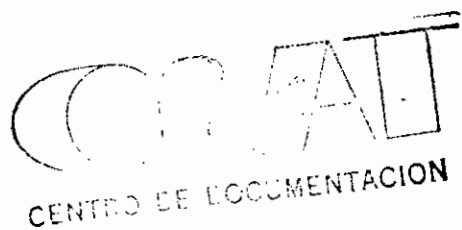


40511

**Documento de Trabajo  
No. 89**



**Informe Anual  
1990**

**Programa de  
Pastos Tropicales**

# Indice

	<u>Página</u>
1. INTRODUCCION .....	1-1
2. GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES .....	2-1
3. BIOTECNOLOGIA .....	3-1
4. FITOMEJORAMIENTO .....	4-1
5. FITOPATOLOGIA .....	5-1
6. ENTOMOLOGIA .....	6-1
7. VIROLOGIA .....	7-1
8. AGRONOMIA/RIEPT LLANOS .....	8-1
9. AGRONOMIA/RIEPT CERRADOS .....	9-1
10. AGRONOMIA/RIEPT TROPICO HUMEDO .....	10-1
11. AGRONOMIA/RIEPT CENTROAMERICA Y EL CARIBE .....	11-1
12. RECICLAJE Y FIJACION DE NITROGENO .....	12-1
13. RELACION SUELO/PLANTA Y RECICLAJE DE NUTRIENTES .....	13-1
14. RECUPERACION DE PASTOS TROPICO HUMEDO .....	14-1
15. DESARROLLO DE PASTOS CERRADOS .....	15-1
16. ESTABLECIMIENTO DE PASTOS, LLANOS .....	16-1
17. MANEJO DE SABANAS NATIVAS MEJORADAS .....	17-1
18. ECOFISIOLOGIA .....	18-1
19. CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE PASTURAS .....	19-1
20. PRODUCCION DE SEMILLAS .....	20-1
21. SISTEMAS DE PRODUCCION DE GANADO .....	21-1
22. ARROZ-PASTOS - INVESTIGACION EN CARIMAGUA .....	22-1
23. ARROZ-PASTOS - INVESTIGACION EN FINCAS .....	23-1
24. ECONOMIA .....	24-1
25. PASTURAS SOSTENIBLES CON BASE EN LEGUMINOSAS .....	25-1
26. CAPACITACION CIENTIFICA .....	26-1
27. PUBLICACIONES .....	27-1
28. LISTA DE LOS MIEMBROS DEL PROGRAMA .....	28-1

# 1. Introducción

El año de 1990 fue trascendental para el Programa de Pastos Tropicales puesto, que al igual que el resto de CIAT, estuvo profundamente involucrado en la elaboración de un nuevo Plan Estratégico para la próxima década; en este sentido, numerosos miembros del Programa aportaron su trabajo a varios grupos de trabajo que prepararon versiones preliminares de diferentes capítulos de dicho Plan.

En una oportunidad en que, como ésta, se mira hacia adelante, es oportuno también recapacitar sobre los logros obtenidos en los últimos años y la situación actual del sector ganadero, ya que ellos deben suministrar una base firme para la prevista evolución futura. En forma muy resumida, continuados estudios conducidos en forma independiente por la Unidad de Estudios Agroecológicos de CIAT, así como otros realizados por el grupo de economistas del Centro, nuevamente documentan la marcada importancia de la ganadería, particularmente bovina, en todos los sistemas de producción asentados sobre suelos ácidos en Sur y Centro América, desde el nivel del mar hasta altura intermedias. Es claro entonces que las pasturas tropicales, y en general los forrajes tropicales, continúan estando profundamente involucrados en dichos sistemas de producción donde el pastoreo directo de dichos recursos forrajeros es la principal forma de utilización, si bien no la única. Es también bien conocido que muchas regiones tropicales del continente están expuestas a serios

riesgos de degradación ambiental; en este contexto, hay crecientes evidencias suministradas por numerosos experimentos conducidos por la RIEPT, de que pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas bien adaptadas a esos suelos ácidos, frecuentemente degradados, y que sean resistentes a los principales limitantes bióticos, pueden tener un papel importante en la preservación y aún recuperación del recurso suelo. Al mismo tiempo que aumentan la producción de carne y leche, estas especies de raíces profundas y eficientes en el uso de nutrientes tanto endógenos como aplicados en la forma de fertilizantes, son capaces de promover la recuperación de la materia orgánica del suelo y de reciclar en forma eficiente los elementos minerales. Tal vez la demostración más dramática de dicha función, son los rendimientos de cultivos anuales logrados luego de varios años de pasturas asociadas, y que se documenta para el caso de arroz, en este Informe. Al mismo tiempo, y en varias regiones de América Tropical, leguminosas evaluadas por la RIEPT comienzan a encontrar usos adicionales, como por ejemplo, el de coberturas verdes bajo cultivos perennes de café, palma africana, cítricos, caucho, etc., que nuevamente atestiguan la versatilidad de este germoplasma y reafirman la estrategia inicial de seleccionarlo bajo condiciones ambientales extremas, tanto del punto de vista de las presiones bióticas como físicas. Dicha estrategia, implementada en forma consecuente durante los últimos 12

años, ha permitido la identificación de especies y accesiones de gramíneas y leguminosas robustas y bastante flexibles en cuanto a su rango de adaptación, pero que no han perdido su capacidad de responder a mejoras ambientales y de manejo.

Otro aspecto que adquiere una importancia creciente es el relativo al suministro de semillas de especies forrajeras. Tanto el Programa de Pastos Tropicales como la RIEPT, han concentrado históricamente su atención en la selección e identificación de accesiones promisorias que en su gran mayoría, provienen de especies silvestres, sin un proceso previo de domesticación. Algunos de los materiales así desarrollados tienen buen potencial de producción de semilla, pero un gran número posee limitaciones considerables. A ello se suma la casi total falta de experiencia mundial en estos asuntos, tanto a nivel de entendimiento de los procesos biológicos básicos responsables por la semillazón en muchas de estas especies, como por la ausencia de experiencia empírica. Esta limitante ha sido claramente identificada por la RIEPT como un asunto prioritario que debe ser atacado en

forma paralela con el desarrollo de un suministro regular de semilla tanto para experimentación ortodoxa como para la realización de pruebas piloto en fincas, y los primeros resultados son también incluidos en el presente Informe.

A pesar del progreso realizado en un proceso que por estar basado mayoritariamente en especies perennes anteriormente desconocidas es necesariamente lento y laborioso, es claro que persisten desafíos mayores para la década que comienza. Así por ejemplo, aguardamos esperanzados la progresiva adopción a nivel de productores de las nuevas pasturas, la documentación de su aporte a sistemas de producción intensificados agrosilvopastoriles, el desarrollo de un suministro confiable y regular de semilla tanto por la industria privada como instituciones oficiales y la continuada identificación de nuevos materiales promisorios, que incluso pueda tener repercusiones positivas sobre el desarrollo de mejores pasturas en otros continentes.



40512

## 2. Germoplasma de Especies Forrajeras Tropicales

### INTRODUCCION

En 1990 la sección de Germoplasma del Programa de Pastos Tropicales (PPT) se integró a la Unidad de Recursos Genéticos (URG). Entonces, el año 1990 fue un período de expansión y consolidación para la sección de Forrajes Tropicales de la URG. La sección creció considerablemente en términos de personal, instalaciones y responsabilidades. Además, concluidas las nuevas instalaciones de cuarto frío, se inició un inventario total del germoplasma almacenado a corto y largo plazo. Por esta razón, se interrumpió y aplazó la preparación de duplicados y de muestras para almacenamiento a largo plazo. Tampoco se realizó el monitoreo de viabilidad de semilla en almacenamiento a largo plazo, como se había planeado.

### REORGANIZACION DE LA SECCION DE FORRAJES TROPICALES DE LA UNIDAD DE RECURSOS GENETICOS

#### Integración de la Sección de Germoplasma del PPT

En el pasado, las actividades relacionadas con el banco de germoplasma se dividían entre dos secciones. Las actividades de recolección, multiplicación inicial, caracterización, documentación y capacitación las realizaba principalmente la sección de Germoplasma del PPT. Entretanto, la regeneración, el mantenimiento, la distribución, los aspectos de cuarentena vegetal y, hasta cierto punto, la documentación los manejaba la sección de Forrajes de la URG. A partir de

1990, se espera que la URG asuma gradualmente la responsabilidad total de todas las actividades relacionadas con el germoplasma de especies forrajeras.

En consecuencia, ya se han transferido a la URG algunos recursos de la sección de Germoplasma del PPT. En CIAT-Palmira, se adquirió otro invernadero y espacio de campo (Cuadro 1). Tres técnicos y tres trabajadores de campo de la sección de Germoplasma del PPT se integraron a la sección de Forrajes de la URG. En el segundo semestre, la sección de Germoplasma del PPT en Quilichao también se transfirió a la URG, y se trajeron otro técnico y tres trabajadores de campo. Por lo tanto, el personal de la sección de Forrajes Tropicales de la URG comprende actualmente 19 personas.

En el momento, la sección dispone de cuatro invernaderos y casas de malla, cada uno asignado a una tarea específica. Actualmente, el invernadero de poscuarentena se utiliza exclusivamente para tal fin. Se lo desocupó, limpió y desinfectó, lo cual ya ha acelerado este año la liberación poscuarentenaria de germoplasma de gramíneas.

#### Nuevas instalaciones de almacenamiento

En Marzo se inauguraron los nuevos cuartos fríos, que pueden almacenar hasta 50,000 muestras de semilla de germoplasma de especies forrajeras tropicales. En el pasado, la semilla del germoplasma de especies forrajeras

Cuadro 1. Facilidades de invernaderos y campos para la Unidad de Recursos Genéticos-Forrajeros Tropicales en CIAT 1990.

Facilidad	Palmira	Quilichao	Popayán
Poscuarentena	99 m <sup>2</sup>	-	-
Invernadero	569 m <sup>2</sup>	-	-
Casa de malla	216 m <sup>2</sup>	-	-
Campos	4.2 ha <sup>a</sup>	6.4 ha	0.1 ha

a. Se reducirá a 3.4 ha en 1991.

tropicales se almacenaba inadecuadamente en el antiguo cuarto frío. Además, las muestras se mantenían en bolsas de papel de aluminio sin sellar, según la fecha de cosecha y sitio de multiplicación. La transferencia al nuevo cuarto frío requirió un inventario total del germoplasma almacenado a corto plazo.

Se están contando y/o pesando de nuevo las muestras de semilla de todas las accesiones y se están juntando muestras de diferentes fuentes de semilla. También se están examinando las semillas para descartar las de calidad deficiente. Finalmente, se están reempacando las muestras en recipientes plásticos, sellados herméticamente con doble tapa. A finales del año, se habían trasladado casi 12,000 accesiones al nuevo cuarto frío. Esta labor ha exigido una gran cantidad de trabajo por parte del personal experimentado de la URG. La transferencia debería terminarse en el primer semestre de 1991.

El inventario actualizado de semilla es extremadamente útil, ya que los datos de almacenamiento de semillas de que se disponía no eran confiables. Por ejemplo, en el inventario antiguo había registros de por lo menos 400 accesiones que se presume no existen ni como

muestra de semillas ni en el campo. Para el futuro se planea establecer un sistema computarizado, que una la distribución de germoplasma con la actualización del inventario.

#### MANEJO DE GERMOPLASMA

##### Situación del Banco de Germoplasma de especies forrajeras tropicales

El banco de germoplasma de especies forrajeras de CIAT consta de aproximadamente 150 géneros con más de 700 especies silvestres y no domesticadas, con posible potencial forrajero. El número de accesiones por especie varía de una a más de 1500, reflejando la importancia relativa de cada especie en los términos en que la define el PPT. Por lo tanto, 5777 accesiones (26% de las introducciones) pertenecen a 18 especies claves en nueve géneros, para los cuales CIAT tiene el mandato internacional, mientras que 289 especies están representadas con sólo una accesión. El estado actual de la colección para las especies con mandato internacional aparece en el Cuadro 2.

En 1990, se clasificaron todas las especies en tres categorías, para mejorar la eficiencia y facilitar la planeación a largo plazo. De las casi 700 especies introducidas, 143 (9743 accesiones) se clasificaron como de interés

Cuadro 2. Situación de la colección de especies de los géneros Centrosema, Desmodium, Pueraria, Stylosanthes, Zornia, Andropogon, Brachiaria, Hyparrhenia y Panicum, para los cuales el CIAT tiene el mandato internacional (número de accesiones el 30.09.90).

Especies	Número de accesiones			Almacenam. largo pl.	Prep. dupl.
	regist.	perdid.	conserv.		
<b>Leguminosas</b>					
<u>C. brasilianum</u>	278	13	265	190	174
<u>C. macrocarpum</u>	387	6	381	287	256
<u>C. pubescens</u>	906	26	880	240	240
<u>D. ovalifolium</u>	141	2	139	81	75
<u>D. heterophyllum</u>	103	1	102	0	0
<u>P. phaseoloides</u>	228	3	225	41	31
<u>S. capitata</u>	331	15	316	0	0
<u>S. guianensis</u>	1,559	142	1,417	528	368
<u>S. macrocephala</u>	132	5	127	0	0
<u>Z. glabra</u>	26	0	26	0	0
<b>Total leguminosas</b>	<b>4,091</b>	<b>213</b>	<b>3,878</b>	<b>1,367</b>	<b>1,144</b>
<b>Gramíneas</b>					
<u>A. gayanus</u>	129	17	112	0	0
<u>B. brizantha</u>	517	56	461	0	0
<u>B. decumbens</u>	87	6	81	0	0
<u>B. dictyoneura</u>	18	1	17	0	0
<u>B. humidicola</u>	116	5	111	0	0
<u>B. ruziziensis</u>	91	40	51	0	0
<u>H. rufa</u>	14	4	10	0	0
<u>P. maximum</u>	714	208	506	0	0
<b>Total gramíneas</b>	<b>1,686</b>	<b>337</b>	<b>1,349</b>	<b>0</b>	<b>0</b>
<b>Gran total</b>	<b>5,777</b>	<b>550</b>	<b>5,227</b>	<b>1,367</b>	<b>1,144</b>

inmediato para el PPT, 415 (10,473 accesiones) como de interés intermedio y 158 (1150 accesiones) como de posible interés en el futuro.

Hasta el momento se han registrado un total de 22,779 accesiones, 21,366 de las cuales se conservan en la colección. Sin embargo, no todas ellas se encuentran disponibles de inmediato para distribución de semilla, debido a que su semilla original no se ha multiplicado. Sólo 12,263 accesiones tienen más de 400 semillas. Además, la semilla de un número considerable de muestras se multiplicó hace diez o más años, se almacenó en condiciones inadecuadas y se sabe poco acerca de su calidad.

### Adquisición e introducción

La colección actual cubre bien la variabilidad genética de especies forrajeras importantes. Por lo tanto, la nueva adquisición de germoplasma debe ser estratégica y utilizarse para completar la introducción de germoplasma de especies claves. En 1990 se adquirieron 528 accesiones, lo cual representa un aumento de 2.5% en el banco de germoplasma de especies forrajeras (Cuadro 3).

Antes de que se pueda iniciar la multiplicación de semillas, el germoplasma recibido de continentes diferentes a las Américas debe someterse a un control poscuarentena, realizado por el ICA. En colaboración con la sección de Fitopatología del PPT, el ICA liberó de poscuarentena 110 accesiones de leguminosas y 24 de gramíneas. Actualmente hay todavía 99 accesiones que aguardan liberación de poscuarentena.

### Mantenimiento

El Cuadro 4 muestra el germoplasma multiplicado en cuatro sitios durante 1990. Además de los géneros claves como Centrosema, Desmodium y Stylosanthes, las colecciones de Galactia, Desmanthus y Stylosanthes, las colecciones de Galactia, Desmanthus Pseudarthria y Uraria recibieron mayor

énfasis en multiplicación de semillas. Recientemente, ha aumentado la proporción de gramíneas en el banco de germoplasma de especies forrajeras. Desgraciadamente, la mayoría de las especies de gramíneas produce poca semilla. En CIAT-Quilichao se mantienen colecciones enteras de los géneros Brachiaria y Panicum, en forma de colecciones de campo, al igual que un número creciente de accesiones de Hyparrhenia. El género Andropogon también se mantiene en el campo en CIAT-Palmira (Cuadro 5). Estas colecciones vivas sirven para obtener material vegetativo para distribución y caracterización de germoplasma.

### Distribución

La distribución de germoplasma es una función de servicio importante. Para mejorar su eficiencia, se implementó este año un sistema computarizado. Como la multiplicación y el inventario de semilla ya están computarizados, las tres secciones se relacionarán entre sí en el futuro, para mejorar el manejo de datos del banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales. En 1990 se recibió un total de 93 solicitudes y se distribuyeron 2760 muestras de 196 especies en 52 géneros, a investigadores de CIAT y de 17 países (Cuadro 6). Además de las solicitudes recibidas de los científicos de CIAT y de los sitios regionales de selección del PPT (76%), se recibieron solicitudes frecuentes de diferentes universidades (12%) e instituciones nacionales de investigación agrícola (3%).

A medida que el PPT amplía sus actividades en Africa y Asia, aumentarán los envíos de germoplasma a estos continentes. Esto requiere mejorar el estado fitosanitario del germoplasma y establecer un procedimiento claro de control fitosanitario.

### Documentación

Se ha computarizado la documentación del banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales. La base de

Cuadro 3. Adquisición de germoplasma de forrajes tropicales durante 1990, e inventario de las accesiones conservadas (número de accesiones).

Género	Colecciones <sup>a</sup>		Inter- cambio	Total	Inventario 30.09.90
	América	África			
<b>Leguminosas</b>					
<u>Aeschynomene</u>	5	1	2	8	974
<u>Calopogonium</u>	5	-	3	8	554
<u>Centrosema</u>	55	-	55	110	2,445
<u>Desmodium</u>	22	15	-	37	2,929
<u>Galactia</u>	8	-	2	10	583
<u>Macroptilium</u>	7	-	9	16	620
<u>Rhynchosia</u>	13	1	-	14	486
<u>Stylosanthes</u>	4	5	41	50	3,666
<u>Vigna</u>	17	3	19	39	757
<u>Zornia</u>	6	7	-	13	1,038
Otras	75	15	59	149	4,792
<b>Total leguminosas</b>	<b>217</b>	<b>47</b>	<b>190</b>	<b>454</b>	<b>18,844</b>
<b>Gramíneas</b>					
<u>Andropogon</u>	1	10	-	11	126
<u>Brachiaria</u>	2	12	2	16	999
<u>Hyparrhenia</u>	2	10	-	12	81
<u>Panicum</u>	-	6	1	7	549
Otras	2	23	3	28	767
<b>Total gramíneas</b>	<b>7</b>	<b>61</b>	<b>6</b>	<b>74</b>	<b>2,522</b>
<b>Gran total</b>	<b>224</b>	<b>108</b>	<b>196</b>	<b>528</b>	<b>21,366</b>

a. Se realizaron viajes de recolección por parte de la URG en Colombia y Ecuador, y por parte del PPT en Honduras, Camerún y Togo.

Cuadro 4. Número de accesiones de forrajeras tropicales que se sometieron a multiplicación inicial y rejuvenecimiento en CIAT durante 1990, excluyendo colecciones vivas.

Género	Palmira		Quilichao campo	Popayán campo	Total
	Invernadero	Campo			
<b>Leguminosas</b>					
<u>Cajanus</u>	3	64	-	-	67
<u>Centrosema</u>	62	146	4	22	234
<u>Clitoria</u>	-	24	2	-	26
<u>Codariocalyx</u>	-	-	26	-	26
<u>Desmanthus</u>	4	162	-	-	166
<u>Desmodium</u>	92	96	257	40	485
<u>Flemingia</u>	-	-	30	2	32
<u>Galactia</u>	184	20	-	-	204
<u>Macroptilium</u>	42	35	-	-	77
<u>Pseudarthria</u>	4	73	-	-	77
<u>Stylosanthes</u>	105	-	-	-	105
<u>Tadehagi</u>	1	18	-	1	20
<u>Teramnus</u>	3	25	-	1	29
<u>Uraria</u>	1	100	-	-	101
<u>Vigna</u>	18	32	-	-	50
Otras	28	56	26	11	121
<b>Total leguminosas</b>	<b>547</b>	<b>851</b>	<b>345</b>	<b>77</b>	<b>1,820</b>
<b>Gramíneas</b>					
<u>Brachiaria</u>	12	-	1	-	13
<u>Hyparrhenia</u>	5	5	-	-	10
Otras	26	18	14	-	58
<b>Total gramíneas</b>	<b>43</b>	<b>23</b>	<b>15</b>	<b>-</b>	<b>81</b>
<b>Gran total</b>	<b>590</b>	<b>874</b>	<b>360</b>	<b>77</b>	<b>1,901</b>

Cuadro 5. Géneros representados (número de accesiones) en las colecciones vivas en CIAT Palmira y Quilichao.

Género	Palmira	Quilichao
<u>Leucaena</u>	166	-
<u>Andropogon</u>	89	-
<u>Brachiaria</u>	-	530
<u>Hyparrhenia</u>	-	19
<u>Panicum</u>	-	442
Otras gramíneas	46	-
Gran total	301	991

Cuadro 6. Distribución de germoplasma de forrajeras tropicales (número de materiales) por la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT durante 1990.

Género	CIAT	América del Sur y Central <sup>a</sup>	Africa <sup>b</sup>	Europa <sup>c</sup> y USA	Total
<u>Brachiaria</u>	34	35	-	-	69
<u>Cajanus</u>	48	8	3	3	62
<u>Calopogonium</u>	251	9	-	2	262
<u>Canavalia</u>	172	11	-	-	183
<u>Centrosema</u>	862	65	3	9	939
<u>Codariocalyx</u>	59	6	-	-	65
<u>Desmodium</u>	272	23	3	8	306
<u>Flemingia</u>	39	9	-	1	49
<u>Sesbania</u>	51	4	-	-	55
<u>Stylosanthes</u>	112	20	-	12	144
<u>Tadehagi</u>	44	-	-	1	45
<u>Vigna</u>	8	27	-	90	125
Otros (40)	208	186	3	59	456
Gran total	2,160	403	12	185	2,760

a. Costa Rica, Honduras, Jamaica, Nicaragua, Brasil, Colombia, Paraguay, Perú, Uruguay y Venezuela;

b. Senegal y Camerún;

c. Bélgica, Gran Bretaña y Holanda.

datos está relativamente completa, pero los datos carecen de uniformidad. Aunque las funciones de la sección de Germoplasma del PPT se están integrando paulatinamente, no se ha traspasado todavía el manejo de datos de pasaporte y de caracterización/evaluación preliminar a la sección de Forrajes Tropicales de la URG. Actualmente, el PPT está preparando diversos catálogos regionales de germoplasma. En consecuencia, sólo se hizo una actualización de rutina de los inventarios de semilla. Se proporcionaron datos de pasaporte para recolecciones de germoplasma ocasionales y para donaciones. En colaboración con la Unidad de Servicio de Datos (USD), se modificaron algunos reportes de campo para facilitar el manejo de los datos.

Se realizaron esfuerzos considerables para limpiar los datos de la colección total de Brachiaria, que comprende aproximadamente 1100 accesiones. Este trabajo se realiza en colaboración estrecha con los colegas del International Livestock Centre for Africa (ILCA). Los datos actualizados de la colección ayudarán a manejar este germoplasma más eficientemente en el futuro.

### Herbario

Los principales objetivos del laboratorio del herbario de CIAT son (1) facilitar la identificación de especies en colaboración con expertos internacionales, (2) proporcionar referencia a las especies y accesiones representadas en el banco de germoplasma, y (3) prestar servicio a los científicos de CIAT y de otras instituciones, involucrados en estudios botánicos.

Actualmente, el herbario contiene aproximadamente 120 de los 150 géneros y 520 de las 700 especies del banco de germoplasma de especies forrajeras. Su organización alfanumérica, iniciada en 1989, se finalizó durante 1990. Se inició un inventario computarizado, que

ya ha concluido en lo referente a las gramíneas (Cuadro 7). Además, se terminó aproximadamente el 30% del inventario de las leguminosas (Cuadro 8).

Durante 1990, progresó sustancialmente el montaje en cartón del material del herbario: actualmente hay 4400 especímenes montados, lo cual representa aproximadamente el 59% de las 7500 accesiones que se estima se conservan hasta la fecha en el herbario. En colaboración con la USD, se están elaborando etiquetas computarizadas para los especímenes montados, con base en datos de pasaporte y del inventario. Sólo cuando estén montados y tengan sus etiquetas, los especímenes mostrarán su verdadero valor botánico.

Se enviaron 1278 especímenes a especialistas reconocidos internacionalmente, para identificación taxonómica (Cuadro 9). De éstos se recibió la determinación de 354 especímenes. Sin embargo, hay todavía unas 3500 accesiones en el banco de germoplasma que carecen de identificación adecuada a nivel de especie. Otras 1000 muestras de dudosa identificación ameritarán atención especial en el futuro.

Dada la abundancia de las muestras tomadas, el material redundante (508 muestras de 102 especies) se donó a instituciones interesadas, en Colombia, Francia y Gran Bretaña. El laboratorio del herbario recibió visitantes de varios países que realizaron estudios taxonómicos y otros estudios botánicos.

### Capacitación

Debido a la integración de todas las actividades relacionadas con germoplasma de especies forrajeras, este año la sección de Forrajes Tropicales de la URG participó por primera vez en el Curso de Pastos Tropicales. Dos participantes de Venezuela y Brasil también recibieron capacitación especial a nivel individual en la URG, durante varias semanas.



Cuadro 7. Inventario computarizado del herbario de especímenes de gramíneas, terminado durante 1990 en CIAT.

Género	Número de accesiones		Muestras de herbario
	Germoplasma <sup>a</sup>	Herbario	
<u>Andropogon</u>	150	16	29
<u>Axonopus</u>	17	2	3
<u>Bothriochloa</u>	20	2	2
<u>Brachiaria</u>	1,121	260	497
<u>Cenchrus</u>	75	2	4
<u>Chloris</u>	65	12	25
<u>Coix</u>	2	1	4
<u>Cynodon</u>	47	10	14
<u>Dactyloctenium</u>	2	1	1
<u>Digitaria</u>	34	5	6
<u>Echinochloa</u>	16	2	8
<u>Eragrostis</u>	57	11	19
<u>Eriochloa</u>	2	1	3
<u>Hyparrhenia</u>	111	12	37
<u>Ischaemum</u>	5	4	8
<u>Laciasis</u>	1	1	3
<u>Panicum</u>	792	211	420
<u>Paspalum</u>	147	4	9
<u>Pennisetum</u>	76	4	8
<u>Schmidtia</u>	1	1	2
<u>Setaria</u>	59	19	30
<u>Sorghum</u>	14	2	4
<u>Sporobolus</u>	10	2	2
<u>Tristachya</u>	1	1	1
<u>Urochloa</u>	30	2	3
Otros	110	-	-
<b>Total gramíneas</b>	<b>2,965</b>	<b>588</b>	<b>1,142</b>

a. Total de accesiones registradas en 1990; el herbario mantiene accesiones que fueron perdidas como muestra de semilla.

Cuadro 8. Inventario computarizado del herbario de especímenes de leguminosas, terminado durante 1990 en CIAT.

Género	Número de accesiones		Muestras de herbario
	Germoplasma <sup>a</sup>	Herbario	
<u>Abrus</u>	46	22	44
<u>Acacia</u>	22	6	9
<u>Aeschynomene</u>	994	534	1,168
<u>Albizia</u>	4	2	3
<u>Alysicarpus</u>	268	70	84
<u>Arachis</u>	99	30	39
<u>Cajanus</u>	96	29	46
<u>Calliandra</u>	20	5	9
<u>Calopogonium</u>	565	211	435
<u>Camptosema</u>	25	13	31
<u>Canavalia</u>	246	145	320
<u>Cassia</u>	151	6	11
<u>Centrosema</u> <sup>b</sup>	2,544	568	921
Otros	14,734	5,259 <sup>c</sup>	9,730 <sup>c</sup>
<b>Total Leguminosas</b>	<b>19,814</b>	<b>6,900<sup>c</sup></b>	<b>12,850<sup>c</sup></b>

a. Total de accesiones registradas en 1990; el herbario mantiene accesiones que fueron perdidas como muestra de semilla.

b. Inventario de muestras de herbario terminado para leguminosas hasta Centrosema pascuorum.

c. Estimado en base al inventario ya terminado.

Cuadro 9. Muestras de herbario de la colección del CIAT enviadas para la identificación taxonómica, y recibidas durante 1990.

Género	Enviado	Recibido
<b>Leguminosas</b>		
<u>Acacia</u>	5	5
<u>Albizia</u>	2	2
<u>Ateleia</u>	1	1
<u>Calliandra</u>	4	4
<u>Cassia y Chamaechrista</u>	83	83
<u>Clitoria</u>	72	72
<u>Crotalaria</u>	159	-
<u>Desmodium</u>	585	-
<u>Dioclea</u>	-	131
<u>Eriosema</u>	22	-
<u>Galactia</u>	100	-
<u>Indigofera</u>	18	-
<u>Macroptilium</u>	54	-
<u>Mimosa</u>	11	11
<u>Mucuna</u>	3	3
<u>Rhynchosia</u>	107	-
<u>Senna</u>	3	3
<u>Sesbania</u>	33	33
<u>Zapoteca</u>	3	3
<b>Gramíneas</b>		
<u>Digitaria</u>	3	3
Otras	10	-
<b>Gran total</b>	<b>1,278</b>	<b>354</b>

#### ACTIVIDADES DE INVESTIGACION

##### Taxonomía

Se inició un proyecto de tesis sobre la taxonomía del género Galactia, que contiene cerca de 80 especies, algunas de las cuales, como Galactia striata (Figura 1) se utilizan para mejorar las pasturas. La colección de CIAT contiene 10 especies, con un total de 236 accesiones, y otras 411 accesiones

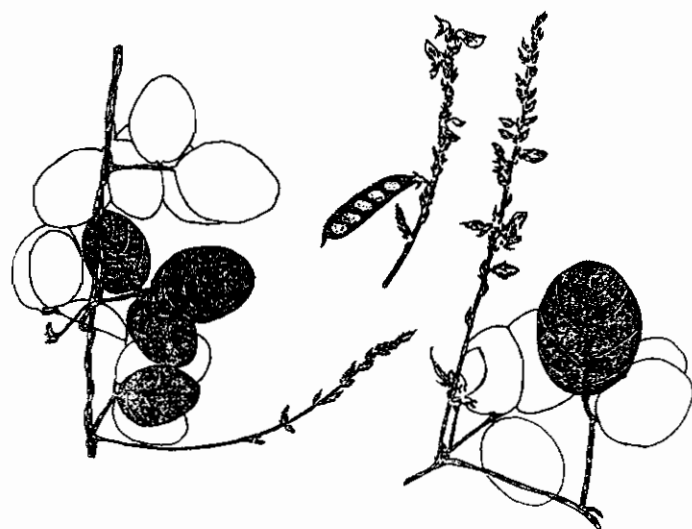


Figura 1. Galactia striata (Jacquin) Urban (de J.E. Arroyo).

que no se habían identificado al nivel de especie. Aunque la mayoría de éstas ya se ha identificado, algunas todavía están siendo estudiadas por especialistas.

Con el fin de estudiar las características morfológicas, se están cultivando 154 accesiones en invernadero. Varios caracteres vegetativos y reproductivos se están evaluando para medir la variabilidad intra e interespecífica y para taxonomía numérica. Se está elaborando una clave de las especies representadas en el banco de germoplasma de CIAT y se está estudiando la distribución geográfica de las especies.

La identificación taxonómica de las especies de gramíneas es difícil. El género Brachiaria contiene cerca de 50 especies, la mayoría de las cuales es originaria de África, su centro de diversificación. CIAT posee una colección grande de Brachiaria que contiene

28 especies. Por lo tanto, resulta valioso contar con una clave simple de las especies, con énfasis en los caracteres vegetativos. En un proyecto colaborativo con un científico visitante de Venezuela, se iniciaron estudios morfológicos de Brachiaria para elaborar una clave ilustrada de las especies de este género.

### Biología reproductiva

En el manejo de los recursos genéticos, los mecanismos de polinización determinan las consideraciones básicas para la aplicación de métodos de recolección y multiplicación de semilla. Desafortunadamente, se conoce muy poco sobre la biología floral y sobre los sistemas de mejoramiento de la mayoría de las especies presentes en el banco de germoplasma. ILCA proporcionó gentilmente a la URG una base de datos sobre sistemas reproductivos y biología floral, de una revisión de literatura. Sin embargo, queda un gran campo abierto por estudiar en esta área.

En 1990 se inició un proyecto sobre la biología floral de Centrosema brasilianum, aprovechando dos accesiones de flores blancas en una parcela de multiplicación. Además de las observaciones de campo sobre la estructura de la flor, los mecanismos de polinización y los polinizadores se utilizaron ocho accesiones para autofecundación y polinización cruzada. Se determinará la tasa de alogamia de las flores de polinización abierta, y se evaluará la segregación de caracteres morfológicos para las progenies  $F_1$  y  $F_2$ .

### Evaluación de la vegetación en las áreas de piedemonte

En colaboración con la sección de Sistemas de Producción Animal del PPT, se realizaron evaluaciones de la vegetación de las áreas de piedemonte de Florencia (Caquetá) y Villavicencio (Meta). El fin de estos estudios fue hacer seguimiento a las especies de

leguminosas nativas presentes en pasturas cultivadas de Brachiaria. En la estación seca se encontraron 14 y 45 especies de leguminosas pertenecientes a 9 y 20 géneros, respectivamente. Las especies más frecuentemente encontradas fueron Calopogonium mucunoides y Desmodium adscendens. Se planea realizar estudios adicionales en las mismas zonas durante la estación lluviosa.

### ACTIVIDADES FUTURAS

#### Manejo de germoplasma

Además de las actividades rutinarias de servicio, las tareas más importantes en el área de manejo de germoplasma para el próximo año son:

- 1) finalizar la transferencia de muestras de semillas al nuevo cuarto frío;
- 2) preparar muestras para almacenamiento a largo plazo y para el depósito de duplicados de accesiones con suficiente semilla (40% de las accesiones de especies claves);
- 3) hacer un seguimiento a la viabilidad de la semilla de las muestras en almacenamiento a largo plazo (aproximadamente 3600 accesiones);
- 4) completar la existencia de semilla de especies claves para almacenamiento a corto y largo plazo y el depósito del duplicado;
- 5) caracterizar las gramíneas de las colecciones vivas;
- 6) implementar un sistema computarizado para unir los datos de distribución de germoplasma, multiplicación e inventario de semillas y las colecciones de campo;
- 7) controlar y establecer procedimientos de rutina para el estado fitosanitario de germoplasma importante para envíos internacionales;
- 8) finalizar el inventario del herbario y poner a disposición por lo menos un espécimen por accesión representada, debidamente montado en cartón y etiquetado;

- 9) elaborar un manual a nivel de especie, que contenga datos básicos importantes botánicos y agronómicos;
- 10) publicar un catálogo de germoplasma, con datos de pasaporte, de la porción de la colección originaria de Colombia;
- 11) limpiar la base de datos de las "accesiones comunes" de ILCA y CIAT, para documentación futura en germoplasma importante; y
- 12) redefinir las especies que abarca el mandato internacional, en colaboración con el International Board of Plant Genetic Resources (IBPGR), ILCA, la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), el Centro Nacional de Recursos Genéticos de Brasil (CENARGEN) y otros.

### Investigación

Se deben continuar varias actividades de investigación o iniciarse en un futuro cercano, con el fin de manejar adecuadamente el germoplasma, en lo referente a conservación de genes, como por ejemplo:

- 1) elaborar claves ilustradas de los géneros Galactia y Brachiaria mediante estudios taxonómicos;
- 2) caracterizar el modo reproductivo (sexualidad versus apomixis) de la colección de Brachiaria;
- 3) estudiar la biología reproductiva de Centrosema brasilianum y otras leguminosas;
- 4) desarrollar técnicas de germinación in vitro para especies importantes de leguminosas y gramíneas que se conservan en CIAT; y
- 5) iniciar un proyecto de conservación in vitro de especies de gramíneas en poder de CIAT.

## 2. GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS TROPICALES

### RESUMEN

#### Integración de la Sección de Germoplasma del PPT a la URG

La Unidad de Recursos Genéticos (URG) ahora asume toda la responsabilidad para el manejo del germoplasma de especies forrajeras tropicales. Varias personas del PPT se integraron a la URG. La actualización del inventario de semillas ha progresado notablemente, gracias al personal adicional y a los nuevos cuartos fríos.

#### Nuevas instalaciones para almacenamiento de semillas

Las nuevas instalaciones para almacenamiento de semillas de la URG, donadas por el gobierno italiano, se inauguraron a comienzos de este año. Constan de un cuarto de almacenamiento a largo plazo (temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ ), una cámara de almacenamiento a corto plazo ( $5-8^{\circ}\text{C}$ , HR de 30%) y una cámara de secado de semilla ( $20^{\circ}\text{C}$ , 20% de HR). Las instalaciones pueden almacenar hasta 100,000 accesiones en conservación a largo y a corto plazo. Más de la mitad del germoplasma forrajero se transfirió a las nuevas instalaciones.

#### Actividades del banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales

La colección de germoplasma de especies forrajeras tropicales conserva actualmente 21,366 accesiones de aproximadamente 700 especies silvestres de leguminosas y gramíneas, de las cuales casi 13,000 están disponibles para la distribución de germoplasma. Durante 1990, se adquirieron 528 accesiones nuevas. Cerca del 38% de las accesiones de leguminosas y el 20% de las de gramíneas se encuentran representadas actualmente en el herbario de referencia, bien organizado. La URG distribuyó 2160 muestras de germoplasma al PPT y a otros programas de CIAT, y 600 muestras más a 17 países. CIAT tiene el mandato

internacional para 11 especies de leguminosas. Una tercera parte de las accesiones de estas especies se conserva actualmente en almacenamiento a largo plazo.

### RETOS FUTUROS

#### Germoplasma nuevo

La reciente orientación de CIAT hacia arbustos y árboles de multi-propósito requiere colaboración entre el TPP y la URG, referente a todos los aspectos de la adquisición.

