos de cultivos o el archivo de "especies", se modificaron varios coeficientes del genotipo de maní. El uso de la subrutina de acoplamiento de plagas permitió simular los efectos del pastoreo rotacionales y continuo en el crecimiento y productividad de *Arachis* en Carimagua. En el futuro serán necesarias otras modificaciones adicionales de los parámetros y coeficientes, junto con algún cambio en el programa codificado FORTRAN, para completar el desarrollo de un modelo práctico para *Arachis* forrajero. Este trabajo se está realizando en colaboración con científicos de la Universidad de Florida, Universidad de Georgia e IFDC [I. M. Rao, K. J. Boote, J. W. Jones, G. Hoogenboom y W. Bowen].

Los resultados de los estudios anteriores indican que el aporte de N por leguminosas forrajeras depende de la proporción de biomasa de la leguminosa en la pastura. La introducción de leguminosas no sólo puede mejorar el reciclado de N, sino también estimular el de otros nutrimentos como Ca. Por lo tanto, mientras los beneficios de las leguminosas en la producción animal

y en el mejoramiento de los suelos se demuestran claramente con especies persistentes como *A. pintoi* y *P. phaseoloides*, existe aún un reto para identificar los atributos de la planta que mejoran la persistencia de *Stylosanthes* cuando se asocia con gramíneas vigorosas.

Proyecto: Atributos de adaptación de forrajeras en suelos de baja fertilidad

Actividades propuestas para 1996

1. Atributos de la planta que confieren tolerancia a suelos de baja fertilidad

- Se establecerá un experimento de campo para determinar las diferencias genotípicas en *P. maximum* para absorber y utilizar N y P.
- Se determinarán las diferencias genotípicas en *A. pintoi* para absorber y utilizar N, P y Ca, aprovechando un experimento de campo establecido en Carimagua.
- Se conducirá un ensayo de invernadero para determinar diferencias genotípicas en atributos de la raíz y biomasa aérea de 24 genotipos de *Arachis*, *Stylosanthes* y *Centrosema*, cultivados en un Oxisol franco-arcilloso con diferentes cantidades de fertilizantes.
- Se continuarán los estudios sobre mecanismos bioquímicos y moleculares de tolerancia a estrés de suelo ácido en *Brachiaria* (tesis de graduado).

2. Papel de las raíces en el reciclado de nutrimentos y absorción de carbono

- En Carimagua, se continuarán las mediciones en la renovación de la raíz y en la absorción de C en suelos de pasturas mejoradas y se compararán con suelos de sabana nativa.
- Se continuarán las mediciones en los cambios en la biomasa y la longitud de la raíz de pasturas de gramíneas-leguminosa sembradas con cultivos.

3. Desarrollo de asociaciones estables de gramíneas-leguminosas

- Se continuarán los experimentos de campo para determinar los factores que afectan la persistencia de las leguminosas en asociaciones con gramíneas.
- Se continuará la investigación de atributos de la parte aérea y de la raíz que mejoran la absorción de nutrimentos y la persistencia de las leguminosas en asociaciones con gramíneas.
- Se introducirán modificaciones adicionales al modelo de *Arachis* forrajero.

Proyecto: Componentes Forrajeros de Comportamiento Reconocido en Sistemas de Producción

Coordinadores del proyecto: Carlos E. Lascano (América tropical) y
Werner Stür (Sudeste Asiático)

Componentes Forrajeros en América Tropical

Justificación

Los forrajes se utilizan como componentes en un amplio rango de sistemas de producción agrícola. Para asegurar la adopción de nuevos componentes forrajeros por los agricultores es necesario evaluar su comportamiento en sistemas de producción conocidos, además, se debe estar seguro de su adaptación en un ambiente específico. Esto incluye el conocimiento sobre si los agricultores consideran estos nuevos componentes de forraje como una adición útil a aquéllos que ya tienen, son fáciles de establecer y manejar y dan un retorno económico. Lo anterior puede lograrse utilizando una metodología de investigación participativa.

Para aumentar la adopción de nuevos cultivares forrajeros, se deben desarrollar sistemas de multiplicación y distribución de semillas. Debido a que algunas tecnologías nuevas, especialmente aquellas basadas en leguminosas, no están siendo rápidamente adoptadas, es importante solicitar la colaboración de sociólogos y economistas en el desarrollo y evaluación a nivel de finca de los nuevos materiales forrajeros.

En América tropical, las actividades en este proyecto se realizarán principalmente en colaboración con otros programas de manejo de recursos naturales en el CIAT, con los centros internacionales y con los sistemas nacionales de investigación agrícola. Este proyecto se considera como una interfase entre el desarrollo de germoplasma y la adopción por los agricultores de los nuevos componentes de la tecnología de forrajes.

Objetivo

Desarrollar y evaluar el impacto en la productividad ambiental y socioeconómico de los componentes forrajeros en diferentes sistemas de producción.

Principales actividades en América tropical

1. Leguminosas arbustivas para suelos ácidos de baja fertilidad.
2. Leguminosas para mejorar los sistemas de barbecho.
3. Asociaciones de gramíneas-leguminosa para tierras bajas.
4. Asociaciones de gramíneas-leguminosa para sistemas ganadería-cultivos.
5. Forrajes para cobertura del suelo, control de erosión y de malezas.
6. Multiplicación de semillas.
7. Estudios socioeconómicos sobre adopción de nuevas forrajeras por los agricultores.

Aspectos sobresalientes

- Se encontró que cuando *Cratylia argentea* se suministra a ovinos confinados y alimentados con gramíneas de baja calidad, o se suministra a vacas que pastorean en gramíneas solas, resulta en una mayor consumo y en más producción de leche, respectivamente.
- Se demostró que *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 es una leguminosa útil para mejorar las tierra de ladera degradadas por cultivos.
- Se encontró que en las sabanas *Arachis pintoi* CIAT 22160 es más competitivo que *A. pintoi* CIAT 17434 cv. Maní Forrajero en sistemas cultivos-pasturas.
- Se identificó elefante enano cv. Mott (*Pennisetum purpureum*) como una gramínea que proporciona una barrera excelente contra la erosión del suelo en laderas de altitud media.
- Se encontró que *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 es una leguminosa exitosa en el control de *Imperata cylindrica* y de la erosión en suelos

de plantaciones forestales jóvenes en el Sudeste de Asia.

- Cuando la yuca se cultivó después de una rotación de 2 años de *Brachiaria decumbens* con *C. macrocarpum* en un Ultisol de Quilichao, se encontró un buen control de la erosión y un alto rendimiento de aquella.
- Se demostró que la competencia impuesta al cultivo de la yuca en asociación con leguminosas forrajeras varió dentro de especies, aun cuando tuvieron un crecimiento similar de biomasa aérea, debido principalmente a la baja densidad radicular de éstas.
- Se demostró que las gramíneas y las leguminosas usadas para mejorar el barbecho en laderas pueden introducirse directamente o durante la fase final de cultivo. Esto puede hacerse con una disturbación mínima del suelo o mediante el uso de herbicidas y la aplicación de una cantidad pequeña de fósforo.
- En el Caquetá, Piedemonte de la Amazonía colombiana, se inició un proyecto colaborativo con financiación especial. El objetivo del proyecto es evaluar en fincas nuevas pasturas de gramíneas y leguminosas, y leguminosas arbustivas en sistemas de producción de doble propósito.
- Mediante una encuesta se encontró que *Arachis pintoii* está siendo difundido por las empresas de semilla comercial en muchas regiones de Colombia y que está en una fase temprana de adopción por los agricultores.
- Se encontró por análisis ex-ante que la rentabilidad marginal para la producción de leche en pasturas con *A. pintoii* es mayor que en pastos fertilizados con nitrógeno, aun con renovación periódica de la pastura gramínea-leguminosa.
- Mediante revisión de literatura se encontró que la adopción de forrajes tropicales en América Latina es un proceso a largo plazo y altamente complejo que involucra aspectos técnicos, sociológicos y económicos.

- Se capacitaron en metodología de investigación participativa personas claves para la investigación, procedentes de Indonesia, Laos, Malasia, Filipinas, Sur de China, Tailandia y Vietnam.

1. Leguminosas Arbustivas para Suelos Ácidos

El PFT emprendió la tarea de seleccionar leguminosas arbustivas para suelos ácidos, debido a su importancia como fuentes complementarias de alimentación para los animales y como mejoradoras de suelos. Las especies que han sido seleccionadas para estudios en estación experimental y de alimentación animal a nivel de finca son: *Cratylia argentea*, *Codariocalyx gyroides*, *Flemingia macrophylla* y *Desmodium velutinum*.

1.1 Utilización de *Cratylia argentea* como suplemento a gramíneas de baja de calidad

El arbusto *Cratylia argentea* fue seleccionado por el PFT como una leguminosa prioritaria, debido a su alto valor potencial como fuente de alimentación en sistemas tropicales de producción pecuaria, en áreas subhúmedas con suelos ácidos. Los resultados iniciales en ensayos de alimentación mostraron que el consumo de hojas frescas inmaduras de *C. argentea* fue baja por ovinos, pero aumentó cuando el forraje se secó al sol, se marchitó o cuando estaba maduro (Raafflaub y Lascano, 1995).

Posteriormente, se realizaron ensayos de alimentación para determinar el valor de esta leguminosa como suplemento a gramíneas de baja calidad. Los resultados iniciales indicaron que cuando se suministra una vez al día en una proporción de 50% de la ración para ovinos mantenidos con una gramínea de baja calidad, no hubo efecto sobre el consumo de la ración total (Fassler y Lascano, 1995). Por lo tanto, se hizo un segundo experimento para determinar el efecto de la suplementación continuada a ovinos de diferentes niveles de *C. argentea* en combinación con gramíneas de baja calidad. Los ovinos, alojados en jaulas metabólicas, se alimentaron con gramínea sola (7% de PC), o con gramíneas en combinación con hojas frescas marchitas de *C. argentea* (19% de PC) en tres niveles (10%, 20% y 40% en base a materia seca). Los resultados aparecen en el Cuadro 1 e indican que el consumo total de MS aumentó linealmente con el aumento en los niveles de *C. argentea* en la ración. Sin

Cuadro 1. Consumo diario voluntario, digestibilidad y utilización de nitrógeno por ovinos alimentados con gramínea de baja calidad (G) suplementadas con *Cratylia argentea* (L.) (W. Quiñónez, tesis pregrado).

Elemento	Tratamientos				EE
	G	G + L 10%	G + L 20%	G + L 40%	
Consumo					
Total (MS/kg PV)	21.6b	23.5ab	24.7a	25.5a	0.9
Gramíneas (MS/kg PV)	21.6a	19.9ab	18.2b	14.3c	1.0
Digestibilidad					
MS (%)	57.5a	55.6ab	55.1ab	52.1b	0.9
NDF (%)	63.7a	60.1b	58.6b	54.3c	0.9
Utilización de N					
Consumo (g/día)	8.6d	11.9a	14.2b	17.6a	0.4
N duodenal (g/día)	8.4d	10.8cd	12.5b	14.2a	0.4
N fecal (g/día)	3.6a	4.7b	5.2b	6.0a	0.2
N absorbido (g/día)	4.8c	6.1b	7.3a	8.2a	0.3

a, b, c, d = Valores con letras iguales en la misma hilera no difieren significativamente (P < 0.05).

embargo, al aumentar *C. argentea* en el suplemento ocurrió una reducción (8% a 34%) en el consumo de la gramínea, es decir, existió un efecto de sustitución. En forma similar, la digestibilidad total en el tracto (MS y NDF) disminuyó ligeramente al aumentar los niveles de *C. argentea* en el forraje consumido. En consecuencia, el consumo de MS digestible no aumentó con la suplementación de *C. argentea*. En contraste, el consumo de proteína fue mayor en ovinos suplementados con la leguminosa y como resultado aparentemente más nitrógeno se absorbió en el tracto posterior de los animales.

Los resultados indican con la suplementación de *C. argentea* a rumiantes alimentados con gramíneas de baja calidad no mejoró el consumo de energía, debido, principalmente, al nivel relativamente alto de pared celular indigestible presente en las hojas de esta leguminosa. Por el contrario, la suplementación con *C. argentea* mejoró sustancialmente el nivel de proteína en los animales [W. Quiñónez, P. Avila y C. Lascano].

1.2 Producción de leche como respuesta de los animales al suministro de leguminosas arbustivas

En la estación CIAT-Quilichao se ha evaluado el uso de forraje de leguminosas arbustivas como un suplemento para vacas en ordeño que pastorean *Brachiaria* spp. Los resultados (Cuadro 2) muestran que la suplementación durante la época seca con hojas marchitas frescas de *C. argentea*, resultó en un aumento, en promedio, de 13% en el rendimiento en la leche producida por vacas que pastoreaban *B. dictyoneura* cv. Llanero. En el mismo experimento, la suplementación con forrajes de *F. macrophylla* de inferior calidad no aumentó la producción de leche, en relación con el tratamiento testigo. Las diferencias en calidad entre las dos leguminosas se reflejaron en el consumo diario de MS (3 vs. 6.3 g/kg de PV) y en la urea presente en la leche (9 vs. 15 mg%), lo que indica degradación de proteína en el rumen.

Cuadro 2. Producción de leche (corregida por grasa) de vacas en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* con y sin suplementación de leguminosas (Lascano, C. y Avila, P., n.p.).

Epoca	Tratamientos	Leguminosa		Producción de leche (kg/vaca/d)
		Ofrecida (MS/(g/kg PV/d))	Consumida	
Seca	Control	--	--	6.2b
	<i>F. macrophylla</i>	8.4	3.0	6.4b
	<i>C. argentea</i>	8.1	6.3	7.0a
Húmeda	Control	--	--	6.8
	<i>C. macrocarpum</i>	13.5	10.5	7.0
	<i>C. argentea</i>	11.3	7.8	6.9

a, b = Promedios en la misma época con letras iguales no difieren en forma significativa ($p < 0.1$).

La suplementación con *C. argentea* durante la estación húmeda a vacas que pastoreaban *B. dictyoneura* cv. Llanero no incrementó el rendimiento de leche (Cuadro 2). Sin embargo, se debe notar que dicho rendimiento tampoco aumentó con la suplementación de una leguminosa de alta calidad como *C. macrocarpum*.

El incremento en producción de leche, observado durante la época seca, con la suplementación de *C. argentea* es similar al encontrado cuando las vacas pastoreaban *B. decumbens* complementado con bancos de proteína de *Centrosema* spp. No obstante, en el mismo sitio la producción de leche durante la estación seca fue 30% más alta en vacas en pastoreo de *Brachiaria* spp. en asociación con *Centrosema* spp. La mayor respuesta en rendimiento de leche en pasturas de gramíneas/leguminosas podrían estar relacionada con un mayor consumo, tal como lo sugieren los resultados con ovinos y al mejor equilibrio energía:proteína en la dieta. La suplementación de *C. argentea* con niveles altos de proteína degradable resulta en un exceso de amonio en el rumen, debido a la falta de una fuente de energía. Por lo tanto, en los estudios futuros sobre suplementación de vacas en ordeño se debe considerar la combinación de leguminosa con gramíneas de corte como fuentes de energía [P. Avila y C. Lascano].

1.3 Prueba a nivel de finca de leguminosas arbustivas

Durante 1994 se estableció *C. argentea* en dos sitios

(1200 y 1400 m.s.n.m.) en laderas del Cauca, Colombia, con la idea de suplementar vacas en ordeño durante la época seca. Sin embargo, pronto se encontró que la leguminosa no se adaptó al sitio más alto y que en el más bajo su establecimiento fue lento. Por lo tanto, es necesario definir mejor los factores de clima y suelo que afectan la producción de *C. argentea*.

Los resultados de la evaluación agronómica de leguminosas arbustivas en el Caquetá, Colombia, mostraron que *C. gyroides* se adapta bien a este ambiente húmedo. Con base en lo anterior, se introdujo esta leguminosa en dos fincas de la región con el objeto de suministrar una fuente alta en proteína a vacas en ordeño que eran suplementadas con pasto elefante o caña de azúcar sembrados cerca a las instalaciones de ordeño. El establecimiento de *C. gyroides* por semilla no fue exitoso, ya que ésta fue consumida por las gallinas que generalmente tienen los agricultores de la región. En consecuencia, se hizo una nueva siembra utilizando plántulas cultivadas en vivero. Esta práctica representa un costo extra para el agricultor lo que debe considerarse cuando se utilizan leguminosas arbustivas.

En Atenas, Costa Rica, en condiciones subhúmedas de estación experimental y a nivel de finca, se está evaluando el uso de leguminosas arbustivas. Los resultados indican que *C. argentea* es una excelente opción para la suplementación en la época seca de vacas en ordeño en sistemas de doble propósito. Como resultado de lo anterior, se están estableciendo lotes de

C. argentea en 10 fincas que participan en un proyecto conjunto (ECAG-MAG-ODA) y que busca alternativas mejoradas de alimentación en sistemas de doble propósito durante la estación seca en la región Pacífica Central de Costa Rica. Además, se estableció *C. argentea* CIAT 8516 como barrera en líneas de contorno con pasturas de gramíneas-leguminosas en un proyecto de recuperación de aguas (MAG-MIRENEM-U. de Costa Rica) en la región Puriscal, Costa Rica.

Se ha identificado *C. argentea* como una fuente promisoría con alto contenido proteínico para animales en sistemas de doble propósito en zonas con épocas secas prolongadas. Sin embargo, todavía se debe demostrar el valor potencial de esta leguminosa en fincas; por lo tanto, se debe dar prioridad a su evaluación en estas condiciones, especialmente al establecimiento, manejo bajo corte y suplementación en época seca a vacas de ordeño. Además, es importante identificar el factor antinutricional en hojas jóvenes de *C. argentea* para evaluar el germoplasma nuevo que pronto estará disponible en el PFT [P. Avila; G. Ruiz; C. Lascano; P. Argel y S. McLean (ODA, Reino Unido)].

2. Leguminosas como Mejoradoras de Barbechos

La mayoría de los pequeños productores en sistemas agrícolas de secano emplean un sistema rotacional, en el cual a un período de cultivo sigue un período de descanso de la tierra en forma de barbecho. La vegetación natural es, generalmente, improductiva aun en pastoreo, aunque el barbecho contribuye a reducir la incidencia de enfermedades y aumenta la M.O en el suelo. La introducción de leguminosas como 'mulch' en el barbecho podría tener un impacto grande en el mantenimiento de la productividad, bien sea a través del mejoramiento de los suelos o de la provisión de alimento de buena calidad para los animales.

2.1 Efecto del barbecho de leguminosas en el rendimiento de los cultivos

Localización: En el norte del Cauca, Colombia (2° 47' N, 76° 32' O, 1500 m.s.n.m.) los suelos se encuentran altamente erodados y disectados en laderas que han sido utilizadas para cultivar yuca, frijol y maíz, y para pastoreo intensivo en sistemas de doble propósito. La precipitación es bimodal y ocurre entre abril y julio y entre octubre y diciembre, con un promedio de 1800

mm por año. El suelo es franco-arenoso-arcilloso con pH 5.4, 11.5% de M.O, P (Bray I) de 1.3 ppm, bases intercambiables (meq/100g) Ca = 1.09, Mg = 0.25 y K = 0.23. El sitio experimental era un barbecho y en 5 años anteriores no había sido fertilizado.

Metodología: Se realizó un ensayo para observar si la leguminosa afecta el rendimiento de los cultivos siguientes y si la duración del barbecho era importante. Se aplicaron diferentes niveles fósforo (P), ya que se esperaba que sin este nutriente la leguminosa no crecería lo suficiente; y gallinaza —residuo de los planteles avícolas— comúnmente utilizado para cultivos en la zona.

Tratamientos:

Coberturas de:

- (i) *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713,
- (ii) Caupí seguido por *Cajanus caan* después de 6 meses, y
- (iii) Cobertura natural

Fertilizante (kg/ha), aplicado a la leguminosa:

- (i) 20 P
- (ii) 100 P
- (iii) 100 P + 1000 lime, 50 K, 20 S, 20 Mg + CuBZn (BoroZinco)
- (iv) Gallinaza 8000, equivalente a 240 N, 110 P, 150 Ca, 30 Mg y 150 K.

Se adicionó calcio al tratamiento de 20 kg/ha de P, en un equivalente al agregado al tratamiento 100 kg/ha de P. El sistema en barbecho natural existente permaneció sin alterar como testigo para comparación con los dos sistemas en barbecho de leguminosa.

En octubre de 1993, las leguminosas se sembraron en surcos, seguido por cultivos de maíz en octubre de 1994 y abril de 1995. Aquellas se incorporaron en el suelo 2 a 3 semanas antes de sembrar el maíz, que se fertilizó con una aplicación basal (kg/ha) de 50 P, 50 K, 20 Mg, 30 de una mezcla de BoroZinco, y 0, 25, 50 ó 100 de N.

Resultados

Cobertura: El caupí se estableció en forma rápida, pero las demás leguminosas tomaron cerca de 6 meses para formar una cobertura aceptable después de la siembra. El caupí, un ecotipo de grano, maduró y se marchitó a los 4 meses independientemente del tratamiento de fertilización. Las demás leguminosas formaron follaje y dominaron la vegetación natural. Se encontró un

efecto de la fertilización en la celeridad de establecimiento y en el rendimiento de las leguminosas (Cuadro 4). La cantidad de biomasa en el momento de la incorporación no reflejó totalmente los rendimientos de la leguminosa, ya que existían muchas hojas en el suelo después de la época seca.

Nutrientes en el suelo: La cobertura de las leguminosas fertilizadas aumentó la cantidad de nitrógeno aprovechable en el suelo, que se considera disponible para el cultivo siguiente (Cuadro 3). La cantidad de N disponible ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) fue más del doble que aquella en el barbecho natural. Se tomaron muestras de suelo antes de la fertilización nitrogenada del maíz y no se encontró movimiento de N por debajo de 20 cm. Los análisis de muestras tomadas a hasta 40 cm indican, que 30 días después de la siembra no hubo movimiento de N hasta 20 cm de profundidad. Las muestras de suelo superficiales (0 - 10 cm) tomadas en el momento de la cosecha de maíz, indicaron que los tratamientos de fertilización no ejercieron efecto sobre el pH del suelo, mientras que el P había aumentado de 1.0 a 2.6 ppm con la aplicación de 100 kg/ha de P, a 3.3 ppm con la aplicación de gallinaza, y a 1.8 ppm donde sólo se aplicaron 50 kg/ha de P al cultivo de maíz.

Rendimiento de maíz: La cobertura de las leguminosas fertilizadas aumentó el rendimiento de los cultivos siguientes de maíz, en comparación con el barbecho natural (Cuadro 4). Este efecto fue mayor donde la leguminosa se fertilizó con 100 cf. (20 kg/ha de P). El

rendimiento de maíz fue aún mayor cuando se aplicaron nutrientes adicionales o gallinaza.