#### Duplicación de colecciones

La duplicación de especies con mandato internacional dentro de la colección de CIAT es de muy alta prioridad. Se dará énfasis a la producción de semillas para lograr en cinco años la duplicación en otro lugar como el International Livestock Centre for Africa (ILCA).

#### Almacenamiento a largo plazo

Ya que actualmente se cuenta con un excelente cuarto frío para el almacenamiento a largo plazo, los esfuerzos se deben orientar hacia conservar toda la colección de germoplasma de especies forrajeras tropicales, en almacenamiento a largo plazo.

#### Investigación en germoplasma

Para lograr un manejo adecuado del germoplasma es muy importante comprender claramente la biología reproductiva del mismo. No obstante, poco se sabe acerca de la biología reproductiva de muchas especies forrajeras. En colaboración con el PPT y con la Unidad de Investigación en Biotecnología (UIB), la sección de Forrajes Tropicales de la URG investigará la biología reproductiva en términos de alogamia versus autogamia, mecanismos de polinización y apomixis de especies claves.

## 3. Biotecnología

### I. TRANSFORMACION DE Stylosanthes guianensis

Los objetivos de esta investigación fueron desarrollar métodos para la transformación de Stylosanthes guianensis, estudiar el efecto de los genes foráneos en el crecimiento y en el comportamiento agronómico de una leguminosa forrajera y mejorar la oferta de semillas reduciendo la pérdida del cultivo por estrés biótico y abiótico. El modelo utilizado contenía el gen de resistencia al herbicida biodegradable fosfinotricina (glufosinato), de baja toxicidad (de Block et al. 1987; de Greef et al. 1989). Los herbicidas se utilizan sólo en la producción de semillas, no en las pasturas; la posibilidad de utilizar otro herbicida permitirá la rotación de éstos y reducirá al mínimo el riesgo de desarrollar resistencia en las malezas.

#### Resultados y discusión

En estos experimentos se utilizaron segmentos foliares de S. guianensis CIAT 184, cultivados asépticamente a partir de semillas germinadas in vitro. Se escogió la accesión CIAT 184 porque ha demostrado un comportamiento agronómico superior en las zonas tropicales (Schultze-Kraft, comunicación personal) y responde bien a los procedimientos de regeneración desarrollados en la UIB (Szabados y Roca, 1986).

Los segmentos se cultivaron a diferentes regímenes de luz (12, 18 y 24 horas

de luz por día). Los segmentos del tratamiento de 12 horas al día forman un poco menos callo que los demás, pero son los únicos que sobrevivieron durante 5 semanas sin sufrir necrosis.

Después de realizar pruebas de infectividad con varias cepas de Agrobacterium tumefaciens y A. rhizogenes, se escogieron las cepas EHA101, un derivado desarmado (no contiene los oncogenes) de A. tumefaciens A281, y A. rhizogenes R1000 por su gran virulencia.

El plásmido utilizado para la transformación fue el pGV1040 (gentilmente proporcionado por PGS, Bélgica), un vector binario que porta el gene bar para resistencia a fosfinotricina bajo el control del promotor pTR2 de la región TR del plásmido Ti del tipo octopina de A. tumefaciens. pGV1040 también porta otros dos genes útiles, el marcador seleccionable nptII, que confiere resistencia a la kanamicina y el marcador calificable uidA, que codifica  $\beta$ -glucuronidasa (gus).

Los segmentos y las bacterias se cultivaron conjuntamente durante 2 días. No se agregaron hormonas a los experimentos de infectividad pero se agregaron ANA y BAP a los experimentos de transformación. Después del cocultivo, las bacterias se eliminaron con carbenicilina.

Los segmentos de las plantas cultivadas in vitro mostraron los mejores resultados. La adición de acetosiringona y el

crecimiento bacteriano más prolongado previo a la infección aumentaron la frecuencia de callos que expresaban actividad de gus. La acetosiringona es un fenol vegetal de ocurrencia natural, que activa la región vir del plásmido T1 de *A. tumefaciens*; esta región es responsable de la integración del ADN-T en el genoma de la planta. La duplicación del período de crecimiento de las bacterias antes de la infección, de 24 a 48 horas, se hizo con el fin de someterlas a estrés, mejorando posiblemente la frecuencia de transformación.

Se comprobó la transformación de callos utilizando la prueba gus en diferentes sectores de callo, según la descripción de Jefferson (1987). Las muestras positivas se transfirieron al medio selectivo que contenía fosfinotricina (Basta TM, Hoechst AG). Aquellas que pasaron este paso de selección se transfirieron posteriormente a un medio de regeneración sin hormonas o a medio con bajo contenido de hormonas ó a 4E, desarrollado en la UIB, para fines múltiples.

Para confirmar la integración estable del gen en el genoma de *S. guianensis*, será necesario estudiar el patrón de herencia de la característica en la progenie. Para ello, es necesario transferir las plantas primero, de las condiciones in vitro a condiciones de invernadero.

Una vez se llenen los requisitos de bioseguridad, se realizarán ensayos en el campo sobre la efectividad del gen bar y sobre los efectos de los genes transferidos en el comportamiento de las plantas. No existen ecotipos ni especies herbáceos dentro de los acervos genéticos primarios o secundarios de *S. guianensis*. Sólo con mucha dificultad se obtienen híbridos con otra especie *Stylosanthes*; además, no se conoce de su ocurrencia en la naturaleza. En consecuencia, no se espera la difusión del gen bar mediante exogamia, en plantas transgénicas resistentes a herbicidas.

## Referencias

- de Block, M.J., Bottermann, J., Vandewiele, M., Dockx, J., Thcen, C., Gossele, V., Rao Movva, N., Thompson, C., Van Montagu, M., and Leemans, J. (1987). Engineering herbicide resistance in plants by expression of a detoxifying enzyme. *EMBO, J.* 6, 2513-2518.
- Calderón, A. (1988). Transformation of *Mnihot esculenta* (cassava) using *Agrobacterium tumefaciens* and expression of the introduced foreign genes in transformed cell lines. MSc thesis, Vrije Universiteit Brussel, Belgium.
- de Greef, W., Delon, R., de Block, M., Leemans, J. and Bottermann, J. (1989). Evaluation of herbicide resistance transgenic crops under field conditions. *Bio/Technology* 7, 61-64.
- Jefferson, R.A. (1987). Assaying chimeric genes in plants: the GUS gene fusion system. *Plant Molec Biol. Rep.*
- Szabados, L. and Roca, W.M. (1986). Regeneration of isolated mesophyll and cell suspension protoplasts to plants in *Stylosanthes guianensis*, a tropical forage legume. *Plant Cell Rep.* 3, 174-177.

## II. DIFERENCIAS SOMACLONALES EN LA ADAPTACION A SUELOS ACIDOS

Se ha demostrado que la variación somaclonal es genéticamente heredable en algunas especies. Se analizaron plantas regeneradas de *Stylosanthes guianensis*, obtenidas a partir de cultivo de callo o de segmentos de hipocótilo originarios de una planta simple de la accesión de germoplasma CIAT 2243 (altamente consanguínea y uniforme), por nivel de ploidia y comportamiento agronómico (Informe Anual de la UIB, 1988). Aproximadamente 20 por ciento de las 114 plantas



regeneradas fueron tetraploides. Para la mayoría de las características agronómicas evaluadas, para los tetraploides y para para otras características, algunas líneas diploides se comportaron mejor que el testigo, demostrando la generación de variación genética heredable mediante cultivo de tejido in vitro. Para evaluar la base fisiológica del comportamiento agronómico superior de ciertos somaclones con respecto al testigo, se realizó un ensayo de invernadero en cooperación con la Sección de Fisiología Vegetal y del Suelo, del Programa de Pastos Tropicales.

Se seleccionaron 14 somaclones después de tres generaciones, a partir de las plantas regeneradas del callo original. En condiciones de campo en Quilichao, se evaluó el comportamiento agronómico, con base en vigor de la planta, producción de materia seca, crecimiento lateral, tolerancia a antracnosis y potencial de producción de semillas. Esto dio lugar a una clasificación del comportamiento de los somaclones como bajo, medio, testigo, alto y superior. Algunas características particulares de los somaclones incluyen el fenotipo

enano y arbustivo, los tetraploides, los cloróticos y el número variable de folíolos. Tres clones resultaron altamente tolerantes a antracnosis, mientras que otros dos resultaron sensibles.

Se estudiaron las características morfológicas de los somaclones en respuesta a diferentes niveles de fertilización en el invernadero. Todos los clones fueron superiores al testigo en condiciones de alta fertilidad. La producción de biomasa fue 60 por ciento mayor que en el testigo para el clon #40. Varios clones presentaron 30 por ciento más producción de biomasa en los brotes en condiciones de alta fertilidad. El área foliar se afectó o mejoró en la mayoría de los clones, a niveles de fertilidad altos y bajos. En condiciones de baja fertilidad, la biomasa radical aumentó 85 por ciento en el clon #15, observándose un aumento de 3 veces para el clon #40 en condiciones de alta fertilidad, lo cual indica que la producción de raíces en relación con la oferta nutricional es genéticamente fija en S. guianensis. Un análisis molecular de estos clones podría revelar algunos indicios sobre la base genética de este fenómeno.

### 3. BIOTECNOLOGIA

#### RESUMEN

En 1990, la Unidad de Investigación en Biotecnología (UIB) continuó sus investigaciones y actividades de transferencia de información/tecnología en apoyo a los programas de CIAT, en las siguientes áreas:

1. Utilización de técnicas de cultivo de tejidos para cruzamiento amplio, crioconservación de germoplasma, inducción haploide y regeneración de plantas.
2. Utilización de marcadores bioquímicos y moleculares para analizar la variabilidad genética de los cultivos, en asociaciones microbianas y en marcación de genes.
3. Utilización de la biología molecular y de técnicas de cultivo de células para transformación y expresión genéticas.
4. Inició investigaciones bioquímicas en el área de entomología de frijol y de actividad amilolítica de la yuca.

5. Se continuó dando alta prioridad a la relación con los investigadores de instituciones de investigación avanzada y se fortaleció el desarrollo de redes de investigación avanzada.

Los desarrollos más importantes de las actividades de la UIB, en colaboración con los científicos de los programas de CIAT, durante 1990, son:

#### PASTOS TROPICALES

1. Se obtuvo la regeneración de plantas a partir de callo de Stylosanthes guianensis, transformado mediante Agrobacterium. El gen de barra, que confiere resistencia al herbicida fosfinotricina presente en el vector binario pGVI040, se utilizó para selección de callos para transformación. Este trabajo busca desarrollar un sistema de producción de plantas transgénicas, su análisis genético y su uso para caracteres agronómicamente importantes.

40514

## 4. Fitomejoramiento

### INTRODUCCION

El objetivo de la Sección que comprende (1) producir, mediante recombinación genética dirigida, genotipos mejorados de especies claves de forrajeras tropicales, y (2) generar simultáneamente información útil para apoyar los proyectos de fitomejoramiento de especies en su mayoría desconocidas, se mantuvo.

Se logró y documentó un avance genético significativo en Stylosanthes guianensis en cuanto a resistencia a enfermedades y rendimiento de semillas. Se está dando menor énfasis a esta especie, especialmente para el ecosistema de los Llanos, a la vez que se está realizando una nueva serie de cruzamientos para los Cerrados.

Una iniciativa creciente de mejoramiento de Brachiaria spp. está produciendo los primeros resultados concretos. Este proyecto promete ser muy productivo en la medida en que combina atributos positivos de por lo menos tres especies de Brachiaria en cultivares apomícticos.

### PROYECTOS DE FITOMEJORAMIENTO

#### Stylosanthes guianensis

Selección genealógica. Como se presentó en el informe del año pasado, se incluyeron dos líneas obtenidas por selección genealógica (FM 0186/41) y FM 0186/44) en un ensayo de pastoreo para comparar su persistencia y productividad con una

accesión de germoplasma altamente persistente. La infraestructura (cercas y bebederos) para este ensayo está aún (nov. de 1990) en proceso de instalación. Se prevé la iniciación de los tratamientos de pastoreo a principios de la estación seca, en diciembre de 1990 o en enero de 1991.

Estas mismas líneas se incluyeron como testigos en un ensayo agronómico para comparar su rendimiento de semilla con el de dos accesiones de germoplasma y 18 líneas derivadas de poblaciones recurrentes (Cuadro 1). Se aplicó un tratamiento de con o sin insecticida a las parcelas principales durante la maduración de la semilla, para evaluar el efecto del perforador de botones florales (Stegasta sp.) en el rendimiento de semilla. Las subparcelas, de 42 m<sup>2</sup> se cosecharon manualmente; la semilla se trilló y limpió manualmente. Las dos líneas obtenidas por selección genealógica produjeron entre dos y tres veces más semilla que la accesión de germoplasma altamente persistente, CIAT 10136, cuando se protegieron con insecticida. Sin insecticida, los rendimientos se redujeron notablemente: 87% en promedio. Sin embargo, una línea obtenida por selección genealógica produjo cinco veces más que era de los testigos. Esta es la primera indicación que se tiene de resistencia genética útil a Stegasta sp. en S. guianensis. Ninguna de las selecciones más recientes produjo más semilla que las selecciones genealógicas de primera generación,

Cuadro 1. Rendimiento de semillas (kg/ha) de selecciones de Stylosanthes guianensis var. pauciflora o de los testigos en Carimagua, con o sin la protección con Azodrin contra el perforador de botones florales (Stegasta sp.).

Selecciones	Azodrin	
	Con	Sin
1	78.0	4.3
2	79.3	11.7
3	73.6	10.5
4	89.9	19.8
5	75.2	9.8
6	104.4	2.3
7	45.7	16.1
8	68.2	7.7
9	56.3	17.1
10	102.0	3.5
11	87.1	10.9
12	87.3	14.4
13	29.9	2.6
14	54.7	3.1
15	73.5	3.5
16	71.4	3.7
17	46.5	5.4
18	49.3	7.3
Testigos		
FM0186/41	61.7	10.6
FM0186/44	83.9	26.7
CIAT 10136	28.9	4.1
CIAT 2031	83.1	4.8
Media	69.5	9.1
DMS .05	46.7	13.7

con o sin protección de insecticida.

Avance masal. Se realizó un ciclo adicional de avance masal de generaciones durante 1989-1990, en las seis poblaciones sobrevivientes de avance masal de S. guianensis. Los rendimientos de semilla fueron del orden de 70 kg/ha para las tres poblaciones precoces, las cuales son predominantemente de S. guianensis var. vulgaris

(Cuadro 2). Al parecer, existe en estas poblaciones una tendencia a aumentar el rendimiento de semilla a través de los ciclos de avance masal.

Los rendimientos de semilla de las poblaciones de floración tardía, predominantemente de S. guianensis var. pauciflora, fueron muy bajos, y no hay indicación de aumento a través de los ciclos de avance masal.

Cuadro 2. Rendimiento, por ciclo, de poblaciones de avance masal de Stylosanthes guianensis.

Po- bla- ción	Fecha aprox. cosecha	Ciclo						
		Primero 83/84	Segundo 84/85	Tercero 85/86	Cuarto 86/87	Quinto 87/88	Sexto 88/89	Séptimo 89/90
-----kg/ha-----								
1	01 oct.	0.43	9.07	2.11	- <sup>A</sup>	2.10	50.30	66.67
2	15 oct.	4.38	19.69	6.43	-	4.02	18.22	73.33
3	29 oct.	3.48	8.28	9.07	-	10.98	24.00	66.67
4	12 nov.	0.08	0.60					
5	26 nov.	0.13	0.06					
6	10 dic.	0.12	0.04					
				1.05	0.49	-	-	-
7	24 dic.	0.15	0.09					
8	07 ene.	0.12	1.27					
9	21 ene.	0.36	0.19					
10	04 feb.	0.36	6.02	4.04	0.37	7.47	0.71	3.38
11	18 feb.	0.26	10.11	5.42	2.43	8.22	4.98	8.64
12	04 mar.	1.33	5.38	11.13	7.24	13.78	7.02	5.74

<sup>A</sup> Falla de establecimiento. No se cosechó semilla.

Se inició un proyecto dirigido a documentar el efecto genético de siete generaciones de avance masal en una población inicial muy heterogénea de S. guianensis formada con la mezcla de semilla F<sub>2</sub> de 45 cruces. Se estableció una siembra de plantas espaciadas en Carimagua, con individuos seleccionados al azar de las seis poblaciones masales y de testigos apropiados, que incluyen líneas obtenidas de selección genealógica y accesiones de germoplasma. Las poblaciones están asignadas a las subparcelas y en las parcelas principales se está aplicando un tratamiento de con o sin insecticida. De este experimento se obtendrán datos iniciales sobre la precocidad y el rendimiento de semilla de las poblaciones masales. La semilla cosechada de plantas individuales se utilizará en 1991 para establecer un ensayo de las progenies, para evaluar en mayor detalle la variación genética residual dentro de las poblaciones.

Selección natural. Durante 1990, sufrimos la pérdida desafortunada de un ensayo de evaluación de progenies derivadas de sobrevivientes de un proceso de selección natural bajo pastoreo, que se había establecido en Carimagua en 1988. Las parcelas originales de selección natural se mantienen bajo pastoreo y es posible que se realice otro muestreo para documentar los resultados de la selección natural en una población F<sub>2</sub> mezclada, inicialmente muy heterogénea, de S. guianensis. El ensayo de pastoreo incluye un masal de progenies derivadas de sobrevivientes de la selección natural, para comparar la persistencia y productividad bajo pastoreo de éstas líneas con las de dos líneas obtenidas por selección natural y con las de una accesión testigo, altamente resistente a enfermedades.

Selección recurrente. En 1989, se estableció en Carimagua un bloque de cruzamiento con 1200 plantas espaciadas, derivadas de 18 progenies seleccionadas de S. guianensis var. pauciflora. Se identificaron 254 segregados de flores blancas (homocigotos recesivos), 139 de los cuales se seleccionaron para cosecha de semilla, con base en vigor y en ausencia de enfermedades. El rendimiento de semilla limpia de estas plantas varió desde 5.4 hasta 52.4 g. En este año se establecieron en Carimagua las progenies de las 100 plantas de mayor rendimiento, con el fin de aislar cruces naturales (identificados por sus flores amarillas) y de cosechar la semilla S1 de éstos para evaluación de progenies en 1991. Esta siembra contiene un total de 8,800 individuos (44 en cada una de las dos repeticiones de cada una de las 100 progenies).

Cruzamientos para los Cerrados. Después de consultar a los colegas brasileños en mayo, se inició una serie de cruzamientos aquí en el CIAT, con el fin de corregir las deficiencias de los materiales brasileños promisorios de S. guianensis cv. 'Bandeirante' y de S. guianensis var. vulgaris del tipo denominado "Mineirao" (Cuadro 3). Específicamente, se está buscando combinar resistencia a una enfermedad de marchitamiento común (probablemente causada por Neocosmospora sp.) y mayor precocidad con el alto rendimiento de forraje que poseen estos dos materiales. La selección en el campo se realizará en Brasil a partir de la generación F2.

Como parte de un esfuerzo colaborativo adicional, se están enviando a CPAC muestras de nuestras poblaciones de avance masal, para su evaluación.

Cuadro 3. Hibridaciones realizadas en apoyo al proyecto de mejoramiento de Stylosanthes guianensis en Brasil.

1. Para incorporar precocidad y resistencia al "marchitamiento" (Neocosmospora sp.) en el cultivar brasileño 'Bandeirante' (CIAT 2243; S. guianensis var. pauciflora):

-----  
CIAT 2243 x CIAT 1808  
CIAT 2243 x CIAT 2031  
CIAT 2243 x CIAT 2542  
CIAT 2243 x FM-02-86 14-6  
CIAT 2243 x FM-02-86 37-6  
CIAT 2243 x FM-02-86 37-7  
CIAT 2243 x FM-02-86 52-4  
CIAT 2243 x FM-04-85 4A-09  
CIAT 2243 x FM-05-85 35Y-04  
-----

2. Para incorporar mayor precocidad y mejor producción de semilla en el tipo "Mineirao" (S. guianensis var. vulgaris: CIAT 2590):

-----  
CIAT 2590 x CIAT 136  
CIAT 2590 x CIAT 184  
CIAT 2590 x CIAT 1539  
CIAT 2590 x CIAT 0015  
CIAT 2590 x mutantes NNF  
-----

Estas poblaciones representan un rango muy amplio de madurez y deben contener resistencia valiosa a antracnosis y a marchitamiento, gracias a siete generaciones de selección masal realizadas en Carimagua en condiciones de presión muy intensa de las enfermedades.

#### Andropogon gayanus

Población de porte bajo. A finales de la estación de lluvias de 1989, se estableció en Carimagua un ensayo con progenies de medios hermanos. Recientemente, se realizaron selecciones de plantas individuales que se dejarán entrecruzar para formar una nueva serie de progenies de medios hermanos.

Población de floración tardía. En 1988, se sembraron en Carimagua y Quilichao 23 progenies de medios hermanos de clones seleccionados por el Dr. B. Grof. Actualmente se tienen datos de tres cosechas y de ambas localidades. Los datos de una cosecha de Quilichao (1 agosto de 1989), reportada en el Informe Anual del año pasado, mostraron que las selecciones poseían mayor rendimiento y floración más tardía que CIAT 621, aunque su proporción de hojas no difirió. Los datos de la primera cosecha de Carimagua (noviembre de 1989) no mostraron ventaja de las selecciones

en cuanto a rendimiento (Cuadro 4). Sin embargo, el rendimiento de hojas de las selecciones fue aproximadamente 40% mayor que el de CIAT 621. A pesar de una ventaja en rendimiento total de aproximadamente 60% de CIAT 621 en la segunda cosecha (julio de 1990), el rendimiento de hojas de las selecciones no fue inferior al del testigo. En Carimagua, la proporción de hojas fue consistentemente mayor para las selecciones que para el testigo. Habrá que evaluar en un ensayo de pastoreo si estas diferencias agronómicas se reflejan en mejor desempeño animal.

#### OTROS ESTUDIOS

##### Stylosanthes guianensis

Mutante no fijador de nitrógeno. En cruzamientos con dos líneas progenitoras no relacionadas, se evaluó la segregación F2 de un mutante inducido, no fijador de nitrógeno. Al igual que en los cruzamientos con la línea en donde el mutante se indujo originalmente, CIAT 0015 (= cv. 'Graham'), se detectó una deficiencia sustancial de individuos homocigóticos recesivos en la generación F2 (Cuadro 5). Sin embargo, el mutante sí segrega cualitativamente en cruces con estas líneas diferentes y las proporciones

Cuadro 4. Rendimiento total, rendimiento de hojas y proporción de hojas de las selecciones de Andropogon gayanus y del testigo (CIAT 621) en dos fechas de cosecha en Carimagua.

	Primera cosecha (nov. 89)			Segunda cosecha (jul. 90)		
	Rendim. total -- g/parcela --	Rendim. foliar --	Porcen. foliar %	Rendim. total -- g/parcela --	Rendim. foliar --	Porcen. foliar %
Selecciones	3,614	1,689	47.3	2,821	1,645	58.8
CIAT 621	3,812	1,222*	32.3**	4,454**	1,794	40.3**

\*, \*\* CIAT 621 difiere de la media de 23 selecciones ( $P < 0.05$  ó  $< 0.01$ , respectivamente).

Cuadro 5. Proporciones de segregación de generaciones F<sub>2</sub> de un mutante no fijador de nitrógeno en Stylosanthes guianensis.

Cruzamientos	Normal:Mutante <sup>A</sup>	Chi-cuadrado <sup>B</sup>
Mutante x CIAT 0015 <sup>C</sup>	4.72:1 (492)	14.8**
Mutante x CIAT 0184	5.65:1 (399)	21.1**
Mutante x CIAT 1539	4.78:1 (399)	12.6**

- <sup>A</sup> Número de individuos F<sub>2</sub> evaluados entre paréntesis.  
<sup>B</sup> Buena adaptación a un modelo de 3:1.  
<sup>C</sup> Datos agrupados de cinco cruzamientos.

de dos fenotipos en la F<sub>2</sub> no difieren de las encontradas previamente en cruza- mientos con la línea fuente original. Por lo tanto, el mutante proporciona un marcador útil, identificable a las cuatro semanas de la siembra, que mejorará la eficiencia de nuestro esquema de selección recurrente, que a su vez depende del cruzamiento natural para lograr la recombinación.

Mediante cruzamiento natural se logró un gran número de híbridos entre la línea mutante y una población S. guianensis var. vulgaris. Las plantas individuales de la línea mutante se rodearon de plantas de la población de mejoramiento y se cosechó semilla resultante de polinización abierta de las plantas mutantes. Se realizó una selección de plantas de estas progenies por polinización abierta en bandejas con arena estéril, en el invernadero. Las plantas se fertilizaron con una solución nutritiva carente de nitrógeno, y se inocularon con una mezcla de cepas de Rhizobium compatibles. Los cruces naturales, heterocigóticos en el locus del mutante, fijaron nitrógeno normalmente y a las cuatro semanas posteriores a la siembra se pudieron identificar fácilmente entre los mutantes homocigóticos cloróticos como plántulas vigorosas, de color verde oscuro. Estas plántulas de

color verde oscuro, resultantes de cruzamiento natural (S0), se trans- plantaron a macetas de turba y, poste- riormente, 494 de ellas se transplan- taron a una parcela de campo en Carimagua. La semilla S1 de estas plantas se está cosechando para un ensayo de progenies a realizarse en 1991.

#### Stylosanthes capitata

Variación patológica de la antracnosis en los Cerrados. Actualmente se han presentado varios casos en Brasil, en los cuales líneas promisorias de S. capitata han sucumbido a la antrac- nosis durante la multiplicación de semillas en escala grande, previa a su liberación. En un esfuerzo por deter- minar la(s) causa(s) de estas fallas, se está iniciando un proyecto orien- tado a estudiar la variación pato- génica en el espacio y en el tiempo de poblaciones brasileñas de Colletotrichum gloeosporioides en varias líneas, en colaboración con la Sección de Fitopatología y con los colegas del Brasil. Mediante descen- dencia por semillas individuales, la Sección de Fitomejoramiento está con- tribuyendo a desarrollar un conjunto de líneas altamente homocigóticas de S. capitata, derivadas de una



selección al azar de 100 accesiones brasileñas de esta especie, a partir de las cuales se pueda formar un conjunto de hospedantes diferenciales. Actualmente (nov. de 1990), se está iniciando la cosecha de semillas de las plantas de la primera generación, sembradas en invernadero en macetas de 4 pulgadas, a finales de julio. Se espera que con el uso estratégico del tratamiento artificial de días cortos se puedan lograr tres generaciones completas por año, de manera que haya disponibilidad de líneas altamente homocigóticas para ensayos en Brasil a finales de 1992.

Brachiaria spp.

Desde principios de 1988, cuando recibimos un tetraploide sexual de B. ruziziensis de la Dra. Cacilda do Valle (EMBRAPA/CNPCC, Campo Grande - MS, Brasil), se está dedicando una proporción creciente de los recursos de la Sección al desarrollo de un proyecto de mejoramiento de Brachiaria. Un estudio de tesis de pregrado contribuyó a este proyecto, confirmando la factibilidad de lograr híbridos entre accesiones sexuales de B. ruziziensis y accesiones apomícticas de B. brizantha y B. decumbens. Con base en el resultado de un alto grado de autoincompatibilidad en el progenitor sexual (Cuadro 6), se

desarrolló una metodología para hibridación a gran escala en el campo. La polinización abierta en el campo, sin emasculación, dio lugar a menos del 10% de autofecundación (Cuadro 7) y permitió la generación de casi 800 híbridos de primera generación, que involucran varios progenitores masculinos.

Los primeros 128 híbridos (confirmados por poseer patrones de bandas electroforéticas del progenitor masculino) se establecieron en un pequeño ensayo de campo en Carimagua, en 1989, como plantas individuales espaciadas con dos repeticiones vegetativas de cada genotipo. Se incluyeron como testigos a varios de los progenitores sexuales y apomícticos. Aunque no se esperaban niveles altos de resistencia al salivazo en este grupo de híbridos del primer ciclo, los datos sobre número de ninfas de salivazo por infestación natural y la calificación de daño por salivazo mostraron diferencias genéticas y se correlacionaron con el genotipo progenitor (Cuadro 8).

Se cosechó la semilla resultante de la polinización abierta de las plantas individuales y se determinó la proporción (por peso) de espiguillas llenas. Esta semilla se utilizó para

Cuadro 6. Efecto de la autoincompatibilidad en la formación de semilla de un tetraploide sexual de Brachiaria ruziziensis<sup>A</sup>.

	Porcentaje de formación de semilla (número)
Cruzamiento intraespecífico <sup>B</sup>	38.0
Autopolinización <sup>C</sup>	5.0

<sup>A</sup> Datos tomados de Calderón y Agudelo, 1990.

<sup>B</sup> Cruzamiento entre dos clones 4x de B. ruziziensis, cuyas inflorescencias se empaclaron en bolsas de papel cristal y se agitaron para dispersar el polen.

<sup>C</sup> Igual a la del cruzamiento pero empaçadas juntas las inflorescencias del mismo clon.

Cuadro 7. Porcentaje de híbridos de Brachiaria entre la progenie obtenida mediante polinización abierta o controlada<sup>A</sup>.

Ambiente	Número de progenies evaluadas	Porcentaje <sup>B</sup> de híbridos
Polinización controlada:		
Cámara de crecimiento	59	44.1
Invernadero	75	86.7
Polinización abierta:		
Campo (Quilichao)	70	92.9

<sup>A</sup> Datos tomados de Calderón y Agudelo, 1990.

<sup>B</sup> Confirmado mediante electroforesis.

Cuadro 8. Número medio de ninfas de salivazo y calificación de daño en híbridos de Brachiaria con diferentes progenitores masculinos.

Progenitor masculino del híbrido	Especie de <u>Brachiaria</u>	Conteo de ninfas	Calificación de daño <sup>A</sup>
CIAT 606	<u>B. decumbens</u>	109.1 <sup>a*</sup>	6.0 <sup>a</sup>
CIAT 6384	<u>B. brizantha</u>	76.5 <sup>b</sup>	5.3 <sup>b</sup>
CIAT 6387	<u>B. brizantha</u>	68.8 <sup>b</sup>	5.2 <sup>b</sup>

<sup>A</sup> En una escala visual de 10 puntos donde 0 = sin daño; 9 = planta muerta.

\* Medias entre columnas seguidas por la misma letra no difieren (mediante prueba  $t$   $P < 0.05$ ).

establecer un ensayo de progenies en el campo en CIAT-Palmira, con el fin de evaluar la confiabilidad de una prueba de progenie para determinar el modo reproductivo de la planta madre. Los individuos apomícticos deben producir progenies uniformes, idénticas a la planta madre, mientras que la progenie por la polinización abierta de un individuo sexual debe ser heterogénea. El ensayo de progenies incluyó 109 de las 128 progenies posibles. Mientras

fue imposible clasificar algunas progenies sin lugar a error, fue fácil lograr una clasificación concluyente de la mayoría de las progenies. De las 109 progenies, 38 se clasificaron como uniformes (derivadas de una planta madre apomíctica) y 65 como variables (derivadas de una planta madre sexual). Seis progenies fueron imposibles de clasificar, y pueden ser el resultado de mezclas accidentales de semilla o de apomixis facultativa.

Los resultados del ensayo de progenies se corroborarán con datos de análisis de sacos embrionarios de los mismos individuos F1.

Se encontraron diferencias considerables entre los híbridos en cuanto a fertilidad de las espiguillas, lo cual sugiere que esta característica será altamente susceptible de mejoramiento mediante selección.

Los híbridos promediaron menor fertilidad de las espiguillas que los testigos progenitores sexuales o apomícticos (Cuadro 9), lo cual quizás indica algún grado de incompatibilidad reproductiva entre las especies progenitoras. Sin embargo, la fertilidad de los híbridos fue muy variable y algunos mostraron una fertilidad equivalente a la de los testigos más fértiles.

Los híbridos apomícticos presentaron un promedio de fertilidad ligeramente superior al de los híbridos sexuales (Cuadro 10). Sin embargo, la diferencia fue poca, y se encontró un amplio rango de fertilidad en ambos tipos de híbridos.

El progenitor masculino ejerció un mayor efecto en la fertilidad, lo cual sugiere la presencia de grados diferentes de incompatibilidad con el progenitor femenino sexual de B. ruziziensis entre los progenitores masculinos utilizados (Cuadro 11). Sin embargo, se encontró de nuevo un amplio rango de fertilidad entre los híbridos con cualquiera de los progenitores masculinos y se espera que, en generaciones posteriores, se puedan recuperar segregados con un alto grado de formación de semilla, de cualquiera de las combinaciones de cruzamiento estudiadas.

Actualmente poseemos casi 800 híbridos del primer ciclo, que involucran cuatro progenitores masculinos (incluyendo el cv. 'Marandú', altamente resistente al salivazo), en un ensayo con repeticiones, establecido este año en Carimagua. Se están tomando notas sobre fecha de floración y vigor y se han seleccionado individuos de la generación F1 para un bloque de cruzamiento que se establecerá en 1991. Dado el amplio rango de madurez, el material híbrido se asignará a uno de

Cuadro 9. Fertilidad<sup>A</sup> de la semilla de híbridos de Brachiaria y de testigos sexuales o apomícticos.

	Media + S.E.	Rango
Híbridos (128)	0.22 ± 0.02	0.00 - 0.83
<u>B. ruziziensis</u> tetraploide, sexual (9)	0.50 ± 0.06	0.18 - 0.72
Testigos apomícticos		
CIAT 606 ( <u>B.d.</u> )	0.47	
CIAT 6384 ( <u>B.b.</u> )	0.52	
CIAT 6387 ( <u>B.b.</u> )	0.80	

A Proporción de semilla buena, por peso.

Cuadro 10. Fertilidad de la semilla<sup>A</sup> de híbridos sexuales o apomícticos de Brachiaria.

	Media $\pm$ S.E.	Rango
Híbridos apomícticos (38)	0.31 $\pm$ 0.03	0.05 - 0.64
Híbridos sexuales (65)	0.23 $\pm$ 0.03**	0.01 - 0.83

A Proporción de semilla buena, por peso.

\*\* La media de fertilidad de la semilla difiere.

Cuadro 11. Efecto del progenitor masculino en la fertilidad<sup>A</sup> de la semilla de híbridos de Brachiaria.

Progenitor masculino	Media $\pm$ S.E.	Rango
CIAT 606 [ <u>B.d.</u> (49)]	0.13 $\pm$ 0.01	0.00 - 0.41
CIAT 6384 [ <u>B.b.</u> (21)]	0.17 $\pm$ 0.02	0.00 - 0.43
CIAT 6387 [ <u>B.b.</u> (58)]	0.33 $\pm$ 0.02**	0.00 - 0.83

A Proporción de semilla buena, por peso.

\*\* Los híbridos con CIAT 6387 difieren de los otros.

dos grupos de madurez para lograr una floración más sincronizada y por lo tanto una recombinación genética más efectiva, en los bloques de cruzamiento. Así que se prevé el desarrollo de dos poblaciones de Brachiaria que difieren en su precocidad relativa.

Se está desarrollando un esquema de selección recurrente con dos generaciones por ciclo, que incluye una generación de recombinación por polinización abierta alternando con una evaluación de las progenies de polinización abierta para determinar el modo reproductivo y para seleccionar con base en atributos agronómicos, como

resistencia al salivazo y calidad nutritiva del forraje.

La mayoría de los componentes críticos de un proyecto muy productivo de mejoramiento de Brachiaria se encuentran actualmente establecidos, incluyendo un rango supremamente amplio de variación genética natural en las accesiones apomícticas, una fuente compatible de sexualidad y una metodología de hibridación sencilla y efectiva para lograr la recombinación de atributos de por lo menos tres especies (B. ruziziensis, B. decumbens y B. brizantha). Para el éxito total de este proyecto, se considera esencial

el refinamiento de una metodología masiva (más de 5,000 plantas por año), confiable y efectiva, para evaluar la resistencia al salivazo. Se ha logrado progreso sustancial en el área de cría masiva de huevos de salivazo (ver Sección de Entomología). Para lograr una infestación artificial confiable en Carimagua, se requiere posiblemente la instalación de un sistema de riego con rociadores. También se necesita una

capacidad en gran escala para medir la calidad nutritiva del forraje (DIVMS y contenido de N). Se prevé que después de varias generaciones de recombinación, las poblaciones de Brachiaria que se están conformando actualmente constituirán la fuente de una serie de cultivares apomícticos de Brachiaria, verdaderamente mejorados, que combinen los atributos deseables que no se encuentran juntos en el germoplasma natural.

### 3. FITOMEJORAMIENTO

#### RESUMEN

A partir de cruzamientos realizados en 1980-81, se seleccionaron líneas de Stylosanthes guianensis var. pauciflora tan persistentes como la accesión de germoplasma más persistente (CIAT 10136), con un rendimiento de semillas dos a tres veces superior (casi 100 kg/ha cuando se les protegió del gusano perforador de botones florales, Stegasta) y aparentemente con algún grado de resistencia a Stegasta. La persistencia de estas líneas en condiciones de pastoreo se está evaluando en Carimagua.

El avance masal de generaciones de una población  $F_2$  mezclada y genéticamente heterogénea de S. guianensis, al parecer ejerce un efecto positivo en el rendimiento de semilla de los tipos de floración precoz que sin protección contra el gusano perforador de botones florales, Stegasta, dieron un rendimiento del orden de 70 kg/ha en Carimagua. Se inició un experimento para documentar en detalle los efectos de siete ciclos de avance masal de generaciones.

Aunque se puede esperar mayor avance genético en S. guianensis mediante selección recurrente, actualmente se está dando menor prioridad a esta especie en el ecosistema de los Llanos. Se está iniciando una nueva serie de cruzamientos con el fin de mejorar la resistencia a enfermedades y la persistencia de las selecciones brasileñas de S. guianensis.

Prácticamente se terminaron dos programas modestos de selección de A. gayanus. Se demostró la existencia de diferencias agronómicas entre las selecciones de floración tardía y la línea CIAT 621.

Se está utilizando descendencia de una semilla por línea para desarrollar 100 líneas homocigóticas de S. capitata, a partir de las cuales se puede desarrollar un conjunto de hospedantes diferenciales. Dicho conjunto será una herramienta invaluable en futuros estudios de variación patogénica de razas de antracnosis en los Cerrados de Brasil. Estos estudios dilucidarán las razones por las cuales selecciones promisorias de S. capitata fallaron en ese ecosistema y nos permitirán evitar que dichas fallas se repitan.

Se demostró la factibilidad práctica de la manipulación genética en gran escala de las gramíneas apomícticas Bracharia decumbens/B. brizantha, mediante hibridación con un tetraploide sexual inducido de B. ruziziensis recibido de una colega brasileña. La combinación de atributos positivos de las tres especies, como la resistencia al salivazo, y la calidad y el rendimiento del forraje y de la semilla en cultivares mejorados, heteróticos y apomícticos debe poderse realizar ahora, siempre y cuando se puedan aplicar los recursos suficientes a la evaluación de poblaciones grandes, especialmente en cuanto a calidad del forraje (digestibilidad in vitro y contenido de proteína) y resistencia al salivazo.

40515

## 5. Fitopatología

### INTRODUCCION

Durante 1990, los objetivos de la sección fueron:

- 1) Diagnósis de enfermedades en germoplasma forrajero tropical.
- 2) Evaluar la importancia potencial de las enfermedades detectadas.
- 3) Desarrollar estrategias de control para las enfermedades.

### ENFERMEDADES DE CENTROSEMA

#### 1. Añublo Foliar por Rhizoctonia (AFR)

El Añublo Foliar por Rhizoctonia (AFR) afecta severamente la persistencia de C. brasilianum en áreas con alta precipitación. La enfermedad se ha estudiado en la sección desde 1981. En el pasado, se seleccionaron accesiones en viveros de adaptación, y se estudiaron el efecto de la fertilización, cobertura del suelo, solarización, fungicidas, preparación del suelo, uso de espalderas, y asociación con Andropogon gayanus. También se investigó la identificación, caracterización, distribución, biología y patogenicidad de los organismos causales estudiados. Se invirtió mucho trabajo en el desarrollo de metodologías.

Se demostró que dos especies importantes de Rhizoctonia, una multinucleada (R. solani) y una binucleada (Rhizoctonia sp.), eran los principales agentes causales de los síntomas típicos de AFR. En general, éstos se

encuentran con igual frecuencia y son similarmente agresivos. En R. solani, los grupos de anastomosis AG-1 y 4 son los más comunes. Hasta el momento, no se ha encontrado un método de control efectivo.

La estrategia más efectiva para el control de AFR, es la resistencia, pero hasta el momento, la selección exacta de los materiales se ha dificultado. Los objetivos de los estudios sobre resistencia han sido determinar si C. brasilianum y algunas especies relacionadas, poseen resistencia a la enfermedad en el campo; determinar la reacción de C. brasilianum a ciertas especies de Rhizoctonia capaces de causar AFR, para determinar si los mecanismos de resistencia a cada especie de Rhizoctonia son los mismos; comprender mejor la resistencia fisiológica disponible en Centrosema spp. a Rhizoctonia solani y a Rhizoctonia sp. (binucleada); y evaluar una metodología rápida de selección.

Anteriormente, la selección por resistencia se vió obstaculizada por una presión inconsistente de la enfermedad en el campo (CIAT, 1984; 1987). La sección ha trabajado para obtener una mejor metodología de selección en el campo (CIAT, 1984, 1987, 1988, 1989) y ha desarrollado una técnica promisoría en invernadero. Los estudios iniciales en invernadero no indicaron disponibilidad de germoplasma resistente en C. brasilianum ni en C. tetragonolobum (CIAT 1988). El uso generalizado de la técnica en 1988 y 1989 reveló gran

variabilidad en las reacciones de accesiones estándar a los mismos aislamientos, dificultando la interpretación de las reacciones de las accesiones a los aislamientos de Rhizoctonia (CIAT, 1989).

Este año se realizaron en el campo las primeras evaluaciones de una colección representativa de 41 accesiones de C. brasilianum, 7 de C. tetragonolobum, 3 de C. macrocarpum, 3 de C. pubescens, 3 de C. acutifolium, 1 de Arachis pintoi y de 41 poblaciones interespecíficas de C. brasilianum/C. tetragonolobum, con 6 repeticiones, utilizando un diseño de bloques al azar con distribuidores susceptibles, indicadores susceptibles después de cada segunda parcela, e inoculación con Rhizoctonia. Además, se estudió la causa de la variabilidad en las evaluaciones de invernadero y se presentaron los resultados de una evaluación de accesiones con un aislamiento agresivo. Continuaron los estudios para caracterizar aún más la relación hospedante-patógeno.

#### a) Evaluación de germoplasma en el campo

Este año, se estableció una presión alta de AFR en el ensayo de campo en la estación de Carimagua, pero la presión de la enfermedad no fue aún suficientemente uniforme como para seleccionar accesiones con un alto grado de precisión. La resiembra de numerosas accesiones y poblaciones de cruzamientos de C. brasilianum/C. tetragonolobum fue el principal factor asociado con la variabilidad. Los resultados de las evaluaciones se dan en figuras. En general, se observaron niveles superiores de la enfermedad en la población de C. brasilianum comparada con C. tetragonolobum y niveles intermedios en los cruzamientos interespecíficos que se pudieron evaluar. C. acutifolium y C. pubescens presentaron niveles de la enfermedad similares a los de C. tetragonolobum. C. macrocarpum presentó el menor nivel de severidad. A. pintoi fue muy resistente. Este año, se evaluarán en más detalle varias accesiones de C. brasilianum, con bajo

nivel de infección en el campo, en seis repeticiones, y baja desviación estándar.

#### b) Inoculaciones en invernadero

La variabilidad\* de los síntomas de la enfermedad en el testigo CIAT 5234, durante la evaluación de 170 accesiones de C. brasilianum y 7 de C. tetragonolobum, hizo necesario evaluar la causa de la variación antes de continuar con estudios más detallados sobre resistencia, como se describió previamente. Hubo gran variabilidad especialmente en los aislamientos AG-4 de R. solani y BT-1 de Rhizoctonia sp. (Cuadro 1). El rango de los aislamientos más agresivos de R. solani (AG-1) fue inferior, en particular para el aislamiento 136, aunque la variabilidad fue aún amplia para establecer diferencias pequeñas en cuanto a resistencia entre accesiones. Las evaluaciones de las accesiones que utilizaron sólo el aislamiento 136 de R. solani AG-1 en inoculaciones donde CIAT 5234 mostró un porcentaje alto de severidad y la menor variabilidad se presentan en las Figuras 2a, b y c. Se ha establecido una lista de ecotipos para evaluación más detallada, que incluye accesiones con buenas evaluaciones en el invernadero y en el campo y aislamientos en invernadero que aún no se han evaluado en el campo. La investigación sobre las causas de variabilidad utilizando aislamientos de Rhizoctonia, incluyendo aquellos utilizados inicialmente en la evaluación de accesiones en invernadero, indicó que la variabilidad era común en iguales condiciones, si las inoculaciones se hacían de manera escalonada. Su causa no parece ser principalmente ambiental --las accesiones mostraron gran variabilidad en cuanto a severidad de la enfermedad a cada aislamiento en folíolos de la misma hoja-- lo cual sugiere que buena parte de la causa de variación es la variabilidad de los aislamientos, en vez de la variabilidad

\* Tesis Ing. Agr., Edison Zapata Toro, Universidad Nacional de Colombia, Palmira.





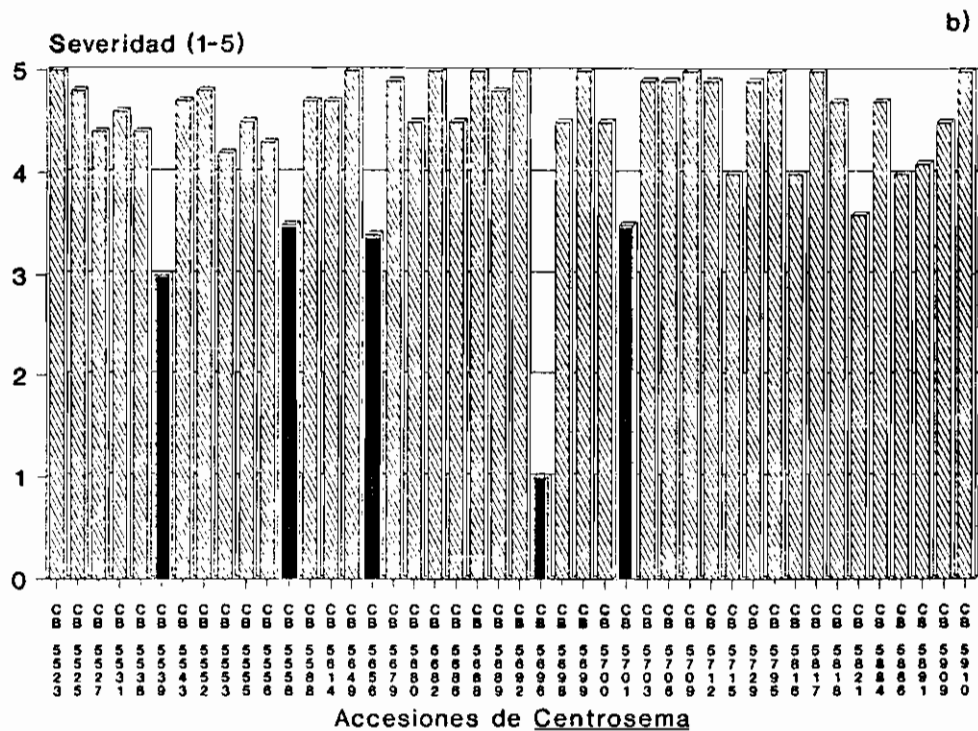
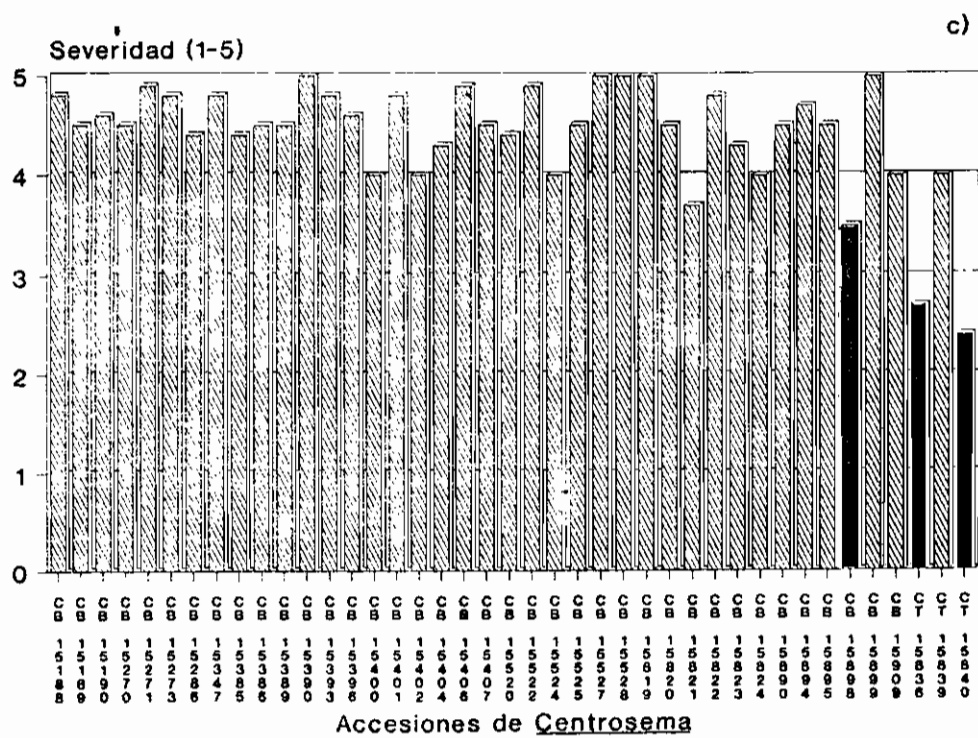


Figura 2. (continuación)



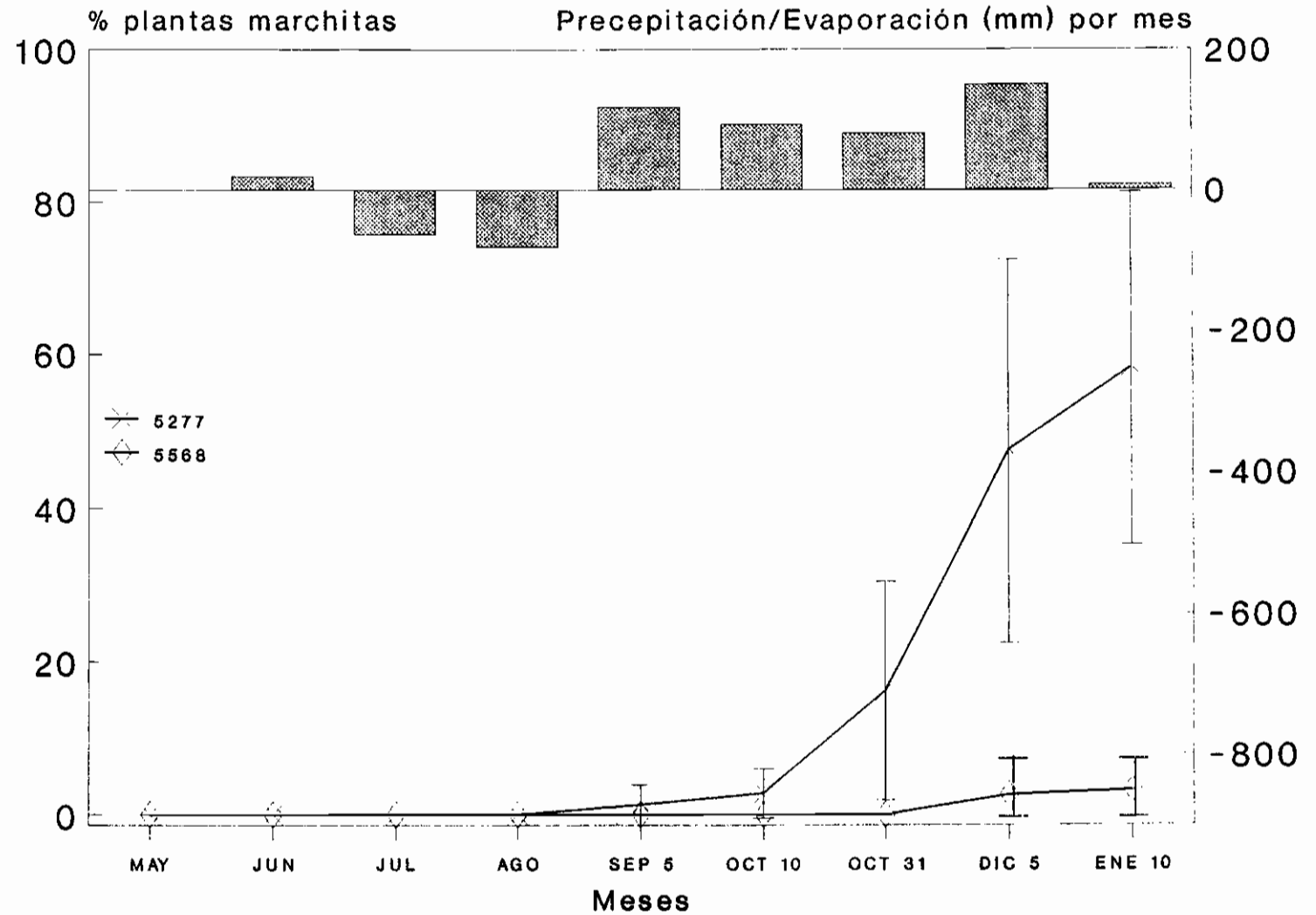


Figura 3. Desarrollo del síndrome del factor x en *C. acutifolium* 5277 y 5568 y disponibilidad de agua en Villarica.

Cuadro 1. Variación en la reacción a Rhizoctonia spp. de la accesión C. brasilianum CIAT 5234 en el invernadero utilizando discos de papel filtro.

Tiempo de inoculación	R. solani				R. sp. (binucleado)	
	AG-1		AG-4		BT-1	
	136	199	161	184	162	191
1	3.7	4.4	0.2	2.5	1.6	2.5
2	4.1	3.9	1.0	0.9	1.1	0.9
3	4.2	2.7	3.4	1.0	2.2	1.0
4	4.3	4.9	1.8	3.3	2.9	3.3
5	3.7	5.0	0.1	2.6	0.3	2.6
6	5.0	5.0	4.1	4.6	4.6	4.6
7	4.2	3.7	0.7	1.5	0.8	1.5
8	4.3	2.7	3.4	1.0	2.2	1.0
$\bar{x}$	4.2	4.0	1.8	2.0	2.0	2.1
D.E.	0.4	1.0	1.6	1.9	1.4	1.3

ambiental o genética de las accesiones. Estudios posteriores también revelaron variabilidad similar de los aislamientos continuamente reaislados de hospedantes y de los aislamientos continuamente transferidos en cultivo. Los estudios se concentrarán ahora en la obtención de aislamientos que expresen su agresividad sistemáticamente.

c) Evaluación de aislamientos

Los estudios\*\* sobre la biología de

Rhizoctonia spp. asociados con el AFR proporcionan más información sobre la naturaleza de los patógenos. Un estudio de la agresividad de los aislamientos de muchos hospedantes en especies de Centrosema sugiere la existencia de un amplio rango de patogenicidad en los aislamientos de Rhizoctonia (Cuadro 2).

\*\* Tesis Ing. Agr., Carlos Arturo Bejarano, Universidad Nacional de Colombia, Palmira.

Cuadro 2. Patogenicidad de los aislamientos de Rhizoctonia spp. en varias especies de Centrosema.

Especie	Accesión No. CIAT	Porcentaje de aislam. causando infección en <u>Centrosema</u> spp.					
		R. solani (109)			R. binucleado (84)		
		0-40	50-70	80-100	0-40	50-70	80-100
----- % a.i. -----							
<u>C. acutifolium</u>	5277	44.0	22.0	34.0	58.4	21.3	20.3
<u>C. acutifolium</u>	5568	84.4	14.6	0.9	91.6	6.0	2.4
<u>C. brasilianum</u>	5178	27.9	31.6	40.7	40.4	34.5	24.9
<u>C. brasilianum</u>	5234	45.0	26.6	28.4	58.3	25.0	16.7
<u>C. brasilianum</u>	5671	32.0	27.5	41.3	51.3	33.3	15.5
<u>C. macrocarpum</u>	5062	49.5	35.8	14.7	65.4	29.7	4.8
<u>C. macrocarpum</u>	5713	52.4	31.2	16.6	69.0	23.9	7.2
<u>C. pubescens</u>	438	40.3	30.2	29.4	48.8	34.5	16.8

La mayoría de los aislamientos no son agresivos a las accesiones de C. brasilianum evaluadas; C. acutifolium (5277) y C. pubescens (438) fueron severamente atacadas por un mayor porcentaje de aislamientos de R. solani y de la especie binucleada de Rhizoctonia, comparados con C. macrocarpum y C. acutifolium (5568). Los resultados podrían ayudar a determinar la probabilidad de que aislamientos agresivos de Rhizoctonia spp. ataquen accesiones de la especie Centrosema en el campo.

Se observaron tendencias inconsistentes entre el número de núcleos y la agresividad de los aislamientos; sin embargo, los aislamientos con mayor número de núcleos, también fueron los más patogénicos (Cuadro 3). R. solani (AG-1) y el aislamiento BT1 de Rhizoctonia binucleada fueron más agresivos que otros grupos de anastomosis evaluados (Cuadro 4). Los aislamientos de muchos hospedantes fueron agresivos en Centrosema spp., confirmando el amplio rango de hospedantes de los patógenos (Cuadro 5). La mayoría de los patógenos eran aislamientos de Centrosema spp., Brachiaria decumbens, Glycine wightii y Stylosanthes macrocephala. Se planean estudios

Se observaron tendencias inconsistentes entre el número de núcleos y la agresividad de los aislamientos; sin embargo, los aislamientos con mayor número de núcleos, también fueron los más patogénicos (Cuadro 3). R. solani (AG-1) y el aislamiento BT1 de Rhizoctonia binucleada fueron más agresivos que otros grupos de anastomosis evaluados (Cuadro 4). Los aislamientos de muchos hospedantes fueron agresivos en Centrosema spp., confirmando el amplio rango de hospedantes de los patógenos (Cuadro 5). La mayoría de los patógenos eran aislamientos de Centrosema spp., Brachiaria decumbens, Glycine wightii y Stylosanthes macrocephala. Se planean estudios

Cuadro 3. Relación entre la patogenicidad de los aislamientos de Rhizoctonia spp. y el número de núcleos por célula hifal.

Especie	No. núcleos por célula hifal <sup>1</sup>	No. Aislam.	No. (%) <sup>3</sup>	% Aislam./Patogen. <sup>2</sup>		
				Alto	Medio	Bajo
<u>Rhizoctonia solani</u>	7	20	18.3	10.0	40.0	50.0
	8	18	16.5	11.1	27.7	61.1
	10	18	16.5	33.3	22.2	44.4
	6	14	12.8	14.2	35.7	50.0
	9	13	11.9	7.6	38.4	53.8
	11	12	11.0	25.0	50.0	25.0
	5	6	5.5	33.3	33.3	33.3
	12	5	4.5	0	80.0	20.0
	13	1	0.9	0	100.0	0
	14	1	0.9	100.0	0	0
	15	1	0.9	100.0	0	0
<u>Rhizoctonia binucleado</u>	2	84	100.0	11.9	28.5	59.5
<u>Rhizoctonia</u> sp. multinucleado	6	3	60.0	0	0	100.0
	9	1	20.0	0	0	100.0
	8	1	20.0	0	0	100.0
<u>Rhizoctonia binucleado nativo</u>	2	4	100.0	0	0	100.0
<u>Rhizoctonia zeae</u>	10	1	33.3	0	0	100.0
	9	1	33.3	0	0	100.0
	6	1	33.3	0	0	100.0

1 Promedio de 15 observaciones

2 Patog. alta  $\geq 3.51$ , rangos 8, 9 y 10.

Patog. media  $\geq 2.1 \leq 3.50$ , rangos 5, 6 y 7

Patog. baja  $\leq 2.0$ , rangos 4, 3, 2 y 1.

Escala de evaluación 0 - 5: 0 = folíolo sano, 5 = folíolo muerto.

3 Corresponde al total de aislamientos de cada especie.

Cuadro 4. Relación entre la patogenicidad de los aislamientos de Rhizoctonia spp. y los grupos de anastomosis.

Especie	Hospedantes Aislam.	No.	(% )	% Aislam./Patogenic.		
				Alto	Medio	Bajo
<u>Rhizoctonia solani</u>	AG-1	67	61.4	29.8	38.8	3.13
	AG-4	34	31.1	2.9	38.2	58.8
<u>Rhizoctonia binucleado</u>	BT-1 <sup>1</sup>	83	98.8	12.0	28.9	59.0
	BT-3 <sup>1</sup>	1	1.1	0	0	100.0
<u>Rhizoctonia binucleado</u>	BT-2 <sup>1</sup>	4	100.0	0	0	100.0

1 BT 1-2-3 = Binucleado tropical ubicado por la Sección de Fitopatología del Programa de Pastos Tropicales del CIAT.

2 Patog. alta  $\geq 3.51$ , rangos 8, 9 y 10.  
 Patog. media  $> 2.1 < 3.50$ , rangos 5, 6 y 7.  
 Patog. baja  $< 2.0$ , rangos 4, 3, 2 y 1.

Escala de evaluación 0-5: 0 = folíolos sanos; 5 = folíolos muertos.

Ocho aislamientos de Rhizoctonia solani no se ubicaron en los grupos AG.

microscópicos para estudiar los mecanismos de resistencia en Centrosema spp. y A. pintoí más resistentes al AFR en comparación con las accesiones susceptibles de C. brasilianum. Además, se planea otro estudio para determinar si los patrones de franjas de isozimas pueden diferenciar grupos de anastomosis de R. solani y Rhizoctonia sp. y si los sistemas de isozimas se pueden utilizar para diferenciar especies de Rhizoctonia en diferentes sitios.

#### Colaboración de Costa Rica

El AFR es un problema serio en la especie Centrosema, en las zonas húmedas de la Costa Pacífica en Costa

Rica. Para investigar el problema y comparar la enfermedad estudiada en Colombia con la de Costa Rica, se inició un proyecto con los Programas Nacionales, con la sección de Patología y con la Universidad de Costa Rica. El estudio pretende determinar y caracterizar los organismos causales del añublo foliar en Costa Rica que afectan las especies Centrosema, Brachiaria brizantha y Arachis pintoí.

#### Síndrome de marchitamiento por el factor x en C. acutifolium

El síndrome de marchitamiento por el factor x afecta severamente a

Cuadro 5. Relacion entre el hospedante original de los aislamientos de Rhizoctonia y su patogenicidad en Centrosema spp.

Especie	Hospedantes	Aislam. (No.)	Aislam. (%) <sup>2</sup>	% Aislam./Patogen. <sup>1</sup>		
				Alto	Medio	Bajo
<u>Rhizoctonia solani</u>	<u>C. brasilianum</u>	67	61.4	17.9	38.8	43.2
	<u>C. acutifolium</u>	11	10.0	18.1	45.4	36.3
	<u>S. guianensis</u>	7	6.4	28.5	14.2	57.1
	<u>C. macrocarpum</u>	4	3.6	0	25.0	75.0
	<u>C. pubescens</u>	3	2.7	100.0	0	0
	<u>A. gayanus</u>	2	1.8	0	100.0	0
	<u>B. decumbens</u>	2	1.8	50.0	0	50.0
	<u>C. tetragonolobum</u>	2	1.8	0	0	100.0
	<u>A. paniculata</u>	1	0.9	0	0	100.0
	<u>Arachis sp.</u>	1	0.9	0	0	100.0
	<u>B. brizantha</u>	1	0.9	0	100.0	0
	<u>C. arenarium</u>	1	0.9	0	0	100.0
	<u>Cassia rotundifolia</u>	1	0.9	0	100.0	0
	<u>Cassia sp.</u>	1	0.9	0	100.0	0
	<u>D. heterophyllum</u>	1	0.9	0	100.0	0
	<u>D. ovalifolium</u>	1	0.9	0	0	100.0
	<u>Glycine wightii</u>	1	0.9	100.0	0	0
	<u>P. phaseoloides</u>	1	0.9	0	0	100.0
	Suelo	1	0.9	0	100.0	0
	<u>Rhizoctonia binucleado</u>	<u>C. brasilianum</u>	57	67.8	12.2	24.5
<u>C. acutifolium</u>		10	11.9	0	40.0	60.0
<u>C. macrocarpum</u>		5	5.9	0	20.0	80.0
<u>C. pubescens</u>		4	4.7	0	50.0	50.0
<u>S. macrocephala</u>		4	4.7	50.0	25.0	25.0
<u>B. dictyoneura</u>		2	2.3	50.0	50.0	0
<u>C. tetragonolobum</u>		1	1.1	0	0	100.0
<u>A. pintoii</u>		1	1.1	0	0	100.0
<u>Rhizoctonia sp. multinucleado</u>	<u>C. brasilianum</u>	3	60.0	0	0	100.0
	<u>C. acutifolium</u>	1	20	0	0	100.0
	<u>S. macrocephala</u>	1	20	0	0	100.0
<u>Rhizoctonia binucleado nativo</u>	<u>C. brasilianum</u>	1	25	0	0	100.0
	<u>A. pintoii</u>	1	25	0	0	100.0
	<u>S. macrocephala</u>	1	25	0	0	100.0
	Suelo	1	25	0	0	100.0
<u>Rhizoctonia zaeae</u>	<u>B. dictyoneura</u>	1	33.33	0	0	100.0
	Suelo	2	66.66	0	0	100.0

1 Patog. alta  $\geq 3.51$ , rangos 8, 9 y 10.  
 Patog. media  $> 2.1 < 3.50$ , rangos 5, 6 y 7.  
 Patog. baja  $\leq 2.0$ , rangos 4, 3, 2 y 1

2 Corresponde al total de aislamientos de cada especie.

C. acutifolium cv. Vichada (CIAT 5277) durante la multiplicación de semillas, ocasionando grandes pérdidas, y en ocasiones la muerte de la planta. El problema necesita resolverse urgentemente ya que desanima a los productores a continuar produciendo semilla de esta leguminosa forrajera promisoría.

Después de tres años de investigación, la causa del problema sigue sin aclararse (CIAT, Informe Anual 1987, 1988, 1989). Ninguno de los microorganismos asociados con las raíces o con las partes aéreas de la planta se correlacionó bien con el desarrollo del síndrome de marchitamiento, y el tratamiento de las parcelas con Benomil no lo disminuyó. Por lo tanto, se pensó que factores físicos, como el tipo de suelo, la tutorada y las lesiones a la planta, estaban involucrados, permitiendo que los patógenos facultativos invadieran las plantas. El trabajo se concentró en la selección por resistencia en lugares de clima caliente y después de una epidemia.

Este año se presentan los resultados de la evaluación de las causas físicas vs. las biológicas del síndrome, la dinámica de los microorganismos en las raíces de la accesión susceptible 5277 y de la accesión resistente 5568, los análisis de resistencia y las pruebas de patogenicidad; el potencial de una técnica rápida de selección en laboratorio y la evaluación del ácido fosforoso para controlar el marchitamiento.

a) Evaluaciones del germoplasma en el campo del factor x

En colaboración con la sección de agronomía, quince accesiones de C. acutifolium se evaluaron en el campo en 1989/1990. Las plantas afectadas por el factor x aumentaron a lo largo de la estación. Se registraron diferencias significativas ( $p = 0.05$ ) entre las accesiones sólo en las últimas evaluaciones, pero los altos coeficientes de variación cuestionaron la selección entre accesiones. C. acutifolium 5277

fue la accesión más susceptible. Las accesiones más resistentes fueron CIAT 5568, 15086, 5278 y 15448 aunque sólo fueron significativamente ( $P = 0.05$ ) diferentes a 5277. Aplicaciones semanales de Benomil de 1 kg/ha en 1000 lt de agua no redujeron significativamente el desarrollo del factor x (Cuadro 6).

Los síntomas de desarrollo de factor x en 5277 y 5568 a través del tiempo y las diferencias entre la precipitación y la evaporación se presentan en la Figura 3. Las plantas desarrollaron factor x rápidamente durante períodos en que la precipitación excedió a la evaporación.

La prueba de patogenicidad con microorganismos aislados de partes aéreas y raíces de plantas afectadas por el factor x procedentes de Villarrica demostraron la capacidad de un hongo similar a Rhizoctonia sp., Fusarium sp., Phythium sp. y Macrophomina, de causar la muerte de la planta. Sin embargo, ninguno de los síntomas se asemejó al factor x.

b) Evaluación de las causas físicas en comparación con las biológicas

Para determinar si los factores biológicos del suelo eran responsables de la presencia de síntomas de factor x, el suelo de Villarrica se esterilizó a vapor o se dejó intacto. Los potes con y sin fertilizante se sembraron con C. acutifolium 5277 y se regaron regularmente en el invernadero. No se desarrollaron síntomas de factor x en las plantas cuyo suelo se trató con vapor, mientras que en un lapso de tres meses, las plantas del suelo no esterilizado presentaron factor x (Figura 4). En siete meses, 60% de las plantas en el suelo no fertilizado y no esterilizado murieron, mostrando síntomas de factor x. Las plantas del suelo fertilizado no tratado empezaron a desarrollar síntomas dos meses después que los tratamientos no fertilizados. Ninguna de las plantas del suelo esterilizado mostró síntomas similares a los del factor x.



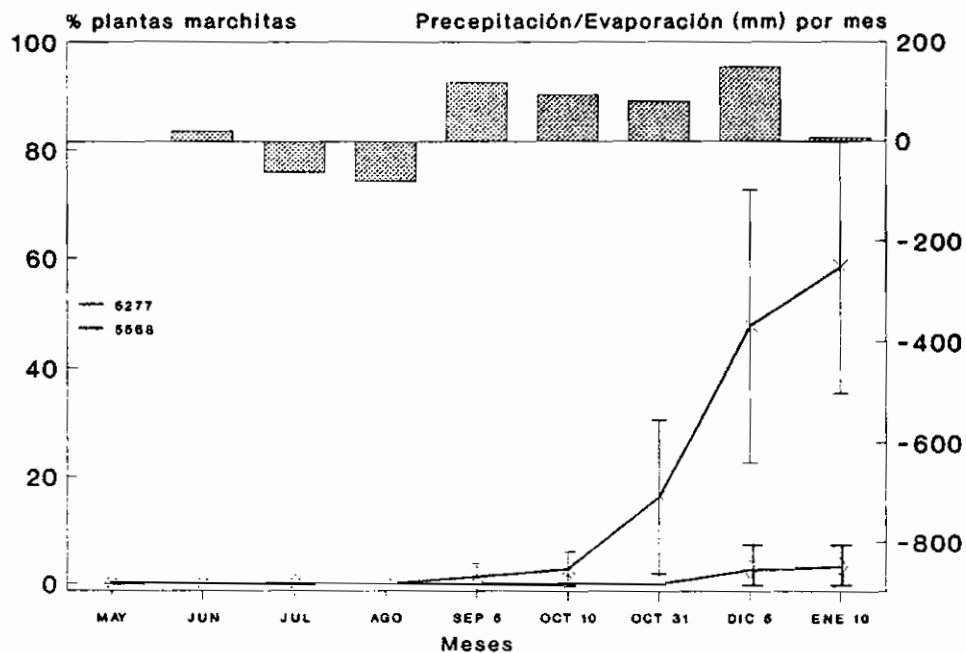


Figura 3. Desarrollo del síndrome del factor x en *C. acutifolium* 5277 y 5568 y disponibilidad de agua en Villarica.

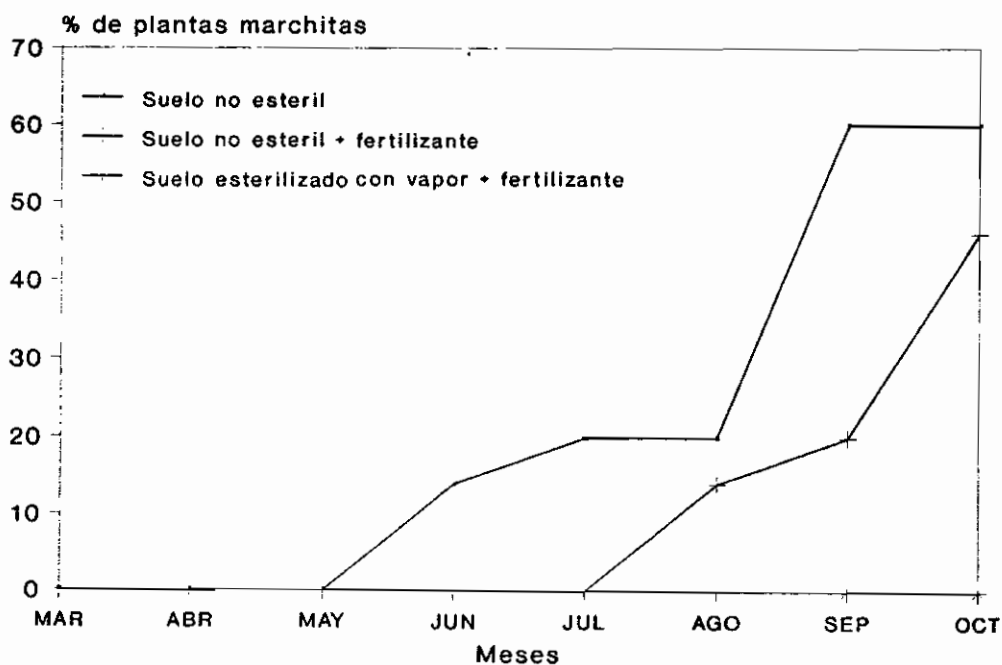


Figura 4. Desarrollo del síndrome del factor x en *C. acutifolium* 5277 en suelo de Villarica esterilizado con Vapor y sin esterilizar, con y sin fertilizante.

Cuadro 6. Desarrollo de marchitamiento por el factor x en accesiones de C. acutifolium con y sin aplicaciones de Benomyl.