El efecto máximo de *C. macrocarpum* fue evidente en el primer cultivo de maíz, debido al alto rendimiento y cobertura de la leguminosa hasta los 12 meses. El desarrollo posterior de *C. cajan*, que se sembró 6 meses después de la maduración y muerte del cultivo inicial, significa que el efecto máximo de la leguminosa se manifestó sólo en la segunda siembra de maíz, a los 18 meses. Existió, aparentemente, muy poco efecto residual del caupí.

Discusión. Existen tres razones para el aumento en los rendimientos del maíz en los tratamientos de barbecho con leguminosa sobre aquel alcanzado en el tratamiento de barbecho natural. La primera, es que la incorporación de la biomasa en el barbecho natural fijó algo del N disponible en el suelo. En el segundo cultivo de maíz se encontró que la producción de granos con biomasa incorporada o quemada fue de 280 y 420 kg/ha, respectivamente. La segunda razón que explica el incremento en los rendimientos de maíz, es el efecto del N aportado por la leguminosa, que se espera sea proporcional al crecimiento de ésta. La tercera razón, es la contribución de nutrientes adicionales en los tratamientos 100 P + nutrientes, y gallinaza. La respuesta a N fue alta en estos tratamientos (Figura 1). Sin embargo, con el diseño utilizado no es posible separar los últimos dos efectos.

Cuadro 3. Nitrógeno total aprovechable ($\text{NO}_3 + \text{NH}_4$) en el momento de la siembra y 30 días después de la siembra de maíz para los tratamientos de la leguminosa que recibieron 100 kg/ha de P y para el tratamiento sin fertilización (barbecho natural).

Cobertura	Profundidad (cm)	Cultivo 1 ¹		Cultivo 2 ²	
		Siembra	30 días	Siembra	30 días
		(ppm)			
Natural	0-10	7.4	11.2	7.9	8.5
	10-20	3.8	6.2	3.8	4.2
<i>Centrosema</i> ³	0-10	16.8	14.1	25.1	17.0
	10-20	5.2	16.9	6.6	46.8
Caupí ⁴	0-10	13.4	18.0	19.6	9.3
	10-20	6.5	19.4	10.7	13.1

¹ Después de 12 meses de cobertura de la leguminosa. ² Después de 18 meses de cobertura de la leguminosa.

³ *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713. ⁴ *Cajanus cajan* CIAT 18701

Cuadro 4. Biomasa aérea (kg/ha) al momento de la incorporación, rendimiento total de materia seca y de granos de maíz (promedio sobre las tasas de N).

Cobertura	Abono	Cobertura		Cultivo 1 (12 meses)		Cultivo 2 (18 meses)	
		12 meses	18 meses	Granos	Total	Granos	Total
		(kg/ha)		(kg/ha)		(kg/ha)	
Natural		6000	9950	350	1500	350	1500
<i>Centrosema</i> ¹	P20	2750	4300	750	2300	700	2850
	P100	5100	8200	1550	4250	1850	5700
	P100+	4300	5950	2550	6800	1600	5100
<i>Cajanus</i> ²	Abono	4000	6600	3100	7450	2900	7850
	P20	400	9750	450	1750	350	1700
	P100	550	13400	450	2150	1100	3950
	P100+	600	8000	1550	4200	1450	4500
	Abono	1950	18200	1700	4550	2900	9250

¹ *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713.

² *Cajanus cajan* CIAT 18701.

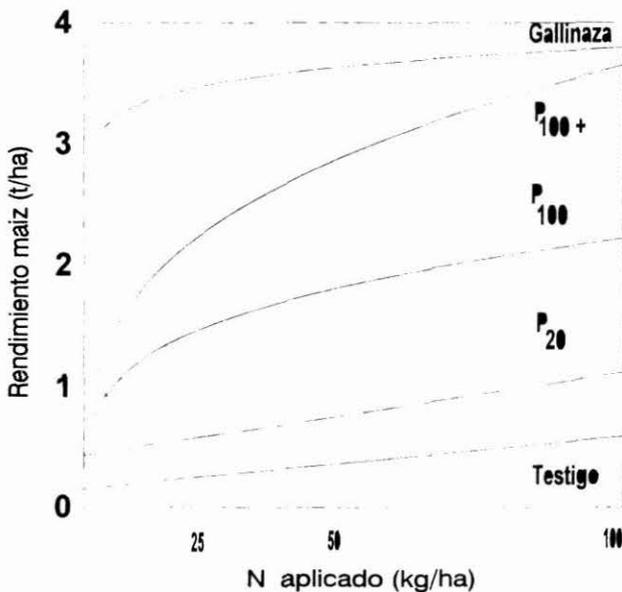


Figura 1. Respuesta del maíz a la aplicación de nitrógeno en diferentes tratamientos de barbecho.

Se encontró una interacción entre la fertilización con N aplicada al maíz y la cobertura de la leguminosa, que puede explicarse por la diferencia temporal en desarrollo de los dos cultivos de cobertura. Se encontró también una interacción de dosis de N aplicada al maíz y los tratamientos de fertilización aplicados en la siembra, lo que se debió, posiblemente, a deficiencia en la cantidad o tipo de nutrientes basales aplicados al primero.

Los resultados demuestran que un sistema en el cual el barbecho se mejora con leguminosas tiene el potencial para aumentar la productividad de estos suelos de ladera. El mejoramiento ocurre después de 6 meses de crecimiento vigoroso de las leguminosas. Es necesario investigar más para determinar las prácticas de manejo apropiadas para las leguminosas utilizadas en los barbechos.

La incorporación de leguminosas es una práctica viable en las laderas, donde el suelo se cultiva con bueyes. Sin embargo, una limitación a la introducción de esta práctica es la falta de un método fácil de establecimiento de leguminosas; pero esto puede hacerse en el momento de la segunda deshierba o durante la

cosecha del último cultivo, antes de que el suelo se encuentre cubierto por barbecho.

La investigación también ha mostrado la necesidad del establecimiento rápido de leguminosas, mediante una combinación de especies seleccionadas o la mezcla de éstas y el uso de prácticas de manejo apropiadas. En el futuro, se evaluará un rango amplio de leguminosas, como plantas para mejorar barbechos [L. H. Franco y P. C. Kerridge].

2.2 Manejo de la fertilización con fósforo: efecto residual del fósforo aplicado

El fósforo (P) es el nutriente más limitante para el crecimiento de leguminosas en los suelos de ladera del norte del Cauca. Un mejor conocimiento del valor residual del P aplicado en estos suelos ayudaría en el manejo de la fertilización.

En octubre de 1993, en el mismo sitio utilizado para la evaluación de la adaptación de las especies forrajeras al ambiente (ver 2-16), se establecieron dos ensayos sobre aplicación de P en una asociación *C. macrocarpum*-*B. decumbens*. La pastura permanecerá en uso durante 4 a 5 años para obtener una medida del valor residual del P inicialmente aplicado. Se harán mediciones anuales de biomasa y de P en el suelo. La respuesta a niveles de *C. macrocarpum* en el primer año aparece en la Figura 2.

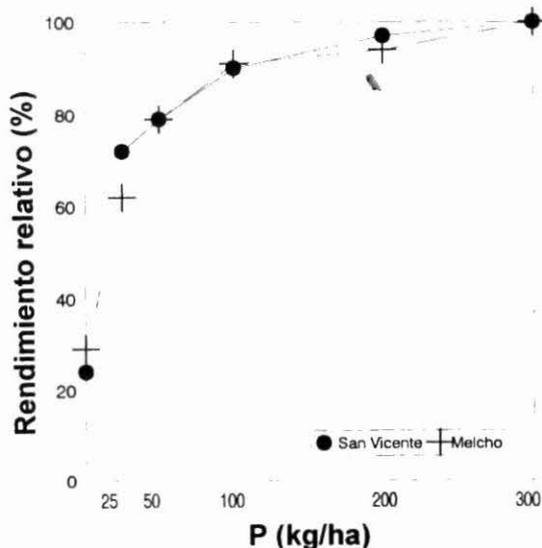


Figura 2. Respuesta de *Centrosema macrocarpum* a la aplicación de fósforo en dos sitios de ladera. Cauca, Colombia.

2.3 Establecimiento de barbecho mejorado en suelos de Cauca, Colombia

Tiempo de establecimiento. La introducción de leguminosas y gramíneas en barbecho mejorado, dependerá de un método que pueda ser utilizado fácilmente por agricultores y que involucre un gasto mínimo de tiempo y dinero. Parece apropiado establecer un barbecho mejorado después de la yuca que es, a menudo, el último cultivo del ciclo de rotación.

Sitio. El Pital (1300 m.s.n.m., 1700 mm), Cauca, Colombia, en un suelo franco-arcilloso, con pH 4.0, 24.1 ppm de P (Bray I) y 1.33, 0.5, y 0.22 meq/100 g de Ca, Mg y K respectivamente, que estaba bajo cultivo con yuca previamente fertilizada con gallinaza.

Metodología: En la época lluviosa de octubre a noviembre, se realizó un experimento para determinar si era posible establecer una pastura después de un cultivo de yuca, sin necesidad de preparar el suelo. La siembra se hizo inmediatamente se cosechó la yuca (noviembre 4) ó 1 mes más tarde, con una mezcla de leguminosas y *P. maximum*. Se aplicaron cuatro niveles de fertilización: 0, 25 y 100 kg/ha de P y 4000 kg/ha de gallinaza. El control de malezas se hizo el 6 de junio, y el 30 agosto de 1995 se cosechó para obtener una estimación de la producción de MS. Un área sin sembrar permaneció como testigo.

Resultados. El establecimiento de la leguminosa fue mejor en la primera fecha de siembra, pero no se encontraron efectos sobre las gramíneas. También ocurrió un establecimiento vigoroso y un buen crecimiento de malezas de hoja ancha, a tal punto que en junio, al momento de la defoliación, el área apareció dominada por éstas. En el rebrote siguiente dominaron las gramíneas (Cuadro 5). El bajo rendimiento de la leguminosa se debió a la sombra intensa por las malezas durante el periodo de establecimiento y de las gramíneas durante el periodo de rebrote, mientras que el rendimiento relativamente alto de las gramíneas se debió, sin dudas, al efecto residual de la gallinaza aplicada al cultivo de yuca. El efecto de una aplicación adicional de gallinaza no fue superior a aquél obtenido con 25 kg/ha de P. Los rendimientos de las malezas fuera del área de siembra se estimaron en 8000 a 10,000 kg/ha de MS.

Interpretación. Es preferible sembrar la mezcla de barbecho mejorado en el momento de la cosecha del cultivo y no en forma tardía. El establecimiento de las

Cuadro 5. Biomasa de gramíneas, leguminosas y malezas después de su establecimiento, en el momento de cosecha de un cultivo de yuca.

Fecha de siembra	Fertilizante	Rendimiento (MS kg/ha)		
		Gramíneas	Leguminosas	Malezas
Noviembre 4 1994	P ₀	3800	160	1500
	P ₂₅	7000	200	600
	P ₁₀₀	9200	200	100
	4 t/ha de gallinaza	5900	220	600
Diciembre 4 1994	P ₀	4800	200	1800
	P ₂₅	8500	0	400
	P ₁₀₀	9900	0	0
	4 t/ha de gallinaza	10300	170	1200

leguminosas durante la última deshierba de la yuca y de las gramíneas después de la cosecha, probablemente daría lugar a una proporción mayor de leguminosa. La supervivencia de ésta también sería mejor si la gramínea se defolia en forma temprana mediante el pastoreo [L. H. Franco y P. C. Kerridge].

Métodos de establecimiento. En algunos casos es mejor establecer barbechos mejorados con base en leguminosas directamente sobre un barbecho ya existente que se encuentra severamente degradado. Para probar esta hipótesis se realizó un experimento en el cual se evaluaron diferentes métodos de preparación de suelos, siembra y aplicación de fertilizantes en un barbecho degradado que había sido abandonado para siembra de cultivos.

Tratamientos. En el Cuadro 6 aparecen los tratamientos aplicados. El tratamiento 'disturbado' consistió en una ligera remoción del suelo con un azadón, tratando de simular un disco liviano, mientras que el tratamiento 'cultivado' se realizó con un 'rotovator' pequeño. El herbicida aplicado fue Round-up. En el tratamiento 'en banda' la semilla se sembró en surcos. Se utilizó una mezcla de *B. dictyoneura* CIAT 6133 y las leguminosas *C. macrocarpum* CIAT 5713, *C. acutifolium* el CIAT 15249, *Vigna unguiculata* CIAT 4537 y *Stylosanthes guianensis* CIAT 11844, que se sembraron el 25 de noviembre de 1994. Las observaciones iniciales se hicieron sobre el número de plantas y la cobertura de las especies; el 4 de octubre 1995 se hizo una primera medición de la biomasa. El manejo de la pastura fue escaso y en forma ocasional ésta fue defoliada por animales.

Resultados. Se encontró un buen establecimiento y persistencia *B. dictyoneura* y de *V. unguiculata* y *S. guianensis*, en particular en los tratamientos con herbicida y cultivado que habían recibido por lo menos 25 kg/ha de P (Cuadro 6). Las especies de *Centrosema* se establecieron bien, pero no persistieron; la razón para que esto ocurriera no es clara; aunque hubo un ataque ligero de insectos éste no fue grave, pero si es posible que la desaparición de las leguminosas se debió a una deficiencia de micronutrientes. En un experimento en macetas con suelo similar al del ensayo anterior, se encontró respuesta a Mo. La gramínea no se estableció bien en suelo no disturbado o sin aplicación de herbicida. Lo anterior, sugiere que las gramíneas no pueden germinar y no sobreviven en una pastura de gramíneas ya establecidas, debido a competencia de las plantas.

La aplicación de fertilizantes estimuló el crecimiento de las leguminosas nativas y de las gramíneas. Sin embargo, la cantidad de la leguminosa nativa fue siempre menor en comparación con la que se sembró. Esta observación sugiere que se debe investigar el efecto de la aplicación de fertilizantes en las pasturas nativas, en particular, en aquellas utilizadas para producir leche, asimismo, se debe determinar si hay un aumento de las leguminosas nativas a través del tiempo.

De este estudio se concluye que una aplicación baja de P como fertilizante, conjuntamente con la aplicación de un herbicida o algún tratamiento de disturbancia de la pastura nativa, ayuda en el establecimiento de pasturas mejoradas en zonas de ladera con barbechos degradados [L. H. Franco y P. C. Kerridge].

Cuadro 6. Rendimientos de biomasa de gramíneas y leguminosa establecidas, de gramíneas nativas y de malezas de hoja ancha como resultado de diversos tratamientos de establecimiento.

Tratamientos			Rendimiento (MS kg/ha)			
Labranza	Siembra	Nivel de P	Gramíneas	Leguminosas	Otras	Total
Cero	Banda	P ₀	40	150	1700	1890
		P ₂₅	0	250	2200	2450
		P ₁₀₀	0	320	3730	4050
	Voleo	P ₀	0	0	1190	1190
		P ₂₅	0	180	2230	2410
		P ₁₀₀	0	250	4170	4420
Herbicida	Banda	P ₀	63	140	1850	2050
		P ₂₅	250	440	3580	4270
		P ₁₀₀	150	620	3530	4300
	Voleo	P ₀	200	230	2310	2730
		P ₂₅	210	700	3590	4500
		P ₁₀₀	170	760	3630	4560
Disturbado	Banda	P ₀	210	150	1060	1420
		P ₂₅	580	610	1940	3140
		P ₁₀₀	400	980	2340	3730
	Voleo	P ₀	60	80	1050	1190
		P ₂₅	170	810	2590	3570
		P ₁₀₀	990	1400	2400	4790
Cultivado	Banda	P ₀	300	290	280	870
		P ₂₅	970	650	570	2190
		P ₁₀₀	790	850	1250	2880
	Voleo	P ₀	220	120	620	950
		P ₂₅	390	380	1410	2180
		P ₁₀₀	770	780	1880	3430

3. Asociaciones de Gramíneas - Leguminosas para Tierras Bajas de Trópico

Las asociaciones de gramíneas y leguminosa seleccionadas en experimentos de pastoreo en pequeñas parcelas, y que tienen un potencial reconocido de producción animal, se están evaluando en pasturas medianas a grandes, con métodos participativos para mejorar la adopción por los agricultores y generar información de retorno al grupo de desarrollo de germoplasma en el PFT.

Las actividades de evaluación a nivel de finca por el PFT están, actualmente, en marcha en sistemas de doble propósito en los márgenes de bosque de Florencia, Caquetá, y en Costa Rica. Además, el Programa de Tierras Bajas del Trópico está evaluando pasturas de gramíneas-leguminosas en sistemas de rotación de cultivos en los Llanos Orientales de Colombia y en los Cerrados de Brasil.

Pasturas con base en leguminosa en márgenes de bosques del Caquetá, Colombia

El Piedemonte andino de la cuenca amazónica en el

Caquetá, Colombia, con suelos ácidos (Ultisol) y precipitación alta (3600 mm/año), ha estado sujeto a un proceso intensivo de colonización. Como consecuencia, existen aproximadamente 1 millón de hectáreas totalmente deforestadas, en gran parte dedicadas a la producción pecuaria en sistemas de doble propósito. La carne y la leche se producen exclusivamente en pasturas de gramíneas nativas (*Homolepsis aturensis*) de baja capacidad de carga, y de *B. decumbens* en diferentes estados de degradación como resultado de las deficiencias de nutrimentos en el suelo y del ataque de salivazo. La producción de leche es de 3 a 4 litros/vaca por día y de 600 a 700 litros/ha por año.

Entre 1987 y 1990, el CIAT colaboró con varias instituciones de la región (CORPOICA, U. de la Amazonía, Fondo Ganadero del Valle y Nestlé) en la evaluación a nivel de finca y de estación experimental de germoplasma forrajero con potencial para la recuperación de pasturas degradadas. La leguminosa forrajera más exitosa ha sido *A. pintoii* en asociación con diferentes especies de *Brachiaria*.

Como seguimiento a este esfuerzo inicial, actualmente se desarrolla un proyecto colaborativo en transferencia de tecnologías de pasturas con énfasis en leguminosas. Este proyecto, de 4 años de duración, cuenta con el apoyo financiero de Nestlé de Colombia. El objetivo es demostrar la factibilidad de intensificar la producción en los sistemas de doble propósito de la región, mediante la rehabilitación de pasturas degradadas en zonas de bosque ya taladas. Los principales resultados esperados del proyecto en los próximos 4 años son:

1. Nuevas opciones de forraje para los agricultores.
2. Métodos alternativos para el establecimiento de pasturas de gramíneas-leguminosas.
3. Establecimiento de pasturas de gramíneas-leguminosa en 10 fincas, mediante la asistencia directa del Proyecto y en 20 ó 30 fincas más según iniciativa de los agricultores.
4. Cuantificación del efecto de las pasturas de gramíneas-leguminosas en la producción animal y el mejoramiento de los suelos.
5. Capacitación de profesionales en agronomía de forrajes y en métodos participativos de evaluación de pasturas a nivel de finca.

El proyecto se inició en febrero de 1995 con el nombramiento de un coordinador (G. A. Ruiz) encargado de supervisar las actividades diarias y, en común acuerdo un comité interinstitucional (PFT-CIAT,

CORPOICA-Macagual, U. de la Amazonía y Nestlé) planifica y revisa dichas actividades. A continuación se resumen las actividades principales realizadas hasta el presente por el Proyecto.

3.1 Establecimiento de Pasturas Asociadas de Gramíneas con Leguminosa

En 1995, uno de los objetivos fue la introducción de *A. pintoii* CIAT 17434 en cinco fincas que habían preparado áreas para establecer *Brachiaria* spp. En total, se sembraron 40 ha de la leguminosa con semilla (12 kg/ha, con 40% de germinación) en 4 fincas (f) (f1 = 6 ha; f2 = 6 ha; f3 = 15 ha y f4 = 13 ha). En cada una de estas fincas se dejó como control una pastura de gramínea sola. El costo principal en el establecimiento de *A. pintoii* es la mano de obra (3 a 5 hombres-día/ha), ya que la siembra se ha hecho en forma manual debido a falta de maquinaria en la región. El establecimiento inicial de *A. pintoii* fue excelente en todas las fincas. Sin embargo, en una de ellas la leguminosa se perdió poco después del establecimiento debido a la competencia intensa de *B. decumbens* y *B. brizantha*, que se establecieron en forma rápida. No fue posible hacer un pastoreo al inicio del establecimiento para eliminar la competencia, ya que el agricultor consideraba que esto sería perjudicial a las gramíneas. Esta es una creencia común de muchos agricultores de la región. En otras fincas, el pastoreo temprano de pasturas de *A. pintoii* en asociación con *B. decumbens* resultó en el desarrollo excelente de la leguminosa. Otro problema encontrado fue la pobre germinación de las semillas de *B. humidicola*, lo que resultó en una alta infestación de malezas. La pastura se ha utilizado con animales con el objeto de interrumpir el desarrollo de las malezas y permitir la resiembra de las gramíneas con material vegetativo.

Debido a que en la región falta maquinaria agrícola, se evaluó el uso de herbicidas para establecer *A. pintoii* con semilla sexual en pasturas nativas. Los resultados indicaron que las plántulas emergieron, pero carecieron de vigor, probablemente asociado con la compactación de los suelos y deficiencias nutricionales. En los suelos con 4.1% a 4.8% de M.O. y 6 a 11 ppm de P, *B. decumbens* y *A. pintoii* respondieron a la fertilización con (kg/ha) 60 P, 40 K, 20 S y 20 Mg.

3.2 Cursos técnicos cortos y días de campo

Un objetivo importante del Proyecto es intercambiar información técnica sobre factores relacionados con el

establecimiento de pasturas mejoradas. Se realizaron tres cursos en la estación experimental CORPOICA-Macagual. Los temas de los cursos fueron: (1) propiedades físicas del suelo y metodología para medir compactación (E. Amezquita, CIAT); (2) las raíces en el reciclado de nutrientes y métodos para medirlas (I. M. Rao, CIAT). y (3) actividad biológica en el suelo y métodos para determinar la macrofauna (J. J. Jiménez, Universidad Complutense de Madrid-CIAT). Los cursos contaron con una buena participación de los profesionales de la región que trabajaban en investigación y transferencia de tecnología.

En una de las fincas involucradas en el Proyecto se realizó un día de campo con la participación de 80 agricultores. El programa incluyó información sobre establecimiento y los beneficios de *Arachis* en producción animal y una visita a pasturas asociadas de gramíneas y leguminosa recientemente establecida. Como resultado de esta actividad varios agricultores expresaron su interés en sembrar la leguminosa en la próxima época lluviosa. La coordinación del Proyecto informará de este interés a los proveedores comerciales de la semilla de *Arachis* y a los asistentes técnicos.

3.3 Información recopilada

En el Proyecto se lleva un control detallado de la infraestructura, un inventario de animales y del manejo de pasturas y su nivel de producción en cada una de las fincas participantes. También se establecerá un registro sobre el número de fincas que tienen parcelas de *A. pintoii* para propagación vegetativa y se consultará con los productores su interés en establecer este material en potreros. Esta información será útil para incentivar la adopción de *A. pintoii* como forrajera [G. A. Ruiz, C. Lascano, J. Velásquez, N. Gacharná y V. Carrillo].

3.4 Seguimiento de *A. pintoii* en una finca productora de leche. Canan, Pérez Zeledón, Costa Rica

Esta finca está ubicada en una zona de laderas a 1300 m.s.n.m. en suelos de origen volcánico, con una temperatura de 23 °C y 2500 mm de precipitación anual, en promedio. El propietario sembró *A. pintoii* CIAT 17434 en forma vegetativa en asociación con gramalote (*Axonopus micay*), en cuatro potreros de aproximadamente 2500 m² cada uno.

Ocho meses después del establecimiento, la disponibilidad de forraje fue de 10 t/ha de MS, 54% de gramínea y 46% de leguminosa. Fue evidente la cobertura densa de los estolones *A. pintoii* cerca a la superficie del suelo en este sitio, caracterizado por alta precipitación y temperatura moderada.

Las pasturas se utilizan con vacas en un sistema de rotación de 1 día de ocupación y 30 días de descanso. En total, se tienen 15 a 18 vacas a las cuales se les mide la producción de leche en la mañana del día que ingresan en la pastura asociada y nuevamente en el cuarto día; hasta el momento, se tienen cuatro ciclos de mediciones. Los resultados indican que las vacas aumentan sistemáticamente el rendimiento de leche en 0.5 kg/vaca por día, en un solo ordeño cuando pastorean la asociación; pero es de esperar que el aumento diario sería mayor si las vacas se ordeñaran dos veces por día (Cuadro 7) [Horacio Chi Chan (MAG, Costa Rica); A. Valerio; y R. Quiroz (CIAT, Costa Rica)].

Cuadro 7. Producción diaria de leche de vacas en pasturas de gramalote (*A. micay*) solo y en asociación con *Arachis pintoii*.

Pastura:	Gramalote	Gramalote + <i>Arachis</i>	Diferencia
Periodo	leche (kg/vaca)		
1	7.1	7.5	+ 0,4
2	7.2	7.7	+ 0,5
3	7.0	7.6	+ 0,6
4	6.5	7.0	+ 0.5
Promedio	6.9a*	7.5b	+ 0.6

a,b = P < 0.05.

3.5 Rehabilitación de áreas degradadas en la parte alta de la cuenca Picagres, río Puriscal, Costa Rica

Este proyecto es conjunto entre el Programa de Investigación en Sinecología y Restauración de Ecosistemas Terrestres de la Universidad de Costa Rica, el Ministerio de Agricultura (MAG), el Ministerio de Recursos Naturales (MIRENEM) y el Programa Forestal y Agrícola de Desarrollo del MAG/MIRENEM/GTZ. El CIAT en este proyecto ofrece el germoplasma y evalúa el valor de los forrajes mejorados.

En áreas degradadas de dos fincas de la zona se establecieron los tratamientos siguientes:

- i) Pastura nativa (dominada por *Hyparrhenia rufa* y *Paspalum* spp.).
- ii) Pastura nativa + introducción de 153 árboles/ha de *Schizolobium parahibum*.
- iii) Pastura mejorada.
- iv) Pastura mejorada + un número igual de árboles al del tratamiento ii.

La pastura mejorada es *B. dictyoneura* CIAT 6133 cv. Brunca y una mezcla de leguminosas —*C. macrocarpum* CIAT 5713, *D. ovalifolium* CIAT 350, *S. guianensis* CIAT 184 y *A. pintoi* cv. Maní Forrajero CIAT 17434. Esta mezcla se estableció en forma exitosa mediante mínima labranza y los árboles se han establecido lentamente debido al daño ocasionado por los animales.

En este ensayo se miden los cambios en la pastura, en el peso vivo de los animales y la compactación y erosión del suelo.

Se han observado cambios significativos en disponibilidad y composición botánica de la pastura. La producción de los pastos nativos varía entre 800 y 1100 kg/ha de MS, mientras que en los mejorados varía entre 3800 kg/ha y 4100 kg/ha de MS. Las leguminosas contribuyen con el 12% de la MS total y se clasifican de la manera siguiente: *S. guianensis* > *D. ovalifolium* > *A. pintoi* > *C. macrocarpum*.

Los resultados muestran que es posible establecer pasturas mejoradas en áreas degradadas con pastos nativos, mediante sistemas de mínima labranza y el uso de germoplasma apropiado [P. J. Argel].

4. Asociaciones de Gramíneas y Leguminosas para Sistemas Cultivo-Ganadería

Cerrados

El Cerrado brasileño han contribuido significativamente a la producción de cultivos y a la economía pecuaria del país durante las últimas tres décadas. Sin embargo, el uso intensivo de algunas áreas en esta región, en particular para monocultivos y desarrollo de pasturas, ha incrementado algunas prácticas que no son ambiental ni económicamente sostenibles. Por lo tanto, se deben implementar sistemas alternativos de uso de la tierra para detener y recuperar la productividad y las pérdidas creciente del suelo y el agua. Entre las tecnologías con potencial para lograr este cambio, se encuentra la combinación de cultivos y pasturas en el espacio y en el tiempo.

4.1 Cambios entre los componentes de los cultivos y las pasturas

La introducción de leguminosas forrajeras en sistemas cultivos-pasturas con uso de altos niveles de insumos ha sido difícil hasta el presente. *Stylosanthes guianensis* cv. Mineirao, que puede establecerse con bajos insumos en sistemas arroz-pasturas, sufre una competencia severa cuando se siembra en sistemas cultivos-pasturas que demandan altos insumos. En consecuencia, es necesario desarrollar especies de leguminosa agresivas y productivas para estos últimos.

En Uberlandia, MG, Brasil, se realizó un experimento en parcelas pequeñas con suelo arenoso, para probar la capacidad de establecimiento de tres accesiones preseleccionadas de *Calopogonium mucunoides*, *Pueraria phaseoloides* y *A. pintoi*. Como especies de referencia se utilizaron *S. guianensis* cv. Mineirao, *C. mucunoides* y *Neonotonia wightii*. Todas las accesiones se sembraron solas y en forma simultánea con maíz y *P. maximum* cv. Tanzania en dos surcos de 2 m y cuatro repeticiones. El rendimiento de los componentes de la pastura se estimaron 120 días más tarde, en el momento de la siembra del maíz. Las mediciones de la población de plantas de la leguminosa se hicieron 50 días después de la siembra y en la época de cosecha.

Los resultados mostraron una disminución en la población de plantas y en el rendimiento de las accesiones de las leguminosas seleccionadas y de los cultivares testigo, cuando se sembraron con el cultivo o con el cultivo y la gramínea. La reducción de la población de la leguminosa en el tratamiento cultivo - leguminosa-gramíneas fue menor en el caso de *A. pintoii* CIAT 22160 (BRA 031143) y mayor en *S. guianensis* cv. Mineirao (Cuadro 8). La reducción en la población de las nuevas accesiones de *C. mucunoides* y *P. phaseoloides* varió entre 30% y 60%.

El promedio del rendimiento de grano en el sistema maíz-leguminosa fue de 9 t/ha y de 8.5 t/ha en el sistema de maíz-leguminosa-gramínea. La producción de MS de *P. maximum* cv. Tanzania fue de 3 t/ha al momento de la cosecha.

De los resultados de este experimento se puede concluir que la competencia es el principal factor que interfiere el establecimiento de leguminosas forrajeras en sistemas cultivos-pasturas con altos insumos. La competencia resulta en pérdida de la población de plantas y en reducción del rendimiento; sin embargo, es evidente que *A. pintoii* CIAT 22160 (BRA 031143) es la única leguminosa que mantiene su población original a través del ciclo de cultivos. Las observaciones posteriores

indicaron que algunas leguminosas pueden recuperarse después de la cosecha del cultivo o del pastoreo inicial de las gramíneas. Estas observaciones se cuantificarán el próximo año [M. Ayarza, L. Vilela, y E. A. Pizarro].

4.2 Prueba a nivel de finca de sistemas agropastoriles mejorados

En 1992, en dos suelos de varias fincas de Uberlandia, se establecieron parcelas mediante el sistema cultivos-pasturas. El objetivo de estos estudios fue complementar los resultados del experimento a largo plazo sobre la integración de cultivos y pasturas que se encuentra en progreso en CPAC-Planaltina, y medir el impacto potencial de dicha integración en la producción y la fertilidad de suelos agrícolas bajo condiciones de fincas. El trabajo consistió en la rehabilitación de pasturas degradadas de *Brachiaria* en sistemas de producción ganadera, mediante el cultivo de arroz y una mezcla de leguminosas forrajeras incluyendo *S. guianensis* cv. Mineirao y los cultivares comerciales de *C. mucunoides* y soya perenne. La misma mezcla de leguminosas se sembró con *P. maximum* cv. Vencedor y maíz en un sistema de rotación.

Cuadro 8. Reducción relativa de poblaciones de plantas de diez leguminosas forrajeras sembradas solas y en asociación con maíz y *P. maximum* cv. Tanzania en un suelo arenoso de Uberlandia, MG, Brasil

Especies	Monocultivo ¹ (%)	Maíz+ leg. ¹ (%)	Maíz+Leg.+Gram. ¹ (%)
<i>A. pintoii</i> (BRA31143)	0	0	24
<i>C. mucunoides</i> (BRA3147)	19	19	50
<i>C. mucunoides</i> (BRA3174)	16	13	35
<i>C. mucunoides</i> (BRA0477)	11	17	45
<i>P. phaseoloides</i> comercial	15	16	56
<i>P. phaseoloides</i> (BRA582)	7	17	53
<i>P. phaseoloides</i> (BRA 761)	52	25	29
<i>P. phaseoloides</i> (BRA817)	11	26	32
<i>S. guianensis</i> cv. Mineirao	25	42	66
Soya comercial	31	9	24

¹ Los números corresponden a la reducción del porcentaje entre dos fechas (53 y 141 días después de la siembra).

El establecimiento de las leguminosas en el sistema de producción ganadera con bajos insumos fue excelente, pero fue pobre en el sistema de rotación de pasturas y cultivos con altos insumos. Después de 3 años de pastoreo, *S. guianensis* cv. Mineirao todavía estaba contribuyendo a la biomasa total de la pastura en recuperación por el sistema arroz-gramíneas-leguminosas, tanto en los sitios de suelo arenoso como en los arcillosos. La proporción de la leguminosa verde, disponible para pastoreo en la época seca, se ha mantenido alrededor de 50% a 60%. Los resultados del comportamiento de los animales indicaron un aumento de 50% en la ganancia de peso vivo en este sistema, en comparación con las ganancias alcanzadas en el sistema arroz-gramíneas (Cuadro 9).

A pesar de la falta de leguminosas, el comportamiento de los animales en la pastura de *P. maximun* en el sitio con suelo arcilloso ha sido sobresaliente (507 kg/ha por año). Esto contrasta con la menor ganancia de peso animal en el sitio arenoso, donde la gramínea está perdiendo vigor rápidamente. Lo anterior, podría estar relacionado con el mayor contenido de M.O. y mayor N disponible con

el tiempo en el suelo del primer sitio. Estos resultados indican la necesidad de identificar leguminosas forrajeras para sistemas de rotación de pasturas-cultivos en suelos arenosos con aplicaciones altas de insumos. Factores como tipo de suelo, contenido de M.O. y longitud del ciclo del pastoreo deben considerarse en el proceso de selección de leguminosas [M. Ayarza y L. Vilela].

CI. Carimagua, Llanos Orientales de Colombia

Un sistema intensivo de cultivos y explotación ganadera en el cual los cultivos se fertilizan, proporciona un suelo más fértil para el establecimiento y la producción de gramíneas y leguminosas. Es probable que especies que no persisten bien en suelos de baja fertilidad con escasa aplicación de nutrientes —como ocurre con las gramíneas mejoradas y los sistemas de gramíneas-leguminosa para los Llanos Orientales de Colombia— o aún en suelos con una alta fertilización para producción de arroz (sistema arroz-pasturas), pueden persistir y ser productivas en suelos con una alta fertilización para producir maíz y soya.

Cuadro 9. Ganancias de peso vivo animal (GPV) en varios sistemas agropastoriles establecidas en Uberlandia, Brasil. 1992.

Manejo previo	Tratamientos	Suelo arcilloso		Suelo arenoso	
		GPV ¹ g/día	GPV ¹ kg/ha	GPV ¹ g/día	GPV ¹ kg/ha
Ganadería	Pastura degradada	384±184	n.d.	399±97	180
Ganadería	Arroz + pastura de gramíneas	354±145	226	437±97	180
Ganadería	Arroz + gramíneas + leguminosa	456±180	364	567±80	272
Cultivo continuo	Maíz + pastura de gramíneas	411±98	517	282± 136	253
Cultivo continuo	Maíz + gramíneas + leguminosa	n.d.	n.d.	404±149	308

¹ La ganancias por animal (g/día) corresponde al promedio del valor de ocho evaluaciones durante el período total del ensayo (220 a 300 días).

Varias especies reconocidas de gramíneas que han sido seleccionadas para los suelos más pobres de los Llanos Orientales de Colombia se establecen bien y son productivas en suelos que han recibido altas dosis de fertilizantes, entre ellas las gramíneas: *B. dictyoneura* y *B. humidicola*, y las leguminosas: *S. capitata* cv. Capica, *C. acutifolium*, *D. ovalifolium* y *A. pintoii* (Programa de Tierras Bajas Tropicales, Informe Anual 1994). Sin embargo, existe una demanda por alternativas adicionales y por especies con capacidad para establecerse y persistir cuando se establecen con un cultivo como maíz que requiere una alta aplicación de insumos.

4.3 Establecimiento bajo maíz (1994)

Una accesión nueva de *P. maximum* se estableció con varias especies de leguminosas y con una mezcla de ellas bajo un cultivo de maíz que había recibido la fertilización normal (kg/ha) (60 P, 100 K, 120 N, 20 S, 10 Zn, 2 B). El suelo se había encalado y fertilizado 1 año antes para un cultivo de maíz similar. Las leguminosas incluidas en el ensayo fueron: *A. pintoii* cv. Maní Forrajero, *S. capitata* cv. Capica, *C. acutifolium* cv. Vichada, *C. pubescens* CIAT 438, *N. wightii* cv. Cooper, *A. pintoii* CIAT 22160, líneas híbridas de *S. guianensis*, y *P. phaseoloides* CIAT 8042.

Se encontró un buen establecimiento de la gramínea y las leguminosas. En el momento de la cosecha del maíz, que produjo 1.5 t/ha de grano, estas últimas se encontraban severamente sombreadas y la gramínea alcanzaba la misma altura del maíz. Después de la cosecha, el rastrojo de maíz y pastura se utilizó con cargas animales altas durante el resto de la estación lluviosa. La pastura no se utilizó durante la estación seca, siendo la recuperación de las leguminosas muy buena en todas las especies, excepto *N. wightii* que se había establecido de manera deficiente.

Durante 1995, el área ha estado sometida a pastoreo moderado cada 21 a 28 días y la persistencia relativa y productividad de las leguminosas han sido de buena a pobre, según el orden siguiente: *A. pintoii* CIAT 22160 > *P. phaseoloides* el CIAT 8042 > *C. pubescens* CIAT 438 > la mezcla de líneas de *S. guianensis* > *N. wightii* cv. Cooper.

El comportamiento de *A. pintoii* CIAT 22160 es particularmente promisorio, y cuando se plantó vegetativamente con menos de 4 estolones/m² se

propagó más rápidamente y con más vigor que *A. pintoii* cv. Maní Forrajero, que fue incluido en la mezcla de leguminosas. Este cultivar cubre la mayoría del espacio entre las cepas de *P. maximum*. El comportamiento de *P. phaseoloides* CIAT 8042 también es promisorio, ya que en el CI. Carimagua ha persistido bien por 18 años con *B. decumbens*. *Centrosema pubescens* CIAT 438 podría considerarse como una accesión promisorio, si no fuera por el grave daño foliar que sufre por insectos y enfermedades. *Panicum maximum* parece bien adaptado, pero en general presenta amarillamiento por falta de N.

Este ensayo se continuará por 2 años más y luego se establecerá nuevamente con maíz para observar si hay diferencias entre los tratamientos de la leguminosa.

4.4 Establecimiento bajo maíz (1995)

Un ensayo similar al anterior se estableció utilizando varias leguminosas y dos gramíneas, *P. maximum* y *B. brizantha* cv. Marandu. Se consideró que *B. brizantha* sería menos competitiva para las leguminosas que *P. maximum*, una especie de crecimiento alto y vigoroso. Las leguminosas incluidas en el ensayo fueron: *S. guianensis* CIAT 11844, *P. phaseoloides* CIAT 8042, *A. pintoii* CIAT 22160, *P. pubescens* CIAT 5634, *Galactia striata* CIAT 8143, *S. guianensis* CIAT 11844, *A. pintoii* CIAT 22160, *P. pubescens* CIAT 5634, *A. pintoii* cv. Maní Forrajero, *S. capitata* cv. Capica, y *C. acutifolium* cv. Vichada. *Galactia striata* CIAT 8143 fue seleccionada en 1994 (ver Proyecto de Recursos Genéticos Forrajeros).

El establecimiento inicial de las gramíneas y las leguminosas fue bueno. El maíz se cosechó en septiembre y la pastura se sometió a pastoreo a comienzos de octubre de 1995 [P. Kerridge, J. C. Granobles y C. Plazas].

5. Forrajes para cobertura de suelos, control de erosión y de malezas

El manejo adecuado de pasturas o poblaciones densas de plantas forrajeras son formas de uso de la tierra que garantizan altos niveles de estabilidad, lo cual es fundamental en zonas de ladera para evitar la erosión.

Las gramíneas y las leguminosas no sólo pueden utilizarse como una fuente de alimento para animales, sino también como componentes en sistemas de cultivos

anuales y perennes. Cuando se utilizan como cobertura, las leguminosas ayudan a proteger los suelos contra la erosión y a mantener la fertilidad. Las gramíneas forrajeras de corte podrían sembrarse como barreras para mejorar la sostenibilidad de las áreas cultivables en estas zonas.

5.1. Leguminosas forrajeras como cultivos de cobertura

La yuca es un cultivo frecuentemente encontrado en laderas de baja fertilidad, debido a su alta tolerancia al estrés ambiental. En estas condiciones puede causar niveles altos de erosión de suelos cuando se siembra como un cultivo solo debido, principalmente, a su lenta formación de una cubierta que proteja el suelo contra el impacto de las gotas de lluvia.

En laderas con pendientes de 10% a 15% los cultivos intercalados de leguminosas forrajeras, una vez están establecidas, han mostrado ser eficientes para reducir las pérdidas anuales de suelo, desde niveles de 10 a 20 t/ha hasta valores tan bajos como 1 a 3 t/ha. Sin embargo, debido al crecimiento inicial lento de la mayoría de las leguminosas, el control de la erosión ha probado ser eficiente sólo en el segundo ciclo de crecimiento de la yuca, cuando aquellas se encuentran bien establecidas. En el primer año de establecimiento de las leguminosas, las pérdidas de suelo fueron iguales o mayores que las ocurridas en el suelos únicamente cultivado con yuca.

Leguminosas vigorosas como *C. macrocarpum*, *P. phaseoloides*, *G. striata*, *Zornia glabra* y *C. acutifolium*, bien adaptadas a condiciones de suelos ácidos de baja fertilidad, ejercen niveles relativamente altos de competencia, dando como resultado reducciones en rendimiento de la yuca entre 15% y 30% en el primer año y entre 30% y 50% en el segundo año (datos no publicados).

Estas reducciones en el rendimiento se compensaron, en parte, por los rendimientos entre 2 y 4 t/ha de MS del forraje. Sin embargo, considerando los niveles de competencia, el cultivo intercalado de leguminosas en esta forma es, probablemente, es la única alternativa atractiva para aquellos agricultores que intentan utilizar un segundo cultivo de yuca como medio para establecer leguminosas para uso posterior en pasturas mejoradas. En otras condiciones, se deben hacer esfuerzos para seleccionar leguminosas menos competitivas con cultivos.

Las observaciones en experimentos de campo indican que *G. striata* CIAT 964, una leguminosa forrajera con un sistema radicular muy extenso y similar al de las gramíneas, fue muy competitiva con la yuca. Por lo tanto, se formuló la hipótesis que la competencia debajo del suelo en la cubierta de las leguminosas tenía una alta influencia en los sistemas yuca/leguminosa.

Entre los siete sistemas de cultivo yuca-leguminosa, que se habían probado en un ensayo de asociación agronómica a largo plazo, se seleccionaron dos en el segundo año, después del establecimiento, cuando la yuca tenía 6 meses de edad, con el objeto de observar las raíces en perfiles de suelo (1 m de ancho y 0.9 m de profundidad). El número de raíces/cm² (DR) se contabilizó e introdujo en un programa de computación. Al comparar el cultivo de yuca sola (Figura 3) que alcanzó las densidades más altas de raíces (0.5 a 0.6 raíces/cm², la introducción de *C. acutifolium* CIAT 5277 en el sistema de cultivo se manifestó en una mayor densidad de raíces y una profundidad superior (Figura 4).

Las mayores densidades de raíz se obtuvieron, sin embargo, al combinar el cultivo de yuca con *Zornia glabra* CIAT 8283, como se muestra en la Figura 5.

El número total de raíces en el perfil (0.9 m x 1 m) fue de 1696, 3060 y 6376 para yuca sola, yuca-*Centrosema* y yuca-*Zornia*, respectivamente. Los valores para esta última leguminosa fueron significativamente mayores que en los otros sistemas de cultivo. El promedio de la producción de biomasa aérea de *Zornia* fue de 4.7 t/ha de MS, que nuevamente fue significativamente mayor que el rendimiento de *Centrosema* (3.4 t/ha). Ambas leguminosas proporcionaron una buena cubierta del suelo entre los surcos de yuca, pero redujeron el rendimiento de ésta. Mientras la yuca sola rindió 32.4 t/ha de raíces, cuando se cultivó con labranza mínima y en asociación con leguminosas los rendimientos fueron de 17.6 t/ha con *Zornia* y de 17.2 t/ha con *Centrosema*.