PLANTAS MUERTAS										
No. Accesión CIAT	Sin Benlate					Con Benlate				
	Semana					Semana				
	1	3	5	7	9	1	3	5	7	9
5277	0.0	5.0	30.0	35.0	42.5	3.1	21.5	51.7	57.2	73.7
15086	0.0	2.5	2.5	2.5	2.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15447	0.0	7.5	12.5	12.5	12.5	0.0	5.0	22.5	25.0	37.5
15814	0.0	15.0	22.5	22.5	27.5	0.0	10.6	13.1	15.6	18.1
5278	0.0	5.0	5.0	7.5	7.5	0.0	7.5	7.5	7.5	7.5
15088	0.0	2.5	7.5	7.5	7.5	0.0	16.3	16.3	16.3	16.3
15448	0.0	2.5	7.5	7.5	7.5	0.0	0.0	4.1	6.6	9.1
15815	0.0	2.5	10.0	12.5	15.0	0.0	10.0	15.0	20.0	25.6
5568	0.0	2.5	5.0	5.0	7.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
15445	5.0	10.0	20.0	22.5	30.0	0.0	13.6	19.1	21.9	24.7
15812	0.0	2.5	7.5	10.0	12.5	0.0	5.9	14.3	14.3	17.4
15816	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	2.5	17.5	17.5	17.5	17.5
15084	0.0	15.0	22.5	25.0	27.5	15.6	24.6	30.2	41.0	46.0
15446	7.5	12.5	12.5	17.5	20.0	12.5	25.0	31.0	31.0	33.5
15813	10.0	17.5	17.5	20.0	20.0	2.5	17.5	20.2	23.0	23.0
DMS (0.05)	N.S.	N.S.	N.S.	27.4	29.3	N.S.	N.S.	N.S.	27.4	29.3
CV	407.4	186.9	126.4	116.1	106.1	407.4	186.9	126.4	116.1	106.1

Estos estudios demuestran que la causa del síndrome del factor x es biológica y no física.

c) Dinámica de la micoflora de las raíces

Para evaluar aún más la causa del factor x se investigó a través del tiempo la micoflora de las raíces de accesiones resistentes y susceptibles. La dinámica de los hongos aislados con mayor frecuencia de trozos de raíces de las accesiones 5277 y 5568, en comparación con promedios moderados de severidad, se presenta en la Figura 5a y b. En ambas accesiones, una especie de Chaetomium y una de Fusarium dominaron en las etapas iniciales. Cylindrocladium sp. y Rhizoctonia solani aumentaron después de la séptima semana en ambas accesiones, pero en mayor grado en 5568. Se aisló Rhizoctonia en ambas especies a niveles relativamente bajos. En agua destilada, los trozos de raíces de ambas accesiones presentaron esporangios de un Oomiceto Fx1 desconocido, que aún no se ha podido cultivar en medios artificiales. Se presentó en mayor proporción en 5277 que en 5568 y aumentó drásticamente con el tiempo al final del estudio después de 14 semanas. Se observó buena correlación entre la dinámica del Oomiceto Fx1 y el desarrollo de necrosis de la raíz principal ( $R = 0.71$ ,  $p = 0.05$ ); se observó menos correlación entre la pudrición de la raíz principal y Chaetomium ( $R = -0.45$ ,  $p = 0.26$ ), Fusarium ( $R = 0.59$ ,  $p = 0.12$ ), Cylindrocladium ( $R = -0.52$ ,  $p = 0.18$ ) y Rhizoctonia sp. ( $R = -0.29$ ,  $p = 1.0$ ). La pudrición en el cuello y en la raíz principal de 5277 fue significativamente mayor que en 5568 (Cuadro 7). El peso de raíces húmedas fue consistentemente mayor en 5568 que en 5277. Fusarium sp. 3, Cylindrocladium sp. y el Oomiceto Fx1 se estudiaron en más detalle en pruebas de patogenicidad.

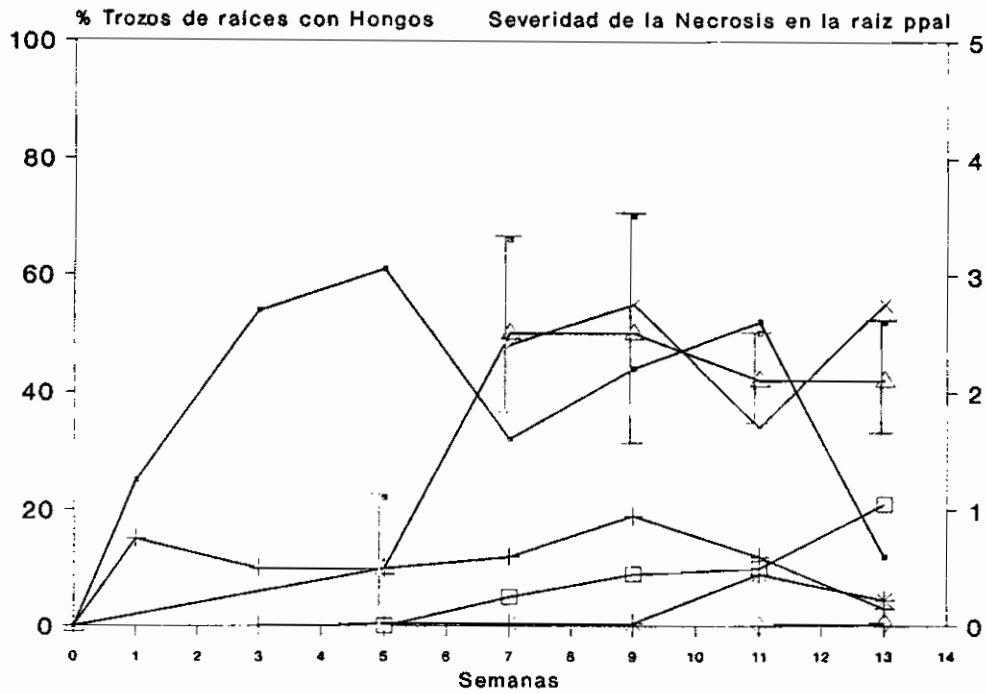
d) Estudios de patogenicidad

Plantas de C. acutifolium 5277 de un mes de edad inoculadas con Fusarium sp. 3, Cylindrocladium sp. y el Oomiceto Fx1, aislado del estudio sobre la dinámica, mostraron que el Oomiceto era el más patógeno de los hongos evaluados (Cuadro 8). En una semana todas las plantas se habían marchitado. Cylindrocladium eliminó las plantas lentamente. La especie Fusarium no resultó patógena. El Oomiceto fue capaz de eliminar todas las plantas de la accesión CIAT 5277 en un lapso de cinco días y fue significativamente ( $p = 0.05$ ) más agresivo en CIAT 5277 que en CIAT 5568 (Fig. 6). Cylindrocladium sp. atacó a CIAT 5277 menos selectivamente que el Oomiceto Fx1 (Figuras 6, 7). El Oomiceto, a diferencia de Cylindrocladium sp., produjo síntomas típicos del factor x en las plantas pequeñas. En este momento se está trabajando sobre la confirmación de los postulados de Koch en plantas de mayor tamaño. El International Mycological Institute (IMI) considera que el Oomiceto Fx1 constituye probablemente un nuevo género de Oomicetos. La descripción del hongo se encuentra en proceso.

Control del Factor x

La sección de Agronomía sembró las accesiones más promisorias identificadas en el período 1989/90, en ensayos multilocacionales a los cuales la sección de Patología hará un seguimiento estricto. Además, se ha desarrollado una metodología simple para seleccionar el germoplasma por resistencia al Oomiceto Fx1. La comparación de los resultados de Villarica con el método de selección en el laboratorio resultó en un buena, aunque no total, correlación ( $R = 0.7$ ) (Cuadro 9), lo que sugiere que el Oomiceto es el principal factor del síndrome del factor x, aunque probablemente no el único.

a) 5568



b) 5277

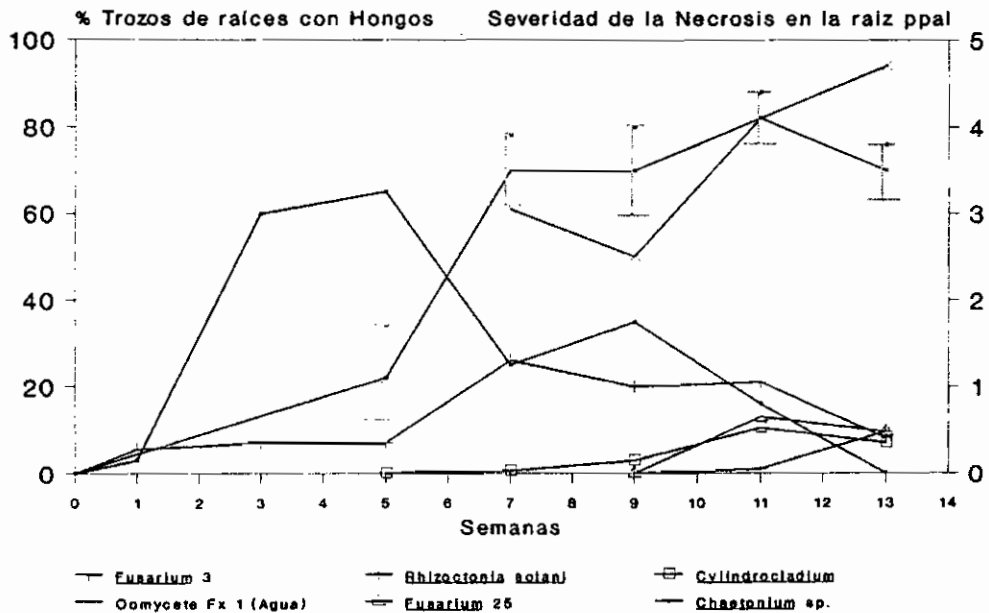


Figura 5. Dinámica de la microflora y necrosis de raíces de *C. acutifolium* CIAT 5568 y 5277 en suelo de Villarica.

Cuadro 7. Desarrollo de pudrición de raíces en accesiones de C. acutifolium resistentes y susceptibles, sembradas en suelo de Villarica después de 11 semanas.

Accesión	Cuello (1-5)	Raíces principales (1-5)	Raíces secundarias % i.a.
5277	3.2 a	4.1 b	10.9 a
5568	1.3 a	2.1 a	11.8 a

Los valores dentro de una columna seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05)

Cuadro 8. Porcentaje de plantas con marchitamiento después de inoculadas con tres hongos aislados de raíces necróticas de C. acutifolium 5277.

Aislamiento	% de plantas con marchitamiento	
	Día 6	Día 13
<u>Cylindrocladium</u>	0	55
<u>Fusarium</u> sp.	0	0
Phycomycete	100	100
Sin inocular	0	0

Los valores seguidos por la misma letra no difieren significativamente (p=0.05).

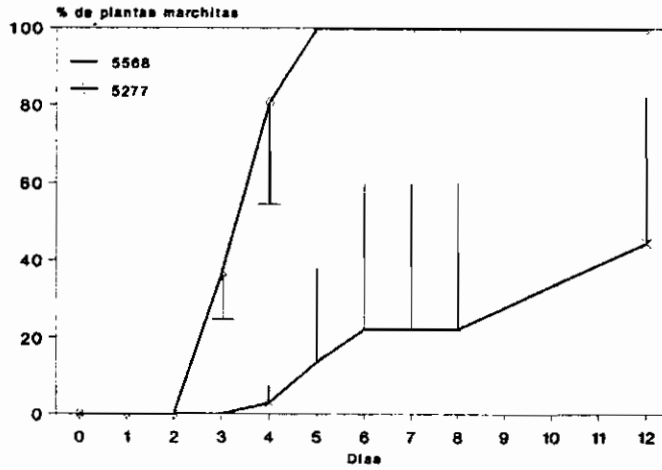


Figura 6. Patogenicidad de un Oomiceto sp. en las Accesiones de *C. acutifolium* 5277 y 5568.

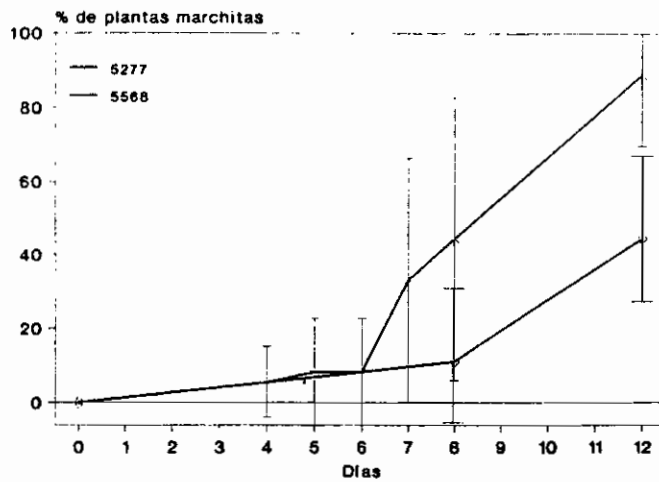


Figura 7. Patogenicidad de *Cylindrocladium* sp. en plántulas de las accesiones *C. acutifolium* 5277 y 5568.

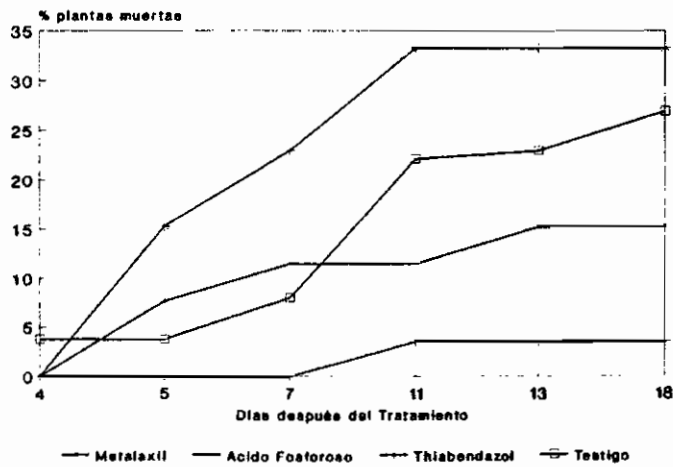


Figura 8. Progreso del marchitamiento de *C. acutifolium* CIAT 5277 tratado con algunos fungicidas.

Cuadro 9. Resistencia de accesiones de C. acutifolium al factor x en el campo y al Oomiceto Fx1 (Villarica) en el laboratorio.

Accesión No.	Campo (Villarica)	Laboratorio
5568	2.7	1.7
5278	9.0	2.4
15448	6.0	2.4
15445	25.6	2.5
15447	22.8	5.6
15088	14.0	5.6
15086	1.3	7.3
15815	18.6	7.6
15814	23.8	11.1
15813	27.0	11.7
15816	11.4	11.8
15446	29.1	15.3
15812	12.3	17.7
15084	36.7	17.9
5277	51.7	22.5

Coefficiente de correlación (R) = 0.70

Además, se está evaluando el uso de ácido fosforoso, un producto no tóxico, para controlar el factor x en multiplicaciones de C. acutifolium (CIAT 5277), en comparación con otros fungicidas. Los resultados iniciales indican un buen control del marchitamiento con dos aplicaciones por semana (Figura 8). El Tiabendazol, que no controla ficomicetos, fue ineficaz, pero el Metalaxil, que controla más específicamente Oomicetos, también redujo significativamente el marchitamiento.

#### Investigación futura

En el futuro, la investigación se concentrará en determinar los principales agentes causales en otras localidades, controlar el factor x y estudiar las razones de la susceptibilidad de CIAT 5277 al Oomiceto Fx1.

## ENFERMEDADES DE BRACHIARIA

### Roya

La especie Brachiaria cubre más de 30 millones de hectáreas en América Latina. Entre 1982 y 1986, se detectó roya, causada por Uromyces setariae-italicae, con mayor frecuencia en Brasil. Se ha observado daño severo en las pasturas en de Napo y Puyo, Ecuador, y en el Cauca, Colombia. En Ecuador, el daño severo por roya detuvo la siembra de Brachiaria humidicola (Lenné, 1991; en prensa). En respuesta a esto, la sección de Fitopatología resolvió diagnosticar el problema en el continente mediante una encuesta con los colaboradores nacionales, para evaluar las pérdidas de producción en el campo, estudiar los factores que regulaban la población de Oomicetos y buscar lo más pronto posible germoplasma resistente y prácticas culturales para el manejo de la roya.

### Investigación de diagnóstico

#### a) Encuesta

En 1990 se envió una encuesta a los colaboradores en América Latina para obtener información sobre la distribución y severidad de la roya causada por U. setariae-italicae en pasturas de la especie Brachiaria. Se registró severidad moderada de la roya en B. humidicola y niveles inferiores en otras especies de Brachiaria. Hasta el momento, la respuesta en América del Sur indica que la roya se difunde a través de Brasil, Colombia, Ecuador y la Guyana Francesa. Sin embargo, faltan las respuestas de numerosos países. Sabemos que en América Central la roya se encuentra presente en Costa Rica. Se han registrado infecciones entre moderadas y severas en B. humidicola, en Brasil, Ecuador y Colombia. Se registraron niveles muy bajos de infección en B. decumbens, B. dictyoneura y B. ruzizensis. Estos resultados indican una amplia distribución de U. setariae-italicae en

América Latina, predominantemente en B. humidicola. La enfermedad requiere seguimiento adicional.

b) Pérdidas en producción

En 1990 se estableció un ensayo en Carimagua y Quilichao con alta presión de roya, para determinar su efecto en la producción de B. humidicola. Los resultados iniciales de Carimagua y Quilichao indican que los fungicidas no son adecuados para determinar las pérdidas de la producción por roya. El uso de este método, al parecer, elimina a los organismos benéficos, incluyendo a los endófitos. La función de los endófitos en la producción y en la toxicidad animal de Brachiaria debe aclararse.

Control

a) Selección de germoplasma

Parte de la colección de Brachiaria sembrada en Carimagua en 1989, se evaluó este año y se comparó con la colección en Quilichao. Se presentó

alta presión de roya en ambos sitios y se encontró una buena correlación entre las reacciones de las accesiones y la roya entre sitios. Las especies más susceptibles a la roya en ambos sitios fueron B. brizantha, B. dictyoneura y B. humidicola (Figuras 9, 10). B. decumbens fue susceptible en Quilichao (Figura 10). De las accesiones importantes, sólo la accesión de B. humidicola CIAT 679 fue altamente susceptible a la roya (Cuadro 10). B. dictyoneura (Llanero) es levemente susceptible; la roya puede causar un problema en el futuro si las razas se seleccionan naturalmente en pasturas extensas de B. dictyoneura en monocultivo. Actualmente, B. brizantha, La Libertad y Marandú, son altamente resistentes a la roya. En general, se recomienda la liberación de gramíneas forrajeras como mezclas de accesiones resistentes a la roya local.

Se encontraron accesiones de B. humidicola resistentes a la roya en Quilichao y en Carimagua (Figura 11). Muchas accesiones de B. humidicola mostraron reacciones bajas y pústulas

Cuadro 10. Susceptibilidad a U. setariae-italicae de accesiones importantes de Brachiaria probadas en dos sitios.

Identificación	No. CIAT	Quilichao (Co)		Carimagua (Co)	
		% area afectada	Tamaño pústula	% area afectada	Tamaño pústula
<u>B. brizantha</u> (La Libertad)	26646	-	-	0	0
<u>B. brizantha</u> (Marandú)	6297	0	0	0	0
	6690	0	0	0	0
	16126	-	-	0.5	3
	16338	0	0	0	0
	16827	0	0	0	0
	16829	0	0	0	0
<u>B. dictyoneura</u> (Llanero)	6133	0	0	0.5	3
<u>B. decumbens</u> (Basilisk)	606	0	0	0	0
<u>B. humidicola</u>	679	40.0	5	40.0	5
	6369	0	0	3.3	3



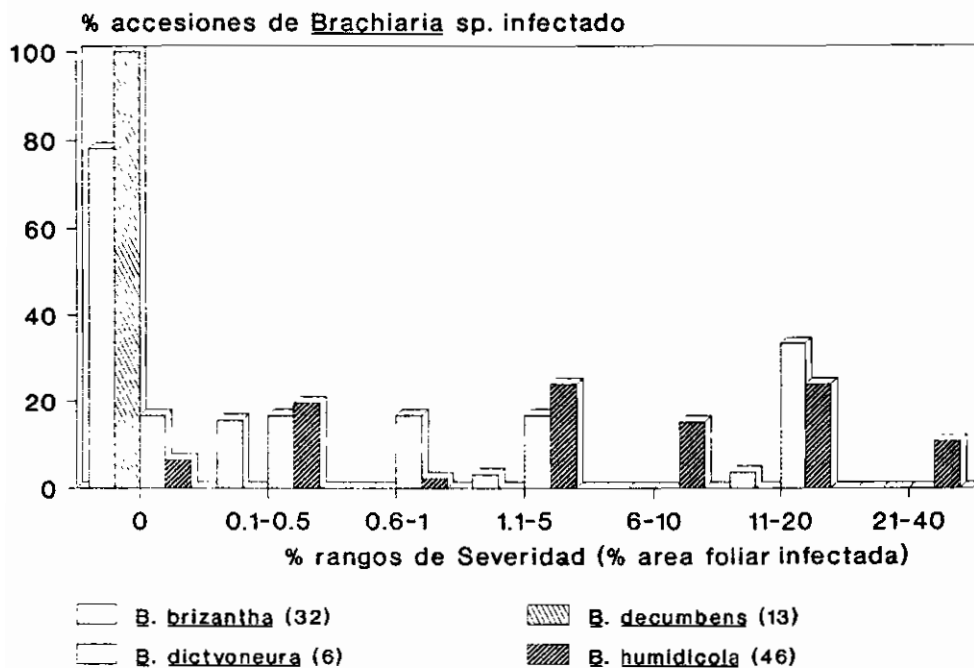


Figura 9. Susceptibilidad de especies de *Brachiaria* a roya en Carimagua, Colombia.

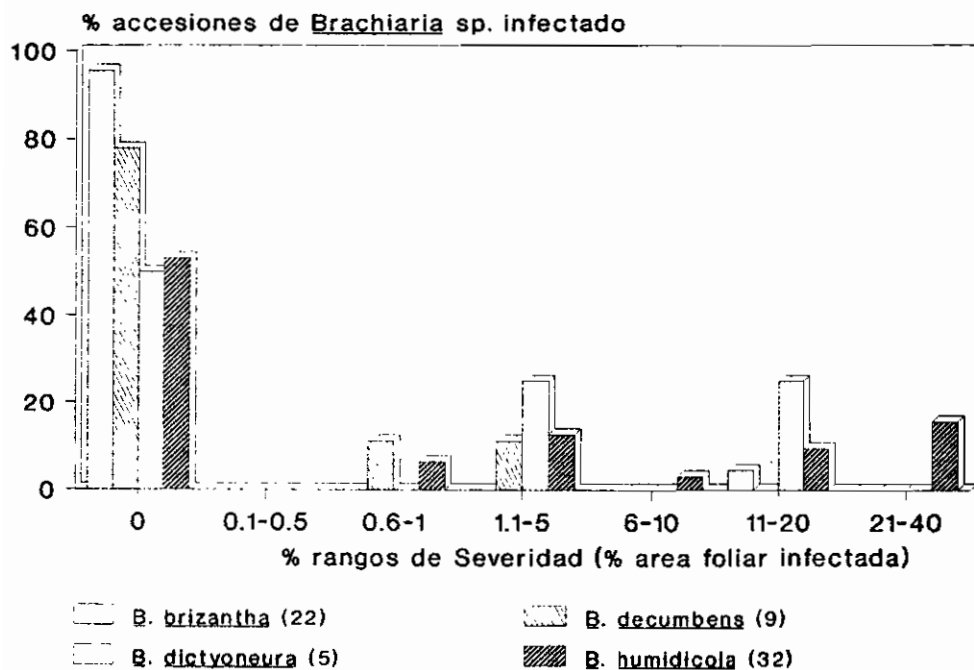


Figura 10. Susceptibilidad de especies de *Brachiaria* a roya en Quilichao, Colombia.

pequeñas (reacciones 2-3) en una escala de 1-5 (0 = no evaluado) en ambos sitios. Las accesiones altamente susceptibles en Colombia como CIAT 679 y 6705, también fueron altamente susceptibles en Costa Rica, lo que indica que Colombia podría ser un sitio primario efectivo de selección por resistencia a la roya.

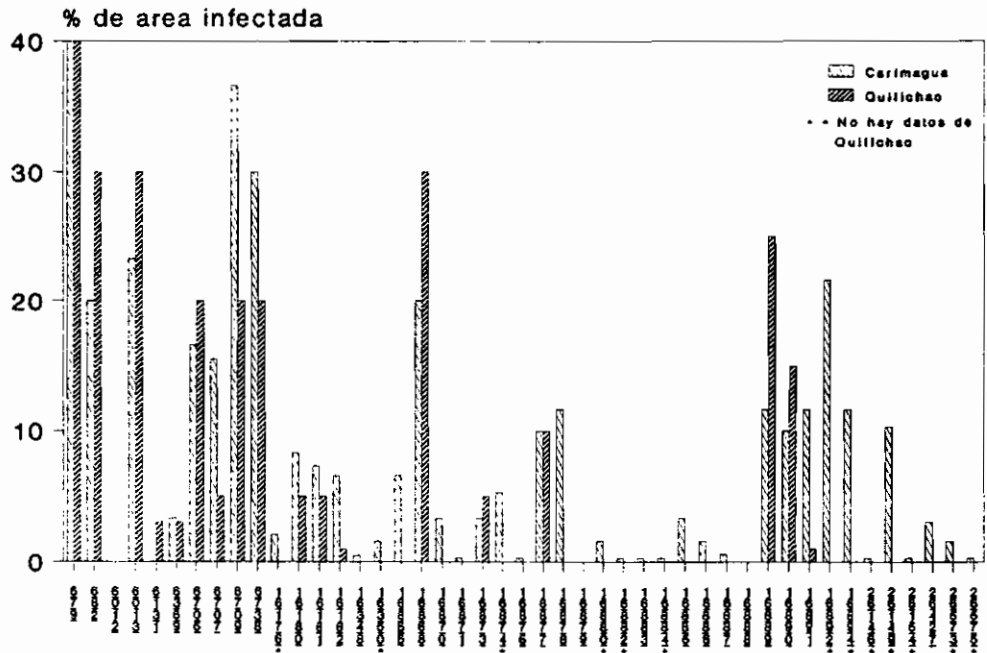
#### Ecología y dinámica de *U. setariae-italicae*

Para comprender mejor por qué ocurren epidemias de roya por *U. setariae-italicae*, especialmente qué factores controlan naturalmente la ecología y la dinámica de la enfermedad, se realizó un seguimiento al desarrollo de la roya en *B. humidicola* durante 1.5 años. Los resultados muestran que el número de pústulas en las plantas alcanzan su nivel máximo entre Julio y Septiembre y descienden a niveles bajos durante los períodos más secos (Figura 12). Se encontró una buena correlación entre la producción de pústulas y la disponibilidad de agua. La mayoría de las pústulas se encontraron en la parte media y superior de las hojas y pocas en la parte inferior, las cuales a menudo se tornaron necróticas debido a la enfermedad. El control biológico por micoparasitismo de las pústulas por *Endoluca* sp. no pareció ser el factor principal regulador de la roya (Figura 12). Al parecer, la disponibilidad de agua fue el principal factor regulador de la severidad de la roya en las accesiones susceptibles. Sin embargo, como se indicó el año pasado, un corte más frecuente (que simulaba el pastoreo) también redujo la severidad de la roya disminuyendo el porcentaje de hojas con lesiones de roya. Aún no es claro si la roya tiene mayor impacto en la producción de *B. humidicola* con corte o sin corte. Los estudios sobre la ecología y la dinámica de la roya en Carimagua ya se terminaron.

#### Antracnosis

Se lograron avances significativos en el desarrollo de técnicas para investigar la variabilidad de *C. gloeosporioides* mediante investigación colaborativa con CSIRO y la Universidad de Queensland, financiada por AIDAB. Braithwaite, Irwin y Manners, utilizaron análisis de polimorfismo longitudinal de fragmentos de restricción (PLFR) para comparar aislamientos representativos de *Colletotrichum gloeosporioides* de Australia con aislamientos de Filipinas, Estado Unidos, Tailandia, Africa y América del Sur. Se aisló ADN de cada aislamiento y se analizó mediante tecnologías estándar de PLFR, utilizando una sonda para la región de ADN ribosómico y una secuencia dispersa de repetición (Cuadro 11). Se identificaron aislamientos similares al patógeno del Tipo A de Tailandia y patógenos similares al Tipo B de Filipinas en todos los aislamientos, excepto en el representativo de los Estados Unidos. Todos los países mostraron aislamientos diferentes a los tipos australianos, lo que indica la existencia de una gran diversidad genética en estos organismos fuera de Australia. Los resultados fueron consistentes con la idea de que los tipos de patógenos australianos prevalecen en el sudeste asiático y también que existe un grado mayor de diversidad genética en Africa y en América del Sur que en otras áreas.

Estos resultados han sentado la base para un análisis más extenso de las poblaciones de patógenos en estos países y la formulación de la hipótesis sobre el origen de las cepas patogénicas de *C. gloeosporioides* en *Stylosanthes*. Además, el proyecto a puesto a disposición, métodos mejorados para evaluar la variabilidad patogénica. Para 1991-1993, se planea



*B. humidicola* número de accesiones

Figura 11. Severidad de roya (*U. setariae-italicae*) en accesiones de *B. humidicola* en Carimagua y Quilichao.

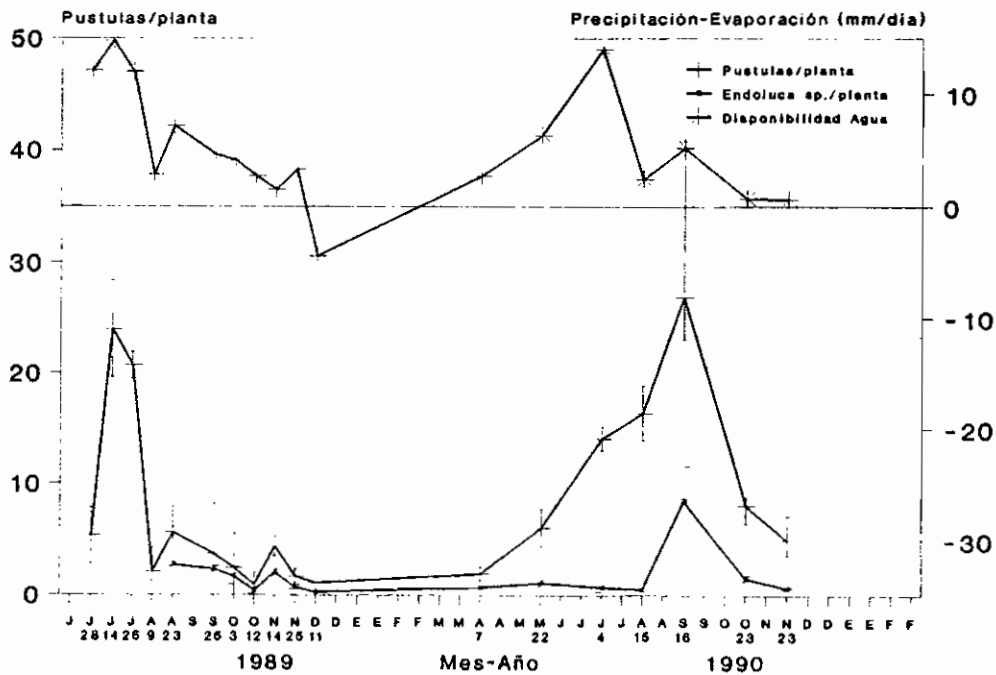


Figura 12. Desarrollo de la roya en *Brachiaria humidicola* por planta y disponibilidad de Agua.

Cuadro 11. Comparación de aislamientos de Colletotrichum gloeosporioides que infectan a Stylosanthes con aislamientos Tipo A y B de Australia. evaluados utilizando una sonda de ADNr y una repetición dispersa.

Pais de Origen	EE.UU.	Filipinas	Tailandia	Africa	America del Sur
No. de aislamientos	1	6	15	12	16
Como el Tipo A	0	3	12	0	0
Como el Tipo B	0	1	6	6	5
Otros	1	2	6	6	11

realizar un proyecto para evaluar la variabilidad genética y patogénica de C. gloeosporioides en Brasil, la selección por resistencia a antracnosis y el uso de mezclas.

#### El marchitamiento de Stylosanthes

El marchitamiento se considera la segunda enfermedad limitante más importante de Stylosanthes spp. en Brasil y Colombia. Se aislaron Macrophomina phaseolina y Neocosmospora vasinfecta. Aún quedan pendientes estudios de patogenicidad con N. vasinfecta. En el próximo año, se planean estudios para diagnosticar aún más la causa del marchitamiento de Stylosanthes en Carimagua.

#### FITOSANEAMIENTO Y MULTIPLICACION

El fitosaneamiento ha recibido una asignación significativa de recursos por parte de la Sección de Patología y de la Unidad de Virología (UV) en colaboración con la Unidad de Recursos Genéticos (URG), incluyendo el laboratorio de Sanidad de Semillas.

La Sección de Fitopatología está colaborando con la Unidad de Virología (UV), con la Unidad de Recursos Genéticos (URG) y con el ICA en la

evaluación de nuevos materiales enviados a CIAT, para garantizar que se encuentren sanos, en el control de la calidad fitosanitaria de la semilla antes del envío, y en la investigación en áreas técnicas especialmente problemáticas.

#### Multiplificación de semillas para despacho internacional

Se propone utilizar un sitio para concentrar eficientemente los recursos para la producción de semilla para despacho internacional. Este año se sembró semilla limpia de una muestra representativa de accesiones de especies para investigar la conveniencia de trabajar en Vijes, un sitio con baja precipitación, suelos relativamente pesados y acceso a riego. El Programa de Frijol ya está utilizando un sitio cercano, lo cual ofrece la posibilidad de compartir costos operativos.

Para manejar el gran número de especies forrajeras y accesiones disponibles en la colección de semilla, la investigación fitosanitaria se debe concentrar en las accesiones y especies más solicitadas internacionalmente. Se enviaron grandes cantidades de semilla de A. pintoi, A. gayanus, B. dictyoneura,

C. acutifolium, C. brasilianum, C. macrocarpum, C. pubescens, Codariocalyx gyroides, Cratylia argentina, Desmodium ovalifolium, Flemingia macrophylla, Leucaena leucocephala, Pueraria phaseoloides, S. guianensis, S. humilis y S. capitata. En total, el Programa de Pastos y la URG realizaron 132 y 1081 envíos internacionales de semilla a Africa, Asia, Europa, América del Norte y del Sur, respectivamente. A estas especies se les hará un seguimiento fitosaneamiento más estricto.

#### INVESTIGACION EN SANEAMIENTO DE SEMILLAS

##### El marchitamiento bacteriano de Centrosema spp.

El marchitamiento bacteriano, causado por Pseudomonas fluorescens Biotipo II, puede causar pérdidas en producción de 50% en C. acutifolium y es altamente transmitido por la semilla. Se evaluaron diversos tratamientos de semilla de los cuales el más promisorio fue un tratamiento en horno microondas y el

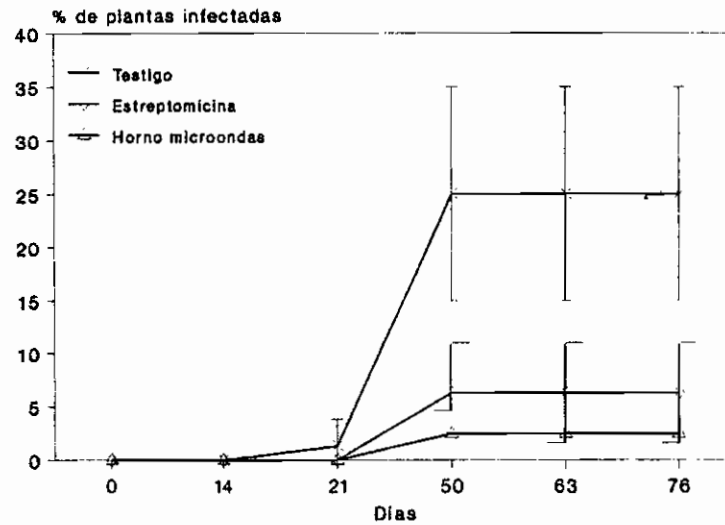
uso de Estreptomicina (Informe Anual CIAT, 1989). Este año se evaluó aún más la efectividad de los tratamientos.

En estudios de laboratorio, el uso de Estreptomicina en dosis de 5 g de i.a./kg de semilla y remojo durante 2 horas eliminaron por completo a P. fluorescens en lotes de semilla moderadamente infectados (Cuadro 12). Se encuentran en curso otras evaluaciones para optimizar el tiempo de remojo. En estudios de invernadero, ambos tratamientos redujeron significativamente la bacteriosis en comparación con los testigos (Figura 13a y b). En el primer ensayo de campo, que evaluó el efecto del tratamiento de la semilla con horno microondas y con Estreptomicina cuando se sembraron las plantas pregerminadas, se registró un nivel bajo de infección por bacteriosis hasta los 70 días después de la germinación de la semilla (Figura 13). Las parcelas se regaron, después de lo cual se observaron aumentos considerables en la incidencia de bacteriosis tanto en las parcelas

Cuadro 12. Efecto de tratamientos de semilla de C. acutifolium infectada por P. fluorescens Biotipo II con Estreptomicina para reducción de la infección y aumento de la germinación.

Tratamiento	Cantidad (g i.a./kg semilla)	Tiempo (h)	% semilla con <u>P. fluorescens</u>		% germinación de la semilla	
			1	2	1	2
Agua	-	0.5	-	43.6	-	85.0
	-	1.0	-	46.0	-	79.0
	-	1.5	-	43.3	-	76.0
	-	2.0	-	45.3	-	76.0
Estreptomicina	2.5	0.5	86.6	20.0	68.5	73.0
	2.5	1.0	88.6	16.3	67.0	73.0
	2.5	1.5	10.0	20.3	61.0	70.0
	2.5	2.0	-	19.0	-	70.0
Estreptomicina	5.0	0.5	76.6	12.0	66.0	69.0
	5.0	1.0	34.6	4.0	60.0	68.0
	5.0	1.5	7.3	2.0	58.5	66.0
	5.0	2.0	-	0.0	-	62.0

## a) Invernadero



## b) QUILICHAO

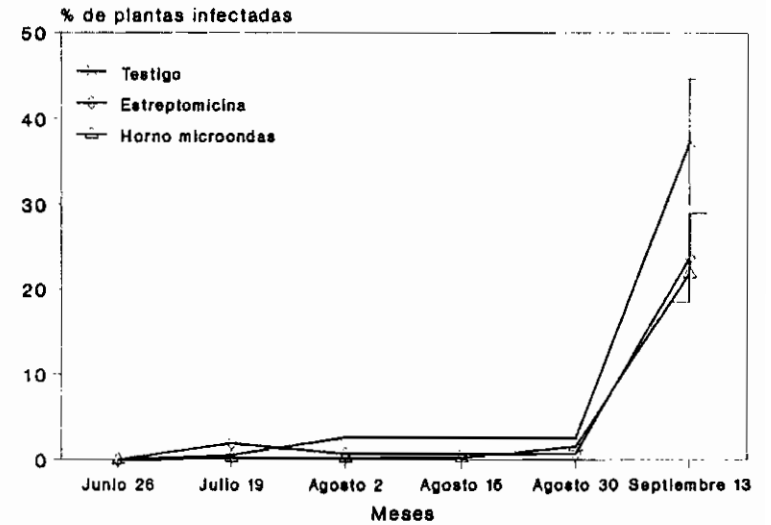


Figura 13. Desarrollo de Bacteriosis en plantas de C. acutifolium 5277 de semillas tratadas con Estreptomycin y calor por microondas.

tratadas como en las no tratadas. Se encontró una menor incidencia en las plantas tratadas con estreptomycin. Es evidente que ningún tratamiento proporcionó un control total; se requiere mas investigación para mejorar el control de la bacteriosis.