La mayor densidad de raíces y producción de biomasa con el tratamiento de *Zornia* no causaron una mayor pérdida en el rendimiento de yuca, cuando se comparó con el tratamiento que incluyó *Centrosema*. Por lo tanto, no se puede concluir que las leguminosas con una alta densidad de raíces y producción de biomasa similar o algo mayor, necesariamente conducen a una mayor competencia. Atributos como respuesta a estrés hídrico, eficiencia de uso de agua, niveles intra e interespecíficos de competencia e infección con micorrizas, también son

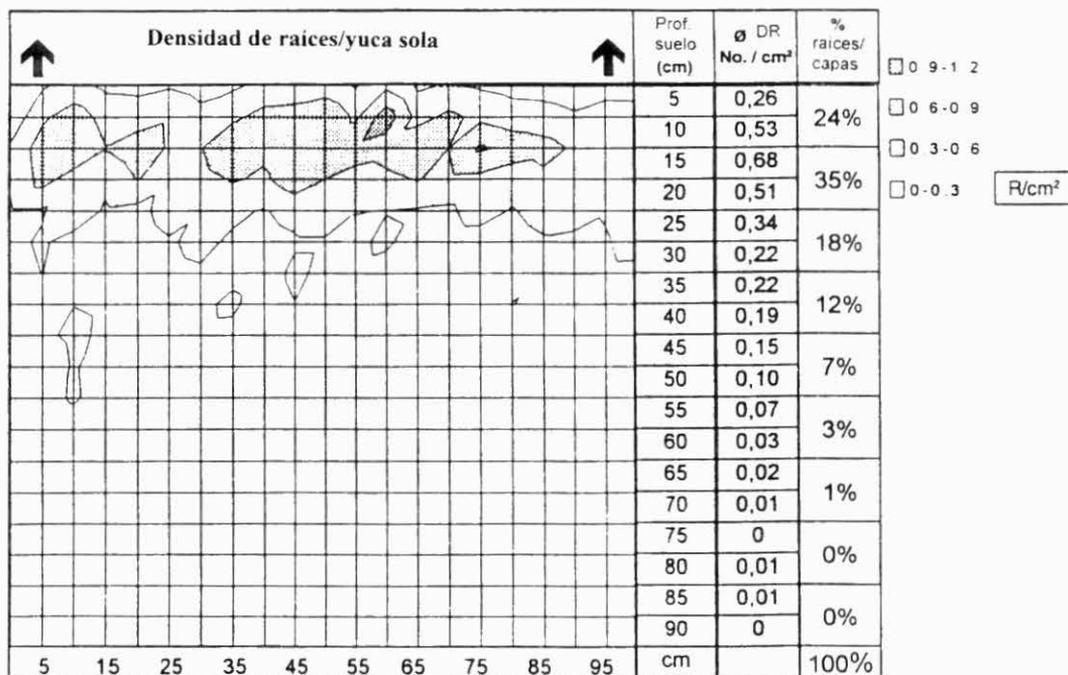


Figura 3. Densidades de la raíz (DR) (número de raíces/cm²) de yuca CM 849-1 y su distribución en el perfil del suelo (Promedio de tres repeticiones). ↑ = Planta de yuca.

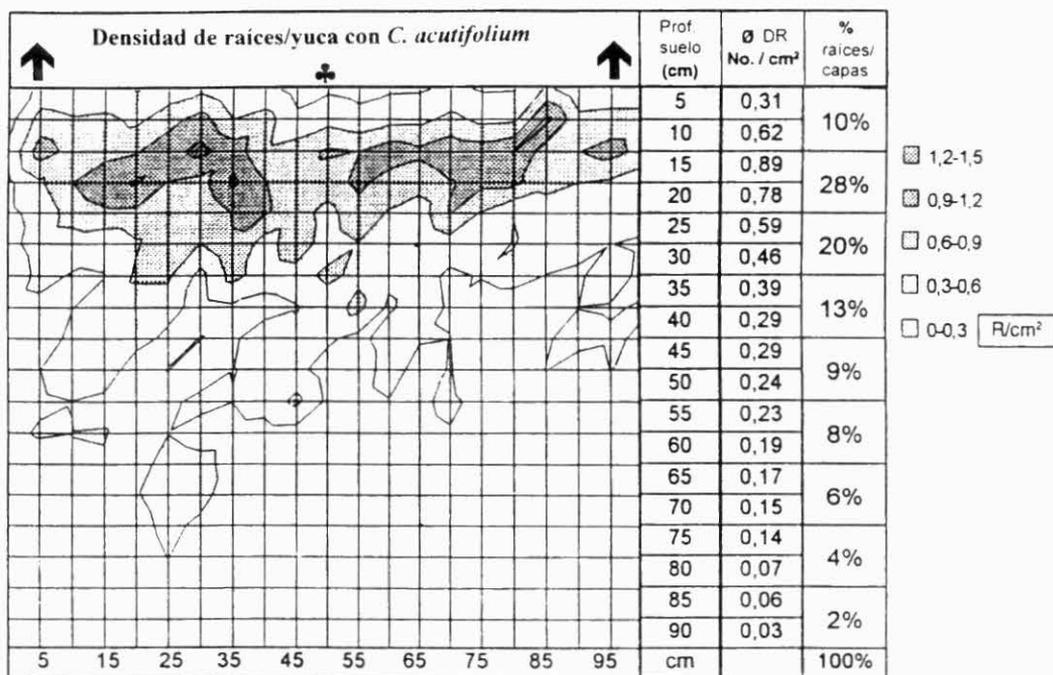


Figura 4. Densidades de la raíz (DR) (número/cm²) y distribución de éstas en diferentes capas de suelo de cultivos mixtos de yuca (CM 849-1) con *Centrosema acutifolium* CIAT 5277, en un perfil de suelo en Santander de Quilichao. (Promedio de tres repeticiones). ↑ = Planta de yuca; ♣ = *Centrosema*.

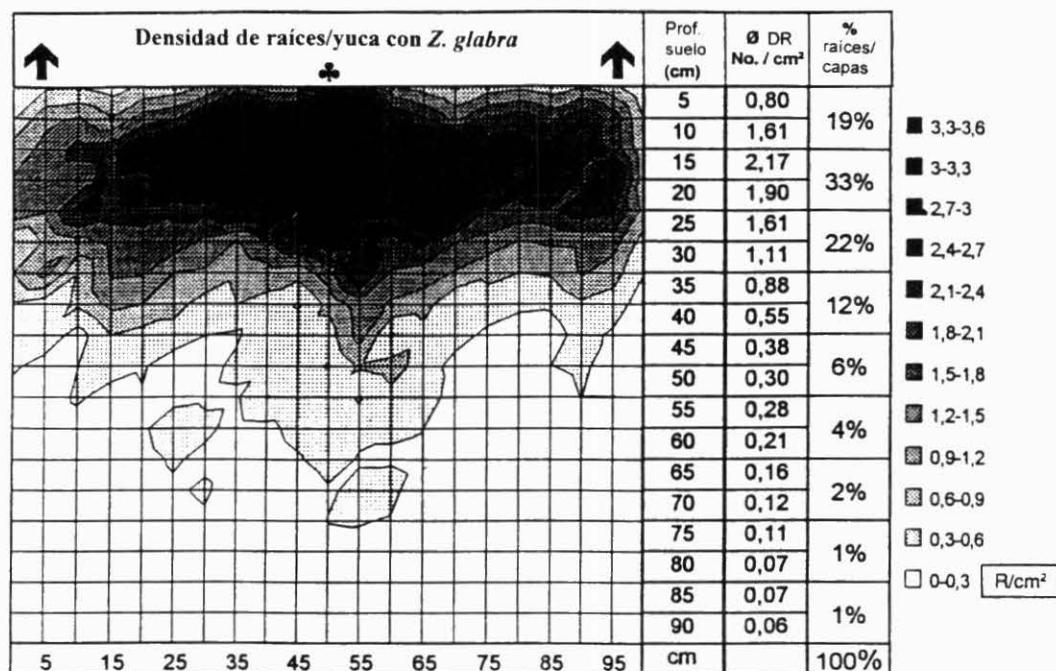


Figura 5. Densidad raíces (DR) en número/cm² y distribución de éstas en diferentes capas del suelo de un sistema de cultivos mixtos de yuca CM 849 con *Zornia glabra* CIAT 8283 en un perfil de suelo en Santander de Quilichao. (Promedio de tres repeticiones). ↑ = Yuca; ♣ = *Zornia*.

importantes en sistemas de cultivos de yuca con leguminosas.

Como resultado de las actividades de selección de leguminosas con baja competencia y de cobertura rápida, se identificó a *Chamaecrista rotundifolia* CIAT 8990 como promisoría en zonas hasta 1200 m.s.n.m. Esta leguminosa sobresalió entre 22 especies evaluadas, presentó una buena capacidad de cobertura del suelo y no afectó la producción de raíces de la yuca bajo condiciones de humedad favorables o niveles altos de competencia en condiciones extremadamente desfavorables (Cuadro 10). A pesar de un ataque de patógenos que ocasionó una defoliación completa de la yuca al final de la primera estación lluviosa (3 meses después de siembra), la competencia de la leguminosa intercalada sólo redujó el rendimiento en un 20% aproximadamente lo cual, según la experiencia previa, fue menor a lo encontrado con otras leguminosas.

Hasta el presente poco se sabe acerca de las razones

para este comportamiento de *C. rotundifolia* en asociación con yuca. El sistema radical profundo y fino, los requerimientos nutricionales bajos, la respuesta fisiológica inmediata a estrés hídrico y el uso económico de agua de esta especie, pueden ser factores responsables de este comportamiento. Otras características, que hacen atractiva a *C. rotundifolia* como cultivo de cobertura en las zonas donde se ha probado, son la producción de semillas, hábito de crecimiento postrado, vigor inicial, resistencia a plagas y enfermedades, tolerancia a acidez del suelo y baja fertilidad natural. Otro atributo sobresaliente de la leguminosa es la ausencia de competencia con cultivos de raíz como yuca [K. Müller-Sämann, J. Castillo, C. Gallego, L. Muhr (Univ. Hohenheim, Alemania) y Anna Haering (Univ. Hohenheim, Alemania)].

5.2. Uso de gramíneas para la conservación de suelos

El arado de los suelos se relaciona generalmente con la

Cuadro 10. Resultados del cultivo de yuca con y sin *Chamaecrista rotundifolia* CIAT 8990 como cultivo¹ de cobertura, en Santander de Quilichao (1000 m.s.n.m.).

Sistema de cultivo	Cobertura del suelo por la leguminosa ¹ (%)			Leguminosa (MS, t/ha) ²	Raíz de yuca ³ (t/ha)	Índice de cosecha (peso fresco)
	1	2	3			
Yuca sola	-	-	-	-	20.54 a (100%)	0.60 a
Yuca + <i>Ch. rotundifolia</i>	1.7	22.9	67.5	4.265	15.92 b (77.5%)	0.59 a

¹ Siembra en un solo surco entre la yuca (1.0 m x 0.25 m).

² Once meses después de la siembra.

³ Debido a la defoliación total de la yuca entre julio y septiembre, la leguminosa quedó expuesta completamente a la luz solar y competencia sustancialmente aumentó, al compararla con las condiciones normales de crecimiento con transpiración reducida debido al efecto de sombra de la cobertura vegetal.

Promedios con letras iguales no difieren en forma significativa ($P < 0.05$).

degradación física de las propiedades de éste, cuando se compara con los suelos bajo vegetación natural. Efectos similares pueden observarse cuando una pastura productiva se utiliza para cultivos agrícolas.

Los ensayos realizados en parcelas de medición de la erosión en la estación CIAT-Quilichao revelan que las rotaciones bien manejadas de gramíneas-leguminosas tienen un alto potencial para restaurar la estructura y estabilidad del suelo. En parcelas, que 7 años antes se habían convertido de pasturas a cultivo, era posible

observar diferencias en respuesta según la historia de manejo del cultivo anterior. Las características del suelo cultivado durante 2 años con una rotación gramínea-leguminosa eran muy superiores a las de un suelo cultivado con yuca en forma continua. El primer sistema, que era también superior al barbecho natural, favoreció un alto nivel de control de la erosión, un mayor rendimiento de los cultivos y la estabilidad estructural del suelo (Cuadro 11). Por lo tanto, el barbecho de malezas comúnmente utilizado para

Cuadro 11. Pérdidas de suelo en base seca, rendimiento de raíces frescas de yuca y promedio del tamaño de agregados de suelo con prácticas de manejo contrastantes en zonas de ladera (10% de pendiente) en Santander de Quilichao, según el uso previo del suelo.

Uso previo del suelo (1992-1994)	Período de tratamiento (cultivo) 1994-1995	Pérdida de suelo seco (t/ha)	PDA ³ (mm)	Raíces frescas (t/ha)
1. Parcela sin cultivo ¹	Sin cultivo	127.50	2.00	-
2. Yuca continua	Yuca	5.15	2.85	16.93
3. Maleza de 2 años en barbecho	Yuca	0.84	3.15	20.63
4. Mezcla kudzu/ <i>Brachiaria</i>	Yuca	0.55	3.39	26.38

¹ Las parcelas permanecieron sin cultivo(1) o se utilizaron para cultivos mecanizados entre 1986 y 1992.

² *P. Phaseoloides/B. decumbens*.

³ Promedio del peso de los agregados del suelo.

recuperar la fertilidad y la 'salud' del suelo, puede reemplazarse por una cobertura de gramíneas-leguminosa más productiva que se elimina con un herbicida después de 2 años.

La tecnología de gramíneas-leguminosa concuerda con el objetivo de aumentar la producción de alimentos al mismo tiempo que se conservan o aún se mejoran los recursos naturales. Además, esta tecnología incluye elementos para mejorar el uso de las tierras agrícolas en zonas de ladera.

Otro enfoque para el uso de gramíneas como mejoradoras de suelos en laderas, es la siembra en cercos o como barreras vivas a lo largo de curvas de nivel. Si se siembran intercaladas con cultivos a intervalos regulares en zonas de ladera reducen la longitud de la pendiente y, por lo tanto, contribuyen a controlar la escorrentía y la pérdida de suelo.

Las gramíneas forrajeras con potencial para formar barreras densas y persistentes y que compiten poco con los cultivos adyacentes, son de interés especial para la conservación de suelos. En estudios realizados en estación experimental y en fincas, el elefante enano (*Pennisetum purpureum*) cv. Mott presentó características excelentes como gramínea para plantar en barreras, debido a su macollamiento alto, alta relación hoja/tallo, buena calidad forrajera y facilidad de corte con machete.

En 1994, con base en estas características, se inició la evaluación en fincas de esta gramínea, a la vez, se establecieron parcelas de multiplicación para satisfacer la mayor demanda de organizaciones y comunidades de agricultores locales. Cuando *P. purpureum* cv. Mott se plantó como barrera viva cada 8 m ó cada 10 m en laderas en el norte del Cauca, Colombia, en sitios entre 1000 y 1600 m.s.n.m., mostró buena adaptación y superó el desarrollo de otras gramíneas, comúnmente utilizadas en la región (Cuadro 12).

Cuadro 12. Producción de gramíneas forrajeras usadas como barreras vivas. Promedio de dos cortes cada 3 meses entre abril y septiembre de 1995. Cauca, Colombia.

Especies	Rendimiento/mes	Rendimiento anual equivalente
	(t/ha por cada 1000 m ¹)	
Elefante enano (<i>Pennisetum purpureum</i> cv. Mott.)	3.37	13.46
Pasto Imperial (<i>Axonopus scoparius</i> ; local "Telembí")	2.33	9.32
Guatemala (<i>Tripsacum andersonii</i>)	2.31	9.26
Vetiver ² (<i>Vetiveria zizanioides</i>)	1.99	7.96
Citronela ² (<i>Cymbopogon nardus</i>)	3.14	12.55

¹ 1000 m/ha lineal equivalen a una barrera de gramíneas cada 10 m recomendados para laderas con un gradiente de aproximadamente 15%.

² No son gramíneas forrajeras.

La promoción de elefante enano es una alternativa y complementa a otras gramíneas usadas como barreras en sitios de altitud media en la zona andina [K. Müller-Sämann, J. Castillo, C. Gallego, L. Muhr y Anna Hearing (Univ. Hohenheim, Alemania)].

6. Multiplicación de Semillas

La falta de semilla es un limitante para la evaluación de germoplasma forrajero promisorio, tanto en trabajos a nivel de finca como en ensayos regionales. Por lo tanto, el PFT ha asignado recursos para asegurar la disponibilidad adecuada de semilla experimental de la especies forrajeras promisorias.

6.1 Unidad de Semillas en CIAT-Palmira

En 1995, en el PFT creó en CIAT Palmira una unidad pequeña de multiplicación con el mandato para producir y distribuir semilla de accesiones de forrajeras seleccionadas para experimentación interna y externa. La unidad tiene dos asistentes, un técnico y un obrero de campo.

Las áreas de multiplicación están localizadas en CENICAFE, Chinchiná, y en campos de las estaciones CIAT-Quilichao y CIAT-Popayán.

A principios de 1995, esta unidad heredó de la anterior Sección de Biología de Semilla y de la Sección de Germoplasma del PFT 38 parcelas de multiplicación con un área total superior a 2.5 ha, entre éstas 2 ha de *S. guianensis* que habían sido establecidas a fines de 1994.

En 1995, la unidad estableció 127 parcelas en la estación CIAT-Popayán con un área total aproximada de 2.4 ha, principalmente de accesiones de *Brachiaria*. En este mismo año se establecieron en CIAT-Quilichao 0.7 ha con dos accesiones de *P. maximum*, y en Chinchiná 0.5 ha de *Arachis pintoi* (siete accesiones).

La unidad de semillas recibió 598 solicitudes durante 1995, de las cuales se han entregado 457 y un total de 1.35 t de semillas. La política de la unidad ha sido cubrir, en lo posible, una porción principal del costo del envío de las semillas. No obstante, en algunos casos, se han hecho donaciones especiales [C. G. Meléndez, R. Mosquera, J. W. Miles, B. L. Maass].

6.2 Multiplicación de semillas en los Cerrados de Brasil

El PLT y el PFT están trabajando juntos en el desarrollo de mecanismos de multiplicación de semillas de forrajeras en Uberlandia, con la participación de la Universidad Federal de Uberlandia (UFU) y agricultores de la región. Actualmente se tienen campos de multiplicación de *S. guianensis* cv. Mineirao y *A. pintoi* CIAT 22160 (BRA-031143).

En 1993, se estableció 1 ha de multiplicación de *S. guianensis* cv. Mineirao en una finca y la semilla producida se utilizó para establecer otros campos de multiplicación; uno con aplicación de riego en la finca de la UFU y, dos campos más en fincas privadas. Una estrategia similar se siguió con *A. pintoi*. En el momento se dispone de 25 kg de *S. guianensis* cv. Mineirao y 250 kg de *A. pintoi* BRA-031143 para actividades de investigación a nivel de finca. Además, uno de los agricultores colaboradores produjo 200 kg de *Paspalum atratum* BRA-009610

(M. Ayarza, E.A. Pizarro, y Unidades de Producción de Semillas de la UFU y de EMBRAPA-CPAC).

7. Estudios Socioeconómicos de Adopción de Especies de Forrajeras

Durante este período las actividades de la Unidad de Estudios de Impacto en el Area de Forrajes Tropicales se orientaron hacia: (1) el inicio de un estudio sobre adopción o aceptabilidad temprana en Colombia de *Arachis pintoi* CIAT 17434 cv. Maní Forrajero Perenne, liberado por el ICA en 1992; (2) evaluación económica ex-ante a nivel micro de nueva tecnología de pasturas; (3) revisión y documentación de la difusión e impacto de tecnologías de pasturas en América Latina y en otras regiones; y (4) seguimiento continuo de las tendencias económicas en la industria pecuarias de América Latina.

7.1 Estudio de adopción-aceptabilidad temprana de *A. pintoi* por agricultores en Colombia

En Colombia, se estudió la adopción de *A. pintoi* CIAT 1743 por los agricultores para evaluar los factores que contribuyen a ella. La leguminosa ha sido promovido principalmente por CENICAFE (Centro Nacional de Investigación del Café), CODEGAR (Cooperativa de Agricultores y Ganaderos de Risaralda) y el Comité de Cultivadores de Café de Antioquia. El comercio de la

semilla de *A. pinto* en Colombia está a cargo de **SERVISEMILLAS** principalmente, que controla el 90% del mercado doméstico. La empresa vendió un poco más de 5 t de semilla durante el período 1993-1994. Durante 1995, las ventas superarán 3 t.

Una encuesta telefónica con 50 productores que adquirieron semilla de *A. pinto* en Colombia, indica que:

- *Arachis pinto* se está difundiendo en todo el país, aun en áreas con condiciones ecológicas no apropiadas para su crecimiento o que tienen una estación seca prolongada.
- La leguminosa se estableció en 37 (39%) casos en asociación con gramíneas; como cobertura de suelo en cultivos de café, cítricos, palma y banano en 24 (26%) parcelas; y solo como semilleros para propagación vegetativa en 34 (36%) parcelas.
- La adopción por agricultores está en una fase muy temprana, ya que estos están aprendiendo como establecer, utilizar y manejar la leguminosa, tal como lo sugiere el promedio del tamaño de las parcelas establecidas. Este promedio es de 1.1 ha (rango entre 0.01 y 20 ha). En asociación con gramíneas el promedio de las parcelas es 4.8 ha (rango entre 0.04 y 30 ha). El tamaño de parcelas de *A. pinto* como cobertura es de 1.8 ha (rango entre 0.02 y 42 ha).
- Los agricultores obtienen la información sobre *A. pinto*, principalmente mediante boletines técnicos y otros medios escritos del CIAT y las asociaciones de cultivadores de café.
- La razón principal de los productores para adoptar *A. pinto* es su expectativa sobre el aumento de la productividad de la pastura (42% de los agricultores entrevistado). Esto refleja una demanda potencial alta de leguminosas forrajeras de buena calidad y persistentes. Casi la cuarta parte (14) de los productores encuestados creen que *A. pinto* es una alternativa nueva para cobertura del suelo.
- Aproximadamente la tercera parte (17) de los productores que sembraron *A. pinto* informaron que tuvieron problemas durante el establecimiento. Las dificultades más frecuentes fueron el control de malezas (53%), el estrés por sequía (29%) y el

lento establecimiento (24%).

- Para el 69% de los productores encuestados la experiencia con *A. pinto* ha sido positiva, y un porcentaje igual esperan aumentar el área de siembra próximamente. Sin embargo, la cuarta parte de los agricultores no estaba satisfecho con los resultados obtenidos.
- Veinte y siete (54%) de los productores encuestados ya habían pastoreado *A. pinto*; de estos, 23 lo consideraron palatable para los animales, mientras los restantes cuatro no lo habían hecho.
- Entre 1993 y 1994 la ventas de la semilla se hicieron principalmente a agricultores en áreas de ladera con café en crecimiento. Esto se explica, en parte, por los precios bajos del café y la reducción en el área de siembra. En 1995, la demanda de semilla aumentó en el Caquetá, región dedicada principalmente a la ganadería en sistemas de doble propósito.

Se continuará con el seguimiento sobre la adopción de *A. pinto* en Colombia, ya que la información obtenida es útil para los programas nacionales en otros países y, también, para estudios posteriores sobre el impacto socioeconómico de esta leguminosa [L. Rivas].

7.2 Análisis ex-ante de nuevas alternativas tecnológicas a nivel micro

Dentro del contexto de evaluación económica de nuevas alternativas forrajeras, se realizó un análisis ex-ante a nivel micro. Para el efecto, se consideraron dos alternativas tecnológicas que con el tiempo podrían utilizarse como sustitutas: (1) utilización de gramíneas solas, con aplicaciones de N para establecimiento y para mantenimiento, y (2) uso de pasturas asociadas de gramíneas-leguminosas.

Los indicadores de productividad utilizados en el análisis fueron: (1) producción de leche en pasturas de estrella (*Cynodon* sp.), fertilizada con 100 kg/ha de N al establecimiento y cada año, y (2) producción de leche con vacas en *Cynodon* sp. en asociación con *A. pinto*, sin fertilización nitrogenada. Los resultados utilizados —rendimiento de leche— corresponden al promedio de 5 años de experimentación del CATIE en Turrialba, Costa Rica.

El análisis de los resultados mostró diferencias significativas en rendimiento diario de leche por vaca en las pasturas evaluadas. La producción diaria de leche con vacas de doble propósito aumentaba de 9.5 a 10.8 kg, cuando se cambiaban de pasturas fertilizadas de gramíneas solas a pasturas asociadas de gramíneas-leguminosa (Argel, 1994).

Para el análisis económico se asumieron: (1) un período de 10 años de producción continua, (2) la pastura de estrella se fertiliza cada año con 100 kg/ha de N, (3) la pastura *Cynodon* sp. + *A. pinto* se renueva después de 3 años de producción continua, y (4) se asumió que los costos relacionados con manejo del pastura asociada con leguminosa eran 50% mayor que aquellos de la gramínea sola con N.

En términos de rentabilidad marginal, las dos alternativas son altamente atractivas. Sin embargo, aun con renovación periódica de la pastura asociada, los retornos son ligeramente mayores con la alternativa de la leguminosa (73%) que con la aplicación de N (67%). La pastura de *A. pinto* puede perder hasta 10% de su productividad por año y todavía continúa siendo más lucrativa que la pastura de gramínea sola fertilizada con N.

Aunque las alternativas son atractivos desde el punto de vista de ganancia, las limitaciones de uso en gran escala están relacionadas con su viabilidad económica y técnica. Algunas de estas limitaciones son: (1) niveles altos de inversión en pasturas y animales; (2) poca tradición en fertilización de pasturas, tanto en el establecimiento como para mantenimiento; (3) un déficit creciente en la disponibilidad de fosfatos y en la producción de fertilizantes nitrogenados en América Latina (un uso masivo de fertilizantes en pastura aumentaría este déficit, implicando un ascenso en las importaciones y en los precios); (4) la baja persistencia de las leguminosas en varias regiones; y (5) falta de dinámica en los mercados para absorber la producción adicional de leche [L. Rivas].

7.3 Documentación de experiencias en la evaluación del impacto de los forrajes tropicales

Con el objeto de reunir información y criterios para estudios sobre adopción y evaluación del impacto de las tecnologías mejoradas de pasturas, se revisaron los estudios efectuados en América Latina. Las principales conclusiones de esta revisión son las siguientes:

- Los estudios de adopción e impacto de forrajes tropicales en América Latina son escasos y se concentran principalmente en las fases tempranas de la adopción de nuevos cultivares de gramíneas y leguminosas. Además, los investigadores han utilizado diferentes metodologías, lo que limita la comparación de resultados.
- La adopción y difusión de nuevas tecnologías de forrajeras son procesos altamente complejos y a largo plazo involucran aspectos técnicos, psicológicos, sociológicos y económicos.
- Es difícil extrapolar los resultados de estudios de adopción. Sin embargo muchas tecnologías de forrajes se recomiendan ampliamente, a pesar de la alta variabilidad existente en suelos, climas y condiciones socioeconómicas en América tropical.
- Aunque los indicadores ex-ante de los retornos económicos a la inversión son necesarios, estos no son suficientes para promover niveles altos de adopción y difusión de nuevas tecnologías de forrajeras.
- A diferencia de los procesos de adopción y difusión de cultivos mejorados, en los cuales un gran número de prácticas culturales se puede cambiar rápidamente por otra, la adopción de gramíneas y leguminosas nuevas es un proceso a largo plazo. Este proceso en el caso de las forrajeras involucra la prueba y evaluación por los agricultores progresistas, antes de la adopción definitiva de un cultivar.
- La evidencia empírica sugiere que hay una tendencia fuerte a sobreestimar el área potencial en la cual una nueva tecnología de forrajes podría tener impacto. En consecuencia, se debe realizar un mayor esfuerzo para identificar nichos ambientales de adaptación y productores dispuestos a adoptar cultivares mejorados de gramíneas y leguminosas.

En general, es importante reconocer que existen limitaciones múltiples que afectan la adopción de nuevas tecnologías de pasturas, que varían en importancia e intensidad y dependen de condiciones específicas ambientales y socioeconómicas [L. Rivas].

7.4 Evaluación económica ex-ante de proyectos de investigación en el Programa de Forrajes Tropicales

Este estudio forma parte de una evaluación económica y asignación de prioridades ex-ante de los proyectos de investigación del CIAT. En el Cuadro 13 se resumen los principales resultados obtenidos, en términos de tasa de retorno interna a los fondos invertidos en diferentes proyectos y de valor presente neto esperado de los beneficios sociales (excedente que va a los productores y consumidores).

Los resultados confirman la alta rentabilidad potencial (entre 22% y 48%) de las tecnologías mejoradas basadas en forrajes, lo cual también se ha observado en otras regiones del mundo. En Australia, por ejemplo, la tasa interna de retorno de tecnologías mejoradas de pasturas tiene un rango entre 17% y 78% por año (Davies, 1993).

Los Proyectos del PFT con mayor impacto socioeconómico son aquellos que se basan en *A. pintoii*, pasturas mejoradas de *Brachiaria* spp. y sistemas de rotación de pasturas con cultivos en tierras bajas tropicales. Por otra parte, las pasturas asociadas de gramíneas-leguminosa para laderas tienen, aparentemente, un bajo retorno económico.

Debido a la importancia de la carne y la leche en la dieta de los consumidores de América tropical y la alta elasticidad de la demanda de estos productos, las tecnológicas orientadas a mejorar los recursos forrajeros para los animales beneficiarán a los consumidores urbanos, principalmente a los más pobres. Sin embargo, estos beneficios potenciales sólo se alcanzarán con sistemas eficientes de transferencia de tecnologías, abastecimiento adecuado de insumos críticos como semilla de cultivares mejorados y un ambiente socioeconómico estable que estimula la adopción por los agricultores [L. Rivas].

Cuadro 13. Indicadores de beneficio social (atribuible a CIAT) derivados del uso de forrajeras nuevas para producción de carne y leche en América Latina tropical¹. (Proyección para el período de evaluación: 1994 - 2020).

Sistema	Valor presente neto esperado de los beneficios sociales		Tasa interna de retorno (%)	
	CAI ²	SAI ³	CAI ²	SAI ³
Pasturas de <i>Brachiaria</i>	1014	766	50.4	43.4
Pasturas con <i>Arachis</i>	1228	924	61.5	53.6
Pastura con <i>Stylosanthes</i>	313	235	48.6	43.1
Pasturas con <i>Centrosema</i> y <i>Desmodium</i>	247	185	49.0	42.7
Sistemas pastura-cultivo	1023	772	84.3	73.6
Sistemas de la leguminosa mezcladas	11	8	21.9	19.3
Sistemas mezclados incluyendo cultivos, gramíneas y leguminosas de arbustos y no arbustos	211	164	50.2	44.4
Sistemas basados en gramíneas	1014	766	50.4	43.4
Sistemas basados en leguminosa	1795	1348	51.4	44.7
Sistemas de Pastura-cultivo	1234	936	71.9	62.5
Total	4046	3053	55.3	48.4
Valor neto actual del apoyo institucional	903 ³		71.8	

¹ Excluye US\$90 millones atribuibles al Programa de Tierras Bajas Tropicales.

² Con apoyo institucional.

³ Sin apoyo institucional.

Subproyecto: Componentes de Forraje en América Tropical

Actividades planeadas para 1996

1. Leguminosas arbustivas para suelos ácidos de baja fertilidad.

- Identificación de los factores antinutricionales responsables del consuno de forraje fresco inmaduro de *C. argentea* (Proyecto de CIAT-IGER). La prioridad se asignará al examen de aminoácidos no proteicos, debido a los niveles altos de PC (42%) en hojas jóvenes de esta leguminosa que fueron reportados por investigadores del Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Leite (CNPGL-EMBRAPA), Brasil (MSc. Tesis).
- Evaluación del efecto de la utilización de *C. argentea* sola o en combinación con gramíneas de corte (King-grass y caña de azúcar) como suplementos para vacas en pasturas con ofertas de forraje contrastantes, en estaciones seca y húmeda (MSc. Tesis).
- Medición, con la participación de agricultores, del efecto de suplementar leguminosas en el rendimiento de leche, durante las estaciones secas y húmedas (Cauca y Caquetá, Colombia).

2. Leguminosas para mejorar el barbecho

- Continuar los ensayos sobre el efecto residual de los fertilizantes fosfatados.
- Determinar si *Centrosema* responde a la aplicación de Mo en suelos ácidos y degradados de ladera.
- Establecer una mezcla de gramíneas-leguminosas en un área suficientemente grande de suelos en barbecho, para evaluar el efecto del pastoreo vs. ningún pastoreo en el mejoramiento del suelo, tomando como base el rendimiento de un cultivo posterior.
- Continuar la investigación en el establecimiento de leguminosas como cultivo final o como un componente del ciclo de cultivo.
- Establecer y evaluar nuevas accesiones *A. pintoii* persistentes en pastoreo en pasturas de *B. dictyoneura* en la zona norte del Cauca.

3. Asociaciones de gramíneas-leguminosa para tierras bajas

En el Proyecto de Manejo de Pasturas en Sistemas de Doble Propósito del Caquetá, se planean las actividades siguientes:

- Medir la composición botánica y la producción de leche en gramíneas solas y asociadas con *A. pintoii*.
- Establecer *A. pintoii* en asociación con *Brachiaria* spp. en cinco fincas, siguiendo los sistemas convencionales de preparación de suelos.
- Establecer franjas de *A. pintoii* por semilla y material vegetativo, en tres fincas que tengan pasturas de *Brachiaria* spp.
- Comparar diferentes sistemas de labranza (disco, cincel, disco + cincel), y tratamientos de fertilización en el establecimiento de *A. pintoii* en asociación con *Brachiaria* spp.
- Establecer parcelas de multiplicación de semilla de ecotipos nuevos de *A. pintoii* CIAT 18744, 18748 y 22160, para distribución posterior de material vegetativo a agricultores que colaboran en el Proyecto a nivel de finca.
- Introducir *S. guianensis* CIAT 184 cv. Pucallpa en zonas de ladera para mejorar las pasturas degradadas de *Brachiaria* sp.
- Hacer un inventario de los agricultores que tienen o han tenido *A. pintoii* para propagación vegetativa y han recibido asistencia para la introducción de leguminosas en pasturas.
- Realizar días de campo sobre el establecimiento de *A. pintoii* en asociación con gramíneas, en manejo del pastoreo y en productividad de pasturas.

4. Asociaciones de gramíneas-leguminosa en sistemas cultivos-ganadería

Dentro de esta actividad se planea:

- Medir el potencial del nuevo germoplasma forrajero seleccionado como componente de sistemas agropastoriles, con el objeto de mejorar la producción de leche en fincas de pequeños productores.

- Complementar el experimento de pastoreo en la Universidad de Uberlandia, Brasil, con el establecimiento de pasturas 'satélite' en fincas de pequeños productores en el área lechera de Prata, MG.

CI. Carimagua-Llanos Orientales de Colombia

En esta estación experimental se planea:

- Mantener los ensayos existentes y sembrar campos adicionales con leguminosas a medida que éstas se identifiquen y exista semilla disponible.

5. Forrajes para cobertura de suelo y control de la erosión y de las malezas

En esta actividad se planea:

- Ensanchar la base genética del germoplasma forrajero para sitios localizados a bajas altitudes, para los cuales se han identificado especies promisorias de leguminosas. Las nuevas actividades de selección de germoplasma forrajero dependerán de los criterios ya identificados para leguminosas de cobertura en sistemas de cultivo en laderas.
- Identificar y probar el desarrollo de equipos de bajo costo, para la siembra de leguminosas en gran escala en fincas de pequeños agricultores de las zonas de ladera.
- Mejorar los conocimientos básicos sobre los requerimientos ecofisiológicos del pasto elefante enano cv. Mott, con el fin de establecer normas para su manejo efectivo, en términos de costos cuando se usa como una barrera viva.
- Cuantificar las pérdidas de suelo por escorrentia de agua en campos con elefante enano cv. Mott, establecido como un cultivo de cobertura o como barrera viva.

6. Multiplicación de semillas

- Continuar la operación de la Unidad de Semillas para multiplicar accesiones promisorias y líneas mejoradas para evaluación regional.

- Desarrollar un proyecto especial para el fortalecimiento de la producción comercial de semillas de leguminosas en América Latina.

7. Estudios socioeconómicos sobre adopción de forrajeras

Las actividades planeadas para 1996 son aquellas que han sido priorizadas por el PFT. Sin embargo, la ejecución de estas actividades dependerá de los recursos financieros y humanos disponibles y de las decisiones tomadas por la Unidad de Evaluación de Impacto del CIAT.

- Se continuarán los estudios de adopción de *Arachis pintoii* en Colombia y se iniciará un estudio similar en América Central.
- Se medirá el impacto potencial de las tecnologías basadas en *Arachis pintoii* en sistemas de doble propósito en los márgenes de bosque en el Caquetá, Colombia, como parte del Proyecto Nestlé en desarrollo actualmente. Las actividades específicas incluyen: revisión de literatura, evaluación rural rápida y el desarrollo de modelos matemáticos.
- Se harán estudios de apoyo sobre caracterización socioeconómica de la región Pacífica Central de Costa Rica, como parte del Proyecto TROPILECHE.

Subproyecto: Componentes de Forraje en el Sudeste de Asia

Justificación

En el Sudeste Asiático los pequeños productores tienen sistemas agrícolas mixtos e intensivos. Hay muy pocos agricultores pequeños especializados en producción animal y, los que lo son, tienden a estar concentrados en las áreas restantes de pastoreo extensivo. La sección más pobre de la comunidad agrícola tiene cultivos para subsistencia. No obstante, en estos sistemas tradicionales el ganado se utiliza para tiro y transporte y es una manera de ahorrar dinero que puede liquidarse fácilmente y generar ingresos. En sistemas agrícolas de secano, el ganado puede representar más de 50% del ingreso de dinero en efectivo de familias de pequeños productores. En años recientes, los precios de la carne han aumentado en forma significativa, haciendo que la producción de vacunos y caprinos cada vez sea más atractiva.

Los recursos forrajeros naturales se están tornando cada vez más escasos y los agricultores, que desean mejorar o engordar animales para generar más ingresos, están buscando forrajes que se ajusten a sus sistemas agrícolas y provean el alimento que sus animales requieren. En zonas bajas sin riego los forrajes son importantes también para controlar la erosión de los suelos, suprimir las malezas y mejorar los suelos durante la época de barbecho de los cultivos. En las zonas altas existe la necesidad de desarrollar sistemas agrícolas sostenibles. Estas zonas son cuencas recolectoras del agua utilizada para la agricultura en las zonas bajas y para el consumo de la población.

Los forrajes adoptados por los pequeños agricultores no sólo deben adaptarse al ambiente específico, sino que también deben ser compatibles y complementar otras actividades agrícolas. Los fondos especiales del Proyecto (AusAID) para Pequeños Productores (FSP), se están destinando al trabajo con agricultores y científicos, que utilizan métodos de investigación participativa para la identificación de forrajeras apropiadas para integración en sistemas agrícolas determinados. El Proyecto, con duración de 5 años, comenzó en enero de 1995 y colabora con los trabajos sobre investigación y desarrollo de pasturas en Indonesia, Laos, Malasia, Filipinas, Sur de China, Tailandia y Vietnam.

Principales actividades en el Sudeste de Asia

En julio de 1995, se realizó un curso internacional de capacitación de 4 semanas de duración dirigido a docentes. El curso se denominó: Investigación Participativa con Agricultores en Recursos Forrajeros, y se celebró en Filipinas. Su objetivo fue introducir el concepto de investigación participativa en agricultores e investigadores de forrajeras en la región. Se espera que los participantes realicen cursos similares en sus propios países. Las actividades de campo han comenzado en algunos sitios, mientras que en otros aún se discuten. Las actividades descritas a continuación están en un estado temprano de implementación y hay pocos resultados en este momento.

1. Alternativa de leguminosas para control de malezas y erosión en sistemas agroforestales y de cultivos.
2. Asociaciones de gramíneas-leguminosa para pastoreo bajo plantaciones de coco.
3. Leguminosas y asociaciones de gramíneas-leguminosas para mejorar barbechos en sistemas de cultivo de secano.
4. Forrajes de corte y acarreo cultivados en barreras o en bancos, para la alimentación de animales en tierras bajas y en sistemas de cultivo de tierras altas.
5. Asociaciones de gramíneas-leguminosa para mejorar pasturas naturales.
6. Leguminosas arbustivas de uso múltiple para bancos de proteína, cercos vivos, barreras, pasturas, agroforestería y sistemas de cultivo.
7. Leguminosas para producción de harinas integrales en sistemas de cultivo de secano.
8. Oferta de semilla y materiales vegetativos para siembra de cultivares comerciales.

1. Leguminosas para control de malezas y erosión en sistemas de agroforestería y de cultivo

Las leguminosas se pueden utilizar para controlar malezas y la erosión en sistemas agroforestales y de cultivo. En las Filipinas, se encontró que *S. guianensis* CIAT 184 controla eficazmente la erosión durante la siembra y suprime el crecimiento de *Imperata cylindrica* en las franjas de plantaciones forestales jóvenes [Bukidnon Forest Inc., Mindanao].

2. Asociaciones de gramíneas y leguminosas para pastoreo en plantaciones de coco

Se estableció un ensayo de pastoreo bajo cultivos de coco para medir la ganancia de peso vivo de animales en *B. humidicola* cv. Tully sola y asociada con *A. pintoii* CIAT 17434 y 18750 con una carga de 2 animales/ha. Las especies se establecieron utilizando material vegetativo. El establecimiento de *A. pintoii* CIAT 18750 por este método fue menos exitoso que en las otras dos especies. El establecimiento pobre de esta accesión ha sido reportado también por otros colaboradores. El pastoreo apenas se ha iniciado y en la pastura se medirán la composición botánica y la ganancia de peso vivo de los animales [Bureau of Animal Industry, Bicol].

En un experimento a nivel de finca se están comparando diferentes opciones de forrajes. Los tratamientos, establecidos en parcelas de 4 m x 4 m, son los siguientes:

- *B. decumbens* (local) monocultivo.
- *B. decumbens* (local) monocultivo con 200 kg/ha por año de N.
- *B. decumbens* (local) + mezcla de leguminosas¹.
- *B. humidicola* (local) + mezcla de leguminosas.
- *B. humidicola* CIAT 16886 + mezcla de leguminosas.
- *B. dictyoneura* CIAT 6133 + mezcla de leguminosas.

¹ Mezcla de leguminosas: *A. pintoii* + *C. pubescens*.

En las parcelas se miden el rendimiento y la composición botánica cada 6 semanas y con la misma frecuencia se pastorean con vacunos y búfalos por 2 a 3 días, hasta que consumen todo el forraje disponible. Las especies se establecieron bien. Sin embargo, 6 meses más tarde la proporción de leguminosas, en términos de rendimiento total en las asociaciones, representaba menos del 20%, siendo *A. pintoii* menos productivo que *C. pubescens*. En este caso, el productor expresó su preferencia por *B. dictyoneura* que fue preferido por los animales. Este experimento se continuará durante 2 años o más [Bureau of Animal Industry, Bicol, and Provincial Veterinary Service, Albay].

3. Leguminosas y asociaciones de gramíneas-leguminosas para mejorar el barbecho en sistemas de cultivo de secano

En octubre de 1994, en Matalom, Filipinas, se sembraron varias gramíneas y leguminosas en un cultivo de arroz de secano. La siembra se hizo 4 semanas antes de la cosecha de arroz. Las condiciones secas después de la siembra dieron lugar a un establecimiento pobre y a un bajo rendimiento de las especies de forrajeras. Las mejores especies fueron *S. guianensis* CIAT 184 y las líneas de fitomejoramiento *Aeschynomene histrix* CIAT 9690, *Paspalum atratum* BRA-9610), *B. humidicola* cv. Tully y *B. decumbens* cv. Basilisk. En el futuro, la siembra de forrajeras en arroz de secano se hará con más anticipación para asegurar un mejor establecimiento [Visayas State College of Agriculture, Leyte, Philippines].

En septiembre de 1995, en Matalom se estableció un experimento a nivel de finca para demostrar el efecto positivo de un barbecho de *S. guianensis* CIAT 184 de 1 ó 2 años, en comparación con barbecho natural. Como indicador se utilizó el arroz de secano [Visayas State College of Agriculture, Leyte, Philippines].

4. Forrajes para sistemas de alimentación de corte y acarreo, cultivados como barreras o bancos en tierras bajas y en sistemas de cultivo de secano

En 1994, en Malatom se establecieron nueve gramíneas y ocho leguminosas como cercos de contorno en una zona de cultivo de secano. Estos materiales estaban dispuestos para controlar la erosión del suelo durante el período de cultivo, así como para proveer forraje para rumiantes en la estación seca. Los criterios de selección incluyeron la efectividad para reducir la escorrentía, la producción y el mantenimiento de hojas verdes en la estación seca y el tiempo requerido para manejar las especies cultivadas como cerco durante el tiempo de crecimiento de cultivo (para reducir al mínimo la competencia con este último) [Visayas State College of Agriculture, Leyte, Philippines].

5. Asociaciones de gramíneas-leguminosas para mejorar pasturas naturales

La multiplicación de especies forrajeras adaptadas se encuentra en progreso en un sitio localizado en Kalimantan oriental e invadido por *I. cylindrica*. En la región es necesario identificar gramíneas y leguminosas que compitan con éxito con esta maleza. Este trabajo continuará con las evaluaciones para identificar especies bien adaptadas. A finales de 1995, se iniciarán los trabajos en fincas [Provincial Livestock Service, Samarinda, Indonesia].

6. Leguminosas arbustivas de uso múltiple en bancos de alimentación, barreras, cercos vivos, pasturas, agroforestería y sistemas de cultivo

Los árboles de múltiples propósito en el Sudeste Asiático y las leguminosas arbustivas pueden ser útiles en la mayoría de los sistemas de uso de la tierra, debido a su versatilidad. En este momento muchas de estas plantas aparecen incluidas como especies forrajeras en barreras y en cercos vivos en Matalom.