#### Enfermedades fúngicas transmitidas por la semilla

Cercospora spp. y/o C. gloeosporioides son patógenos importantes transmitidos por la semilla de S. capitata y C. macrocarpum. A menudo se encuentran niveles altos en parcelas de multiplicación de semillas. Se evaluaron tres lotes de semilla de S. capitata (CIAT 10280) y C. macrocarpum (CIAT 5713) por presencia de patógenos transmitidos por la semilla, después de esterilización superficial y siembra en medios de cultivo. Los lotes de semilla de la accesión 10280 contenían entre 1 y 3.7% de semilla infectada por C. gloeosporioides mientras que los lotes de C. macrocarpum presentaron entre 0 y 8.7% de semilla infectada por el mismo patógeno.

Se encuentra en curso un ensayo para evaluar la efectividad en la calidad de la semilla de la integración de los tratamientos de semilla con fungicidas, y de aplicaciones estratégicas de Benomil para controlar la antracnosis y la mancha foliar por Cercospora en C. macrocarpum y la antracnosis en S. capitata. Este ensayo se terminará a principios de 1991.

#### Virus (UV)

Este año, la UV terminó la caracterización de los principales virus detectados previamente en los tres géneros más importantes de leguminosas forrajeras tropicales, a saber, Arachis, Centrosema y Stylosanthes. Una vez que se implementaron métodos confiables de detección de virus, la UV realizó una investigación más detallada sobre el grado de variabilidad patogénica de los virus aislados de Centrosema spp. y de

su relación con los virus de Arachis y de Stylosanthes spp.

#### Caracterización final de dos potyvirus que infectan a A. pintoí y a Stylosanthes spp.

Los agentes causales de la mancha anular de A. pintoí y de la clorosis y enfermedades de malformación foliar de Stylosanthes sp. se transmitieron manualmente a plántulas del cultivar de frijol Bountiful, induciendo lesiones cloróticas locales en las hojas primarias inoculadas. Sólo el virus de Stylosanthes sp. indujo síntomas sistémicos notorios en el frijol Bountiful, que consistieron en mosaico severo y malformación foliar.

Un examen al microscopio electrónico de plantas sintomáticas inoculadas de A. pintoí, Stylosanthes sp. y frijol mostró la presencia de partículas virales sinuosas y filamentosas, de aproximadamente 750 nm de longitud y 15 nm de diámetro (Figura 14a y b).

El virus aislado de A. pintoí también se transmitió manualmente a las siguientes leguminosas: Arachis hypogaea (21 genotipos diferentes), Canavalia sp., Cassia occidentalis, Centrosema brasilianum, siete cultivares de soya (Clark, ICA L-121, Mandarin, Marshall, Ogden, Rampage y York), tres cultivares de frijol (Dubbele Witte, Widusa y Black Turtle Soup), Phaseolus lunatus, Pisum sativum, Stylosanthes capitata, S. macrocephala, Vigna radiata y V. unguiculata 'Blackeye' (Cuadro 13). Otras especies infectadas sistémicamente por el virus de A. pintoí fueron Nicotiana benthamiana y Fisalis angulata. La lista de hospedantes con lesiones locales y de hospedantes no susceptibles se muestra en el Cuadro 13.

El virus aislado de Stylosanthes sp. infectó sistémicamente al maní, a cinco cultivares de frijol (Dubbele Witte, Stringless Green Refugee, Redlands Greenleaf C, Black Turtle Soup, Great

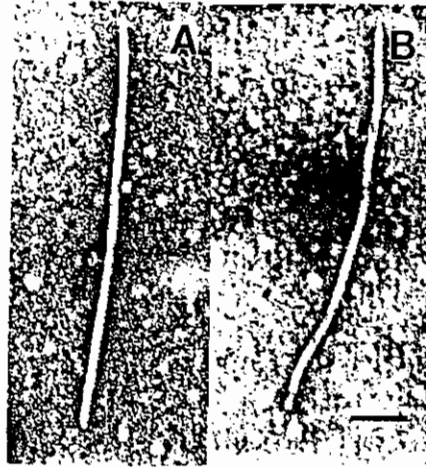


Figura 14. Partículas de virus filamentosas y flexibles, observadas en extractos de hojas de Arachis pintoi (A) y Stylosanthes sp. (B), plantas afectadas por mancha foliar en anillo y clorosis, respectivamente.

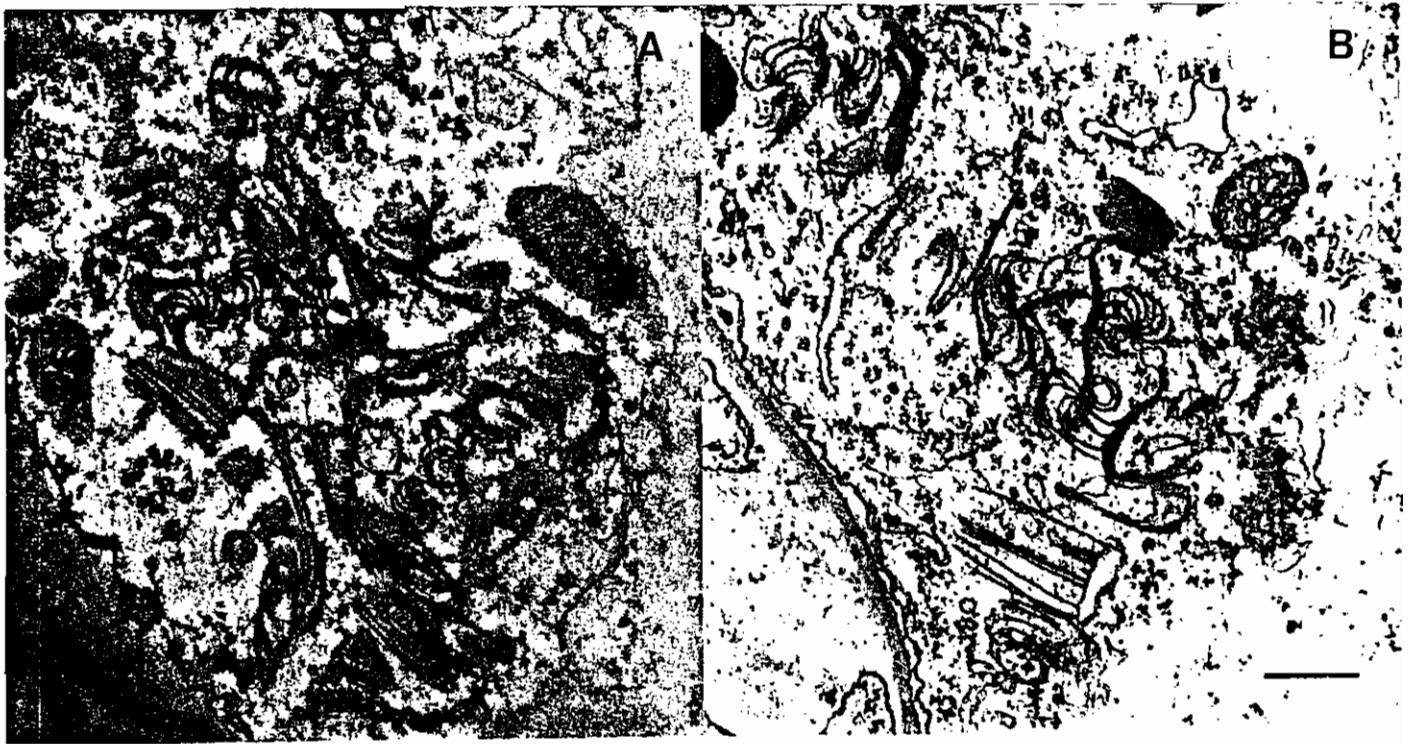


Figura 15. Inclusiones citoplasmáticas cilíndricas por (A) un potyvirus aislado de Arachis pintoi nd (B), otro potyvirus aislado de Stylosanthes spp., que consiste en anillos (a), espiral (e), y agregados curvos laminados (la).



Cuadro 13. Rango comparativo de hospedantes de dos potyvirus aislados de las leguminosas forrajeras Arachis pintoii y Stylosanthes sp., respectivamente, en Colombia, América del Sur.

Especie	Síntomas locales/sistémicos <sup>x</sup>	
	VAp <sup>y</sup>	VS <sup>T</sup> <sub>z</sub>
<u>Leguminosas</u>		
<u>Arachis hypogaea</u>	-/MT	-/MT
<u>Arachis pintoii</u>	-/RS	-/-
<u>Canavalia</u> sp.	-/MS	NE
<u>Cassia occidentalis</u>	-/MS	-/-
<u>Centrosema brasilianum</u>	-/MS	NE
<u>Glycine max</u>	LL/MT	-/-
<u>Phaseolus vulgaris</u>	LL/MS,N	LL/MS,N
<u>Phaseolus lunatus</u>	-/MT	NE
<u>Pisum sativum</u>	-/MS	-/MS
<u>Stylosanthes macrocephala</u>	-/ML	-/ML
<u>Stylosanthes capitata</u>	-/ML	-/-
<u>Vigna radiata</u>	-/SS	-/-
<u>Vigna unguiculata</u>	-/MS	-/MS
<u>Otras familias de plantas</u>		
<u>Chenopodium quinoa</u>	-/-	-/-
<u>Chenopodium amaranticolor</u>	LL/-	LL/-
<u>Datura stramonium</u>	-/-	-/-
<u>Gomphrena globosa</u>	-/-	-/-
<u>Nicotiana benthamiana</u>	-/ML	-/ML
<u>Nicotiana glutinosa</u>	-/-	-/-
<u>Nicotiana tabacum</u>	-/-	-/-
<u>Physalis angulata</u>	-/ML	-/-

<sup>x</sup>LL = lesiones locales; ML = mosaico leve; MS = mosaico; MT = moteado; N = necrosis; NE = not se evaluó; SS = sin síntomas; - = sin infección según prueba de ELISA o microscopía electrónica.

<sup>y</sup>VAp = Virus de Arachis pintoii.

<sup>z</sup>VST = Virus de Stylosanthes sp.

Northern 123), a Pisum sativum, a Stylosanthes macrocephala y a Vigna unguiculata (cv. Blackeye). La única especie no leguminosa sistémicamente infectada fue N. benthamiana (Cuadro 13). La lista de hospedantes con lesiones locales y de hospedantes no susceptibles se encuentra en el Cuadro 13.

Mediante microscopía electrónica, se observó que secciones delgadas de tejido de plantas de A. pintoii y S. macrocephala infectados con los respectivos aislamientos de virus de Arachis y Stylosanthes contenían inclusiones cilíndricas que consistían en anillos, espirales y agregados

laminados cortos y curvos (Figura 15a y b).

Los virus de Arachis y de Stylosanthes se purificaron de sus respectivos hospedantes de propagación en cantidades de 10 y 7.5 mg, respectivamente, por kg de tejido infectado. Los valores de absorbancia 260/280 para estas preparaciones purificadas variaron entre 1.25 y 1.4, sin corrección para dispersión de luz.

Los análisis electroforéticos de estas preparaciones purificadas en presencia de DSS, produjeron subunidades proteínicas de cubierta simple, con un peso molecular de aproximadamente 34 kd, para los virus de Arachis y de Stylosanthes.

En pruebas de Ouchterlony, se observó una reacción precipitante de identidad entre el virus del moteado del maní (VMoM) y el virus de A. pintoii, en pruebas recíprocas. El antisuero del VMoM también detectó el virus de Stylosanthes sp. en extractos de tejido infectado y en preparaciones purificadas sin la formación de espirales en las reacciones precipitantes adyacentes de VMoM. Ni el virus de A. pintoii ni el de Stylosanthes se relacionaron antigénicamente con el virus del mosaico común del frijol, con el virus del estriado del maní, con el virus del mosaico de la soya o con el virus-2 del mosaico de la sandía en ninguna de las pruebas serológicas realizadas en este estudio.

Pruebas de ELISA en 3.451 semillas de A. pintoii, con el antisuero del virus de A. pintoii, no detectaron la presencia de este virus en ninguna de ellas. Una prueba similar de 4.880 semillas de Stylosanthes spp., con el antisuero del virus de Stylosanthes, también produjo resultados negativos. Sin embargo, en ningún caso se determinó la incidencia de estos virus en el campo del cual se recolectó la semilla utilizada en la prueba.

En pruebas SSEM, el antisuero para el VMoM atrapó aproximadamente entre tres y cuatro veces el número promedio de partículas de los virus de Stylosanthes y A. pintoii, respectivamente, observados en inmersiones foliares no tratadas (265 partículas/1000 m<sup>2</sup>). No se atraparon partículas de virus en estas pruebas cuando se incluyó el virus del mosaico de la soya como testigo. Los antisueros para los virus de A. pintoii y Stylosanthes atraparon 2.072 y 1.169 partículas/1.000 m<sup>2</sup>, respectivamente, en pruebas SSEM homólogas y 1.169 y 790 partículas/1.000 m<sup>2</sup>, respectivamente, en pruebas heterólogas.

El anticuerpo monoclonal anti-potyvirus fabricado comercialmente, detectó mosaico común del frijol y potyvirus del mosaico de la soya pero no reaccionó con los virus de A. pintoii o de Stylosanthes en pruebas de ELISA después de períodos de incubación nocturna (16 h) del conjugado IgG. Sin embargo, cuando este período de incubación se extendió a 26 h, se obtuvo una reacción positiva con el potyvirus de Stylosanthes.

Teniendo en cuenta la morfología de sus partículas, la formación de inclusiones citoplasmáticas cilíndricas en células de plantas infectadas (7) y el peso molecular de su respectiva subunidad de proteína cápsida, concluimos que los dos virus aislados de A. pintoii y Stylosanthes sp. en esta investigación, son miembros del grupo de potyvirus (10). La relación serológica demostrada aquí entre estos dos virus y un miembro conocido del grupo de potyvirus, demuestra que el virus del moteado del maní (2), confirma aún más esta conclusión.

La incapacidad del anticuerpo monoclonal anti-potyvirus para detectar estos potyvirus de leguminosa después de los procedimientos estándar ELISA resulta incomprensible, aunque este resultado se ha confirmado en pruebas posteriores realizadas por dos

laboratorios independientes en los Estados Unidos, utilizando los mismos potyvirus evaluados aquí (G.I. Mink, comunicación personal) y una cepa del VMoM (F.W. Zettler, resultados inéditos).

La estrecha relación serológica observada entre los potyvirus de A. pintoii y de Stylosanthes sp. y VMoM, sus reacciones patogénicas en varios genotipos de maní y la formación de inclusiones citoplasmáticas similares a las inducidas por VMoM (6) nos llevaron a proponer que los dos potyvirus de las leguminosas forrajeras tropicales aislados en este estudio se pueden considerar cepas del VMoM, a pesar de las diferencias notables en su rango de hospedantes (especialmente en el caso del potyvirus de Stylosanthes sp.). Sin embargo, las diferencias observadas en el rango de hospedantes entre cepas del VMoM no son únicas en este estudio (9, 13, 17) y probablemente se relacionan con la falta de un conjunto universal de cultivares diferenciales de maní o de hospedantes de diagnóstico evaluados con cepas representativas del VMoM de diferentes partes del mundo.

Finalmente, no podemos excluir la posible transmisión de estas cepas del VMoM en la semilla de A. pintoii o de Stylosanthes spp. ya que ignoramos la incidencia real de estos virus en las localidades donde se produjo la semilla evaluada en esta investigación y debido a que el VMoM posee una capacidad de

transmisión por semilla relativamente baja en maní (2). Además, A. pintoii también se propaga vegetativamente (16) y, en consecuencia, es importante evaluar la ausencia de estos potyvirus en semilla vegetativa y/o sexual de A. pintoii y Stylosanthes spp. antes de que estas leguminosas forrajeras tropicales promisorias se distribuyan ampliamente en el trópico.

Variabilidad patogénica de los potyvirus aislados de Centrosema spp.

El año pasado, se registró la detección de cinco aislamientos de potyvirus (CP-1, CP-2, CP-3, SQ-15 y SQ-25) en especies de Centrosema spp. cultivadas en el campo. De estos aislamientos, sólo uno (SQ-15) reaccionó (Cuadro 14) con antisuero producido para el primer potyvirus aislado previamente por la UV de Centrosema spp., identificado posteriormente como una cepa de virus del mosaico de la soya (CE-VMS).

Un estudio comparativo de la patogenicidad de los cinco aislamientos anteriores y del potyvirus original del CE-VMS (Cuadro 15) demostró que a pesar de que el aislamiento SQ-15 no es igual al CE-VMS, se puede considerar aún como otra cepa de virus del mosaico de la soya que ataca a Centrosema spp.

En relación con el aislamiento SQ-25, el Cuadro 15 muestra que este virus se relaciona serológicamente con los potyvirus de A. pintoii y de Stylosanthes spp

Cuadro 14. Pruebas serológicas de inmunodifusión doble con cinco aislamientos de potyvirus de Centrosema spp. utilizando cuatro antisuecos para virus de leguminosas.

As/Ag	CP-1	CE-VMS	<u>Arachis</u>	<u>Stylosanthes</u>
CP-1	+	-	-	-
CP-2	-	-	-	-
CP-3	-	-	-	-
SQ-15	-	+	-	-
SQ-25	-	-	+	+

Cuadro 15. Estudio comparativo de la patogenicidad de cinco potyvirus aislados de *Centrosema* spp. y del aislamiento del virus del mosaico de la soya de *Centrosema* spp., en un hospedante seleccionado de leguminosa.

Cultivar	Aislamientos					
	CP-1	CP-2	CP-3	SQ-15	SQ-25	CE-VMS
Cultivar de frijol						
Dubbele Witte	L,S*	S	S	S	L,S	S
Stringless Green Refugee	L,S	L,S	S	S	L,S	L,S
Redlands Greenleaf C	L	-	-	-	L	L
Redlands Greenleaf B	-	-	-	-	L	L
Michelite 62	L,S	L	L,S	L	L	L
Sanilac	S	L	L,S	L	L	-
Pinto 114	L	-	L	-	L	-
Monroe	L	L	L	L	L	L,S
Widusa	L,N	-	L,N	-	L,S	L,N,S
Black Turtle Soup	L,N	-	L,N	-	L,S	L,N
Jubila	L	L	L	L	L	L,N
Topcrop	L	-	L,N	-	L,N	-
Amanda	L	-	L	-	L	-
Bontiful	L,S	S	L,S	L,S	L,S	S
Diacol Calima	L,S	S	S	S	S	n.e.
Cultivar de soya:						
ICA-Línea 121	L,S	L	S	L,S	S	S
Clark	-	-	-	S	-	S
Rampage	-	-	-	L,S	-	S
Davis	-	-	-	-	-	-
York	-	L	-	-	-	-
Marshall	L,S	-	S	-	L,S	-
Ogden	S	L	-	-	S	-
Kwanggyo	-	-	-	-	-	-
Buffalo	-	L	-	-	-	-
Cultivar de Caupí:						
Cabecita Negra	S	L,S	S	S	S	S

\* L: lesiones locales en hojas inoculadas; S: infección sistémica;

N: necrosis sistémica; -: sin infección; ne = no evaluada.

descritos anteriormente. Como se aprecia en este cuadro, se preparó un antisuero específico para detectar el aislamiento CP-1. Los aislamientos restantes, CP-2 y CP-3, aunque diferentes entre sí y del resto de los aislamientos de Centrosema, pueden detectarse actualmente con antisueros del virus-2 del mosaico de la sandía (gran reactividad con virus de leguminosas) y con el anticuerpo monoclonal anti-potyvirus comercializado por AGDIA, modificando la prueba de ELISA para que permita períodos más prolongados de incubación de los conjugados.

El Cuadro 16 muestra el rango de patogenicidad de los seis potyvirus aislados de cuatro especies de Centrosema. Por lo tanto, resulta bastante evidente que las especies de Centrosema son susceptibles a un número significativo de diferentes potyvirus de leguminosas. Este resultado demuestra claramente la naturaleza susceptible de la mayoría de las leguminosas a una amplia variedad de virus y sugiere que se debe prestar

considerable atención a la detección y al control oportuno (erradicación) de estos virus en el germoplasma de Centrosema.

Respecto a la transmisión por semilla sexual de los potyvirus anteriormente descritos de Arachis, Centrosema y Stylosanthes, la UV tiene evidencia de pruebas preliminares realizadas con cultivares de frijol infectados que sugieren que el aislamiento CP-3 es altamente transmisible por semilla en Phaseolus vulgaris.

#### OTROS REGISTROS DE NUEVAS ENFERMEDADES

Se ha detectado Puccinia eritraeensis Pазschke como causa de roya en Andropogon gayanus en Colombia y también en gramíneas en Honduras (Herbario IMI 338038).

El alga Cephaleuros viriscens Kunze en Arachis pintoi en Colombia (Herbario IMI 338039).

Cuadro 16. Patogenicidad de seis aislamientos de potyvirus en especies seleccionadas de Centrosema.

Aislam. de Centros.	<u>C.acutifolium</u>	<u>C.brasilianum</u>	<u>C.macrocarpum</u>	<u>C.pubescens</u>
CP-1	+ *	+	-	+
CP-2	+	+	-	+
CP-3	+	+	+	+
SQ-15	+	+	+	+
SQ-25	+	+	+	+
SMV-CE	+	+	+	+

\* + = infección sistémica; - = sin infección sistémica (E.M. y serología negativas).

Curvularia eragrostidis Henn. estado de Colhiobolus eragrostidis (Tsuda y Ueyama) Sivan, mancha parda en Digitaria decumbens en Malaysia (Herbario IMI 339879).

Leptosphaerulina trifolii (Rostrup) Petrak (Herbario IMI especimen 339877) en Cassia rotundiflora en Malaysia.

Corynespora sp. (desconocida) cercana a C. cassiicola (Berk. y M.A. Curtis), mancha foliar de Wei en Macroptilium atropurpureum en Tailandia (Herbario IMI 339882).

Dimemasporium sp. (nueva) asociada con la mancha foliar púrpura de Brachiaria

dictyoneura en Colombia (Herbario IMI 336625).

Cylindrocladium sp. patógeno de las raíces de Centrosema acutifolium en Colombia (enviada al IMI para confirmación).

#### CAPACITACION

En 1990, la sección de Fitopatología dio más énfasis a la capacitación en evaluación de enfermedades de especies forrajeras en América Latina y en Africa. También se está preparando una guía de campo para enfermedades de especies forrajeras tropicales.

## 5. FITOPATOLOGIA

### RESUMEN

Se lograron avances sustanciales con respecto al factor x o síndrome de marchitamiento de Centrosema acutifolium. Dos patógenos, Cylindrocladium sp. y un oomiceto de un grupo nunca descrito antes, se correlacionan estrechamente con el marchitamiento. Actualmente se encuentran en progreso pruebas para determinar la correlación de la distribución del patógeno en los sitios en donde se ha observado el factor x. También se está llevando a cabo la confirmación de los postulados de Koch en plantas totalmente desarrolladas.

Se han logrado avances en la evaluación de la resistencia al añublo foliar por Rhizoctonia en Centrosema brasilianum, especialmente en el aumento de la presión de la enfermedad en el campo y en la determinación de la causa de la variabilidad en estudios de invernadero. Una evaluación más exacta del germoplasma se podrá hacer el próximo año.

Se asignaron recursos considerables al fitosaneamiento de la multiplicación de semillas, especialmente las destinadas a envíos internacionales. Se determinaron especies claves y se está evaluando la conveniencia de un sitio especial de multiplicación en Vijes, Colombia, para envíos internacionales. Continúa la investigación estratégica para caracterizar y controlar los principales patógenos fungosos, bacterianos y virales, éstos con el apoyo de la UV. Los tratamientos de semillas para eliminar Pseudomonas fluorescens Biotipo II de semilla de C. acutifolium hasta el momento han logrado reducir significativamente ( $P = 0.05$ ) la bacteriosis en el campo, pero la erradicación no se ha logrado aún. Se sigue avanzando en el tratamiento combinado de bajos insumos y costos

para la multiplicación de S. capitata y C. macrocarpum contra patógenos fungosos transmitidos por la semilla. También se ha avanzado en la caracterización de patógenos virales por parte de la UV.

La colaboración con instituciones de investigación de Australia, especialmente con CSIRO, ha permitido desarrollar una nueva técnica para determinar la variabilidad genética de poblaciones de C. gloeosporioides, el principal patógeno de Stylosanthes spp. Estudios iniciales indican que los aislamientos australianos y del sudeste asiático son similares. Existe gran variabilidad en África y en América del Sur. Si se renuevan los fondos de AIDAB, la tecnología se utilizará para investigar cambios en las poblaciones del patógeno en el centro de diversidad de muchas especies de Stylosanthes y para utilizar dicha información en mejorar la selección por resistencia y desarrollar estrategias para mejorar el manejo de la antracnosis en las pasturas.

Una amplia evaluación de la distribución en América Latina de la roya de Brachiaria spp., causada por Uromyces setariae-italicae, indicó que la enfermedad se distribuye especialmente en las áreas en donde se hace un amplio uso de B. humidicola. En Brasil se registraron niveles moderados de severidad en varios sitios, lo cual indica que el hongo podría ser económicamente importante. Se encuentran en progreso ensayos para determinar las pérdidas en rendimiento debido a la roya. La selección por resistencia a la roya en dos sitios indica que existen niveles altos de resistencia y que, en su mayoría, la resistencia es estable entre sitios. Cierta información muestra que los materiales susceptibles en

Colombia también lo son en Costa Rica, lo cual sugiere que Colombia puede servir de sitio primario de selección por resistencia a la roya. Los estudios sobre la ecología de U. setariae-italicae indican que los niveles de roya son regulados principalmente por las condiciones climáticas y no por el hongo Endoluca sp. que actúa como agente de control biológico.

Las actividades de capacitación aumentaron 600% con la disponibilidad actual de información sobre patógenos de especies forrajeras. Se hizo énfasis en la identificación y evaluación de enfermedades. Además, se están concentrando esfuerzos para producir nuevos materiales de capacitación y de referencia en el campo.



## 6. Entomología

### RESISTENCIA AL SALIVAZO DE LAS PASTURAS EN Brachiaria spp.

Se modificó el énfasis en el trabajo para desarrollar resistencia al salivazo (Homoptera: Cercopidae) de la introducción de germoplasma hacia el mejoramiento de accesiones clave del género Brachiaria. En consecuencia, la sección de Entomología está desarrollando un método de infestación para garantizar una presión de selección adecuada para la evaluación en el campo de las progenies de cruzamientos sexuales. Además, se desarrolló un sistema de bioensayo para evaluar la actividad biológica de fracciones vegetales químicamente definidas y compuestos individuales cuando son ingeridos por ninfas de salivazo.

### Población de salivazo en Carimagua en 1990

Durante la estación lluviosa de 1990, se presentó un pico muy alto de adultos de salivazo (Aeneolamia varia y A. reducta) en las parcelas de evaluación de Brachiaria en Carimagua. Se observó una población alta de adultos (Fig. 1) a mediados de Abril y una infestación ninfal alta a fines de Mayo (Tablas 2 y 4) en las accesiones susceptibles. Se realizaron evaluaciones de vigor cobertura, daño por adultos y recuentos de ninfas en las colecciones establecidas en Carimagua en 1988 y en 1989.

### Evaluaciones de campo de accesiones de Brachiaria

En 1988, se sembraron 17 accesiones de

Brachiaria en Carimagua, en parcelas pequeñas (2 x 3 m), con 4 testigos (B. decumbens cv. Basilisk, B. dictyoneura cv. Llanero, B. brizantha cv. Marandú, y B. brizantha cv. Libertad). Debido a las bajas infestaciones de salivazo, sólo se evaluó el establecimiento y el vigor de las plantas durante la estación lluviosa de 1989. Ninguna de las 17 accesiones mostró resistencia al salivazo en el bioensayo de invernadero. El gran pico de adultos de salivazo en Abril y de ninfas en Mayo de 1990, produjeron daño severo en el testigo susceptible B. decumbens cv. Basilisk. La calificación visual de daño el 6 de Junio de 1990 fue de 4 (daño severo) para el cv. Basilisk, en ambas repeticiones (Tabla 1). Ninguna de las 17 accesiones resultó sobresaliente en cuanto a resistencia al salivazo en el campo. Las accesiones de la Tabla 2, con recuentos acumulados de ninfas relativamente bajos (CIAT 16445, 16176, 16127 y 16134) se establecieron pobremente, no lograron cobertura y sufrieron daño severo por adultos de salivazo. Las más vigorosas de las nuevas accesiones (CIAT 16146-1 y 16296) sufrieron infestaciones ninfales relativamente altas (Tabla 2). Otras accesiones que se seleccionaron durante 1989 con baja presión de salivazo (CIAT 16170, 26556-P y 16564-G) presentaron daño severo por adultos e infestaciones ninfales altas durante 1990, en comparación con el testigo resistente B. brizantha cv. Marandú. Todo el grupo de 17 accesiones se descartó por considerarlo susceptible al salivazo. Es interesante notar nuevamente la susceptibilidad del

Adultos/10  
pasadas de malla

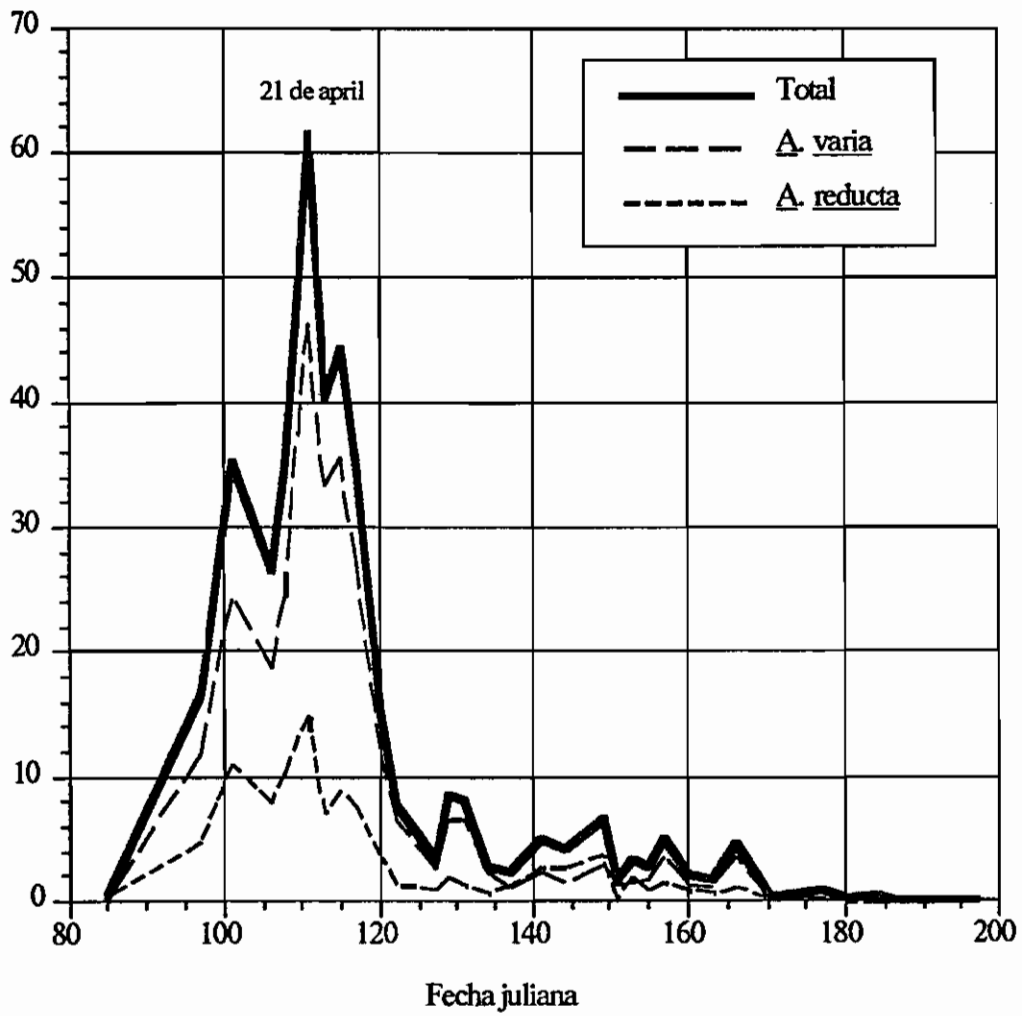


Figura 1. Poblaciones de adultos de salivazo en Carimagua durante 1990.

Tabla 1. Evaluación de 21 accesiones de *Brachiaria* spp. establecidas en 1988, durante la época lluviosa de 1990.

Especies	No.CIAT cultivar	% de cobertura <sup>1</sup>	D.E.*	Vigor <sup>2</sup>	D.E.	Daño <sup>3</sup>	D.E.	Calificación <sup>4</sup>
<i>B. brizantha</i>	Marandú	100	0.0	5.0	0.0	1.0	0.0	30.0
<i>B. brizantha</i>	16146-1	85	7.1	4.0	0.0	2.0	0.0	21.5
<i>B. brizantha</i>	16296	95	7.1	3.5	0.7	2.5	0.7	20.5
<i>B. brizantha</i>	La Libertad	100	0.0	3.5	0.7	3.3	0.4	20.1
<i>B. brizantha</i>	16170	80	0.0	4.0	0.0	3.0	0.0	19.3
<i>B. brizantha</i>	26564-P	70	14.1	4.0	0.0	2.5	0.7	19.0
<i>B. dictyoneura</i>	Llanero	100	0.0	2.5	0.7	3.5	0.7	17.9
<i>B. decumbens</i>	Basilisk	100	0.0	2.5	0.7	4.0	0.0	17.5
<i>B. brizantha</i>	26556	95	7.1	2.5	0.7	3.8	0.4	17.2
<i>B. brizantha</i>	16127	68	10.6	3.3	0.4	2.8	0.4	16.9
<i>B. humidicola</i>	679	100	0.0	2.0	0.0	3.8	0.4	16.7
<i>B. brizantha</i>	16331	55	7.1	3.5	0.7	2.7	0.7	16.5
<i>B. ruziziensis</i>	655	90	0.0	2.0	0.0	4.0	0.0	15.5
<i>B. brizantha</i>	26564-G	75	21.2	2.5	0.7	3.5	0.7	15.4
<i>B. humidicola</i>	16350	100	0.0	1.5	0.7	4.5	0.7	15.2
<i>B. brizantha</i>	16166	65	35.4	2.5	0.7	3.3	0.4	14.6
<i>B. brizantha</i>	16146-A	55	63.6	2.5	0.7	2.5	0.7	14.5
<i>B. brizantha</i>	16134	15	7.1	3.0	1.4	1.5	0.7	14.2
<i>B. brizantha</i>	16832	43	24.7	2.5	0.7	2.5	0.7	13.3
<i>B. brizantha</i>	16445	50	56.6	2.0	0.0	3.5	0.7	11.9
<i>B. humidicola</i>	16176	30	28.3	2.5	0.7	3.0	1.4	11.3

1 % de cobertura de parcelas de 2 x 3 m.

2 Vigor: escala subjetiva en donde 1 = pobre y 5 = excelente.

3 Daño: escala subjetiva en donde 1 = sin daño y 5 = planta muerta.

4 Calificación = (cobertura/10) + (vigor\*2) + (1/daño\*10).

\* D.E. = Desviación estándar

Tabla 2. Recuentos de ninfas de salivazo y totales de la estación para 1990, de 21 accesiones de Brachiaria spp. establecidas en Carimagua en 1988.

Especies	No. CIAT o cultivar	16 Mayo		24 Mayo		30 Mayo		Totales de la estac.		
		Ninfas /m <sup>2</sup>	posición	Ninfas /m <sup>2</sup>	posición	Ninfas /m <sup>2</sup>	posición	No. CIAT	Ninfas /m <sup>2</sup>	posición
<u>B. decumbens</u>	Basilisk	64.0	15	124.0	17	118.0	20	16445	10.5	1
<u>B. ruzizensis</u>	655	73.0	18	124.0	18	39.5	10	Marandú	11.5	2
<u>B. humidicola</u>	679	30.0	11	81.0	15	72.0	15	16176	16.0	3
<u>B. dictyoneura</u>	Llanero	140.0	20	175.0	19	100.0	18	16127	19.0	4
<u>B. brizantha</u>	Marandú	4.5	6	7.0	4	0.0	1	16134	25.5	5
<u>B. brizantha</u>	16127	6.5	7	12.5	6	0.0	2	26564-P	77.5	6
<u>B. brizantha</u>	16134	3.5	3	7.0	5	15.0	5	16832	90.5	7
<u>B. brizantha</u>	16166	53.5	14	56.5	12	89.5	17	16170	108.5	8
<u>B. brizantha</u>	16170	26.5	10	55.5	11	26.5	6	16331	142.0	9
<u>B. humidicola</u>	16176	1.5	2	5.5	3	9.0	4	16146-1	152.5	10
<u>B. brizantha</u>	16296	65.5	16	45.0	10	81.0	16	26564-G	152.5	11
<u>B. brizantha</u>	16331	36.5	13	79.0	14	26.5	7	16146-A	173.0	12
<u>B. humidicola</u>	16350	119.0	19	187.0	20	117.0	19	679	183.0	13
<u>B. brizantha</u>	16445	0.5	1	3.5	2	6.5	3	16296	191.5	14
<u>B. brizantha</u>	16832	13.0	9	41.0	9	36.5	9	16166	199.5	15
<u>B. brizantha</u>	La Libertad	3.5	4	193.0	21	195.0	21	26556-P	202.5	16
<u>B. brizantha</u>	16146-1	71.0	17	37.5	8	44.0	11	655	236.5	17
<u>B. brizantha</u>	16146-A	4.0	5	103.5	16	65.5	14	Basilisk	306.0	18
<u>B. brizantha</u>	26556-P	152.0	21	2.5	1	48.0	12	La Libertad	391.5	19
<u>B. brizantha</u>	26564-G	30.5	12	57.5	13	64.5	13	Llanero	415.0	20
<u>B. brizantha</u>	26564-P	8.5	8	37.0	7	32.0	8	16350	423.0	21

cv. La Libertad en comparación con el cv. Marandú. A pesar de su excelente adaptación a suelos de sabana, el cv. La Libertad sufre significativamente más daño por adultos y soporta mayores poblaciones de ninfas que el cv. Marandú.