7. Leguminosas para producción de harinas integral de hojas en sistemas de cultivo de secano

La utilización de leguminosas para producción de harina integral de hojas para aves de corral y cerdos es una opción viable para agricultores. Varios miles de hectáreas de *S. guianensis* CIAT 184 y *S. scabra* cv. Seca se encuentran establecidos para este fin en el sur de China.

8. Semilla y Sistemas de Oferta de Material Vegetativo para Siembra de Cultivares Comerciales

La producción de semillas comerciales de forrajeras es a menudo difícil en el trópico húmedo. En el Sudeste de Asia hay pocos ejemplos de esquemas exitosos de producción de semilla sin producción comercial en Indonesia, Filipinas, Laos y Vietnam.

En 1995, se seleccionaron dos sitios para producción de semilla en Isabela y en Quirino en el norte de Luzon, Filipinas. Estos se eligieron con base en un período

seco definido con días cortos que favorecen la producción de semillas de la mayoría de las leguminosas y de algunas de gramíneas. Se establecieron seis especies de forrajeras, recomendadas para liberación en países de la región por el Proyecto Regional de Forrajes del Sudeste de Asia (1992 - 1994). La siembra se hizo en parcelas de 1000 m² y en condiciones naturales de producción. Estas especies son: *Andropogon gayanus* CIAT 621, *B. brizantha* CIAT 6780, *B. decumbens* cv. Basilisk, *B. humidicola* cv. Tully, *C. pubescens* CIAT 15160 y *S. guianensis* CIAT 184. Las mediciones incluyen densidad de inflorescencia, aparición de semillas, rendimiento de semilla y requerimientos de mano de obra [Department of Agriculture, Región 2, Philippines].

Componentes de Forraje en el Sudeste de Asia

Actividades planeadas para 1996

1. Se seleccionarán leguminosas para cobertura de suelos en plantaciones jóvenes de coco [Philippine Coconut Authority, Davao, Philippines] y plantaciones de árboles frutales [University of Southern Mindanao, Philippines].
2. Se evaluarán en colaboración con agricultores diversas opciones de forraje en plantaciones de coco. Los agricultores dispondrán de estas forrajeras para multiplicación en sus fincas. Los nuevos sitios de investigación se seleccionarán en colaboración con Philippine Coconut Authority en Mindanao y el Servicio Pecuario Provincial en Sulawesi, norte de Indonesia.
3. En Malatom y en Laos se continuarán los experimentos a nivel de finca para mejorar barbechos.
4. Se escogerán sitios para investigación adicional en la selección de forrajes para corte y acarreo en Kalimantan Oriental; Indonesia; en Laos y en la Universidad del sur de Mindanao, Filipinas.
5. Se seleccionarán sitios de investigación adicional en Indonesia, Laos y Vietnam para probar asociaciones de gramíneas-leguminosa para mejorar pasturas naturales.

6. Se incluirán los árboles multipropósito en varios sitios de investigación como opciones de forraje para agricultores.
7. Se iniciará la investigación colaborativa con la Academia China de Ciencias Agrícolas Tropicales en Hainan para mejorar la persistencia de las pasturas con *A. guianensis*, y para expandir la base de germoplasma y mejorar las tecnologías de cosecha.
8. Se ampliarán las actividades de producción de semillas para incluir a los pequeños agricultores en Región 2 en las Filipinas.

Proyecto: Apoyo Institucional

Coordinadores del proyecto: P. C.Kerridge y P. J. Argel

Justificación

El Programa de Forrajes Tropicales (PFT) tiene como objetivo desarrollar tecnologías de amplia aplicación. Esto incluye la identificación de nuevas especies forrajeras y accesiones, producción y aumento del acervo genético de las especies comerciales mejoradas de gramíneas y leguminosas y el desarrollo de los componentes de forraje con potencial para ser utilizados en diferentes sistemas agrícolas. Algunos aspectos del desarrollo y la transferencia de esta tecnología se realizan en conjunto con los sistemas nacionales de investigación agrícola (SNIA) en las diferentes regiones, lo que implica el mantenimiento de un contacto permanente y el trabajo conjunto para el desarrollo de habilidades técnicas.

La manera más efectiva para mantener este contacto es a través de redes regionales de trabajo. Donde sea posible, el personal del PFT facilitará el desarrollo de redes nacionales que puedan servir como canales para el flujo interno de la información, tanto para los gobiernos como para los sectores no gubernamentales; igualmente, para representar a los países en redes regionales que, a su vez, se utilizarán para la difusión de la información y de las nuevas tecnologías y de germoplasma forrajero, así como para la capacitación del personal nacional. Las redes regionales no sólo ayudarán con el flujo rápido de germoplasma, sino en la liberación de cultivares comerciales, lo cual es responsabilidad de cada país (ver Apéndice).

Lo ideal es que las redes regionales sean formadas y manejadas por los representantes nacionales de cada región con el apoyo de un miembro principal del CIAT o de un asesor contratado para el efecto. También pueden utilizarse como plataformas para atraer y administrar proyectos regionales de desarrollo.

El PFT siempre ha apoyado en forma activa las redes de investigación en pastos; las dos redes principales son la Red Internacional de Evaluación Pastos Tropicales (RIEPT) para América, y la Red de Investigación y Desarrollo de Forrajes y Fuentes de Alimentación del Sur y el Este de Asia (SEAFRAD, acrónimo en inglés). Sin embargo, es probable que estas redes se integren con otras ya existentes que tienen un mayor enfoque. Una de éstas es la Red Agropastoril en la cual el Programa de

Tierras Bajas Tropicales es un miembro activo. A medida que el Internacional Livestock Research Institute (ILRI, inglés) extienda sus actividades a América Latina habrá oportunidad para desarrollar una Red en Producción Animal. En el Sudeste Asiático, se han integrado actividades con las redes regionales de la FAO y se espera que esto mismo sucederá con el ILRI.

El PFT también está comprometido con el mantenimiento de los canales de comunicación entre científicos en las redes a través de boletines informativos y la publicación de una revista internacional, Pasturas Tropicales. Para muchos científicos en varios países, ésta revista es el único medio disponible para publicar los resultados de investigación.

El apoyo institucional efectivo también es una función del PFT, para ello determina la reacción en las ecoregiones en las cuales trabaja y busca la colaboración necesaria para las actividades de investigación colaborativa.

Objetivo: Facilitar la interacción con y entre las organizaciones nacionales involucradas en actividades de investigación y desarrollo de pasturas tropicales a través de redes regionales activas que intercambian información, nuevo germoplasma y tecnologías basadas en forrajes. Además de proporcionar asistencia en capacitación a nivel no graduado.

Principales Actividades:

1. Red Internacional para Evaluación de Pastos Tropicales, con sede en México, Centroamérica y el Caribe (RIEPT-MCAC).
2. Red Internacional para Evaluación de Pastos Tropicales, con sede en América del Sur (RIEPT-SA).
3. Red del Oriente de Asia para la Investigación y el Desarrollo de Recursos Forrajeros (SEAFRAD).
4. Capacitación.
5. Comunicación de los resultados de la investigación.

Aspectos sobresalientes

- Taller regional en Costa Rica sobre Experiencias Regionales con *Arachis pintoii*.
- Publicación regular de tres boletines informativos:
 - RIEPT-MCAC, también distribuido por Internet
 - RIEPT-SA
 - SEAFRAD
- Científicos capacitados en talleres y en los países.
- Continuación de la revista Pasturas Tropicales.
- Liberaciones de *Arachis pintoii* CIAT 17434 en Brasil y Costa Rica.

1. Red de Evaluación de Pastos Tropicales en México, Centroamérica y el Caribe (RIEPT-MCAC)

Esta rama de la RIEPT ha sido muy activa y mantiene un científico del CIAT en Costa Rica, quien dedica la mayoría de su tiempo a actividades propias de la Red. Consideramos que esta actividad se justifica debido a que muchos de los países de la región no disponen de recursos para investigación y desarrollo de forrajeras.

Taller regional. Entre el 9 y el 19 de octubre se celebró en San José, Costa Rica, un taller sobre experiencias regionales con *Arachis pintoii* y las necesidades futuras de colaboración para la evaluación y promoción de la especie. El Taller se realizó con la colaboración de la Estación Experimental Alfredo Volio Mata de la Universidad de Costa Rica y contó con 30 participantes de instituciones nacionales, empresas privadas y proyectos interinstitucionales de México, Guatemala, Cuba, El Salvador, Nicaragua, Panamá, Colombia, República Dominicana y Costa Rica, además de personal del CIAT-Palmira. Este evento fue una continuación de un taller regional celebrado en 1993 sobre metodologías para la evaluación de pasturas a nivel de finca, en el cual cada uno de los países elaboró un proyecto con *A. pintoii* como el principal componente de pasturas.

En total, se presentaron 26 informes técnicos que abarcaron temas sobre utilización de *A. pintoii* como planta forrajera y cultivo de cobertura. La utilización de *A. pintoii* como cultivo de cobertura en plantaciones de

banano y café ha mostrado excelentes resultados en Costa Rica y Nicaragua; en estos ensayos la accesión *A. pintoii* CIAT 18744 aparece como más promisorio que el cultivar Amarillo (*A. pintoii* CIAT 17434), ya que tiene mayor cobertura del suelo por su alta producción de estolones. *Arachis pintoii* CIAT 18744 también se asocia bien con gramíneas estoloníferas y crece en zonas de ladera, donde se usa para el control de la erosión de suelos. Esta accesión se considerará para liberación en Costa Rica en el futuro cercano. Se están adelantando planes para la multiplicación de semillas y para la promoción regional de la especie.

Se definieron prioridades de investigación para estudios de establecimiento; caracterización de ecotipos nuevos, en particular por tolerancia a la sombra y a condiciones de sequía prolongada; y manejo después de la siembra. Como estudios adicionales se propusieron: fijación de N, utilización como heno, efecto en reproducción de vacas y otros usos alternativos de la leguminosa.

Las memorias de este taller se publicarán en los primeros meses de 1996.

Boletín informativo. Durante 1995 se publicaron tres números de la Hoja Informativa RIEPT-MCAC/CIAT-PFT, con un tiraje de 250 ejemplares cada uno. El contenido de esta publicación se relacionó con los resultados de las evaluaciones de germoplasma forrajero, disponibilidad de semilla de nuevos forrajes promisorios y comunicaciones cortas sobre eventos regionales de interés en la Red. La hoja Informativa está disponible vía INTERNET (<http://CIAT-pc3.iica.ac.cr/riipt.htm>) y en los registros de la oficina central del CIAT en San José, Costa Rica.

Visitas a los países de la región. Durante 1995 se visitaron las instituciones nacionales en México, Honduras, Nicaragua, Panamá y El Salvador. El objetivo de estas visitas fue observar los avances de la investigación con nuevo germoplasma forrajero y promocionar los ecotipos más promisorios. Estas visitas también le permiten al PFT identificar el personal técnico más capacitado en cada país y fortalecer la colaboración interinstitucional. Además, brindan la oportunidad para el intercambio de información a nivel de técnicos y agricultores sobre diferentes aspectos de la investigación en pasturas.

Evaluación e intercambio de germoplasma. La mayoría de la semilla para la investigación y el desarrollo de pasturas en los países que participan en el RIEPT-

MCAC se produce y distribuye en la oficina regional del CIAT en Costa Rica. En el Escuela Centroamérica de Ganadería (ECAG) se mantiene una pequeña unidad de semilla. Entre agosto y septiembre de 1993 se habían tramitado 127 solicitudes de semillas experimental y básicas, provenientes de 17 países; incluyendo cantidades pequeñas de semilla remitidas a EE.UU. y el Reino Unido, las que se utilizaron en estudios de posgrado de estudiantes latinoamericanos en estos países. Otros países —no miembros de la RIEPT-MCAC— que solicitaron semilla fueron Barbados, Colombia, Puerto Rico, Surinám, Trinidad y Tobago y Venezuela.

Costa Rica fue el país que hizo el mayor número de solicitudes (78), seguido por Honduras (10), México (9) y Nicaragua (8). La cantidad de semilla básica y experimental entregada fue de 433 kg de gramíneas y 456 kg de leguminosas. Además, en Costa Rica se entregaron 5 t de material vegetativo de ecotipos promisorios de *Arachis pintoi*. La semilla se solicitó evaluación agronómica, establecer parcelas de multiplicación, estudios como cultivo de cobertura, demostraciones a nivel de fincas y para estudios básicos de microbiología y vigor de planta.

Liberación de cultivares. *Arachis pintoi* CIAT 17434 se liberó en Costa Rica como cultivar Maní Mejorador [P.J. Argel]

2. Red Internacional para Evaluación de Pastos Tropicales, Sede América del Sur

El trabajo en redes de investigación es más difícil en América del Sur que en México, Centroamérica y el Caribe. Por una parte, el área involucrada y las necesidades variables entre los países, hacen imposible que una persona atienda todas las necesidades desde un solo sitio; por otra parte, no ha sido posible conseguir los recursos que se requieren para ampliar los servicios. Por el momento se depende de los contactos de los científicos del PFT y del Programa de Tierras Bajas del Trópico (PTB) que tienen sus bases en el CIAT y, en particular, a través del especialista en germoplasma con base en Brasilia, quien mantiene contactos con científicos en Brasil, Bolivia y Paraguay y publica un boletín informativo regional.

Se mantienen relaciones estrechas con científicos nacionales en Colombia y se han restablecido las relaciones con los científicos en Pucallpa, Perú. Los

contactos con científicos nacionales en Venezuela y Ecuador dependen de las visitas a estos países y de las reuniones regionales o de especialistas. Los talleres sobre sistemas agropastoriles celebrados por el PTB en diferentes países han probado ser un punto valioso de contacto, como ocurrió con el taller de trabajo sobre *Brachiaria* celebrado en 1994. Varios de los científicos del PFT han asistido a reuniones sobre agronomía regional o producción animal. Los eventos de capacitación de científicos nacionales en el CIAT durante períodos de 2 a 6 meses han conducido a contactos valiosos y a actividades de investigación colaborativa.

Actividades en Brasil

Boletín informativo. El Boletín Informativo que aparece cada 4 meses se distribuye a 350 colaboradores. Una característica de este boletín es el énfasis en diferentes temas relacionados con los últimos resultados de las investigaciones sobre *Brachiaria* y *Arachis*.

Visitas a países de la región. Se visitaron Bolivia, Brasil y Paraguay para discutir con los científicos nacionales algunos programas de investigación y desarrollo de forrajes, y presentar seminarios sobre las actividades del CIAT. Se visitaron, también, las regiones de Acre y Rondonia en Brasil para iniciar actividades de evaluación colaborativa con EMBRAPA y científicos del CIAT involucrados en el programa sobre alternativas a la tala y quema de bosques. En esta visita se motivó a los científicos nacionales para iniciar una evaluación conjunta de germoplasma y producción de semillas de forrajeras. Otra actividad se relacionó con el suministro de semilla para evaluación en ensayos a nivel de finca.

Evaluación de germoplasma e intercambio regional. Estas actividades incluyen la multiplicación de semillas e intercambio y colaboración con científicos de EMBRAPA en ensayos regionales de evaluación con accesiones nuevas de *Brachiaria* y *Arachis*.

La semilla de nuevas accesiones se ha multiplicado y distribuido de acuerdo con las solicitudes de los investigadores (Cuadro 1).

Cuadro 1. Solicitudes de germoplasma y suministro de semilla a los colaboradores de EMBRAPA/CPAC y la RIEPT. Brasil.

Descripción	1994		1995	
	Pedido (no.)	Enviado (kg)	Pedido (no.)	Enviado (kg)
Gramíneas				
CPAC	21	4	11	3
RIEPT	155	29	123	5
Leguminosas				
CPAC	63	270	34	11
RIEPT	259	207	79	22

FUENTE: Ronaldo P. de Andrade

Entre 1994 y 1995 se distribuyeron 150 kg de semilla para ensayos a nivel de finca, entre ellos 130 kg de *Arachis pintoi* CIAT 22160.

Se inició la evaluación regional de accesiones preseleccionadas de *Brachiaria*. El germoplasma bajo evaluación aparece en el Cuadro 2.

De la misma manera, se inició la evaluación regional de *A. pintoi* seleccionado, mediante la multiplicación de las 16 accesiones (Cuadro 3). Estos trabajos se realizan en colaboración con la Unidad de Semilla del Programa de Producción Animal en CPAC [R. P. de Andrade y E. A. Pizarro].

Liberación de cultivares. *Arachis pintoi* CIAT 17434 fue liberado por una empresa privada de semilla en el Estado de São Paulo-Brasil, como cv. Amarillo-MG-100. El principal uso del cultivar en este momento es como cobertura del suelo en café y cítricos, ya que más de 3.5 millones de hectáreas se encuentran en estos cultivos en Brasil.

Actividades en Colombia

Se distribuyeron el Informe Bianual y otras publicaciones entre los miembros de la RIEPT.

Los resultados de las evaluaciones regionales se han introducido en la Base de Datos de la RIEPT. Esta Base ha sido útil en la elaboración de grupos de germoplasma para evaluación regional [L. H. Franco].

Cuadro 2. Germoplasma de *Brachiaria* bajo evaluación en el Cerrado brasileño.

Germoplasma	Accesiones			
	BRA	CPAC	CNPGC	CIAT
<i>B. brizantha</i>	002801	3337	B108	16121
	002844	3341	B112	16125
	003000	3649	B187	16150
	003204	3386	B132	16288
	003247	3390	B61	16294
	003361	3401	B138	16306
	003387	3403	B70	16308
	003395	3404	B140	16309
	003441	3409	B72	16315
	003450	3410	B144	16316
	003484	3413	B146	16319
	003719	3435	B158	16441
	003824	3446	B163	16457
	003891	3451	B166	16467
	003948	3456	B89	16473
	004308	3555	B178	26110
cv. Marandú	000591*	-	3099	6294
<i>B. decumbens</i>	004391	3464	D1	16488
cv. Basilisk	001058*	-	3088	606
<i>B. humidicola</i>	005118	3564	H16	26149
	005011	3545	H13	16886
cv. humidicola	Comm.*	-	-	679

* Control RIEPT-BRASIL. Comm. = comercial.

Cuadro 3. Germoplasma de *Arachis* en multiplicación para evaluación regional en Brasil.

Germoplasma	BRA No.	CIAT No.
<i>Arachis pintoi</i>	0013251	17434 cv. Amarillo
	0015121	18748
	0022683	-
	0030333	22292
	0030368	22172
	0030546	22256
	0030872	22257
	0031135	22159
	0031143	22160
	0031496	22236
	0031534	22238
	0031542	22269
	0031828	-
	0031861	-
	<i>A. repens</i>	0031801

Los miembros del PFT visitaron Bolivia, Ecuador, Perú y Venezuela para conocer las actividades actuales de las organizaciones e instituciones nacionales y discutir las actividades colaborativas futuras. Como resultado de estas visitas se han hecho convenios para que científicos nacionales vengan a capacitarse en el PFT sobre técnicas de investigación en fincas. El contacto permanente con otros países será posible mediante la presencia y las actividades de un científico de enlace, bien sea nominado por el país respectivo o nombrado por el CIAT, cuando los recursos financieros lo permitan.

3. Red para la Investigación y el Desarrollo de Forrajes y Recursos para la Alimentación de Animales en el Sudeste de Asia (SEAFRAD)

Las actividades en la red SEAFRAD se realizan conjuntamente con la División de Cultivos y Pastos Tropicales de CSIRO, con recursos financieros proporcionados por el Gobierno Australiano, dentro del proyecto especial Forrajes para Pequeños Productores (FSP), que se inició en enero de 1995. SEAFRAD colabora con el Grupo de Trabajo Regional de la FAO que adelanta estudios sobre pastoreo y recursos forrajeros.

Las actividades en esta red son las siguientes:

- facilitar la comunicación y el trabajo en redes dentro de los países;
- facilitar el nuevo germoplasma forrajero y la tecnología de manejo asociada;
- llevar a cabo actividades colaborativas de investigación y desarrollo con científicos nacionales en zonas tropicales de China, Indonesia, Filipinas, Tailandia y Vietnam,
- producir y distribuir un boletín informativo regional con la asistencia de coordinadores nacionales; y
- celebrar cada año reuniones regionales, y dar capacitación en tecnologías de forraje y transferencia.

Reunión regional: La tercera reunión del Proyecto Regional de Semillas de Forrajes en el Sudeste de Asia se celebró en Samarinda, al este de Kalimantan, Indonesia, entre el 23 y el 28 de octubre de 1994. La reunión fue auspiciada por el Gobierno de Indonesia. Las Memorias se publicaron como el Documento de Trabajo CIAT No. 143.

Boletín informativo. El primer número del Boletín Informativo de SEAFRAD se publicó en octubre de 1995 y el segundo aparecerá en diciembre de 1995.

El primer número de la hoja divulgativa del Proyecto de Forrajes para Pequeños Productores se distribuyó en septiembre de 1995. Esta hoja de noticias se tradujo a cinco idiomas locales y se distribuyó ampliamente en los siete países de la región.

Evaluación e intercambio de germoplasma. Esta actividad aparece en el informe sobre el Proyecto de Recursos Genéticos de Forrajeras (ver página 2-22).

4. Capacitación

La capacitación es un componente principal de las actividades del CIAT, pero ha sido severamente restringida como resultado de la reducción en el presupuesto. La Unidad de Capacitación ha continuado recibiendo y subsidiando visitantes individuales y estudiantes que llegan al CIAT. Actualmente participa en la búsqueda de recursos financieros adicionales para la realización de cursos en grupos. Las necesidades de capacitación se están revisando en los países individuales.

Cali, Colombia. En el CIAT-Palmira, la capacitación se ha dado en forma de cursos cortos —capacitación en trabajo— para estudiantes candidatos a títulos B.S., M.Sc. y Ph.D. (Cuadro 4).

Costa Rica. Científicos nacionales de Costa Rica y Nicaragua recibieron capacitación en servicio. Tres estudiantes de la Universidad de Costa Rica trabajaron en proyectos de investigación para su grado de B.S.

Brasil. Cinco estudiantes, dos candidatos a M.Sc. y tres a un grado en Agronomía, están actualmente realizando su investigación de grado con *Paspalum atratum* BRA 009610 y varias accesiones de *Arachis pintoi*, con la colaboración del personal EMBRAPA-CENARGEN-CPAC/CIAT en Brasilia.

Sudeste de Asia. Como parte de los fondos AIDAB, el Proyecto Regional de Semillas de Forrajes en el Sudeste de Asia, financió entre 1992-1994, la capacitación de colaboradores en Indonesia, Malasia, Filipinas y Tailandia en aspectos prácticos de evaluación de forraje, tecnología de semilla, producción de semilla y manejo de forrajes, tal como aparece a continuación.

Cuadro 4. Capacitación, en el CIAT, de científicos de instituciones nacionales. 1994-1995.