Durante 1989 se sembraron 45 accesiones de Brachiaria y se evaluaron por su resistencia al salivazo durante 1990. Las mejores accesiones de B. brizantha, B. jubata, B. subulifolia y B. humidicola se seleccionaron con base en la combinación de calificaciones de cobertura, vigor, daño e infestación de ninfas de salivazo (Tablas 3 y 4). CIAT 16197 fue la única accesión de B. jubata evaluada y, aunque fracasó en cubrir la parcela, el vigor de sus plantas individuales fue excelente y el daño bajo, al igual que la infestación ninfal, debido por lo menos en parte a la cobertura incompleta. Dos accesiones de B. subulifolia, CIAT 16960 y 16964, presentaron relativamente bajos recuentos de ninfas baja calificación de daño pero ninguna de ellas fue tan vigorosa como el testigo resistente cv. Marandú. Las accesiones de B. humidicola (CIAT 16867, 26155, 26154, 26413, 26411, 26414) con mejor adaptación edáfica se infestaron en gran medida con ninfas de salivazo y registraron calificaciones de daño moderados o altos. B. brizantha CIAT 26124 fue la accesión edáficamente mejor adaptada de la especie, pero presentó alta infestación de ninfas de salivazo (Tabla 4).

No se identificaron accesiones sobresalientes en las colecciones de 1988 y 1989. Las accesiones de mejor adaptación, determinadas subjetivamente por su vigor de establecimiento, sufrieron en general ataques severos de salivazo, mientras que aquellas que presentaron infestaciones bajas se establecieron mal o no lograron cubrir las parcelas de evaluación.

En 1989 se sembraron, en un ensayo aparte, 34 accesiones que fueron seleccionadas de la primera introducción

grande de Brachiaria en Carimagua (265 accesiones), para caracterizar aún más su resistencia al salivazo y su rendimiento. El establecimiento se hizo tardíamente en la estación de lluvias de 1989 y su cobertura fue incompleta durante el pico de salivazo a principios de 1990, lo cual generó una infestación insuficiente para evaluar resistencia. Estas accesiones se evaluarán durante 1991 y, si se requiere, se infestarán artificialmente con huevos de salivazo para asegurar una presión adecuada del insecto.

#### Resultados de tres años de selección en el campo en Pto. Bermúdez, Perú

Se evaluaron en el campo (K. Reátegui, CIAT/INIPA) 18 accesiones de Brachiaria y una de Cynodon, bajo infestación moderada de salivazo en la zona tropical húmeda de Puerto Bermúdez, Perú. Dos accesiones resultaron sobresalientes por su baja infestación de salivazo: B. brizantha cv. Marandú y Cynodon sp. CIAT 629 (Tabla 5). El cv. Marandú presentó un rendimiento alto de materia seca aunque no significativamente mayor que el de tres de las accesiones más infestadas, B. humidicola CIAT 682, 675 y 6013. Este resultado confirma la tolerancia de B. humidicola y la necesidad de seleccionar por resistencia antibiótica bajo niveles altos de infestación de salivazo como los generados en Carimagua.

#### Curvas de supervivencia de ninfas de salivazo en accesiones de Brachiaria

Se generaron curvas de supervivencia específicas para cada estadio, de las ninfas de A. varia en seis accesiones de Brachiaria spp., en condiciones de invernadero. En todos los casos, la mortalidad fue mayor durante el primer estadio, lo cual refleja las dificultades que probablemente experimentan las ninfas recién emergidas para encontrar sitios de alimentación y para formar su espuma. La supervivencia de las ninfas posterior a esta etapa

Tabla 3. Evaluación de 45 accesiones de *Brachiaria* spp. establecidas en Carimagua en 1989, durante la estación lluviosa de 1990.

Especies	No. CIAT or cultivar	% de cobertura <sup>1</sup>	D.E.*	Vigor <sup>2</sup>	D.E.	Daño <sup>3</sup>	D.E.	Calificación <sup>4</sup>
<i>B. brizantha</i>	Marandú	100.0	0.0	4.5	0.5	1.5	0.5	26
<i>B. jubata</i>	16197	52.5	27.5	5.0	0.0	1.0	0.0	25
<i>B. subulifolia</i>	16960	80.0	10.0	3.5	0.5	1.0	0.0	25
<i>B. filipendula</i>	26032	100.0	0.0	5.0	0.0	2.5	0.5	24
<i>B. brizantha</i>	26124	92.5	2.5	5.0	0.0	2.3	0.8	24
<i>B. bovonei</i>	16849	5.0	5.0	1.5	0.5	0.5	0.0	24
<i>B. brizantha</i>	26130	100.0	0.0	4.3	0.3	2.0	0.0	24
<i>B. subulifolia</i>	16964	62.5	12.5	3.0	0.0	1.0	0.0	22
<i>B. humidicola</i>	16867	100.0	0.0	3.5	0.5	2.5	0.5	21
<i>B. humidicola</i>	26155	100.0	0.0	3.0	0.0	2.5	0.5	20
<i>B. brizantha</i>	26315	90.0	0.0	3.5	0.5	2.5	0.5	20
<i>B. brizantha</i>	16470	75.0	2.5	3.8	0.3	2.5	0.5	19
<i>B. humidicola</i>	26154	100.0	0.0	3.0	0.0	3.5	0.5	19
<i>B. nigropedata</i>	16912	85.0	5.0	3.5	0.5	3.0	0.0	19
<i>B. humidicola</i>	26413	100.0	0.0	3.0	0.0	3.8	0.3	19
<i>B. humidicola</i>	26411	100.0	0.0	2.8	0.3	3.5	0.5	18
<i>B. brizantha</i>	16316	10.0	0.0	3.5	0.5	1.0	0.0	18
<i>B. dictyoneura</i>	Llanero	100.0	0.0	2.5	0.5	3.5	0.5	18
<i>B. brizantha</i>	16767	37.5	37.5	2.0	1.0	1.0	0.0	18
<i>B. humidicola</i>	26414	100.0	0.0	2.5	0.5	4.0	0.0	18
<i>B. decumbens</i>	Basilisk	100.0	0.0	2.5	1.5	4.0	0.5	18
<i>B. brizantha</i>	16467	75.0	0.0	3.5	1.5	3.5	0.5	17
<i>B. brizantha</i>	16777	42.5	32.5	3.0	1.0	1.5	0.5	17
<i>B. brizantha</i>	16799	25.0	25.0	2.0	1.0	1.0	0.0	17
<i>B. decumbens</i>	26182	100.0	0.0	2.0	1.0	4.0	1.0	17
<i>B. humidicola</i>	26156	100.0	0.0	2.0	0.0	4.3	0.3	16
<i>B. ruzizensis</i>	26180	100.0	0.0	2.0	1.0	4.5	0.5	16
<i>B. humidicola</i>	26149	100.0	0.0	2.0	1.0	4.5	0.5	16
<i>B. brizantha</i>	16771	42.5	32.5	2.5	0.5	1.5	0.5	16
<i>B. brizantha</i>	26129	62.5	37.5	3.0	1.0	3.0	0.0	16
<i>B. decumbens</i>	26287	100.0	0.0	1.5	0.5	4.5	0.5	15
<i>B. brizantha</i>	16809	30.0	20.0	2.8	0.8	1.5	0.5	15
<i>B. brizantha</i>	16810	50.0	25.0	2.5	0.5	2.0	0.0	15
<i>B. brizantha</i>	16468	5.0	5.0	2.0	1.0	1.0	0.0	15
<i>B. brizantha</i>	16456	62.5	37.5	2.5	0.5	3.3	0.3	14
<i>B. oligotricha</i>	26085	30.0	20.0	3.0	1.0	2.0	1.0	14
<i>B. ruzizensis</i>	26171	100.0	0.0	1.0	0.0	5.0	0.0	14
<i>B. decumbens</i>	16490	85.0	5.0	1.5	0.5	4.3	0.3	14
<i>B. platynota</i>	16553	10.0	10.0	1.0	1.0	0.0	1.0	13
<i>B. decumbens</i>	26297	20.0	0.0	3.5	1.5	2.5	0.5	13
<i>B. brizantha</i>	16826	10.0	0.0	2.5	0.5	1.5	0.5	13
<i>B. brizantha</i>	16471	42.5	32.5	2.5	0.5	3.0	0.0	13
<i>B. sp.</i>	26096	12.5	7.5	1.5	0.5	1.5	0.0	11
<i>B. brizantha</i>	16838	25.0	5.0	2.5	0.5	3.0	0.0	11
<i>B. brizantha</i>	16832	22.5	2.5	2.0	0.0	2.5	0.5	10

\* Desviación estándar.

Tabla 4. Recuentos de ninfas de salivazo y totales de la estación para 1990, de 45 accesiones de Brachiaría spp. establecidas en 1989.

Species	No. CIAT o cultivar	16 Mayo		24 Mayo		30 Mayo		Total de la estación		
		Ninfas /m <sup>2</sup>	Posi- ción	Ninfas /m <sup>2</sup>	Posi- ción	Ninfas /m <sup>2</sup>	Posi- ción	No. CIAT	Ninfas /m <sup>2</sup>	Posi- ción
<u>B. decumbens</u>	Basilisk	226	45	449	45	568	45	16849	3	1
<u>B. dictyoneura</u>	Llanero	105	34	150	31	194	34	16553	6	2
<u>B. brizantha</u>	Marandú	8	15	8	7	5	9	16767	10	3
<u>B. jubata</u>	16197	25	24	30	19	18	16	16771	12	4
<u>B. brizantha</u>	16316	1	4	13	13	3	5	26096	13	5
<u>B. brizantha</u>	16456	84	33	272	41	122	28	16777	14	6
<u>B. brizantha</u>	16467	48	27	102	27	45	26	26085	14	7
<u>B. brizantha</u>	16468	11	17	9	8	21	22	16316	16	8
<u>B. brizantha</u>	16470	17	21	61	23	18	17	Marandú	20	9
<u>B. brizantha</u>	16471	5	12	29	18	3	7	16826	24	10
<u>B. decumbens</u>	16490	70	31	355	44	268	39	16964	27	11
<u>B. platynota</u>	16553	1	5	3	2	3	6	16471	37	12
<u>B. brizantha</u>	16767	0	1	2	1	8	12	16468	40	13
<u>B. brizantha</u>	16771	4	8	5	4	4	8	16799	40	14
<u>B. brizantha</u>	16777	5	10	7	6	2	4	16960	43	15
<u>B. brizantha</u>	16799	12	18	10	9	19	20	16809	43	16
<u>B. brizantha</u>	16809	5	11	31	20	8	13	16832	44	17
<u>B. brizantha</u>	16810	7	14	16	14	24	23	16810	46	18
<u>B. brizantha</u>	16826	0	2	11	11	13	15	26297	49	19
<u>B. brizantha</u>	16832	20	22	5	5	19	21	26032	65	20
<u>B. brizantha</u>	16838	6	13	37	21	29	24	16838	71	21
<u>B. bovonei</u>	16849	0	3	3	3	0	1	16197	72	22
<u>B. humidicola</u>	16867	57	28	163	33	76	27	16470	95	23
<u>B. nigropedata</u>	16912	22	23	63	24	18	19	16912	103	24
<u>B. subulifolia</u>	16960	14	20	22	16	7	11	26315	141	25
<u>B. subulifolia</u>	16964	4	9	17	15	6	10	16467	194	26
<u>B. filipendula</u>	26032	14	19	40	22	12	14	26130	282	27
<u>B. oligotricha</u>	26085	3	7	11	12	0	2	16867	296	28
<u>B. sp.</u>	26096	3	6	10	10	1	3	26156	365	29
<u>B. brizantha</u>	26124	119	36	253	40	540	44	26154	368	30
<u>B. brizantha</u>	26129	134	38	281	42	392	43	Llanero	449	31
<u>B. brizantha</u>	26130	45	26	97	26	140	30	16456	477	32
<u>B. humidicola</u>	26149	150	40	170	34	352	42	26171	492	33
<u>B. humidicola</u>	26154	111	35	119	28	138	29	26414	509	34
<u>B. humidicola</u>	26155	151	45	153	32	220	37	26411	510	35
<u>B. humidicola</u>	26156	82	32	129	29	154	32	26155	524	36
<u>B. ruziziensis</u>	26171	67	29	283	43	142	31	26287	582	37
<u>B. ruziziensis</u>	26180	223	44	229	36	340	40	26413	600	38
<u>B. decumbens</u>	26182	136	39	188	35	344	41	26182	668	39
<u>B. decumbens</u>	26287	176	43	240	38	166	33	26149	672	40
<u>B. decumbens</u>	26297	9	16	23	17	18	18	16490	693	41
<u>B. brizantha</u>	26315	31	25	70	25	41	25	26180	792	42
<u>B. humidicola</u>	26411	121	37	133	30	256	38	26129	807	43
<u>B. humidicola</u>	26413	160	42	234	37	206	36	26124	912	44
<u>B. humidicola</u>	26414	67	30	240	39	202	35	Basilisk	1243	45

Tabla 5. Recuentos de ninfas de salivazo en 19 accesiones de Brachiaria durante las estaciones de mínima y máxima precipitación y producción total de materia seca en Puerto Bermúdez, Perú, 1985-87. Datos de K. Reátegui.

Species	No. CIAT o cultivar	Total ninfas/m <sup>2</sup> (min+max) <sup>1</sup>	Ninfas/m <sup>2</sup> precipit. mínima <sup>1</sup>	Ninfas/m <sup>2</sup> precipit. máxima <sup>1</sup>	Producción de materia seca <sup>1</sup>
<u>B. humidicola</u>	682	113.4 a	65.0 ab	161.8 a	357.1 abcd
<u>B. humidicola</u>	675	107.5 ab	52.0 abcd	162.9 a	371.6 abcd
<u>B. humidicola</u>	6013	96.7 abc	54.0 abcd	139.3 ab	444.0 ab
<u>B. brizantha</u>	6298	92.1 abcd	73.0 a	111.2 abc	269.7 cdefg
<u>B. brizantha</u>	6012	90.8 abcd	67.3 ab	114.3 abc	181.7 fg
<u>B. decumbens</u>	6058	89.4 abcde	50.7 abcd	128.2 abc	343.4 abcde
<u>B. decumbens</u>	6132	88.1 abcde	67.0 ab	109.2 abc	199.8 efg
<u>B. ruziziensis</u>	6130	88.0 abcde	56.5 abcd	116.3 abc	300.0 abcdefg
<u>B. humidicola</u>	679	87.2 abcde	57.0 abc	117.3 abc	377.6 abcd
<u>B. decumbens</u>	6131	84.0 abcde	69.8 ab	99.5 bcd	159.9 g
<u>B. brizantha</u>	667	79.4 abcde	49.8 abcd	109.0 abc	424.4 abc
<u>B. brizantha</u>	665	76.7 bcde	39.9 cde	113.5 abc	318.0 abcdef
<u>B. dictyoneura</u>	Llanero	75.9 bcde	32.4 de	119.3 abc	430.2 ab
<u>B. brizantha</u>	6009	74.6 bcde	47.3 bcd	92.8 bcd	286.4 bcdefg
<u>B. ruziziensis</u>	6291	66.1 cde	47.4 bcd	84.8 bcd	288.2 bcdefg
<u>B. humidicola</u>	6369	58.0 de	21.3 ef	94.7 bcd	243.1 defg
<u>B. ruziziensis</u>	6134	55.2 ef	37.3 cde	70.4 cde	147.6 g
<u>B. brizantha</u>	Marandú	27.2 fg	9.3 f	45.0 de	457.9 a
<u>Cynodon sp.</u>	629	16.3 g	8.2 f	24.4 e	368.1 abcd

\* Las accesiones seguidas por la misma letra no difieren (DMRT, P = 0.05).



crítica se acercó al 100% en B. dictyoneura cv. Llanero, susceptible/tolerante, y en B. decumbens cv. Basilisk, susceptible (Figura 2). El número de ninfas criadas en el testigo resistente B. brizantha cv. Marandú, descendió a una tasa más o menos constante durante los cuatro estadíos restantes. La mayoría de las ninfas criadas en B. jubata CIAT 16203, altamente antibiótica, murieron durante los primeros estadíos. La mayor mortalidad (después del crítico primer estadío) de ninfas criadas en B. jubata CIAT 16531 ocurrió durante el quinto estadío y se asoció con la muda al estado adulto. Estos datos confirman observaciones previas de que el efecto antibiótico de B. jubata CIAT 16531 se manifiesta, por lo menos parcialmente, en la interrupción de la muda final al estado adulto.

#### Método de bioensayo para investigar factores bioquímicos de resistencia

Se ha progresado en el desarrollo de un sistema de bioensayo que permita evaluar fracciones químicamente definidas de accesiones resistentes y susceptibles de Brachiaria. Los extractos se evaluarán para identificar los compuestos activos responsables de los niveles altos de antibiosis observados en accesiones como B. brizantha cv. Marandú, B. jubata CIAT 16531 y B. jubata CIAT 16203. El bioensayo consiste en cultivar plantas susceptibles (B. ruziziensis CIAT 675) en tubos de ensayo, utilizando una cámara de alimentación diseñada especialmente para ello. Las raíces de la planta crecen hasta alcanzar la longitud del tubo, pasando por una cámara en donde se colocan las ninfas de salivazo a una solución nutritiva que contiene la fracción de la planta o el producto químico que se desea evaluar. En un ensayo preliminar, se obtuvo respuesta a 20-hidroxiecdisona, la hormona de la muda de los insectos. Sin embargo, fue necesario refinar la técnica para reducir la contaminación fúngica, asegurar un crecimiento continuo, una función radicular adecuada, y controlar la temperatura dentro de los tubos. Se

espera iniciar una evaluación de rutina de las fracciones de la planta a principios de 1991.

En colaboración con la Universidad de Cornell, se evaluó, mediante cromatografía líquida de alta presión, excreta liofilizada de salivazo obtenida de adultos alimentados sobre diferentes accesiones de Brachiaria. En las muestras de adultos alimentados con B. jubata CIAT 16531, altamente resistente, aparecieron algunos picos que no tenían correspondiente en la excreta de adultos alimentados con B. decumbens cv. Basilisk, lo cual indica la presencia de compuestos exclusivos de B. jubata CIAT 16531 (Figura 3). Hasta el momento, no se tienen datos sobre actividad biológica. Los análisis futuros incluirán savia del xilema de la planta, para identificar la presencia de compuestos exclusivos en accesiones resistentes. Luego se evaluarán los extractos mediante el bioensayo descrito anteriormente.

#### CONTROL DE LA HORMIGA CORTADORA Acromyrmex landolti

#### Umbral de daño económico en Andropogon gayanus

Se estudió la relación entre la densidad de los hormigueros de Acromyrmex landolti y éxito en el establecimiento de A. gayanus. La pérdida durante el establecimiento de gramíneas susceptibles como A. gayanus se podría evitar en base a las estimaciones de densidad de hormigueros en sabana nativa y el conocimiento de la relación entre la densidad y el daño a las plántulas. Las densidades de hormigueros se determinaron mediante el recuento total de dos hectáreas de sabana nativa en El Tomo, Carimagua, durante la estación seca de 1990. La densidad varió de 23 a 165 hormigueros por parcela de 35 x 35 m (188 y 1347 colonias/ha, respectivamente). Se escogieron al azar 3 parcelas testigo (control total de hormigueros ins. flando clorpirifos en polvo). Los hormigueros se controlaron

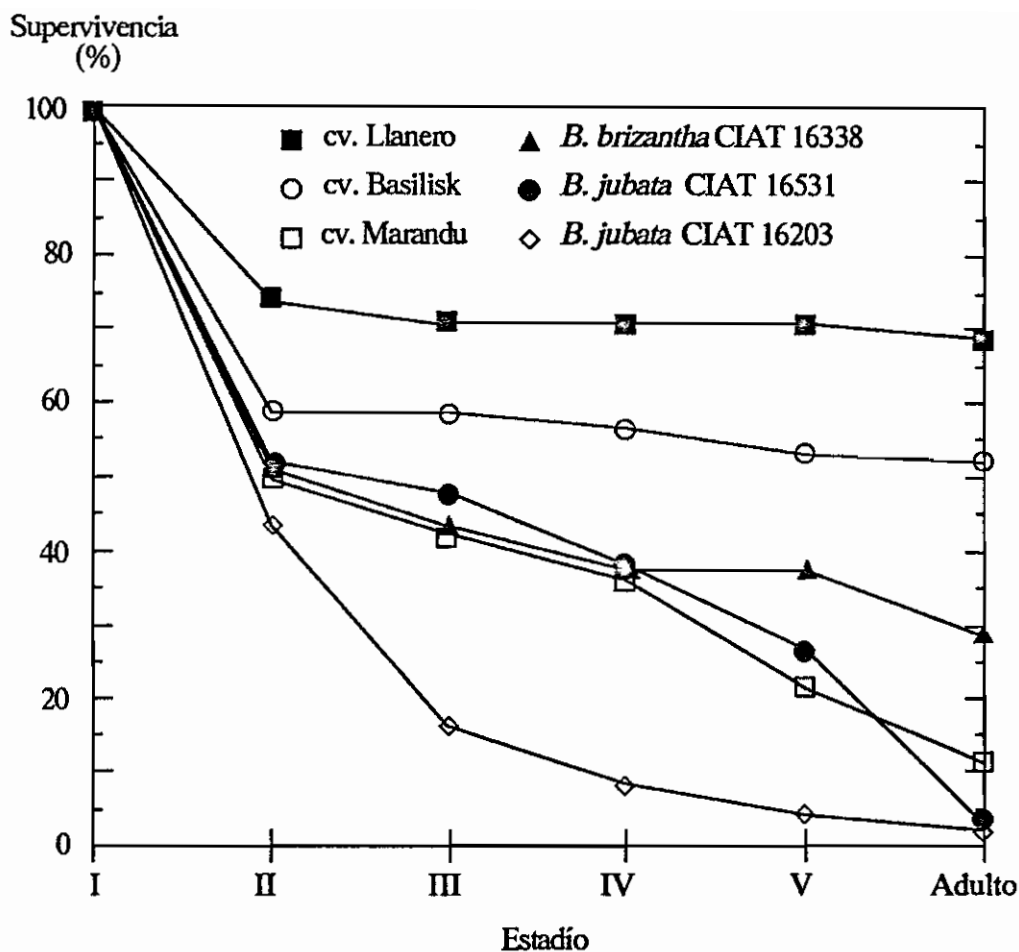
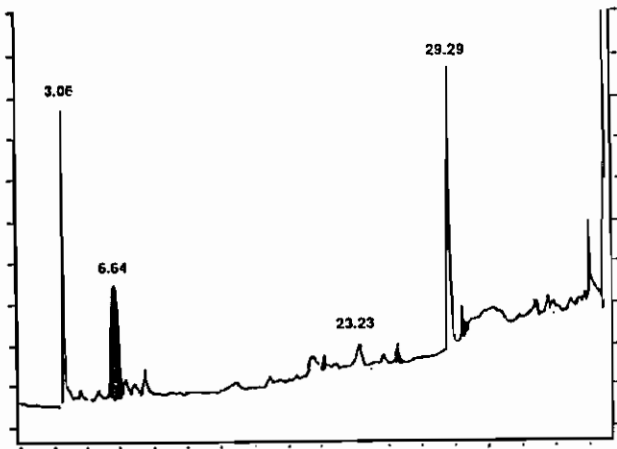
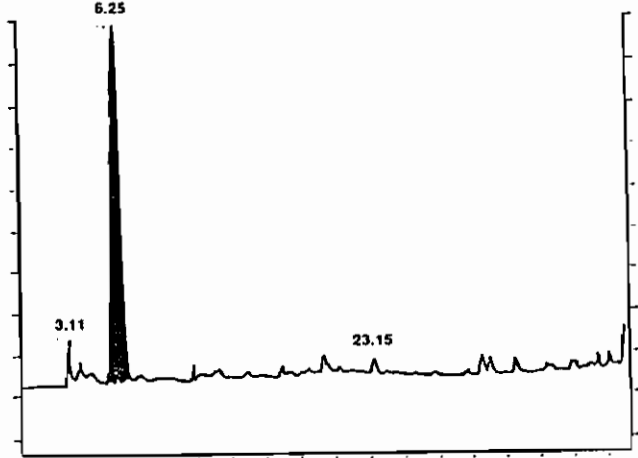


Figura 2. Supervivencia de ninfas de salivazo (*A. varia*) criadas en seis especies de *Brachiaria* en condiciones de invernadero en Palmira, durante 1990. La infestación fue de 10 huevos por planta sembrada en maceta, con 12 repeticiones (plantas) por accesión.

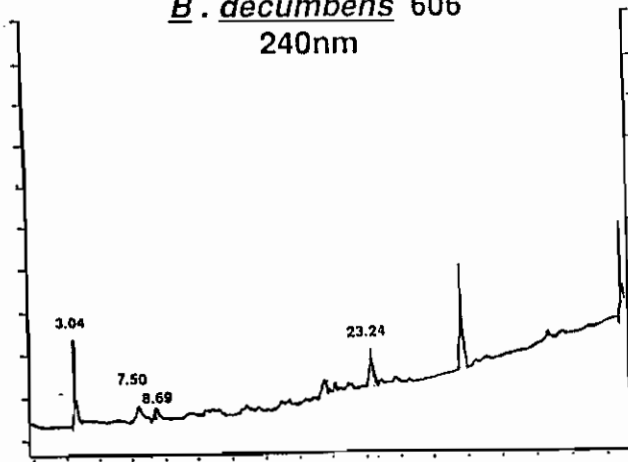
*B. jubata* CIAT 16531  
240nm



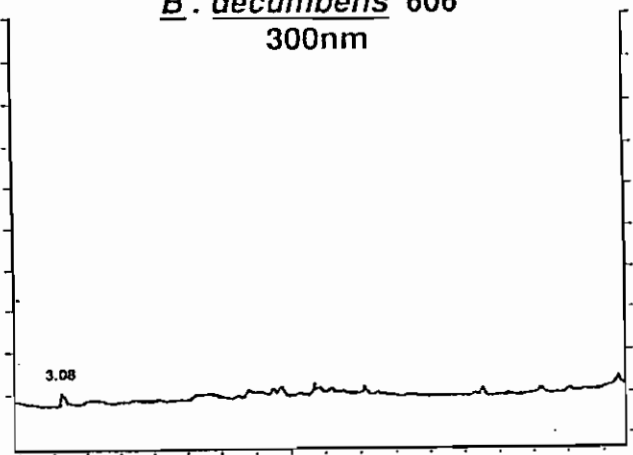
*B. jubata* CIAT 16531  
300nm



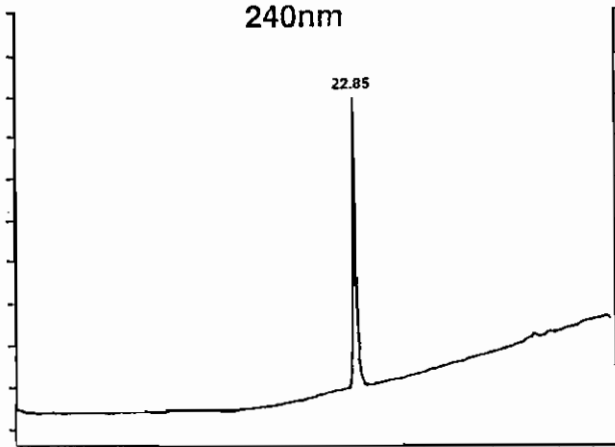
*B. decumbens* 606  
240nm



*B. decumbens* 606  
300nm



20 hydroxyecdysone (40ng)  
240nm



20 hydroxyecdysone (40ng)  
300nm

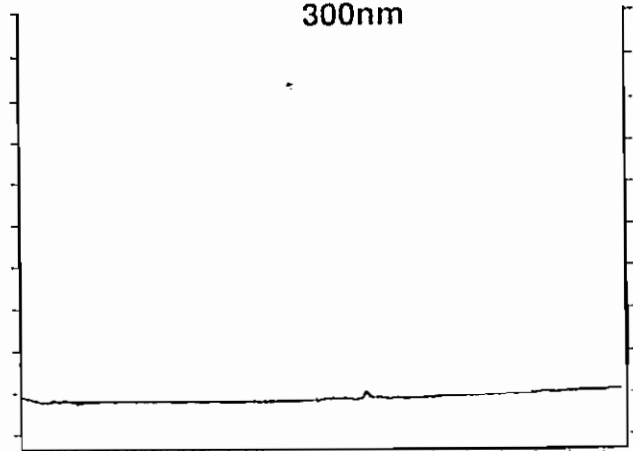


Figura 3. Cromatogramas (HPLC) de excreta (liofilizada y extraída con MeOH) de adultos de salivazo alimentados en *B. decumbens* cv. Basilisk y *B. jubata* CIAT 16531. Cada muestra representa los componentes solubles en metanol de 100  $\mu$ l de excreta. Las líneas se obtuvieron a 240 (izquierda) y a 300 nm (derecha). Los picos exclusivos de *B. jubata* se resaltaron en negro.

en las parcelas testigo y en las calles de 5 m entre parcelas. El área total (165 x 125 m) se preparó y se sembró con A. gayanus en junio de 1990. Se registraron la germinación y el éxito de establecimiento. La Figura 4 muestra la relación exponencial entre la densidad de hormigueros y el éxito de establecimiento. Con base en esta relación, si se considera suficiente establecimiento una planta por metro cuadrado, entonces la densidad crítica es de 780 hormigueros/ha. Si el establecimiento requerido es de 2 plantas por m<sup>2</sup>, entonces la densidad crítica desciende a 300 hormigueros/ha. Con esta información, los ganaderos tienen la opción de controlar químicamente en los potreros con infestaciones superiores al nivel crítico o pueden decidir sembrar una gramínea más resistente como B. humidicola o B. decumbens.

#### Estimación de la densidad de los hormigueros

Se necesita una técnica de muestreo rápida para estimar las densidades de las colonias de A. landolti en sabana nativa, como base para seleccionar el germoplasma apropiado o para tomar una medida de control. Las estimaciones previas de densidad se realizaron haciendo recuentos al azar en cuadrados de 4 x 50 m. Esta técnica supone una distribución al azar de los hormigueros de A. landolti en sabana nativa. Para el estudio de daño económico mencionado anteriormente, se levantó un mapa del sitio de entrada de cada hormiguero, en un área de un poco más de 2 hectáreas (Figura 5). La distribución espacial es del tipo agregado y coincide con las características microtopográficas del lote asociadas con la escorrentía de la lluvia, específicamente las elevaciones que se forman paralelamente a la pendiente general (Figura 6). Después de la preparación del suelo, se midió la elevación de este sitio con un teodolito. La superposición de la densidad de las colonias en el mapa de relieve indica que las colonias de

hormigas son más densas en las partes elevadas y menos densas en los surcos entre ellas, lo cual resulta en una distribución agregada de hormigueros (binomial negativa) y no aleatoria como se suponía antes.

Se utilizaron un mapa generado por computador y un procedimiento de muestreo para evaluar las hipótesis sobre el tamaño y la orientación óptimos del cuadrado para minimizar la variación en las estimaciones de densidad de hormigueros. La variación se puede reducir parcialmente orientando los cuadrados perpendicularmente a la pendiente general (lo cual es detectable en el campo por simple inspección). Sin embargo, la variación se redujo aproximadamente a la mitad cambiando la forma del cuadrado de 4 x 50 a 2 x 100 m, independientemente de la orientación de éste (Tabla 6), sin que aumentara la cantidad de esfuerzo involucrado en el muestreo.

En forma similar, se levantó un mapa de un lote de cinco hectáreas de sabana nativa, antes de preparar la tierra, para confirmar la relación entre la ondulación de la superficie y la densidad de hormigueros (Figuras 7 y 8). Aunque este sitio era más variable en términos de topografía de la superficie, la relación entre la elevación y la densidad de las colonias es notoria.

#### Cambios en la distribución de hormigueros con el transcurso del tiempo

Se compararon mapas de hormigueros de A. landolti levantados en febrero de 1989 y en febrero de 1990, para determinar los cambios en la densidad y en la distribución de éstas en el tiempo en potreros de A. gayanus cv. Carimagua 1 (Figura 9). Sorprendentemente, menos de 1 por ciento de las colonias ubicadas en 1990 en cualquiera de las gramíneas ocupó el sitio que había ocupado en 1989 (Tabla 7). El hecho de que ninguna colonia registrada en el mapa en 1990 ocupara los sitios

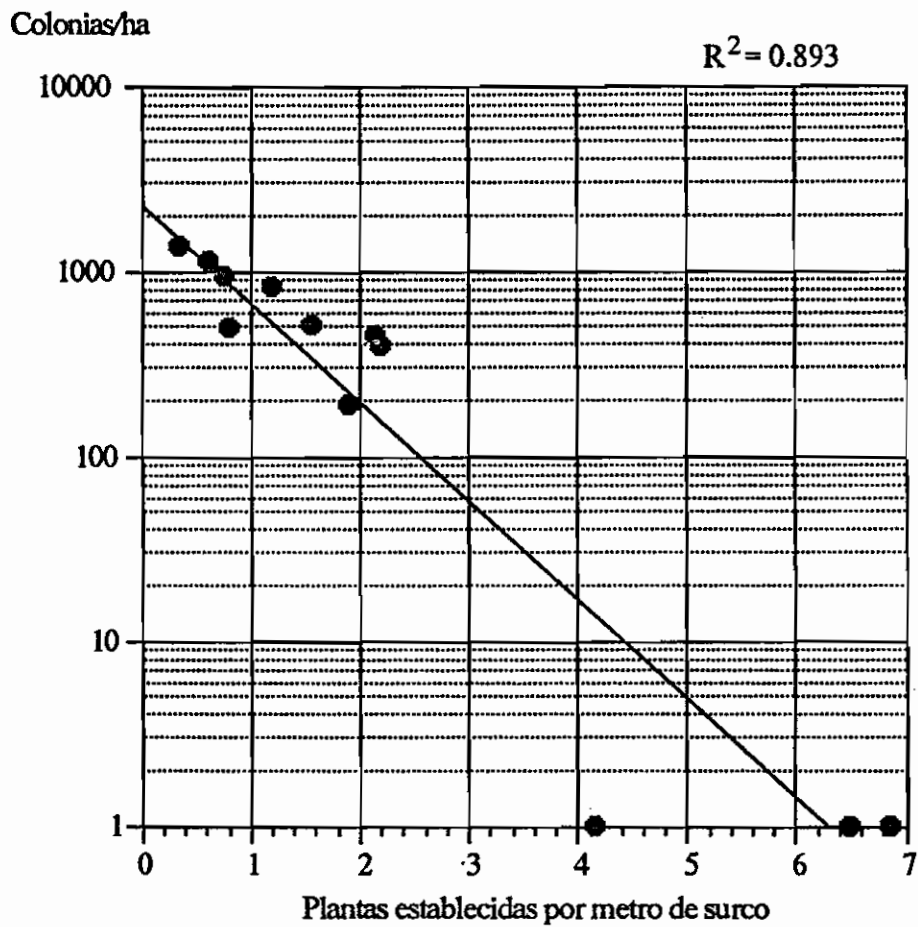


Figura 4. Distribución semilogarítmica de la densidad de colonias de Acromyrmex landolti versus establecimiento exitoso de Andropogon gayanus cv. Carimagua 1, en Carimagua, durante 1990.

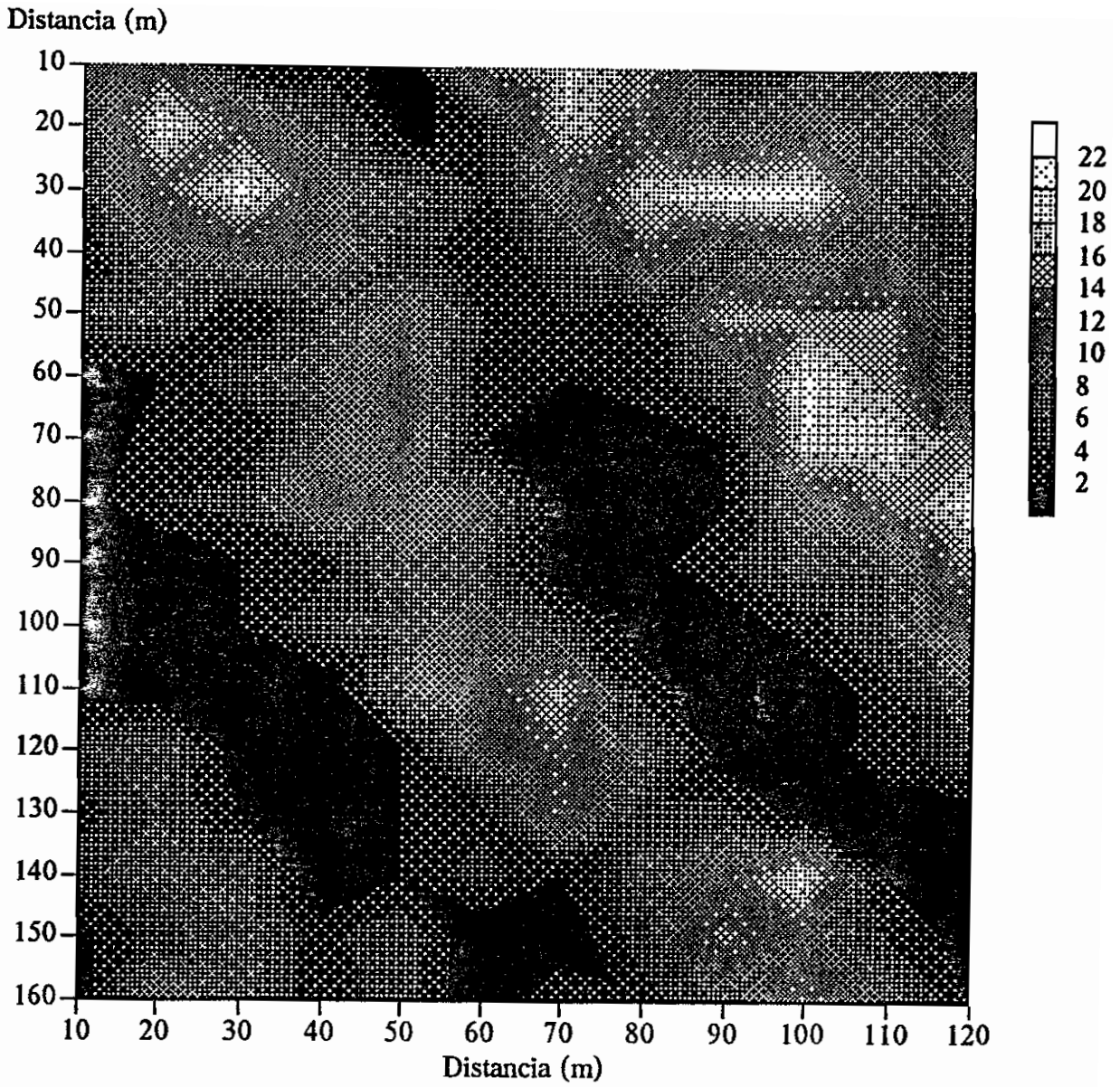


Figura 5. Densidad de colonias de *Acromyrmex landolti* en un sitio de sabana nativa de 160 x 120 m, ubicado en El Tomo, Carimagua, en 1990. Los datos representan el número de hormigueros por 100m<sup>2</sup>.