País	Area y nivel de capacitación	Duración	No. personas
Austria	Nutrición de Plantas Ph.D.	2 años	1
Bolivia	Agronomía a nivel de finca	2 meses	3
	Agronomía de forraje	1 semana	3
Brasil	Patología	1 mes	1
	Genética	1 mes	1
Colombia	Biología de Semilla MSc.	2 años	2
	Nutrición de Plantas B.S.	1 año	4
	Genética. B.S.	1 año	1
	Germoplasma. B.S.	1 año	7
	Calidad de Forrajes B.S.	1 año	4
	Agronomía de forrajes	1 semana	12
	Calidad de forrajes	2 semanas	2
	Patología	5 meses	1
China	Patología	3 meses	1
Alemania	Agronomía de Forrajes Ph.D.	2 años	1
	Nutrición de Plantas Ph.D.	2 años	
	Nutrición de Planta B.S.	1 año	1
	Germoplasma B.S.	1 año	1
Honduras	Calidad de Forraje MSc.	2 años	1
Países Bajos	Agronomía de forrajes	6 meses	1
Paraguay	Germoplasma	2 meses	1
Suiza	Calidad de forrajes Ph.D.	2 años	1
Reino Unido	Calidad de forrajes	7 meses	1
Venezuela	Entomología	1 mes	2

En 1994:

- Cuatro técnicos del Departamento de Desarrollo Pecuario de Tailandia permanecieron 1 mes en la División de Cultivos y Pastos Tropicales, CSIRO, Australia.

- Tres científicos colaboradores de universidades en Filipinas permanecieron 11 semanas en la División de Cultivos y Pastos Tropicales, CSIRO, Australia.

- En Baturraden se realizó un curso de capacitación de 2 semanas de duración, dirigido a 40 personas de la Dirección General de Servicios Pecuarios y Oficiales Pecuarios Provinciales de Indonesia. El curso fue patrocinado por el Gobierno de Indonesia.
 - En Filipinas se llevó a cabo un curso de capacitación de 2 días para 15 personas del Departamento de Agricultura del Norte de Mindanao. El curso fue patrocinado por el AIDAB como parte del Proyecto Piloto de Extensión Agrícola Provincial.
 - En Los Baños, Filipinas, se realizó un curso de capacitación de 1 semana sobre producción de semillas, con la participación de 17 científicos involucrados en la Red Nacional de Evaluación y Desarrollo de Forrajes. El curso fue copatrocinado por el Consejo Filipino para la Investigación y el Desarrollo de la Agricultura, los Bosques y los Recursos Naturales.
 - Además, se ofreció capacitación para colaboradores de la Red, en trabajos sobre selección de especies forrajeras en la sede central en Los Baños, Filipinas.
- En 1995:
- En el Visaya State College Agriculture, Leyte, y en el Instituto Internacional de Investigaciones sobre el Arroz, Los Baños, Filipinas, se realizó un curso de capacitación internacional de 4 semanas de duración. El curso estaba dirigido a docentes y su tema fue la investigación participativa en recursos forrajeros. En él participó Teresa Gracia, IPRA, CIAT.
 - El Programa de Laderas colaboró en un curso sobre forrajes en el Proyecto de Pequeños Productor (FSP) de Indonesia, Laos, Malasia, Filipinas, Sur de China, Tailandia y Vietnam. Los participantes celebrarán cursos en sus países de origen para otros colaboradores involucrados en el Proyecto de FSP.
 - Entre el 9 y el 29 de octubre, en Isabela State University, Filipinas, se realizó el primer curso de capacitación en los países. El tema central de este curso fue: Investigación Participativa en Forrajes, y contó con la participación de 18 colaboradores del FSP.

4. Comunicación de la investigación

La distribución de libros, bibliografías y revistas ha sido una actividad ampliamente reconocida en el CIAT y en el PFT. La distribución ha sido restringida en los últimos años, debido a los recortes financieros. No obstante, se ha realizado un esfuerzo para lograr la recuperación de algunos de esos costos. La evaluación en el momento indica que los resultados han sido contraproducentes, tanto en términos de imagen como en términos de una distribución más amplia de la información. Se intentará, en consecuencia, reanudar la distribución, pero con un listado más restringido y actualizado de los investigadores e instituciones que estén trabajando activamente en el desarrollo de agrícola.

La principal actividad es la edición y publicación de tres números cada año de la revista Pasturas Tropicales. La revista cumplió su décimo aniversario en 1995. Reconocemos la labor del editor técnico, Alberto Ramírez, quien dedica sus esfuerzos para ayudar a los autores y asegura la alta calidad de las publicaciones que aparecen en la revista.

También agradecemos a la Biblioteca del CIAT por sus esfuerzos para proporcionarnos una Bibliografía nueva en Forrajes Tropicales.

Anexo 1. Gramíneas y leguminosas liberadas como cultivares comerciales adaptados a suelos ácidos tropicales (1980-1995).

ESPECIES	Accesión No. CIAT	Nombre del cultivar	Año de liberación	País
A. GRAMINEAS				
<i>Andropogon gayanus</i>	621	Carimagua 1	1980	Colombia
		Planaltina	1980	Brasil
		Sabanero	1983	Venezuela
		Veranero	1983	Panamá
		San Martín	1984	Perú
		Llanero	1986	México
		Andropogon	1988	Cuba
		Veranero	1989	Costa Rica
		Otoreño	1989	Honduras
		Gamba	1989	Nicaragua
ICTA- Real	1992	Guatemala		
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	6133	Llanero	1987	Colombia
		Gualaca	1992	Panamá
		Ganadero	1993	Venezuela
<i>Brachiaria brizantha</i>	6780	Marandú	1984	Brasil
		Brizantha	1987	Cuba
		Gigante	1989	Venezuela
		Insurgente	1989	México
		Diamantes 1	1991	Costa Rica
		La Libertad	1987	Colombia
<i>Brachiaria decumbens</i>	606	Brachiaria	1987	Cuba
		Pasto Alambre	1987	Venezuela
		Chontalpo	1989	México
		Señal	1989	Panamá
		Pasto Peludo	1991	Costa Rica
<i>Brachiaria humidicola</i>	679	INIAP-Napo	1985	Ecuador
		Aguja	1989	Venezuela
		Humidicola	1989	Panamá
		Chetumal	1990	México
		Humidicola	1992	Colombia
<i>Panicum maximum</i>	26900	Vencedor	1990	Brasil
	16031	Tanzania 1	1990	Brasil
B. LEGUMINOSAS				
<i>Arachis pintoii</i>	17434	Amarillo	1990	Australia
		Maní Forrajero Perenne	1992	Colombia
		Pico Bonito	1993	Honduras
		Maní Mejorador	1994	Costa Rica
		Amarillo-MG-100	1995	Brasil
<i>Centrosema pubescens</i>	438	El Porvenir	1990	Honduras
		Villanueva	1993	Cuba
<i>Centrosema acutifolium</i>	5277	Vichada	1987	Colombia
<i>Clitoria ternatea</i>	20692	Tehuana	1988	México
		Clitoria	1990	Honduras
<i>Desmodium ovalifolium</i>	350	Itabela	1989	Brasil
<i>Leucaena leucocephala</i>	21888	Romelia	1991	Colombia
<i>Pueraria phaseoloides</i>	9900	Jarocho	1989	México
<i>Stylosanthes capitata</i>	10280	Capica	1983	Colombia
<i>S. guianensis</i> var <u>vulgaris</u>	184	Pucallpa	1985	Perú
	2950	Bihuadou (Zhuhuacao)	1987	China
	2950	Mineirao	1993	Brasil
<i>S. guianensis</i> var <u>pauciflora</u>	2243	Bandeirante	1983	Brasil
<i>S. macrocephala</i>	1281	Pioneiro	1983	Brasil

Proyecto: Apoyo institucional

Actividades propuestas para 1996

1. RIEPT-MCAC

- Continuar con la publicación y distribución del Boletín Informativo.
- Continuar la multiplicación de semillas y distribución del germoplasma promisorio.
- Continuar las visitas a los países para dar seguimiento a la evaluación y promoción de germoplasma forrajero, en particular, aquellos proyectos que se discutieron durante el taller regional sobre *A. pintoii*.
- Colaborar con la implementación de dos proyectos regionales:
 - i) TROPILECHE, un consorcio formado por varias instituciones de Costa Rica y Perú para mejorar la alimentación animal en fincas de pequeños productores de la región, con base en leguminosa en sistemas de doble propósito.
 - ii) Proyecto de capacitación para fortalecer mecanismos subregionales de transferencia de tecnologías, mediante la capacitación en México y América Central y la zona andina de América del Sur.
- En Honduras y Nicaragua, se continuará la investigación colaborativa con el Programa de Laderas del CIAT .

2. RIEPT-Sur América

- Se continuará la publicación y distribución del boletín informativo.
- Se continuará la multiplicación y distribución de semillas.
- Se realizarán visitas de trabajo a instituciones de Bolivia, Ecuador, Paraguay, Perú y Venezuela.
- Se continuará la investigación colaborativa en Bolivia.
- Se mantendrá la base de datos de evaluación de la RIEPT.
- Se distribuirán el informe Bianual y otras publicaciones.

3. SEAFRAD

- En enero de 1996, se realizará en Vientiane,

Laos, la primera reunión regional sobre el Proyecto: Forrajes para Pequeños Productores. Esta reunión se hará conjuntamente con el grupo de trabajo regional de la FAO: Pastoreo y Uso de Recursos Forrajeros, y con el proyecto: Mejor Uso de los Recursos Forrajeros Localmente Disponibles.

- Se continuará apoyando la publicación del boletín informativo de SEAFRAD.
- Se producirá y distribuirá la Hoja de Noticias del proyecto sobre forrajes para pequeños productores.
- Se continuará la investigación colaborativa en Indonesia, Laos, Filipinas, Tailandia y Vietnam y se iniciarán actividades en el Sur de China.

4. Capacitación

Colombia

- Se analizarán las solicitudes de capacitación para científicos de Brasil, China y Paraguay.
- Se colaborará con los eventos de capacitación en los países, empezando en Bolivia.
- Se conducirán cursos de capacitación en metodologías a nivel de finca para la evaluación de los recursos forrajeros en sistemas de producción de doble propósito.
- Se continuará la capacitación de estudiantes a nivel de B.S., M.Sc. y Ph.D.

Sudeste de Asia

- Se iniciarán cursos de capacitación en Tailandia, Laos, Indonesia y Vietnam sobre investigación participativa.

5. Comunicación de la Investigación

- Se continuará publicando Pasturas Tropicales.
- Se establecerá a un Comité Editorial Consultiva para Pasturas Tropicales.
- Se publicará y distribuirán las memorias del taller "Biología, Agronomía y Mejoramiento de *Brachiaria*".

Publicaciones (1994-1995)

Trabajos publicados en revistas científicas

- Bulo, D., Blair, G.J., Stür, W. and Till, A.R. 1994. Yield and digestibility of forages in East Indonesia. I. Legumes. *Asian-Australasian Journal of Animal Science* 7:325-333.
- Bulo, D., Blair, G.J., Till, A.R. and Stür, W. 1994. Yield and digestibility of forages in East Indonesia. II. Grasses. *Asian Australasian Journal of Animal Science* 7:335-342.
- Cano, R., Carulla, J. and Lascano, C.E. 1994. Efecto de conservación de muestras de forrajes de leguminosas tropicales y su efecto en el nivel y actividad biológica de los taninos. *Pasturas Tropicales* 16(1):2-7.
- Chong, D.T., Tajuddin, I., Samat, ABD. M.S., Stür, W. and Shelton, H. M. 1995. Stocking rate effects on sheep and forage productivity under rubber in Malaysia. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*: in press.
- Fässler, O.M. and Lascano, C.E. 1995. The effect of mixtures of sun-dried tropical shrub legumes on intake and nitrogen balance by sheep. *Tropical Grasslands* 29:92-96.
- Fisher, M.J., Rao, I.M., Ayarza, M.A., Lascano, C.E., Sanz, J.I., Thomas, R.J. and Vera, R.R. 1994. Carbon storage by introduced deep-rooted grasses in the south American savannas. *Nature* 371:236-238.
- Fisher, M.J., Rao, I.M., Lascano, C.E., Sanz, J.I., Thomas, R.J., Vera, R.R. and Ayarza, M.A. 1995. Pasture soils as carbon sink - reply. *Nature* 376:473.
- He, C., Masel, A. M., Irwin, J. A. G., Kelemu, S. and Manners, J. M. 1995. Distribution and relationship of chromosome-specific dispensable DNA sequences in diverse isolates of *Colletotrichum gloeosporioides*. *Mycological Research* (in press).
- Jones, R.M., Kerridge, P.C. and McLean, R.W. 1993. Population dynamics of Siratro and shrubby stylo in South-East Queensland as affected by phosphorus, soil type, stocking rate and rainfall. *Tropical Grasslands* 27: 65-74.
- Kelemu, S. and Badel, J. 1994. *In vitro* inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and other phytopathogenic fungi by an Amazonian isolate of *Bacillus subtilis* and its cell-free culture filtrate. *Australasian Plant Pathology* 23:41-45.
- Kelemu, S., Miles, J.W., Bonilla, X. and Badel, J.L. 1995. Sources of resistance to *Rhizoctonia foliar* blight in *Brachiaria* spp. *Tropical Grasslands* 29(4):(in press).
- Kelemu, S., Thomas, R., Moreno, C.X. and Ocampo, G.I. 1995. Strains of *Bradyrhizobium* from tropical forage legumes inhibit *Rhizoctonia solani* AG-1 *in vitro*. *Australasian Plant Pathology* 24(3):(in press).
- Koga, H., Kelemu, S. and Sanchez, M. S. 1995. First report of *Balansia* on *Andropogon bicornis* and *Panicum campestre* in the savannas of Colombia. *Plant Disease* 79(10):1074.
- Maass, B.L. and Ocampo, C.H. 1995. Isozyme polymorphism provides fingerprints for germplasm of *Arachis glabrata* Bentham. *Genetic Resources and Crop Evolution* 42:77-82.
- Miles, J. W., Lapointe, S. L., Escandón, M. L. and Sotelo, G. 1995. Inheritance of spittlebug resistance in interspecific *Brachiaria* spp. hybrids: parent-progeny correlation and heritability of field reaction. *J. Econ. Entom.* 88(5):1477-1481.
- Morales, F.J., Ospina, M.D., Castaño, M., and Calvert, L.A. Sequence analysis of the 3-terminal region of a tropical forage potyvirus related to guineagrass mosaic. *Phytopathology* (submitted).
- Ng., K.F., Stür, W.W. and Shelton, H.M. 1995. New forage species for integration of sheep in rubber

plantation. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*: (in press).

Pizarro, E. A. and Carvalho, M. A. 1995. New alternative forages for the tropics: *Arachis* and *Paspalum*. *Agronomy Journal - ASA* :(in press).

Raaflaub, M. and Lascano, C.E. 1995. The effect of wilting and drying on intake rate and acceptability by sheep of the shrub legume *Cratylia argentea*. *Tropical Grasslands* 29:97-101.

Rao, I.M., Ayarza, M. A. and Thomas, R.J. 1994. The use of carbon isotope ratios to evaluate legume contribution to soil enhancement in tropical pastures. *Plant and Soil* 162:177-182.

Rao, I.M., Ayarza, M.A. and Garcia, R. 1995. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils I. Differences in plant growth, nutrient acquisition and nutrient utilization among C₄ grasses and C₃ legumes. *J. Plant Nutr.* 18(10):2135-3155.

Rao, I.M. and Terry, N. 1994. Leaf phosphate status and photosynthesis *in vivo*: changes in sugar phosphates, adenylates and nicotinamide nucleotides during photosynthetic induction in sugar beet. *Photosynthetica* 30:243-254.

Rao, I.M. and Terry, N. 1995. Leaf phosphate status, photosynthesis, and carbon partitioning in sugar beet IV. Changes with time following increased supply of phosphate to low phosphate plants. *Plant Physiology* 107:1313-1321.

Rao, I.M., Borrero, V., Ricaurte, J., Garcia, R. and Ayarza, M.A. 1996. Adaptive attributes of tropical forage species to acid soils II. Differences in shoot and root growth responses to varying phosphorus supply and soil type. *J. Plant Nutr.* 19(1):(in press).

Wong, C. C. and Stür, W. 1995. Effect of shade on regrowth potential of two shade tolerant *paspalum* grasses. In: Malaysian Journal of Animal Science 1, 55-61.

Wong, C.C. and Stür, W. 1995. Persistence of tropical forage grasses in shaded environments. *Journal of Agricultural Science (Camb.)*, in press

Trabajos presentados en libros y capítulos de libros

Ferguson, J.E. (ed.). 1994. Semilla de Especies Forrajeras Tropicales: Conceptos, Casos y Enfoque de la Investigación y la Producción. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 320 p.

Johansen, C., Kerridge, P.C. and Sultana, A. 1995. Response of forage grasses and legumes to molybdenum. In: U.C. Gupta (ed). Molybdenum in Agriculture. Cambridge University Press (in press).

Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). 1994. Biology and Agronomy of Forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 209 p. English edition.

Kerridge, P.C. (ed.). 1995. Biología y Agronomía de Especies Forrajeras de *Arachis*. CIAT, Cali, Colombia. 227p. Spanish edition.

Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. do (eds.). 1995. *Brachiaria*: Biology, Agronomy, and Improvement. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA/CNPGC), Cali, Colombia. (in press).

Rao, I.M. 1996. Role of phosphorus in photosynthesis. In: Pessarikli, M. (ed.) Handbook of Photosynthesis. Marcel Dekker, Inc., New York, USA. (in press).

Trabajos presentados en Talleres y Conferencias

Argel, P.J. y Maass, B.L. 1994. Evaluación y adaptación de leguminosas arbustivas en suelos ácidos infértiles de América tropical - una revisión. Paper presented at the workshop "Nitrogen fixing trees and shrubs for acid soils", CATIE, Turrialba, Costa Rica, 3-8 July, 1994.

- Argel, P.J., Valerio, A. y Martínez, R. 1994. Floración y rendimiento de semilla de *A. pintoi* en Guápiles, Costa Rica (cartelera). XXXVII PCCMCA Reunión Anual, San José, Costa Rica.
- Argel, P.J., Valerio, A. y Montoya, M. 1994. Adaptación y rendimiento de materia seca de *Leucaena* spp. en Atenas, Costa Rica (cartelera). XXXVII PCCMCA Reunión Anual, San José, Costa Rica.
- Argel, P.J. and Keller-Grein, G. s.f. Regional experience with *Brachiaria*. Tropical America-humid tropics. En: The biology, agronomy and improvement of *Brachiaria*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. (En impresión).
- Ayarza, M.A., Rao, I.M. and Thomas, R.J. 1994. Reciclaje de nutrientes en pastizales tropicales de suelos ácidos. In: Ganadería y recursos naturales en América Central: estrategias para la sostenibilidad. Memorias de un simposio/taller realizado en San José, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, San
- Barcellos, A.O., Carvalho, M.A., Valls, J.F.M. e Pizarro, E.A. 1994. Novos acessos de leguminosas forrageiras pertencentes ao gênero *Arachis*. Anais da XXXI Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia. 17-21 de julho de 1994, Maringá, PA, p.646.
- Boddey, R. M., Rao, I.M. and Thomas, R.J. 1995. Nutrient cycling and environmental impact of *Brachiaria* pastures. In: Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. do (eds.). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA/CNPGC), Cali, Colombia. (in press).
- Collmer, A., Kelemu, S. and Bauer, D. 1994. Molecular biology of pathogenicity in *Erwinia chrysanthemi* EC16. In: Bills, D.D. and Kung, S. (eds.). *Biotechnology and Plant Protection: Bacterial Pathogenesis & Disease Resistance*. World Scientific Publishing Co., Singapore. pp. 73-84.
- Chong, D.T., Ismail, T. and Stür, W. 1995. Evaluation of grass-legume mixtures under young rubber in Malaysia. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.)
- Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia. ACIAR Proceedings No. 64, 21-26.
- Chong, D.T., Ismail, T. and Stür, W. 1995. Sheep production under conventional rubber systems in Malaysia. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.) *Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia*. ACIAR Proceedings No. 64, 65-67.
- Chong, D.T., Ismail, T. and Stür, W. 1995. Grazing sheep on improved pasture under double hedgegrow rubber planting systems in Malaysia. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.) *Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia*. ACIAR Proceedings No. 64, 68-71.
- Fisher, M. J., Rao, I.M., Thomas, R.J., Ayarza, M.A., Lascano, C.E., Sanz, J.I. and Vera, R. 1994. The sequestration of carbon by introduced pastures in the neotropical savannas. Poster presented at the 15th World Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico.
- Fisher, M.J., Rao, I.M., Thomas, R.J. and Lascano, C.E. 1995. Grasslands in the well-watered tropical lowlands. In: Hodgson, J. and Illius, A.W. (eds.). *The Ecology and Management of Grazing Systems*. CAB International, Wallingford, Oxon, U. K. (in press).
- Gutteridge, R. C. and Stür, W.W. 1994. Seed production of forage tree legumes. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. CAB International, Oxon. Eng. pp. 168-174.
- Haußler, K., Milz, A., Rao, I.M., Dinkelaker, B. and Marschner, H. 1995. Growth and phosphorus uptake of tropical forage legumes grown with or without mycorrhizal fungi in two acid-infertile oxisols. Paper presented at a conference on "Arbuscular Mycorrhizas in Sustainable Soil-Plant Systems" at Hannover, Germany. COST ACTION 821: European Cooperation in the Field of Scientific and Technical Research, 23-24 June 1995.
- Kaligis, D.A., Sumolang, C., Stür, W. and Shelton, H. M. 1995. Cattle production from grazed pastures in North Sulawesi. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.) *Integration of ruminants into*

- plantation systems in Southeast Asia. ACIAR Proceedings No. 64, 50-52.
- Kaligis, D.A., Sumolang, C., Stür, W., Mullen, B.F. and Shelton, H.M. 1995. Preliminary evaluation of grass-legume pastures under coconuts in North Sulawesi. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.). Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia. ACIAR Proceedings No. 64, 16-20.
- Kelemu, S., Lapointe, S. and Morales, F. 1994. Diseases and pests of wild *Arachis* species. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. pp. 95-101.
- Kelemu, S., Moreno, C. X., Rodriguez, M. X. and Badel, J. L. 1995. Genetic diversity among isolates of *Colletotrichum gloeosporioides* infecting forage legume *Stylosanthes* spp. (abstract). *Phytopathology* 85(10):1201.
- Keller-Grein, G., Maass, B.L. and Hanson, J. 1995. Natural variation in *Brachiaria* and existing germplasm collections. In: Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. do (eds.). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA/CNPGC), Cali, Colombia. (in press).
- Kerridge, P.C. 1994. Tropical forages for Australia's North. In: A profit In Our Own Country. Records of a seminar conducted by the Crawford Fund for International Agricultural Research, Parliament House, Canberra, May 17, 1994. ACIAR Monograph No. 30. pp 41-48.
- Kerridge, P.C. and Lascano, C.E. 1996. Especies de Leguminosas Arbustivas en Sistemas de Producción del Trópico. In: Pizarro, E.A. and L. Coradin (eds.). Taller de *Cratylia*, Brasilia, Brasil, 19-20 julio, 1995.
- Kerridge, P.C. 1995. The release process and adoption of new forage cultivars in South America - Relevance to South East Asia. In Stür W.W. (ed) Proceedings of the Third Regional Workshop of the 'Forage Seeds Project', Samarinda, Kalimantan, Indonesia, October 1994.
- Lascano, C.E. 1995. Calidad nutritiva y utilización de *Cratylia argentea*. Trabajo presentado en Taller de *Cratylia*, Brasilia, Brasil, 19-20 julio, 1995.
- Lascano, C.E. 1995. Importancia de los taninos en la nutrición de rumiantes. Trabajo presentado en XIV Reunión de ALPA y 19o. Congreso Argentino de Producción Animal. 27 nov-1 dic., 1995, Mar del Plata, Argentina.
- Lascano, C.E. and Pezo, D. 1994. Agroforestry systems in the humid forest margins of tropical America from a livestock perspective. In: Copland, J.W., Djanegra, A. and Sabrani, M. (eds.). Agroforestry and animal production for human welfare. Australian Centre for International Agriculture Research (ACIAR). Proceedings No. 55, Canberra, Australia, p. 25-31.
- Lascano, C.E. 1994. Nutritive value and animal production of forage *Arachis*. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). Biology and Agronomy of Forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. pp. 109-121.
- Lascano, C.E., Maass, B. and Keller-Grein, G. 1994. Forage quality of shrub legumes evaluated in acid soils. International Expert Workshop on Nitrogen fixing trees for acid soils. Turrialba, Costa Rica, 3-8 July, 1994.
- Lascano, C.E., Maass, B.L., Argel, P.J. and Viquez, E. 1994. Potential for development and priorities for research into *Leucaena* in Central and South America. Paper presented in Int. Workshop on *Leucaena* Research and Development, Bogor, Indonesia, 24-29 January, 1994 (in press).
- Maass, B.L. 1995. Evaluación agrónomica de *Cratylia argentea* (Desvaux) O. Kuntze en Colombia. Paper presented at the *Cratylia* workshop 19-20 July 1995. Brasilia D.F., Brazil. 21 p.
- Maass, B.L.; Schultze-Kraft, R. y Argel, P.J. 1995. Evaluación agrónomica de especies arbustivas: metodología. Paper presented at the *Cratylia* workshop 19-20 July 1995. Brasilia D.F., Brazil.