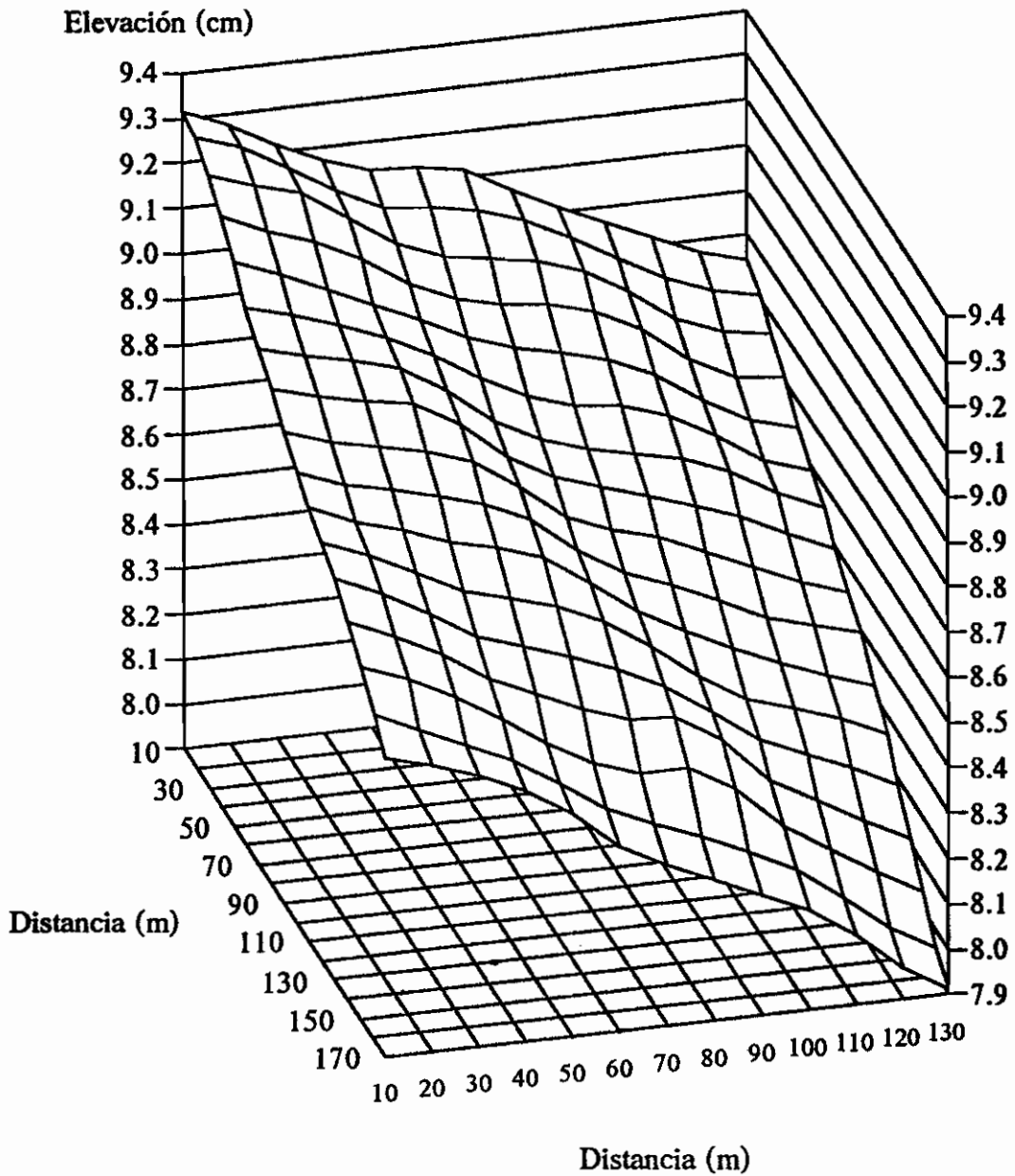


Figura 6. Topología de un sitio de sabana nativa de 160 x 120 m, ubicado en El Tomo, Carimagua, en 1990. La elevación se exagera para mostrar que la ondulación es perpendicular a la pendiente general.

Distancia (m)

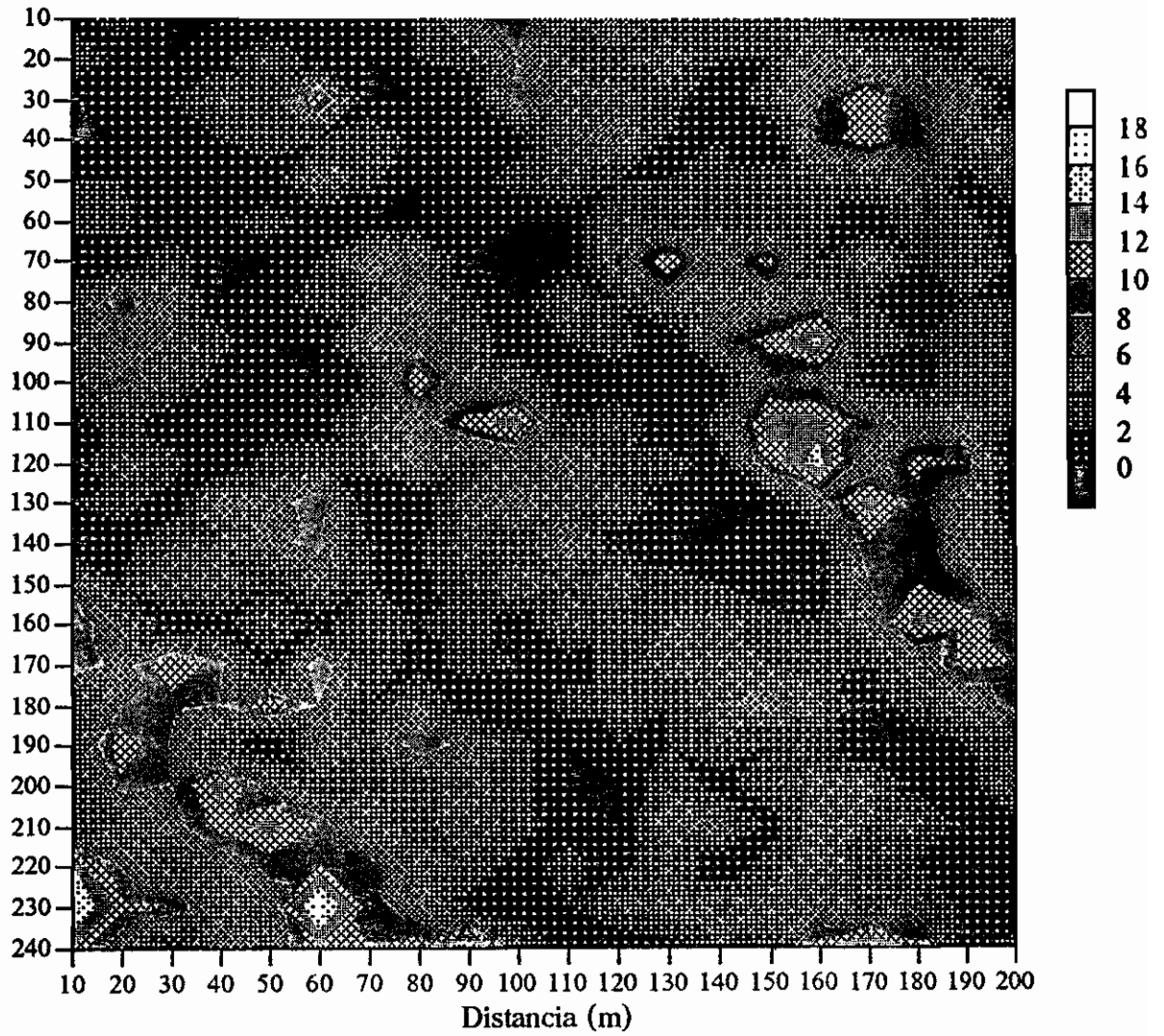


Figura 7. Densidad de colonias de *Acromyrmex landolti* en un sitio de sabana nativa de 240 x 200 m, ubicado en El Tomo, Carimagua, en 1990. Los datos corresponden al número de colonias por 100 m<sup>2</sup>.



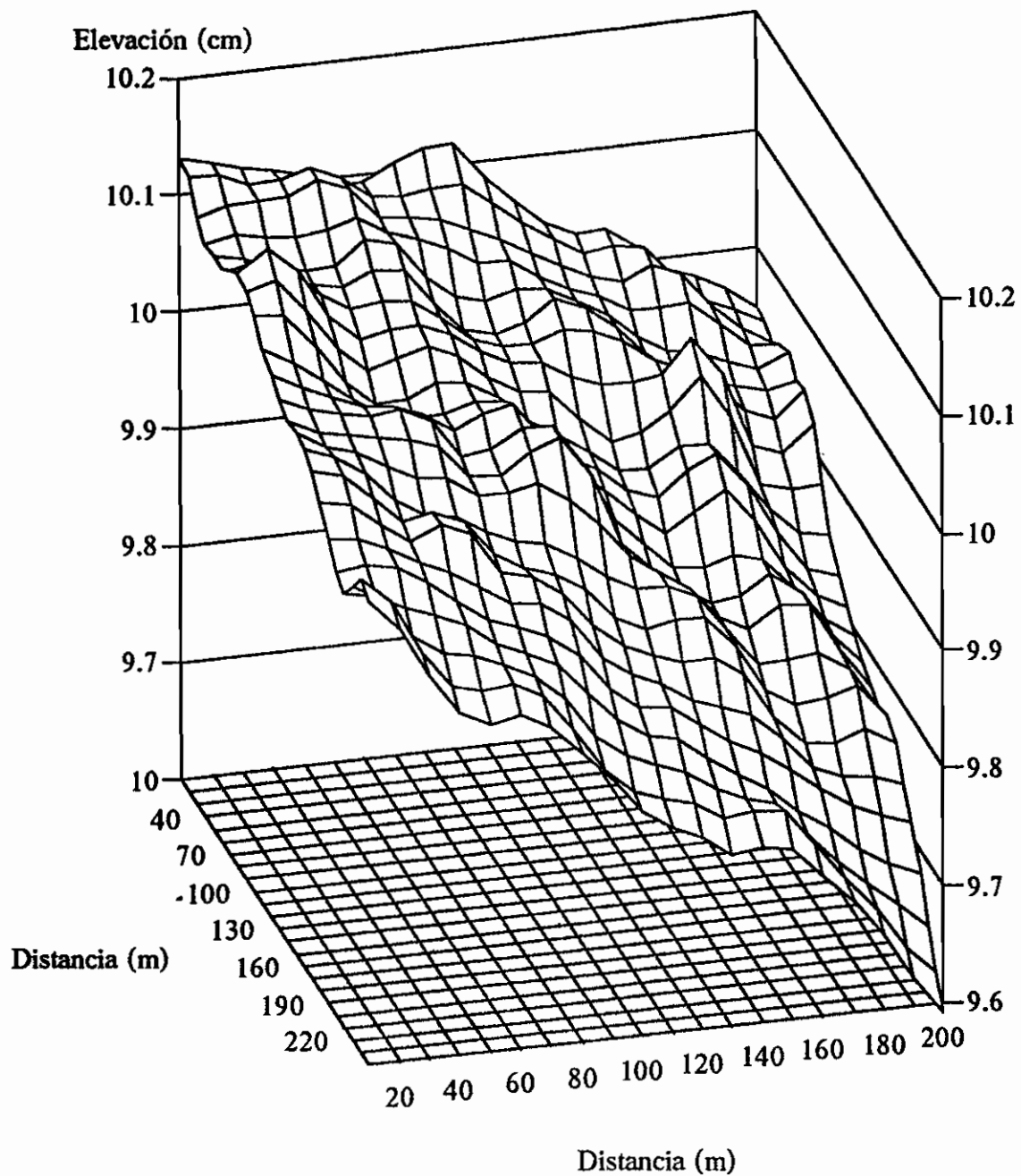


Figura 8. Topología de un sitio de sabana nativa de 240 x 200 m, ubicado en El Tomo, Carimagua, en 1990, antes de la preparación del suelo. La elevación se exagera para mostrar que la ondulación es perpendicular a la pendiente general.

Tabla 6. Resultados de la variación en el tamaño y en la orientación de las muestras (dirección aleatoria o limitada a 90° en relación con la pendiente) en los promedios y en las varianzas de las estimaciones de población, para colonias de Acromyrmex landolti, en sabana nativa de Carimagua, durante 1990.

Tamaño del cuadrado	4 x 50	2 x 100	4 x 50	2 x 100
Orientación	aleatoria	aleatoria	90° en relación con la pendiente	90° en relación con la pendiente
N	157	85	30	30
Promedio (hormigueros /m <sup>2</sup> )	12.9	13.2	16.4	15.2
Varianza	66.9	35.7	50.4	26.0
Promedio real	13.0			
Varianza real	13.2			

ocupados previamente sugiere que el movimiento de las colonias es común en esta especie de hormigas (Figura 9). El fenómeno se ha observado en la sabana durante la noche. Si se logra determinar el tiempo de movilización de las colonias, se podrá optimizar el control mediante labranza, ya que las colonias recién establecidas tienden a ser más superficiales y por lo tanto más susceptibles a la perturbación mecánica.

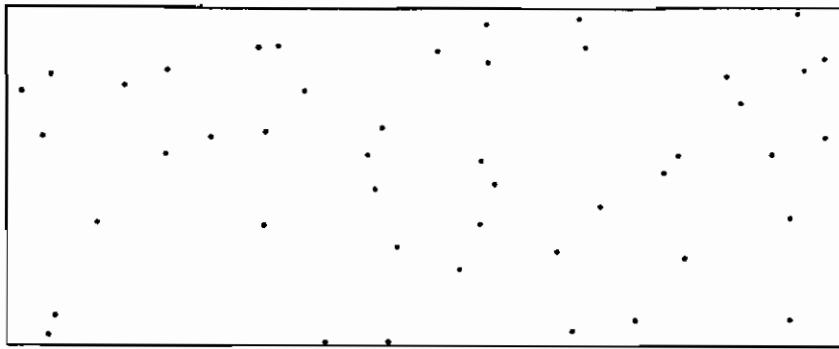
Efecto de la resistencia de la planta en la densidad y en la actividad de hormigueros

La densidad de las colonias en parcelas del cv. susceptible A. gyanus Carimagua 1 aumentó más de 200 por ciento durante la estación lluviosa de 1989, mientras que permaneció baja y esencialmente constante en el resistente B. humidicola CIAT 679 (Tabla 7). En las parcelas grandes de B. humidicola CIAT 679, se observó la extinción de la población de hormigueros. Consideramos que en este experimento hay un nivel

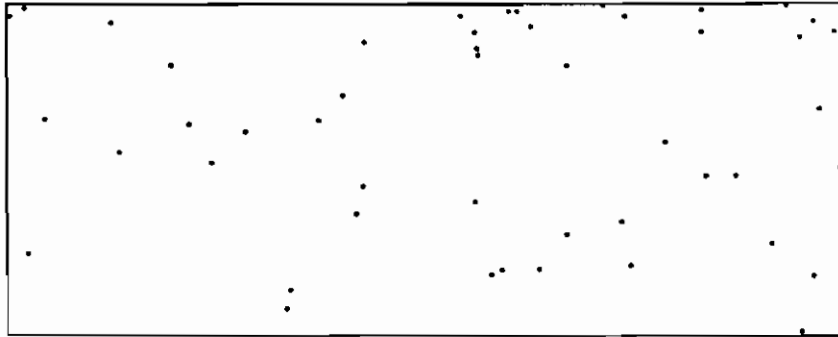
bajo, constante, de establecimiento de nuevas colonias en las parcelas de B. humidicola CIAT 679 debido al movimiento de colonias de las parcelas altamente infestadas, adyacentes del cv. Carimagua 1. Además del número inferior de colonias en B. humidicola CIAT 679, la actividad de las colonias, determinada mediante la medición del suelo excavado durante la estación seca en las colonias ubicadas dentro de las pasturas de esta especie, se redujo enormemente en comparación con la actividad de las colonias ubicadas en A. gyanus cv. Carimagua 1 (Figura 10).

Costo del control químico de A. landolti

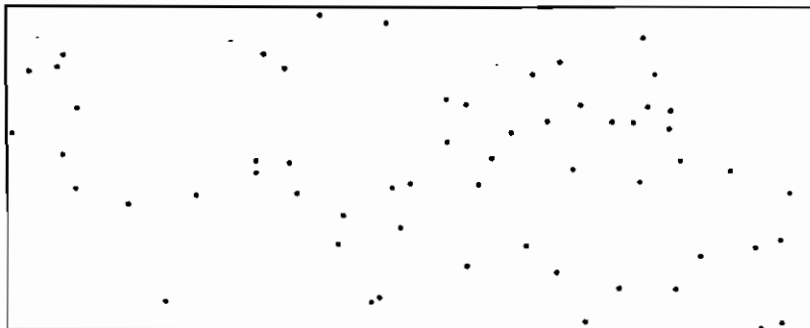
Se registró el tiempo del personal y la cantidad de clorpirifós (en polvo al 2.5% aplicado con bombas manuales de insuflar) requeridos para controlar hormigueros de A. landolti en parcelas de sabana nativa de 30 x 30 m. La densidad media de las colonias fue de 42/900 m<sup>2</sup> y el tiempo medio requerido para controlar todas las colonias de una parcela fue de 29 minutos. El tiempo medio requerido para controlar



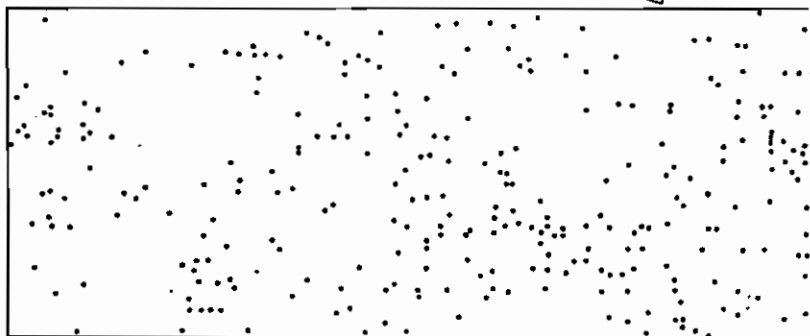
*B. humidicola* #3,1989  
 $\Sigma=44$



*B. humidicola* #3,1990  
 $\Sigma=47$



*A. gayanus* #4,1989  
 $\Sigma=58$



*A. gayanus* #4,1990  
 $\Sigma=285$

Figura 9. Cambio en la densidad y en la distribución de los hormigueros de *A. landolti* durante un año en pasturas (30 x 60 m) de *B. humidicola* CIAT 679 y *A. gayanus* cv. Carimagua 1, en Carimagua.

Cuadro 7. Cambio en la densidad y en la ubicación de hormigueros de Acromyrmex landolti en pasturas de A. gyanus y B. humidicola (60 x 30 m) durante un año, en Carimagua, con base en mapas de los hormigueros.

Especie	Rep	Hormigueros/1800m <sup>2</sup>					
		1989	1990	% de cambio	Nuevas <sup>1</sup>	Viejas <sup>2</sup>	Abandonadas <sup>3</sup>
<u>A. gyanus</u>	1	60	130	117	126	4	56
	2	71	151	113	150	1	70
	3	71	189	166	189	0	71
	4	58	285	391	284	1	57
	5	70	266	280	263	3	67
	6	62	191	208	190	1	61
	Total		392	1212		1202	10
Promedio		65.3	202.0	212.5			
D.E.*		6.0	61.7	107.4			
<u>B. humidicola</u>	1	29	27	-7	26	1	28
	2	37	23	-38	23	0	37
	3	44	47	7	46	1	43
	4	40	61	53	61	0	40
	5	43	40	-7	43	0	40
	6	24	45	88	45	0	24
	Total		217	243		244	2
Promedio		36.2	40.5	16.0			
D.E.*		8.0	13.9	46.1			

1 Número de colonias registradas en 1990 en sitios previamente desocupados.

2 Número de colonias registradas en 1990 en sitios ocupados en 1989

3 Número de sitios ocupados en 1989 y desocupados en 1990.

\* Desviación estándar

una sola colonia fue de  $0.73 \pm 0.27$  min. La cantidad total de insecticida requerida para controlar 876 colonias fue de 2819 g, es decir, un promedio de  $3.1 \pm 0.9$  g/colonia. Estos datos se utilizarán para construir parámetros de decisión para el control químico de hormigueros. Aunque el análisis es

incompleto, es evidente que el costo del insecticida es mínimo y que el principal costo es la mano de obra, si se tiene en cuenta que la densidad de hormigueros de A. landolti en sabana nativa varía comúnmente entre 600 y 1000/ha.

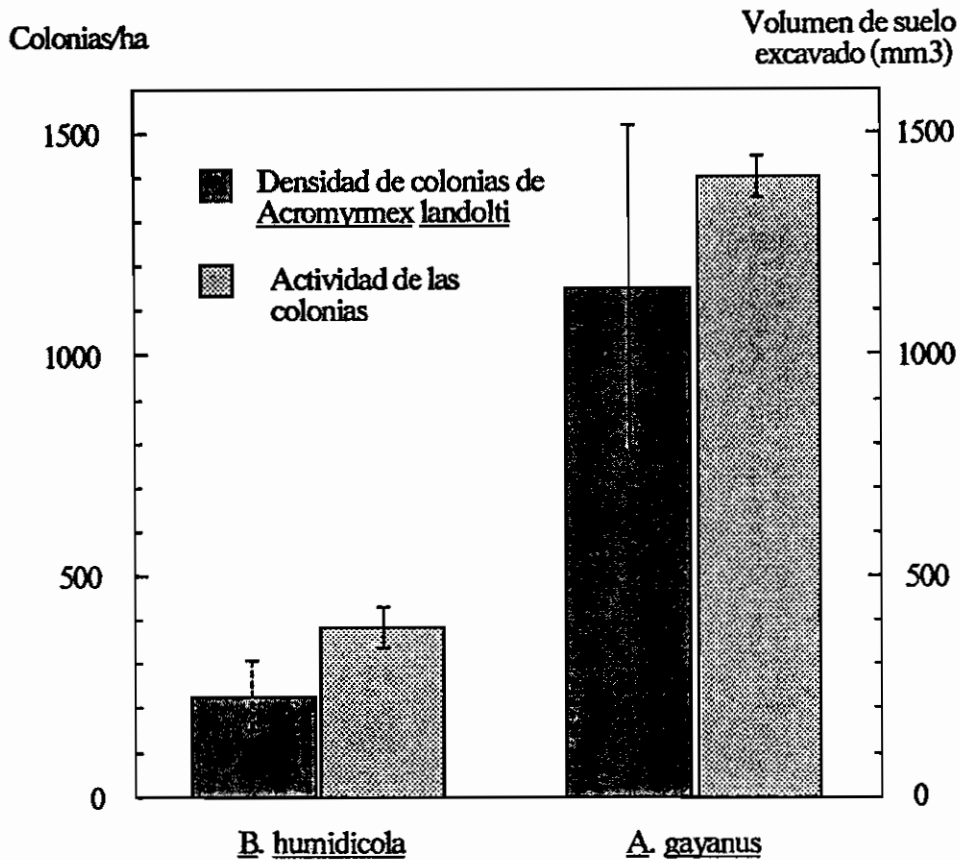


Figura 10. Densidad y actividad de las colonias de *Acromyrmex landolti* durante la estación seca de 1990, en pasturas de *B. humidicola* CIAT 679 y de *Andropogon gayanus* cv. Carimagua 1 de 2 años de edad, en Carimagua. Actividad fué determinada mediante la cantidad de suelo excavado en las entradas de las colonias.

## 6. ENTOMOLOGIA

### RESUMEN

El énfasis en el desarrollo de resistencia de la planta hospedante al salivazo cambió de la introducción de germoplasma, hacia el mejoramiento de accesiones clave a través de cruza-mientos. En consecuencia, la Sección de Entomología está desarrollando un método de infestación para asegurar una presión de selección adecuada para la evaluación en el campo, de progenies provenientes de cruces sexuales. Se está desarrollando, además, un bioensayo para evaluar la actividad biológica de fracciones químicamente definidas de la planta y de compuestos individuales, cuando los ingieren las ninfas del salivazo.

No se identificaron accesiones de Brachiaria sobresalientes en las colecciones establecidas en Carimagua durante 1988 y 1989. Las accesiones mejor adaptadas fueron fuertemente atacadas por el salivazo, mientras que las que presentaron bajas infestaciones se establecieron pobremente o no alcanzaron a cubrir completamente las parcelas experimentales.

Se progresó en el desarrollo de un bioensayo para probar fracciones químicamente definidas de accesiones resistentes y susceptibles de Brachiaria. Debe ser posible probar la hipótesis de que la resistencia antibiótica en algunas accesiones de Brachiaria, se debe a compuestos presentes en el xilema, sitio de alimentación del salivazo. Se van a probar los extractos para identificar los compuestos activos que sean responsables de los altos niveles de resistencia antibiótica en B. brizantha cv. Marandú, B. jubata CIAT 16531 y B. jubata CIAT 16203. El bioensayo consiste en producir plantas de un material susceptible (B. ruziziensis CIAT 675) en tubos de ensayo con una cámara de alimentación especialmente diseñada

para el insecto. Las raíces de la planta crecen a lo largo del tubo y pasan a través de la cámara, donde se colocan las ninfas del salivazo hasta el fondo del tubo, donde encuentra una solución que contiene la fracción de la planta o la sustancia química que se va a probar. En un experimento preliminar, se obtuvo respuesta a la 20-hidroxi-ecdisona, la hormona de la muda en los insectos. Ya se empezó a probar fracciones de plantas, obtenidas a través de la colaboración con la Universidad de Cornell.

Por medio de cromatografía líquida de alta presión (HPLC) se examinó la excreción liofilizada de adultos que se alimentaron en diferentes accesiones de Brachiaria. En las muestras de adultos alimentados con la altamente resistente B. jubata CIAT 16531, aparecieron unos picos que no tienen correspondientes en la excreción de adultos alimentados en B. decumbens cv. Basilisk, lo que indica la presencia de compuestos que sólo están presentes en B. jubata CIAT 16531.

En análisis futuros se incluirán muestras de savna del xilema de las plantas, en un intento para identificar compuestos que sólo estén presentes en las accesiones resistentes. Estos extractos serán luego probados por medio del bioensayo descrito anteriormente.

Se calculó un umbral económico para el establecimiento de A. gyanus en áreas de sabana infestadas con la hormiga cortadora de hojas, Acromyrmex landolti. Con base en estimados de la densidad de hormigueros en la sabana nativa y el conocimiento de la relación entre la densidad de hormigueros y el daño a las plántulas en germinación, se puede evitar la pérdida causada durante el establecimiento de A. gyanus.

Existe una relación exponencial entre la densidad de hormigueros y el éxito en el establecimiento. Con base en esta relación, los ganaderos tendrán la opción de controlar químicamente los hormigueros en potreros que presenten infestaciones superiores al umbral para establecimiento, o simplemente pueden tomar la decisión de sembrar una variedad más resistente a hormigas como B. humidicola o B. decumbens. Para ayudar a los ganaderos a estimar más adecuadamente la densidad de hormigueros en las áreas que se van a sembrar, se desarrolló una técnica de muestreo rápido, como base para la selección del germoplasma apropiado o para tomar una acción de control.

Con base en un mapeo extensivo de

hormigueros en sabana nativa, en Carimagua, se generó un mapa por computador y un procedimiento de muestreo determinó el tamaño y la orientación óptimos del cuadrado que se usa como muestra, para minimizar la varianza en los estimativos de la densidad de hormigueros sin incrementar la cantidad de esfuerzo que implica el método de muestra. Además, se calculó el costo del control químico de los hormigueros. Con la información obtenida de los umbrales de daño, métodos de muestreo y costo del control, los ganaderos deben ser capaces de decidir cuál es la mejor alternativa entre las opciones de germoplasma disponibles para sembrar, de acuerdo a la densidad de la plaga antes de la siembra.

## 7. Virología

Este año, la Unidad de Virología (VRU) del CIAT terminó la caracterización de los principales virus previamente detectados en los tres géneros más importantes de leguminosas forrajeras tropicales, a saber, Arachis, Centrosema y Stylosanthes. Una vez que se implementaron métodos confiables de detección viral, la VRU realizó una investigación más detallada del grado de variabilidad patogénica de los virus aislados de Centrosema spp. y de su relación con los virus de Arachis y Stylosanthes spp.

Caracterización final de dos potyvirus que infectan a A. pintoii y a Stylosanthes spp.

Los agentes causales de la mancha anular de A. pintoii y de la clorosis y malformación foliar de Stylosanthes sp. se transmitieron manualmente a las plántulas del cultivar de frijol Bountiful, induciendo lesiones cloróticas locales en las hojas primarias inoculadas. Sólo los virus de Stylosanthes sp. indujeron síntomas sistémicos notorios en el frijol Bountiful, los cuales consistieron en mosaico severo y en malformación foliar.

Una prueba de microscopía electrónica de las plantas sistémicas de A. pintoii y Stylosanthes sp. y de las plantas de frijol inoculadas, demostró la presencia de partículas virales flexuosas y filamentosas, de aproximadamente 750 nm de largo y 15 nm de diámetro (Figura 1A, B).

El virus aislado de A. pintoii también se transmitió manualmente a las siguientes leguminosas: Arachis hypogaea (21 genotipos diferentes), Canavalia sp., Cassia occidentalis, Centrosema brasilianum, siete cultivares de soya (Clark, ICA L-121, Mandarin, Marshall, Ogden, Rampage y York), tres cultivares de frijol (Dubbele Witte, Widusa y Black Turtle Soup), Phaseolus lunatus, arveja, Stylosanthes capitata, S. macrocephala, Vigna radiata y V. unguiculata "Blackeye" (Cuadro 1). Otras especies sistémicamente infectadas por el virus de A. pintoii fueron Nicotiana benthamiana y Physalis angulata. La lista de hospedantes con lesiones locales y no susceptibles se muestra en el Cuadro 1.

El virus aislado de Stylosanthes sp. infectó sistémicamente al maní, a cinco cultivares de frijol (Dubbele Witte, Stringless Green Refugee, Redlands Greenleaf C, Black Turtle Soup, Great Northern 123), a la arveja, a Stylosanthes macrocephala y a Vigna unguiculata (cv. Blackeye). La única especie no leguminosa infectada sistémicamente fue N. benthamiana (Cuadro 1). La lista de hospedantes con lesiones locales y no susceptibles se encuentra en el Cuadro 1.

Mediante microscopía electrónica se pudo ver que secciones delgadas de tejido de plantas de A. pintoii y S. macrocephala, infectadas con los respectivos aislamientos de virus de Arachis y Stylosanthes, contenían



Cuadro 1. Rango comparativo de hospedantes de dos potyvirus aislados de las leguminosas forrajeras Arachis pintoï y Stylosanthes sp., respectivamente, en Colombia, América del Sur.

Especies Vegetales	Síntomas locales/Sistémicos *	
	VAP <sup>y</sup>	VST <sup>z</sup>
<u>Leguminosas</u>		
<u>Arachis hypogaea</u>	-/MT	-/MT
<u>Arachis pintoï</u>	-/RS	-/-
<u>Canavalia</u> sp.	-/MS	NE
<u>Cassia occidentalis</u>	-/MS	-/-
<u>Centrosema brasilianum</u>	-/MS	NE
<u>Glycine max</u>	LL/MT	-/-
<u>Phaseolus vulgaris</u>	LL/MS,N	LL/MS,N
<u>Phaseolus lunatus</u>	-/MT	NE
<u>Pisum sativum</u>	-/MS	-/MS
<u>Stylosanthes macrocephala</u>	-/ML	-/ML
<u>Stylosanthes capitata</u>	-/ML	-/-
<u>Vigna radiata</u>	-/SS	-/-
<u>Vigna unguiculata</u>	-/MS	-/MS
<u>Otras familias de plantas</u>		
<u>Chenopodium quinoa</u>	-/-	-/-
<u>Chenopodium amaranticolor</u>	LL/-	LL/-
<u>Datura stramonium</u>	-/-	-/-
<u>Gomphrena globosa</u>	-/-	-/-
<u>Nicotiana benthamiana</u>	-/ML	-/ML
<u>Nicotiana glutinosa</u>	-/-	-/-
<u>Nicotiana tabacum</u>	-/-	-/-
<u>Physalis angulata</u>	-/ML	-/-

<sup>x</sup> LL = lesiones locales; ML = mosaico leve; MS = mosaic; MT = moteado; N = Necrosis; NE = no evaluado; SS = sin síntomas; - = sin infección, determinado mediante ELISA o prueba de microscopía electrónica.

<sup>y</sup>VAP = virus de Arachis pintoï.

<sup>z</sup>VST = virus de Stylosanthes sp.

inclusiones cilíndricas tipo molinete y agregados laminados cortos y curvos (Figuras 2A, B).

Los virus de Arachis y de Stylosanthes se purificaron de sus respectivos hospedantes de propagación a niveles de 10 y 7.5 mg, respectivamente, por kg de tejido infectado. Los valores de absorbencia de 260/280 para estas preparaciones purificadas variaron de 1.25 a 1.4, sin corrección por difusión de luz.

Los análisis electroforéticos de estas preparaciones purificadas en presencia de SDS produjeron subunidades proteínicas de cubierta simple con un peso molecular aproximado de 34 kg, para los virus de Arachis y Stylosanthes.

En las pruebas de Ouchterlony se observó una reacción de precipitina de identidad entre el virus del moteado del maní (PMoV) y el virus de A. pintoí, en pruebas recíprocas. El antisuero del PMoV también detectó el virus de Stylosanthes sp. en extractos de tejido infectado y en preparaciones purificadas, sin formación de espolones en las reacciones adyacentes de precipitina del PMoV. Ni el virus de A. pintoí ni el de Stylosanthes se relacionaron antigénicamente con el virus del mosaico común del frijol, con el virus del estriado del maní, con el virus del mosaico de la soya ni con el virus-2 del mosaico de la sandía, en ninguna de las pruebas serológicas realizadas en este estudio.

Pruebas ELISA realizadas a 3,451 semillas de A. pintoí, utilizando antisuero de virus de A. pintoí, no detectaron la presencia de este virus en ninguna de las semillas. Una prueba similar con 4,880 semillas de Stylosanthes spp., en la que se utilizó antisuero de virus de Stylosanthes, también arrojó resultados negativos. Sin embargo, en ningún caso la incidencia de estos virus se determinó en los campos en donde se recolectó la semilla evaluada.

En pruebas SSEM, el antisuero del PMoV atrapó aproximadamente tres y cuatro veces el promedio de partículas de los virus de Stylosanthes y A. pintoí, respectivamente, observados en extractos foliares no tratados (265 partículas/1000 micras cuadradas). No se atraparon partículas virales en estas pruebas cuando se incluyó el virus del mosaico de la soya como testigo. Los antisueros de los virus de A. pintoí y de Stylosanthes atraparon 2,072 y 1,169 partículas/1,000 micras cuadradas, respectivamente, en pruebas SSEM homólogas y 1,169 y 790 partículas/1,000 micras cuadradas, respectivamente, en pruebas heterólogas.

Un anticuerpo monoclonal antipotyvirus producido comercialmente, detectó los potyvirus del mosaico común del frijol y del mosaico de la soya pero no reaccionó con los virus de A. pintoí y de Stylosanthes en pruebas ELISA que seguían períodos estándar de incubación (16 h) del conjugado IgG. Sin embargo, cuando el período de incubación se extendió a 26 h, se obtuvo una reacción positiva con el potyvirus de Stylosanthes.

Si se tienen en cuenta la morfología de sus partículas, la formación de inclusiones citoplasmáticas cilíndricas en las células de las plantas infectadas (7) y el peso molecular de sus respectivas subunidades proteínicas de la cápsida, se puede concluir que los dos virus de A. pintoí y de Stylosanthes sp. aislados en esta investigación son miembros del grupo de los potyvirus (10). La relación serológica demostrada aquí entre estos dos virus y un miembro conocido del grupo de potyvirus, el virus del moteado del maní (2), apoya aún más esta conclusión.

Aunque la incapacidad del anticuerpo monoclonal antipotyvirus para detectar estos potyvirus de leguminosas siguiendo procedimientos estándares ELISA es inesperada, este resultado se

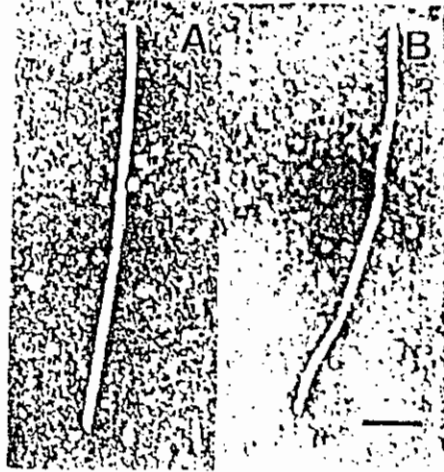


Figura 1. Partículas virales flexuosas y filamentosas observadas en extractos de hoja de Arachis pintoi (A) y Stylosanthes sp. (B) plantas afectadas por mancha anillada de la hoja y clorosis, respectivamente.