- Maass, B.L. 1995. Identifying and naming *Brachiaria* species. In: Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. do (eds.). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA/CNPGC), Cali, Colombia. (in press).
- Maass, B.L., Belalcázar, J. y Torres, A.M. 1994. La diversidad en leguminosas tropicales es un recurso importante de Colombia para el desarrollo agropecuario sostenible. Paper presented at the - Congreso Nacional sobre Biodiversidad, 4-8 December 1994. Cali, Colombia. 10 p.
- Maass, B.L. und Schultze-Kraft, R. 1994. Domestizierung einer tropischen Leguminose am Beispiel von *Arachis pintoi*. *Angewandte Botanik Berichte/Applied Botany Reports* 5:11-14.
- Mendra, I.K., Rika, I.K., Suarna, I.M., Kaca, I.W., Mullen, B.F. and Stür, W.W. 1995. Grass legume mixtures for coconuts plantations in Bali. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.). *Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia*. ACIAR Proceedings No. 64, 12-15.
- Miles, J. W. and do Valle, C.B. 1995. Manipulation of apomixis in *Brachiaria* breeding. (International *Brachiaria* Workshop, CIAT), Cali, Colombia.
- Miles, J. W. and do Valle, C. B. 1994. Germoplasma y mejoramiento genético de plantas forrajeras tropicales. In: Cecato, U.; Santos, G. T. dos; and Prado, I. N. do (eds.) 'Simposio Internacional de Forragicultura, XXXI Reuniao Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Anais' (Editora da Universidade Estadual de Maringá: Maringá, Parana, Brasil). p. 119-139.
- Miles, J. W., Thomas, R.J., Lascano, C., Fisher, M.J., Vera, R.R. and Sanz, J.I. 1994. Evaluation of *Stylosanthes* for selected farming systems of tropical America. Workshop on *Stylosanthes* as a forage and fallow crop. Proceedings. (ILCA: Addis Ababa): (in press).
- Moreno, C.X. and Kelemu, S. 1994. Propiedades antifungicas y antibacterianas de cepas de *Bradyrhizobium* aislados de leguminosas forrajeras tropicales. (abstract) XV Congreso Ascolfi 1994 Santafe de Bogota, D.C.
- Pizarro, E.A., Valle, C.B. do., Keller - Grein, G. Schutze-Kraft, R. and Zimmer, A.H. 1995. Regional experiences in tropical America savannas. In: Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. do (eds.). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA/CNPGC), Cali, Colombia. (in press).
- Pizarro, E. A. and Carvalho, M. A. 1995. Seed yield and agronomic characteristics on a wild forage *Arachis* collection. Third International Herbage Seed Conference. June 18-23, Martin - Luther - Universität Halle - Wittenberg, Germany. p. 75
- Pizarro, E. A., Carvalho, M.A., y Ramos, A.K.B. 1995. Introducción y evaluación de leguminosas forrajeras arbustivas en el Cerrado brasileño. In: Taller de *Cratylia*. CIAT - EMBRAPA/CENARGEN/CPAC, Brasilia, Brasil (in press)
- Pizarro, E. A., Carvalho, M. A. e Valls, J.F.M. 1995. Produção de sementes de *Arachis* spp. consorciadas com *Paspalum atratum* BRA - 009610. IX Congresso Brasileiro de Sementes. Informativo Abrates. Agosto de 1995. Vol. 5, No. 2: 122.
- Pizarro, E.A. 1995. Locales y áreas de colecta sugeridas para germoplasma de *Cratylia argentea*. Taller de *Cratylia*. 8p. (July 1995, issue)
- Plazas, J.J., Roca, W. and Kelemu, S. 1994. Regeneracion de plantas a partir de explantes de hoja de leguminosas forrajeras tropicales. (abstract) XV Congreso Ascolfi 1994 Santafe de Bogota, D.C.
- Rao, I.M. and Kerridge, P.C. 1994. Mineral nutrition of forage *Arachis*. In: Kerridge, P.C and Hardy, W. (eds.). *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. pp. 71-83.
- Rao, I.M., Kerridge, P.C. and Macedo, M. 1995. Adaptation to low fertility acid soils and nutritional requirements of *Brachiaria*. In: Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. do (eds.). *Brachiaria:*

- Biology, Agronomy, and Improvement. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA/CNPGC), Cali, Colombia. (in press).
- Rao, I.M., Borrero, V., Ayarza, M.A. and Garcia, R. 1995. Adaptation of tropical forage species to acid soils: the influence of varying phosphorus supply and soil type on plant growth. In: R. A. Date, N. J. Grundon, G. E. Rayment and M. E. Probert (Eds.), *Plant-Soil Interactions at Low pH: Principles and Management*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. pp. 235-241.
- Rao, I.M., Borrero, V. and Garcia, R. 1994. Phosphorus acquisition from different sources of phosphate in acid soils by a tropical forage legume, *Arachis pintoi*. Poster presented at an international conference on "Genetics and molecular biology of plant nutrition" at Davis, USA.
- Rika, I.K., Kaca, I.W., Stür, W. and Mullen, B.F. 1995. Pasture establishment and grazing management in Bali: Observations from the Pulukan grazing trial. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.) *Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia*. ACIAR Proceedings No. 64, 53-54.
- Simpson, C. E., Valls, J.F.M. and Miles, J.W. 1994. Reproductive biology and the potential for genetic recombination in *Arachis*. In: Kerridge, P. C. and Hardy, W (eds.). *Biology and agronomy of forage Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. pp. 43-52.
- Stür, W.W., Ndikumana, J. 1994. Regional experience with forage *Arachis* in other tropical areas. In: P. C. Kerridge and W. Hardy (eds.). *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. pp. 71-83.
- Stür, W.W., Shelton, H.M. and Gutteridge, R.C. 1994. Defoliation management of forage tree legumes. In: *Forage tree legumes in tropical agriculture*. CAB International, Oxon, Eng. pp. 158-167.
- Schmidt, A., Maass, B.L. and Schultze-Kraft, R. 1994. Untersuchungen zur Amphikarpie der tropischen Weideleguminose *Centrosema rotundifolium* Mart. ex. Bentham in den Llanos Orientales, Kolumbien. *Mitteilungen der Gesellschaft für Pflanzenbauwissenschaften* (Germany) 7:399-401.
- Schmidt, A., Schultze-Kraft, R., Maass, B.L. and Herrmann, R. 1995. Aspects of the amphicarp of the tropical pasture legume *Centrosema rotundifolium* Mart. ex. Bentham. Paper presented at the International Herbage Seed Conference, 18-23 June 1995, Halle, Germany.
- Stür, W. 1995. Extension of CIAT research in Southeast Asia. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.). *Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia*. ACIAR Proceedings No. 64, 84-86.
- Stür, W. 1995. Ruminants in plantation systems in Indonesia. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.). *Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia*. ACIAR Proceedings No. 64, 94-96.
- Stür, W.W., Reynolds, S.G. and Macfarlane, D.C. 1994. Cattle production under coconuts. In: *Agroforestry and animal production for human welfare: proceedings of an international symposium held in association with the 7th AAAP Animal Science Congress, Bali, Indonesia, 11-16 July 1994*. ACIAR Proceedings No. 55, 106-114.
- Stur, W.W., Horne, P.M., Hacker, J.B. and Kerridge, P.C. 1995. The Forages for Smallholders Project. Paper presented at the FAO Workshop, Vietnam. March 1995.
- Thomas, R.J. and Lascano, C.E. 1995. The benefits of forage legumes for livestock production and nutrient cycling in pasture and agropastoral systems of acid soils savannas of Latin America. In: *Livestock and sustainable nutrient cycling in mixed farming systems of sub-Saharan Africa*. V.2 Technical Papers: 277-291.
- Thomas, R.J., Rao, I.M., Ayarza, M.A., Sanz, J.I., Decaens, T., Rippstein, G., Gijsman, A. J. and Lavelle, P. 1994. Forage legumes - the means to reverse tropical soil degradation with low inputs? *Transactions of the 15th World Congress of Soil*

Science Vol. 5b: 79-80.

Valerio, J.R., Lapointe, S. L., Kelemu, S., Fernandes, C., and Morales, F. 1995. Pests and Diseases of *Brachiaria*. In: Miles, J.W., Maass, B.L. and Valle, C.B. do (eds.). *Brachiaria: Biology, Agronomy, and Improvement*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) and Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (EMBRAPA/CNPGC), Cali, Colombia. (in press).

Valle, C.B. do and Miles, J.W. 1994. Melhoramento de gramíneas do gênero *Brachiaria*. In: [Proceedings of the] XI Simpósio sobre manejo da pastagem. Fundação de Estudos Agrários Luiz de Queiroz (FEALQ), Universidade de São Paulo, Piracicaba, SP, Brazil. p. 1-23.

Valls, J.F.M.; Maass, B.L. and Lopes, C.R. 1994. Genetic resources of wild *Arachis* and genetic diversity. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.) *Biology and Agronomy of Forage Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. p. 28-42.

Wong, C.C. and Stür, W. 1995. Mechanisms of persistence in tropical forages to defoliation under shade. In: B. F. Mullen and H.M. Shelton (eds.) *Integration of ruminants into plantation systems in Southeast Asia*. ACIAR Proceedings No. 64, 37-41.

Zeigler, R. S., Pandey, S., Miles, J.W., Gourley, L.M. and Sarkarung, S. 1995. Advances in the selection and breeding of acid-tolerant plants: rice, maize, sorghum and tropical forages. In: Date, R.A., *et al.* (eds.) *Plant-Soil Interactions at Low pH*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands. pp. 391-406.

Trabajos presentados en documentos de trabajo

Argel, P.J., Durán, C.V. and Franco, L.H. (eds.) 1997. *Planeación y Conducción de Ensayos de Evaluación de Gramíneas y Leguminosas Forrajeras en Fincas*. Memorias Taller realizado en Costa Rica y Panamá del 7 al 17 de Junio, 1993. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 338 p. Documento de Trabajo No. 133.

CIAT (1995). West and Central African Animal Feed Research Project. CIAT Working Document No. 145.

Maass, B.L., Hanson, J., Hacker, J.B. and Coradin, L. (eds.). 1995. Report of a Working Group on Tropical and Subtropical Forage Genetic Resources (Second Meeting). Working document No. 245. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 23 p.

Proceedings of the third regional meeting of the south East Asia Regional Forage Seeds Project. CIAT Working Document No. 143.

Estudiantes de tesis

Alarcón, J.M. 1994-1995. Caracterización bioquímica y morfológica de nuevo germoplasma de *Arachis L.* sección *Caulorrhizae* Krapovickas et Gregory. BS thesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. [Supervisor: A. Ortíz]

Bermúdez, M.F. 1995. Caracterización bioquímica y morfológica de germoplasma de *Arachis L.* sección *Caulorrhizae* Krapovickas et Gregory. Undergraduate thesis. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 98 p. [Supervisor: B.L. Maass].

Barahona, R. 1995. Condensed tannins in two tropical legumes: concentration, astringency and effects on ovine nutrition. MS Thesis Kansas State University, Manhattan, Kansas, USA, 125 p. [Supervisor: C.E. Lascano].

Carulla, J. 1994. Forage intake and N utilization by sheep as affected by condensed tannins. PhD Dissertation, University of Nebraska, Lincoln, Nebraska. 97 p. [Supervisor: C.E. Lascano]

Caicedo, Luz Helena. 1995-1996. Root architecture of forage legumes. B.S. Dissertation [Supervisor: I.M. Rao].

Cardoso, C.F. 1995. Caracterización fisiológica de la semilla de *Arachis pintoi* bajo tres ambientes de almacenamiento. [Supervisor: J. Ferguson].

Díaz, F. 1995. Adaptación y productividad de 10 especies de la leguminosa *Centrosema* (DC.)

- Bentham en suelos ácidos de ladera de mediana altitud en el departamento del Cauca, Colombia. Tesis de MSc. Universidad nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias Palmira. 93 p. [Supervisor: B.L. Maass]
- Florez, C.P. 1994-1995. Identificación de accesiones de la gramínea *Panicum maximum* Jacquin por descripción morfológica y bioquímica. BS thesis. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira. [Supervisor: A. Ortíz]
- Gómez, Arnulfo. 1991-1996. Adaptation responses of tropical forages grown in a degraded andisol of Colombia. PhD dissertation. [Supervisor: I.M. Rao].
- Haußler, Karl. 1991-1995. Study on phosphorus dynamics in the rhizosphere of various grasses and legume species growing in acid soils of Latin America. PhD Dissertation. University of Hohenheim, Germany. [Supervisor: I.M. Rao]
- Hess, D. 1995. Grazing selectivity and ingestive behaviour of steers on improved tropical pastures in the eastern plains of Colombia. Doctoral of Natural Sciences Dissertation. Swiss Federal Institute of Technology, Zurich. 187 p. [Supervisor: C.E. Lascano]
- Marulanda, S.I. 1995. Caracterización bioquímica de una colección de germoplasma de la leguminosa *Stylosanthes capitata* Vogel. Undergraduate thesis. Universidad del Valle, Cali, Colombia. 81 p. [Supervisor: B.L. Maass].
- Ortega, L.A. 1992-1994. Caracterización del modo reproductivo de tres especies del género *Brachiaria* (Trin.) Griseb. BS dissertation. Universidad del Cauca, Popayán, Colombia. [Supervisor: B.L. Maass]
- Quintero, Jenny. 1993-1994. *In vitro* propagation of VA mycorrhizae. B.S. Dissertation. [Supervisor: I.M. Rao]
- Schmidt, A. 1994. Untersuchungen zur Amphikarpie von *Centrosema rotundifolium* Mart. ex Benth. in den Llanos Orientales, Kolumbien. Diploma thesis. University of Hohenheim, Stuttgart, Germany. [Supervisor: B.L. Maass].
- Suárez, M.M. 1994. Relaciones filogenéticas entre seis especies del género *Brachiaria* utilizando marcadores moleculares RAPD. B. Sc. thesis. Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias Básicas, Departamento de Biología, Santafé de Bogotá D.C., Colombia. [Supervisor: J. W. Miles]
- Sánchez Orozco, M. S. 1995. Caracterización de la dinámica de la latencia en semillas de *Brachiaria dictyoneura* (Fig. & De Not.) Stapf cv. Llanero. Master of Science Thesis, Universidad Nacional de Colombia, Palmira (Valle). 104pp. [Supervisors: J.E. Ferguson and J. W. Miles]
- Vásquez, I.C. 1993-1995. Caracterización morfológica de una colección de germoplasma de la leguminosa *Stylosanthes capitata* Vogel. BS thesis. Universidad nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Colombia. [Supervisor: A. Ortíz]
- Wenzl, Peter. 1994-1996. Biochemical and molecular mechanisms of tolerance to aluminum and low nutrient stress in *Brachiaria* species. PhD Dissertation. [Supervisor: I.M. Rao].

Lista de personal

Personal principal

PETER C. KERRIDGE, Ph.D., Agrónomo especializado en forrajes, Líder del Programa

PEDRO J. ARGEL, Ph.D., Agrónomo, especializado en forrajes (Con sede en San José, Costa Rica)

SEGENET, KELEMU, Ph.D., Patóloga plantas

CARLOS E. LASCANO, Ph.D., Nutricionista de Rumiantes

BRIGITTE L. MAASS, agr. sc. Dr., Especialista en Germoplasma

JOHN W. MILES, Ph.D., Genetista

AMANDA, ORTIZ, Curadora de Germoplasma, URG/PFT

ESTEBAN A. PIZARRO, Ph.D., Agrónomo especializado en forrajes, (Ubicado en Planaltina, Brasil)

IDUPULAPATI M. RAO, Ph.D., Nutricionista/Fisiólogo de plantas

STÜR WERNER, Ph.D., Agrónomo especializado en forrajes (Con sede en Los Baños, Filipinas)

CRAIG G. YENCHO, Entomólogo (desde junio de 1995)

Becarios de investigación superior

GERHARD KELLER-GREIN, agr. sc. Dr, Especialista en Germoplasma (salió en noviembre de 1995)

SAITO YOSHIMITSU, Fisiólogo de Plantas

Asociados de investigación

LIBARDO, RIVAS, Economista

Asistentes de investigación

PATRICIA AVILA, Zootecnista

JORGE L. BADEL, Bioquímico

ADRIANA J. BERNAL, Microbióloga

EDGAR CARDENAS, Zootecnista

MARTHA L. ESCANDON, Agrónoma

LUIS H. FRANCO, Agrónomo

JUAN C. GRANOBLER, Agrónomo

ANGELA M. JIMENEZ, Bióloga

AIRES C. MARCELO, Agrónomo (Cerrados, Brasil)

CARLOS G. MELENDEZ, Agrónomo (salió en octubre de 1995)

CLAUDIA X. MORENO, Bioquímica

MOSQUERA ROBINSON, Bioquímico

NELMY NARVAEZ, Zootecnista

PALACIOS NATALIA, Microbióloga

CAMILO H. PLAZAS, Zootecnista

RAMIREZ GERARDO, Estadístico

JOSE J. RICAURTE, Agrónomo

GUSTAVO A. RUIZ, Zootecnista

SOTELO GUILLERMO, Biólogo

ALBA. M. TORRES, Bióloga

VALERIO ALFREDO, Agrónomo (América Central, Costa Rica)

Técnicos especialistas

ARISTIPO BETANCOURTH, Genética

JULIO C. GARCIA, Germoplasma

RAMIRO GARCIA, Nutrición de Plantas

BELISARIO HINCAPIE, Programador, Germoplasma

ALCIBIADES ORTEGA, Biología de Semilla

OMAR OTERO, Nutrición de Plantas

REINALDO PAREJA, Entomología

MARIA X. RODRIGUEZ, Fitopatología

MARIA S. SANCHEZ, Fitopatología

DANIEL L. VERGARA, Genética

JAIME ZABALA, Genética

Técnicos

PLUTARCO ALVAREZ, Nutrición de Plantas

ALVARO L. BAENA, Fitopatología

XIMENA P. BONILLA, Fitopatología

ELIAS A. BURGOS, Agronomía

NEHEMIAS CARABALI, Forrajes/URG

ARCENIO CIPRIAN, Forrajes/URG

FERNANDO FEIJOO, Genética

HUMBERTO FRANCO, Biología de Semillas

GUILLERMO L. MORENO, Agronomía

GUSTAVO OSPINAL, Calidad de Forraje

Secretarias

TATIANA CRISTINA ABREU (Brasília, Brasil)

BLANCA N. AGUIRRE

DEA BONILLA (Proyecto FSP - Filipinas)

JULIA R. GOMEZ

ROSA M. MARIN

CARMEN DE TCHIRA

ANA VEGA (San José, Costa Rica)

Donantes - Recursos financieros complementarios¹

Donante/Proyecto	Duración	Total del proyecto (para CIAT) US\$
Complementario:		
Australia-AusAID		
Semillas de forrajeras	1992-1994	792,600 (500,000)
Forrajes para pequeños productores	1995-1999	3,268,000 (1,634,000)
Australia - ACIAR		
Resistencia a antracnosis en <i>Stylosanthes</i>	1993-1994	170,000 (57,000)
Austria - Academia de Ciencias		
Mecanismos de tolerancia a suelos ácidos	1994-1996	52,884
Colombia-Nestlé		
Programa de desarrollo piloto en el Caquetá	1995-1999	544,960
Colombia-FEDEGAN		
Resistencia de gramíneas a salivazo	1995-1999	140,000
Alemania - BMZ		
Dinámica de P en la rizosfera	1994-1996	131,471
Interacción de genotipo x ambiente en <i>Desmodium</i>	1995-1997	230,400 (103,400)
Gran Bretaña-ODA		
Factores anticalidad en leguminosas (con IGER).	1991-1994	(25,000)
Japón - JIRCAS ²		
El papel de endófitos en gramíneas tropicales	1995-1999	1,000,000
Systemwide:		
SLI- Sistemas de forraje basados en leguminosa para sistemas de producción de doble propósito ³	1996-1998	2,555,000 (1,200,000)

¹ Fondos disponibles para el PFT indican que algunos de ellos se distribuyen a otras organizaciones.

² Los recursos financieros adicionales del proyecto están actualmente incluidos en el presupuesto central proveniente del Japón.

³ Los fondos también se utilizarán en otras áreas del Programa.