Figura 2. Inclusiones cilíndricas citoplásmicas inducidas por (A) un aislamiento de potyvirus de Arachis pintoi , y (B) otro aislamiento de potyvirus de Stylosanthes spp. que consisten en ruedas de espigas, espirales y agregados laminados cortos y curvos.

ha confirmado en pruebas posteriores realizadas por dos laboratorios independientes de los Estados Unidos, utilizando los mismos potyvirus evaluados aquí (G.I. Mink, comunicación personal), y una cepa del PMoV (F.W. Zettler, resultados inéditos).

La relación serológica cercana observada entre los potyvirus de A. pintoí y de Stylosanthes sp. y del PMoV, sus reacciones patogénicas en varios genotipos de maní, y la formación de inclusiones citoplasmáticas similares a las inducidas por el PMoV (6), nos llevan a proponer que los dos potyvirus de leguminosas forrajeras tropicales aislados en este estudio pueden considerarse cepas del PMoV, a pesar de las diferencias notables en su rango de hospedantes (especialmente en el caso del potyvirus de Stylosanthes sp.). Sin embargo, la observación de las diferencias en el rango de hospedantes entre las cepas del PMoV no son exclusivas de este estudio (9, 13, 17) y se relacionan probablemente con la falta de un conjunto universal de cultivares diferenciales de maní o de hospedantes diagnósticos, evaluados con cepas representativas del PMoV de diferentes partes del mundo.

Finalmente, no podemos excluir la posible transmisión de estas cepas del PMoV a través de la semilla de A. pintoí o de Stylosanthes spp., ya que ignoramos la incidencia real de estos virus en las localidades en donde se produjo la semilla evaluada en esta investigación, y debido a que el PMoV posee una capacidad de transmisión por semilla relativamente baja en el maní (2). Además, A. pintoí también se propaga vegetativamente (16) y, por lo tanto, es importante evaluar la ausencia de estos potyvirus en semilla vegetativa y/o sexual de A. pintoí y de Stylosanthes spp. antes de que estas leguminosas tropicales forrajeras promisorias se distribuyan ampliamente en el trópico.

### Variabilidad patogénica de los potyvirus aislados de Centrosema spp.

El año pasado se informó sobre la detección de cinco aislamientos de potyvirus (CP-1, CP-2, CP-3, SQ-15 y SQ-25) en especies de Centrosema cultivadas en el campo. De estos aislamientos sólo uno (SQ-15) reaccionó (Cuadro 2) con antisuero producido para el primer potyvirus previamente aislado por la VRU de Centrosema spp., identificado posteriormente como una cepa de virus del mosaico de la soya (SMV-CE).

Un estudio comparativo de la patogenicidad de los cinco aislamientos anteriores y del potyvirus original del SMV-CE (Cuadro 3) demostró que mientras el aislamiento SQ-15 no es igual a la cepa SMV-CE, se puede considerar, sin embargo, como otra cepa del virus del mosaico de la soya que afecta a Centrosema spp.

Con respecto al aislamiento SQ-25, el Cuadro 2 muestra que este virus se relaciona serológicamente con los potyvirus de A. pintoí y de Stylosanthes spp. descritos anteriormente. Como se ilustra en este cuadro, se preparó un antisuero específico para detectar el aislamiento CP-1. Los aislamientos restantes, CP-2 y CP-3, aunque se diferencian entre sí y de los demás aislamientos de Centrosema, pueden detectarse actualmente mediante antisueros para el virus-2 del mosaico de la sandía (rango amplio de reactividad con virus de leguminosas) y mediante el anticuerpo monoclonal antipotyvirus comercializado por AGDIA, modificando la prueba ELISA de manera que permita períodos más prolongados de incubación del conjugado.

El Cuadro 4 muestra el rango de patogenicidad de los seis potyvirus aislados de cuatro especies de Centrosema. Por lo tanto, resulta muy evidente que las especies de Centrosema son susceptibles a un número significativo de diferentes potyvirus de leguminosas. Este resultado demuestra

Cuadro 2. Pruebas serológicas de inmunodifusión doble con cinco aislamientos de potyvirus de Centrosema spp. utilizando cuatro antisueros de virus de leguminosa.

As/Ag	CP-1	SMV-CE	Arachis	Stylosanthes
CP-1	+	-	-	-
CP-2	-	-	-	-
CP-3	-	-	-	-
SQ-15	-	+	-	-
SQ-25	-	-	+	+

claramente la naturaleza susceptible de la mayoría de las leguminosas a un amplio rango de virus y sugiere que se debe prestar considerable atención a la detección oportuna y al control (erradicación) de estos virus en el germoplasma de Centrosema.

Respecto a la transmisión por semilla sexual de los potyvirus de Arachis,

Centrosema y Stylosanthes descritos anteriormente, la VRU tiene evidencia preliminar de pruebas realizadas con cultivares de frijol infectados, que sugieren que el aislamiento CP-3 es altamente transmisible por semilla en Phaseolus vulgaris. El SMV-CE ya se ha reportado como transmisible por semilla en Centrosema spp. y en Phaseolus vulgaris.

Cuadro 3. Estudio comparativo de la patogenicidad de cinco potyvirus aislados de Centrosema spp. y del aislamiento de Centrosema del virus del mosaico de la soya en hospedantes de leguminosa seleccionados.

Cultivar	Aislamientos					
	CP-1	CP-2	CP-3	SQ-15	SQ-25	SMV-CE
Cultivares de frijol:						
Dubbele Witte	L,S*	S	S	S	L,S	S
Stringless Green Refugee	L,S	L,S	S	S	L,S	L,S
Redlands Greenleaf C	L	-	-	-	L	L
Redlands Greenleaf B	-	-	-	-	L	L
Michelite 62	L,S	L	L,S	L	L	L
Sanilac	S	L	L,S	L	L	-
Pinto 114	L	-	L	-	L	-
Monroe	L	L	L	L	L	L,S
Widusa	L,N	-	L,N	-	L,S	L,N,S
Black Turtle Soup	L,N	-	L,N	-	L,S	L,N
Jubila	L	L	L	L	L	L,N
Topcrop	L	-	L,N	-	L,N	-
Amanda	L	-	L	-	L	-
Bontiful	L,S	S	L,S	L,S	L,S	S
Diacol Calima	L,S	S	S	S	S	ne
Cultivares de soya:						
ICA-Linea 121	L,S	L	S	L,S	S	S
Clark	-	-	-	S	-	S
Rampage	-	-	-	L,S	-	S
Davis	-	-	-	-	-	-
York	-	L	-	-	-	-
Marshall	L,S	-	S	-	L,S	-
Ogden	S	L	-	-	S	-
Kwanggyo	-	-	-	-	-	-
Buffalo	-	L	-	-	-	-
Cultivares de caupí:						
Cabecita Negra	S	L,S	S	S	S	S

\* L: lesiones locales en hojas inoculadas; S: infección sistémica; N: necrosis sistémica; -: no infección; ne = no se evaluó.

Cuadro 4. Patogenicidad de seis aislamientos de potyvirus en especies seleccionadas de Centrosema.

Aislamiento de <u>Centrosema</u>	<u>C.acutifolium</u>	<u>C.brasilianum</u>	<u>C.macrocarpum</u>	<u>C.pubescens</u>
CP-1	+ *	+	-	+
CP-2	+	+	-	+
CP-3	+	+	+	+
SQ-15	+	+	+	+
SQ-25	+	+	+	+
SMV-CE	+	+	+	+

\* + = infección sistémica; - = sin infección sistémica; (pruebas EM y serología negativa).

## 7. VIROLOGIA

### RESUMEN

La caracterización de los virus que afectan las leguminosas forrajeras tropicales apenas fue iniciada recientemente, después de la creación de la Unidad de Virología en 1988.

En consecuencia, los mayores esfuerzos se han dirigido a la detección de virus en las principales especies de leguminosas forrajeras recolectadas y transferidas por el Programa de Pastos

Tropicales a los programas nacionales de cooperación. Hasta el momento, se han aislado tres virus distintos y varias cepas relacionadas con los tres principales géneros de leguminosas forrajeras, Arachis, Centrosema y Stylosanthes, con miras a implementar métodos reales de detección de virus para el seguro intercambio y utilización de germoplasma de leguminosas forrajeras tropicales.



## 8. Agronomía Llanos

Durante 1990, la sección Agronomía Llanos continuó con su énfasis de investigación en la evaluación de especies con potencial forrajero y adaptadas al estrés biótico y edáfico del ecosistema "Llanos". Mientras que la mayor parte del trabajo se realizó en el Centro Nacional de Investigaciones ICA - Carimagua, las actividades iniciadas en 1989 en el Centro Regional de Investigaciones ICA - La Libertad, cerca a Villavicencio, se consolidaron y se extendieron a otras zonas del piedemonte llanero. Entre las nuevas actividades de investigación realizadas en Carimagua se destaca el establecimiento de especies forrajeras promisorias en asociación con arroz secano.

### EVALUACION PRELIMINAR (CATEGORIA II) - CARIMAGUA

Debido a la similitud en el comportamiento de la mayor parte de las especies en los sitios de evaluación de "Yopare" (suelo de textura liviana) y "Alcancía" (suelo de textura más pesada), se decidió concentrar los trabajos en "Yopare". En consecuencia, las parcelas ya establecidas en "Alcancía" se están utilizando únicamente para multiplicación de semilla de accesiones promisorias.

En Yopare, la evaluación preliminar incluye arbustos y subarbustos, al igual que especies de leguminosas herbáceas de una amplia gama de géneros (Tabla 1).

Respecto a los ensayos de 1989, el pleno establecimiento de las parcelas sólo se logró en 1990 y hasta el momento, se ha realizado un corte para evaluar la producción de materia seca en estación lluviosa. A manera de ejemplo, las Tablas 2 y 3 presentan información sobre las colecciones de Desmodium velutinum y Flemingia macrophylla, respectivamente. Estos datos preliminares sugieren que en ambas colecciones se dispone ahora de bastante variación, aunque cabe anotar que los respectivos testigos CIAT 13218 y 17407, seleccionados hace varios años en CIAT-Quilichao, son en ambos casos las accesiones más productivas.

El establecimiento de las 19 accesiones de Centrosema arenarium, C. brachypodum y C. capitatum fue deficiente. Además, estuvo considerablemente afectado por el pastoreo frecuente de venados, el cual fue difícil de controlar. La evaluación de estas especies de Centrosema, que hasta ahora son poco conocidas, se repetirá en 1991.

Además de las leguminosas, en 1989 se habían sembrado 45 accesiones de Brachiaria spp. Las plantas se establecieron bien en 1990, pero su evaluación sólo comenzará en 1991, juntos con alrededor de 120 nuevas accesiones de Brachiaria spp.

En relación con germoplasma de leguminosas sembrado en 1990, se implementó un nuevo diseño de parcelas. Estas

Tabla 1. Germoplasma de leguminosas en ensayos de evaluación a nivel de Categoría II en "Yopare", Carimagua, 1990.

Ensayos establecidos en 1989

Ensayos establecidos en 1990

Especies	No. de accesiones	Especies	No. de accesiones
Arbustos y subarbustos:		Arbustos y subarbustos:	
<u>Cratylia argentea</u>	10	<u>Codariocalyx gyroides</u>	27
<u>Desmodium velutinum</u>	59	<u>Desmodium velutinum</u>	48
<u>Desmodium strigillosum</u>	10	<u>Flemingia macrophylla</u>	23
<u>Flemingia macrophylla</u>	42	<u>Tadehagi triquetrum</u>	40
Especies herbáceas:		Especies herbáceas:	
<u>Dioclea guianensis</u>	19	<u>Cajanus scarabaeoides</u>	28
<u>Centrosema spp.</u>	19	<u>Calopogonium mucunoides</u>	30
		<u>Canavalia spp.</u>	170
		<u>Centrosema rotundifolium</u>	5
		<u>Desmodium gangeticum</u>	47
		<u>Periandra sp. nov.</u>	3
		<u>Pseudarthria viscida</u>	33
		<u>Uraria spp.</u>	38

siguen estando compuestas por surcos simples con plantas espaciadas, pero el número de plantas aumentó a 20/parcela y la mitad de la parcela recibe el tratamiento de fertilización recomendada para arroz seco en los Llanos Orientales de Colombia (300 kg/ha de cal dolomítica, 50 de P, 100 de K, 20 de S, 5 de Zn, 80 de N), mientras que la otra mitad recibe la acostumbrada fertilización mínima para el estable-

cimiento de pasturas en Carimagua (20 kg/ha de P, 20 de K, 12 de S y 12 de Mg). Esta innovación en la metodología de evaluación de germoplasma tiene en cuenta el nuevo desarrollo en la región en cuanto al potencial de sistemas integrados de producción de arroz/pasturas y la respectiva demanda futura de especies adaptadas a condiciones de baja fertilidad pero capaces de responder al aumento en la fertilidad del suelo.

Tabla 2. Rendimiento de materia seca y porcentaje de hojas en rebrotes de 3 meses, en una colección de 59 accesiones de Desmodium velutinum durante la época lluviosa 1990 (Yopare, Carimagua).

Accesión CIAT No.	Rendimiento MS (g/planta)	% hojas en MS total	Accesión CIAT No.	Rendimiento MS (g/planta)	% hojas en MS total
13218	69.2	53	13221	31.5	58
13688	60.8	59	23276	31.1	59
13692	56.9	59	23273	31.1	59
33003	53.1	55	13697	30.9	71/
13216	52.5	63	13948	30.7	62
13214	47.8	57	13693	30.6	69
13219	46.7	60	23134	30.5	57
13212	46.1	60	23277	29.0	57
13217	45.5	55	33138	28.5	66
13211	45.3	52	13391	28.3	70
13220	44.9	65-	23083	27.5	61
23133	44.6	55	23135	27.3	60
13213	43.7	55	13952	27.2	54
13147	43.6	56	13676	25.8	63
23271	42.0	54	13526	25.6	62
23085	41.9	61	23325	25.4	59
13215	40.4	59	23157	24.6	50/
13222	40.3	58	23320	23.1	57
23158	38.7	54	23324	23.0	63
13695	38.4	54	13954	22.1	68
23080	37.6	54	23275	21.3	67
23086	36.8	64	23924	21.0	53
23081	36.4	58	23322	20.8	57
13227	35.2	61	23278	20.0	64
23160	34.7	61	23079	19.7	56
13691	34.3	63	13204	19.2	59
23136	34.2	58	13945	18.2	63
13953	33.4	61	13694	17.7	63
23132	33.2	65	13207	11.6	55
13687	32.0	56			
DMS (P<0.05)	23.0		LSD (P<0.05)	23.0	
Promedio ± DE		59.4 ± 4.7	Promedio ± DE		59.4 ± 4.7

Todos los ensayos sembrados en 1990 se establecieron bien. Después de un corte de estandarización, se evaluará en febrero/marzo de 1991 el comportamiento durante la estación seca. Hasta el momento se observa considerable variación intraespecífica, especialmente en Desmodium velutinum, Flemingia macrophylla, Tadehagi triquetrum y Uraria spp.

EVALUACION PRELIMINAR  
(CATEGORIA II) - VILLAVICENCIO

Durante 1990, se agregaron varias colecciones de germoplasma relativamente pequeñas al programa de evaluación preliminar, establecido en 1989 en el Centro Regional de Investigaciones ICA - La Libertad, cerca a Villavicencio (Tabla 4). Estas incluyen las siguientes especies, las cuales se cree

Tabla 3. Rendimiento de materia seca y porcentaje de hojas en rebrotes de 3 meses, en una colección de 41 accesiones de Flemingia macrophylla durante la época lluviosa 1990 (Yopare, Carimagua).

Accesión CIAT No.	Rendimiento MS (g/planta)	% hojas en MS total
17407	165.9	44
17411	164.9	40
17405	161.3	41
17404	160.7	43
7184	160.2	50
19801	147.1	43
17400	147.0	44
19824	141.1	44
17412	140.6	42
20618	137.4	45
18440	137.3	44
20624	137.2	44
20621	137.1	46
19457	136.2	41
17413	135.0	42
19454	132.8	52
17409	131.3	48
17403	130.4	42
20636	129.1	46
20623	124.4	46
20744	121.5	42
20617	119.9	47
20631	119.0	46
20622	112.8	41
19797	108.6	45
801	107.1	40
20616	102.6	48
19799	101.4	40
18437	92.0	40
19453	90.4	44
19798	85.5	44
21248	82.3	47
20979	74.2	50
20973	63.1	49
21086	51.1	52
18438	50.6	45
20976	50.5	46
17401	47.0	56
20977	41.9	46
20972	35.1	48
20980	20.5	43
DMS (P<0.05)	45.1	
Promedio $\pm$ DE		45.0 $\pm$ 3.5

que poseen un potencial particularmente alto para la región del piedemonte llanero: Arachis pintoi, Centrosema rotundifolium (una especie anficár-pica), Cratylia argentea, y especies de Pueraria diferentes a P. phaseoloides. El germoplasma de Desmodium ovalifolium es una colección representativa ("core collection") de la especie, reunida con base en información de evaluaciones preliminares previas en CIAT-Quilichao e información agroclimática de los sitios de origen de la colección total de D. ovalifolium.

Para los ensayos establecidos en 1989, la evaluación comenzó en 1990. A manera de ejemplo de información preliminar, la Tabla 5 presenta los rendimientos de materia seca, obtenidos en estación lluviosa, de 30 accesiones de Panicum maximum que originalmente habían sido seleccionadas en Carimagua. Vale la pena destacar que las accesiones de mayor rendimiento CIAT 6799 y 5944 también sobresalen en Carimagua por su productividad y tolerancia a suelos ácidos. En relación con la colección de P. phaseoloides, las accesiones CIAT 17286, 17288, 17293, 17315, 17321, 17466, 17766, 18379, 18382, 18384, 19814 y 20322 son, al parecer, especialmente promisorias, dadas su cobertura del suelo y productividad.

El ensayo de Centrosema pubescens forma parte de un experimento multilocacional en el cual se comparan 23 accesiones de C. pubescens tolerantes a suelos ácidos con los testigos CIAT 413 y 438, y con C. acutifolium y C. macrocarpum. Hasta el momento, CIAT 15150 y 15160 son las accesiones que más se destacan.

Respecto a las siembras de 1990, la Tabla 6 presenta el porcentaje de cobertura del suelo de ocho accesiones de Arachis pintoi, a los tres meses de la siembra. Aparentemente, la pequeña colección de la que se dispone hasta ahora, no contiene ninguna accesión con un establecimiento más rápido que el testigo CIAT 17434 (cv. Amarillo en Australia).

Tabla 4. Germoplasma de especies forrajeras en ensayos de evaluación a nivel de Categoría II en La Libertad, Villavicencio, 1990.

Ensayos establecidos en 1989		Ensayos establecidos en 1990	
Especie	No. de accesiones	Especie	No. de accesiones
<u>Panicum maximum</u>	30	<u>Arachis pintoi</u>	8
<u>Pueraria phaseoloides</u>	163	<u>Centrosema rotundifolium</u>	6
<u>Centrosema pubescens</u>	27	<u>Cratylia argentea</u>	11
		<u>Desmodium ovalifolium</u>	28
		<u>Periandra</u> sp. nov.	4
		<u>Pueraria</u> spp.	14

#### OTRAS EVALUACIONES BAJO CORTE

Desde Villavicencio, se conduce una serie de ensayos regionales tipo B de la RIEPT (Tabla 7). De éstos, los tres ensayos establecidos en 1987 concluyeron en 1990, después de evaluaciones durante dos estaciones secas y dos estaciones lluviosas. Los datos se están analizando actualmente. Ellos indican un comportamiento superior de Stylosanthes guianensis var. pauciflora, S. capitata y Desmodium ovalifolium durante los períodos secos y lluviosos, mientras que el crecimiento de Arachis pintoi fue muy pobre bajo las condiciones de suelo infértil de los tres sitios.

Mientras que los ensayos regionales establecidos en 1987 y en 1989 se ubican en sitios de altillanura entre Puerto López y Puerto Gaitán, y en Carimagua, los cuatro ensayos establecidos en 1990 se ubican en el piedemonte (Iracá y Paratebuena - el segundo en transición a altillanura) y en altillanura en la región del Ariari (2 ensayos cerca a Puerto Lleras). La metodología de estos nuevos experimentos tiene en cuenta modificaciones recientes en el diseño, consistentes en la adición de parcelas para producción de semilla y cambios en cuanto a los

procedimientos de establecimiento y evaluación de especies arbustivas.

Los cinco ensayos de Centrosema acutifolium en relación con Factor X se establecieron en sitios en donde anteriormente C. acutifolium cv. Vichada (CIAT 5277) había sido seriamente afectado por el síndrome del "Factor X", y su objetivo es verificar la resistencia de la accesión CIAT 15086.

Las 34 accesiones de Brachiaria spp. sembradas en Carimagua y Villavicencio se habían seleccionado en una evaluación previa de un total de 265 accesiones, realizada en Carimagua. En el presente ensayo se están evaluando su productividad, valor nutritivo y tolerancia al salivazo. Los datos obtenidos en ambos sitios durante la primera evaluación realizada en la estación lluviosa de 1990, se están analizando actualmente.

#### EVALUACION BAJO PASTOREO (CATEGORIA III) - CARIMAGUA

##### Selección natural de Centrosema brasilianum en sabana nativa

La evaluación de 9 accesiones seleccionadas de C. brasilianum en asociación con Andropogon gayanus y Brachiaria

Tabla 5. Rendimiento de materia seca del rebrote de 3 meses, de 30 accesiones seleccionadas de Panicum maximum durante la época lluviosa 1990 en La Libertad, Villavicencio.

Accesión CIAT No.	Rendimiento MS (g/planta)
6799	252.3
6944	234.3
6299	150.0
6172	142.0
6798	143.6
6506	139.6
16065	131.6
685	139.0
16042	124.3
16021	112.5
696	100.6
16024	109.0
698	93.0
6177	91.6
6837	81.0
6899	73.6
6589	80.6
6904	60.0
16032	65.0
6629	55.3
6171	52.0
6536	47.3
6908	47.0
6973	48.0
6988	44.6
16019	42.6
6949	39.6
6971	29.0
6951	23.6
661	17.6
LSD (P < 0.05)	84.5

dictyoneura mostró poca persistencia de la leguminosa bajo pastoreo. Se presume que esto se debió a la interacción entre el añublo foliar por Rhizoctonia (RFB), el ataque de insectos chupadores (como Cyrtocapsus sp.), la competitividad de las gramíneas asociadas, y el efecto de pastoreo. En vista de las dificultades metodológicas obvias a

Tabla 6. Cobertura del suelo de una colección de 8 accesiones de Arachis pintoii tres meses después del establecimiento de plántulas a distancias de 0.50 x 0.50 m (La Libertad, Villavicencio, 1990).

Accesión CIAT No.	Porcentaje cobertura suelo
17434 (cv. Amarillo)	85.3 a
18751	68.8 b
18478	68.8 b
18752	65.0 bc
18745	61.3 bc
18744	58.8 bcd
<u>Desmodium ovalifolium</u> 13089 (testigo)	56.3 bcd
18746	50.0 cd
18747	42.5 d

a, b, c, d: P < 0.05

nivel de Categoría II respecto a la evaluación de la resistencia de C. brasilianum a enfermedades e insectos, la evaluación bajo pastoreo parece ser el medio más indicado en el proceso de selección de esta especie.

En consecuencia, se diseñó y estableció un experimento en el cual se sembró en franjas en sabana nativa, una mezcla de aproximadamente 200 accesiones de C. brasilianum (se incluyeron todas las accesiones con 5 g de semilla disponibles). Después de dos años de pastoreo, se pretende recolectar semilla de todas las plantas que hayan sobrevivido el estrés causado por el suelo, clima, plagas y enfermedades, competencia por parte de la vegetación asociada (sabana), y efecto de pastoreo. El conjunto de la semilla eventualmente cosechada conformará una variedad sintética compuesta de un número desconocido de accesiones de identidad desconocida, la cual se podrá comparar

Tabla 7. Ensayos multilocacionales de evaluación agronómica en los Llanos Orientales (1990).

Año de establecimiento	Tipo de ensayo	Sitio
1987	RIEPT Ensayo Regional B	Maracay Malibú Pizano
1989	RIEPT Ensayo Regional B	Carimagua Mata Azul Maracaibo El Capricho
1989	Selecciones de <u>Brachiaria</u> spp.	Carimagua La Libertad
1990	RIEPT Ensayo Regional B	Puerto Lleras 1 Puerto Lleras 2 Iracá Paratebueno
1990	<u>Centrosema acutifolium</u> - Factor X	Carimagua - Yopare Carimagua - Acuario Iracá Tanané La Petriba

posteriormente bajo pastoreo con accesiones élite ya conocidas.

Flemingia macrophylla en asociación con Brachiaria spp.

El principal objetivo de este experimento es determinar si el consumo alto, durante la estación seca y en asociación con sabana nativa, de F. macrophylla que fue observado en un ensayo anterior, también se mantiene en asociaciones con las dos especies de Brachiaria más comunes en los Llanos de Colombia, B. decumbens y B. humidicola.

Desafortunadamente, durante el primer período de pastoreo en estación seca

(febrero de 1990), se presentó una considerable precipitación que ocasionó el rebrote de las gramíneas y, como consecuencia, un consumo muy bajo de la leguminosa por novillos fístulados. Se espera que la próxima estación seca sea más representativa.

Accesiones seleccionadas de Brachiaria brizantha y Panicum maximum en asociación con Centrosema acutifolium CIAT 5568

En "Alcancía", se sembraron por medio de material vegetativo cuatro accesiones seleccionadas de B. brizantha (CIAT 6690, 16126/16338, 16827/16829 y el cv. Marandú como testigo) y cinco de

P. maximum (CIAT 6177, 6799, 6973, 6944 y 16042), en un total de 36 parcelas de 20 x 25 m cada una, y se asociaron con C. acutifolium CIAT 5568. Una vez bien establecidas todas las parcelas, las asociaciones se someterán a dos presiones de pastoreo contrastantes. El objetivo del experimento es seleccionar, para futuros ensayos de producción animal, dentro de estas dos importantes gramíneas accesiones persistentes, que sean tolerantes a Oxisoles y compatibles con C. acutifolium.

#### EVALUACION BAJO PASTOREO (CATEGORIA III) - VILLAVICENCIO

#### Selección natural de Centrosema macrocarpum en asociación con Brachiaria dictyoneura

Centrosema macrocarpum es una leguminosa promisoria en ambientes húmedos y subhúmedos. Una gran proporción de la colección de esta especie tiene una excelente adaptación a suelos ácidos y de baja fertilidad, es tolerante a enfermedades y plagas, y ha demostrado ser muy productiva bajo corte. Sin embargo, en varios ensayos de pastoreo, las accesiones seleccionadas han mostrado poca persistencia. Resulta obvio que en la etapa de Categoría II existan dificultades metodológicas con respecto a la evaluación adecuada de los atributos de la planta relacionados con la persistencia de la leguminosa en asociación con una gramínea y bajo pastoreo. Otra dificultad con respecto a la identificación de accesiones individuales y promisorias de C. macrocarpum es que la especie es principalmente de polinización cruzada.

En consecuencia, se diseñó y estableció un experimento de selección natural en Iracá, San Martín, en colaboración con la Secretaría de Agricultura del Meta. Allí, se mezclaron aproximadamente 300 accesiones, una porción importante de la colección de C. macrocarpum de CIAT (todas las accesiones con 25 g de semilla disponible), y se sembraron al

voleo con Brachiaria dictyoneura, en una parcela de 2 ha. En forma similar al experimento de selección natural con C. brasilianum en Carimagua, el objetivo, después de dos años de pastoreo, es recolectar semilla de todas las plantas que hayan sobrevivido el estrés causado por el suelo, clima, plagas y enfermedades, competencia por parte de la gramínea asociada, y efecto de los animales en pastoreo. El conjunto de la semilla eventualmente cosechada conformará una variedad sintética compuesta de un número desconocido de accesiones de identidad desconocida, la cual se podrá comparar posteriormente bajo pastoreo con accesiones élite ya conocidas.

#### ESTABLECIMIENTO DE PASTURAS

#### Establecimiento de germoplasma de gramíneas y leguminosas promisorias mediante un cultivo de arroz secanc en Carimagua

Se realizó un experimento en "Yopare", en el que se sembraron simultáneamente siete accesiones promisorias de gramíneas y siete de leguminosas, con una de las nuevas líneas de arroz seco tolerantes a suelos ácidos (línea 23), aplicando la fertilización recomendada para arroz seco en la altillanura (300 kg/ha de cal dolomítica, 50 de P, 100 de K, 20 de S, 5 de Zn y 80 de N), en comparación con las mismas gramíneas y leguminosas solas recibiendo la fertilización mínima recomendada para el establecimiento de pasturas en la altillanura (20 kg/ha de P, 20 de K, 12 de S, 12 de Mg y, para las gramíneas, 40 de N). La Tabla 8 muestra que, en ningún caso, la siembra simultánea de las especies forrajeras afectó los rendimientos del arroz, los cuales fueron aceptablemente altos (2.3-3.0 t/ha). La Tabla 9 muestra los rendimientos de MS de las especies forrajeras en el momento de la cosecha del arroz. Los muestreos continuarán a intervalos de 2-3 meses, con el fin de evaluar el efecto residual de la fertilización de arroz.



Tabla 8. Rendimiento de grano y densidad de panículas de arroz sembrado simultáneamente con gramíneas y leguminosas forrajeras ("Yopare", Carimagua, 1990).

Especies forrajeras asociadas	No. de accesión CIAT	Rendimiento (kg/ha)	Densidad de panículas (No./m <sup>2</sup> )
<u>Panicum maximum</u>	673	3025 a	176 ab
<u>Brachiaria brizantha</u>	26646	2912 ab	170 ab
<u>Andropogon gayanus</u>	621	2842 ab	180 ab
<u>Brachiaria dictyoneura</u>	6133	2744 ab	178 ab
<u>Brachiaria brizantha</u>	6780	2732 ab	156 bc
<u>Panicum maximum</u>	6799/6944	2725 ab	173 ab
<u>Brachiaria decumbens</u>	606	2653 ab	200 ab
<u>Arachis pintoi</u>	17434	3004 ab	182 ab
<u>Centrosema acutifolium</u>	5277	2862 ab	162 ab
<u>Stylosanthes capitata</u>	10280	2860 ab	199 ab
<u>Centrosema acutifolium</u>	15086	2561 ab	209 a
<u>Centrosema macrocarpum</u>	5713	2554 ab	185 ab
<u>Desmodium ovalifolium</u>	13089	2452 ab	190 ab
<u>Pueraria phaseoloides</u>	18031	2327 b	151 bc
Arroz solo		2512 ab	195 ab
Arroz solo, con fertilización para pasturas		1144 c	107 c

a, b, c: P < 0.05

Tabla 9. Rendimiento de materia seca de gramíneas y leguminosas forrajeras en cultivo puro y en asociación con arroz sembrado simultáneamente, con fertilización para pasturas y para arroz, respectivamente.

Especies forrajeras	No. de accesión CIAT	----- Rendimiento de MS (kg/ha) -----	
		Forraje solo, con fertilización para pasturas	Forraje con arroz, con fertilización para arroz
<u>Andropogon gayanus</u>	621	1346 a	1123 a
<u>Brachiaria dictyoneura</u>	6133	258 cd	184 b
<u>Brachiaria decumbens</u>	606	959 ab	408 b
<u>Brachiaria brizantha</u>	6780	710 bc	387 b
<u>Brachiaria brizantha</u>	26646	760 bc	368 b
<u>Panicum maximum</u>	673	201 d	172 b
<u>Panicum maximum</u>	6799/6944	409 cd	112 b
Promedio de gramíneas		663 A	393 B
<u>Stylosanthes capitata</u>	10280	388 ab	640 a
<u>Arachis pintoii</u>	17434	59 b	44 c
<u>Centrosema acutifolium</u>	5277	180 ab	263 bc
<u>Centrosema acutifolium</u>	15086	325 ab	391 ab
<u>Centrosema macrocarpum</u>	5713	361 ab	623 a
<u>Desmodium ovalifolium</u>	13089	469 a	321 abc
<u>Pueraria phaseoloides</u>	18031	509 a	387 ab
Promedio de leguminosas		327 A	381 A

a,b,c : P < 0.05 en la misma columna, separado para gramíneas y leguminosas

A,B,C : P < 0.05 en la misma línea

## 8. AGRONOMIA LLANOS

### RESUMEN

Durante 1990 se sembraron en Carimagua nuevas colecciones de cuatro leguminosas arbustivas comprendiendo Codariocalyx gyroides, Desmodium velutinum, Flemingia macrophylla y Tadehagi triquetrum. De estas especies se establecieron un total de 138 accesiones, para evaluación preliminar a nivel de Categoría II y para evaluación de su respuesta a niveles de fertilización de arroz de secano, junto con un total de aproximadamente 300 accesiones nuevas de una serie de leguminosas herbáceas. Además, se agregaron a la colección de Brachiaria en Carimagua unas 120 nuevas accesiones.

Respecto a las especies establecidas en 1989, las primeras evaluaciones de estación lluviosa indican excelente adaptación y considerable variación en las colecciones de Flemingia macrophylla, Desmodium strigillosum, D. velutinum, Cratylia argentea y Dioclea guianensis.

En cuanto a la evaluación agronómica bajo condiciones de pastoreo (Categoría III), se establecieron dos nuevos ensayos: un experimento de selección natural con una mezcla de casi 200 accesiones de Centrosema brasilianum, sembradas en franjas en sabana nativa, y un experimento con (a) cuatro accesiones seleccionadas de Brachiaria brizantha tolerantes a salivazo, y (b) cinco accesiones seleccionadas de Panicum maximum tolerantes a suelo ácido. Estas gramíneas se sembraron en asociación con Centrosema acutifolium como leguminosa común.

Dentro del marco de sistemas integrados de arroz/pasturas, se realizó un ensayo de establecimiento de pasturas en Carimagua, con las siete accesiones de gramíneas y siete de leguminosas más

promisorias, sembradas simultáneamente con una línea de arroz de secano tolerante a suelos ácidos y utilizando la fertilización recomendada para arroz. Ninguna de las especies de forrajeras afectó el rendimiento del arroz, que varió de 2.3-3.0 t/ha (arroz solo: 2.5 t/ha).

En Villavicencio, las actividades de evaluación a nivel de Categoría II iniciadas en 1989, aumentaron en La Libertad. Actualmente hay 325 accesiones de gramíneas y leguminosas sembradas, representando por lo menos 10 especies diferentes. Las colecciones de P. maximum, Brachiaria spp., Pueraria phaseoloides y Centrosema pubescens, establecidas en 1989, muestran variación considerable.

Respecto a siembras efectuadas en 1990, en una colección de 8 accesiones de Arachis pintoi ninguno de los nuevos materiales resultó de un vigor de establecimiento (cobertura del suelo) superior a CIAT 17434 (cv. Amarillo en Australia).

También en el piedemonte llanero, se estableció en Iracá, San Martín, un ensayo de pastoreo a nivel de Categoría III, con el objetivo de una selección natural en una mezcla de 300 accesiones de Centrosema macrocarpum en asociación con Brachiaria dictyoneura (cv. Llanero).

Además, se establecieron durante 1990 cuatro nuevos Ensayos Regionales Tipo B de la RIEPT, en la región del Ariari y en el piedemonte llanero, en fincas ubicadas entre Puerto Lleras (Meta) y Paretobueno (Cundinamarca). Con estos nuevos ensayos, son siete los ER-B que la sección está realizando desde Villavicencio.

# 40519

## 9. Agronomía Cerrados

### 1. LOCALIZACION

El campo experimental del proyecto colaborativo EMBRAPA/CPAC-IICA-CIAT se encuentra localizado en el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) perteneciente a la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA). El CPAC está situado en Planaltina-DF, a 40 km de Brasília, sobre la ruta BR-20. La estación experimental posee 3500 ha localizadas a 15°C 35' 30" de latitud S y 47°C 42' 30" de latitud O, a 1000 msnm.

Los miembros del equipo EMBRAPA-CPAC, involucrados directamente en la evaluación de germoplasma, selección y multiplicación de semillas son: Mário Sôter Franca-Dantas, Marco Antonio de Souza, Maria Alice S. Oliveira, Maria José d'Avila Charchar, Luiz Carlos B. Nasser, Claudio Takao Karia y Marcelo Ayres Carvalho.

### 2. HISTORICO DEL AREA

#### 2.1 Area 1: "Bajos"

El área de aproximadamente 3000 m<sup>2</sup> se encuentra localizada a 920 msnm en un suelo hidromórfico (Cuadro 1). La vegetación natural es característica de campos bajos (predominando ej: ciperáceas, arbustivas y "buriti" - Mauritia vinífera).

#### 2.2 Area 2: Campo de "Cerrado"

El área de aproximadamente seis ha se encuentra a 1000 msnm en un suelo cla-

sificado como latosol-rojo-oscuro (Cuadro 2).

La vegetación natural es considerada característica del "Cerrado" que consiste en una cobertura herbácea continua, de 50-70 cm de altura y un extracto discontinuo constituido de árboles y arbustos de tallos retorcidos, corteza gruesa y en muchas especies con hojas grandes y coriáceas.

### 3. CLIMA DE LA REGION

El clima de la región es considerado como tropical estacional (Aw, según Koeppen) correspondiendo al ecosistema de "Cerrado". La precipitación media de 1555 mm. El período seco y lluvioso se encuentra bien definido, ocurriendo el 90% de las lluvias entre los meses de Octubre-Abril (Figura 1). Una característica típica es que durante el período lluvioso normalmente se presenta un período seco "veránico" de duración e intensidad variable.

La precipitación del presente año agrícola tuvo variaciones importantes con relación a la media de los últimos 12 años (Figura 1).

### 4. TRABAJOS REALIZADOS: PREPARACION DEL AREA EXPERIMENTAL

#### 4.1 Area 1: "Bajos"

La preparación del terreno fue realizada en Septiembre de 1989 con auxilio de un microtractor. El combate de malezas fue realizado manualmente en forma

Cuadro 1. Características físico-químicas del suelo del bajo (0-20 cm)

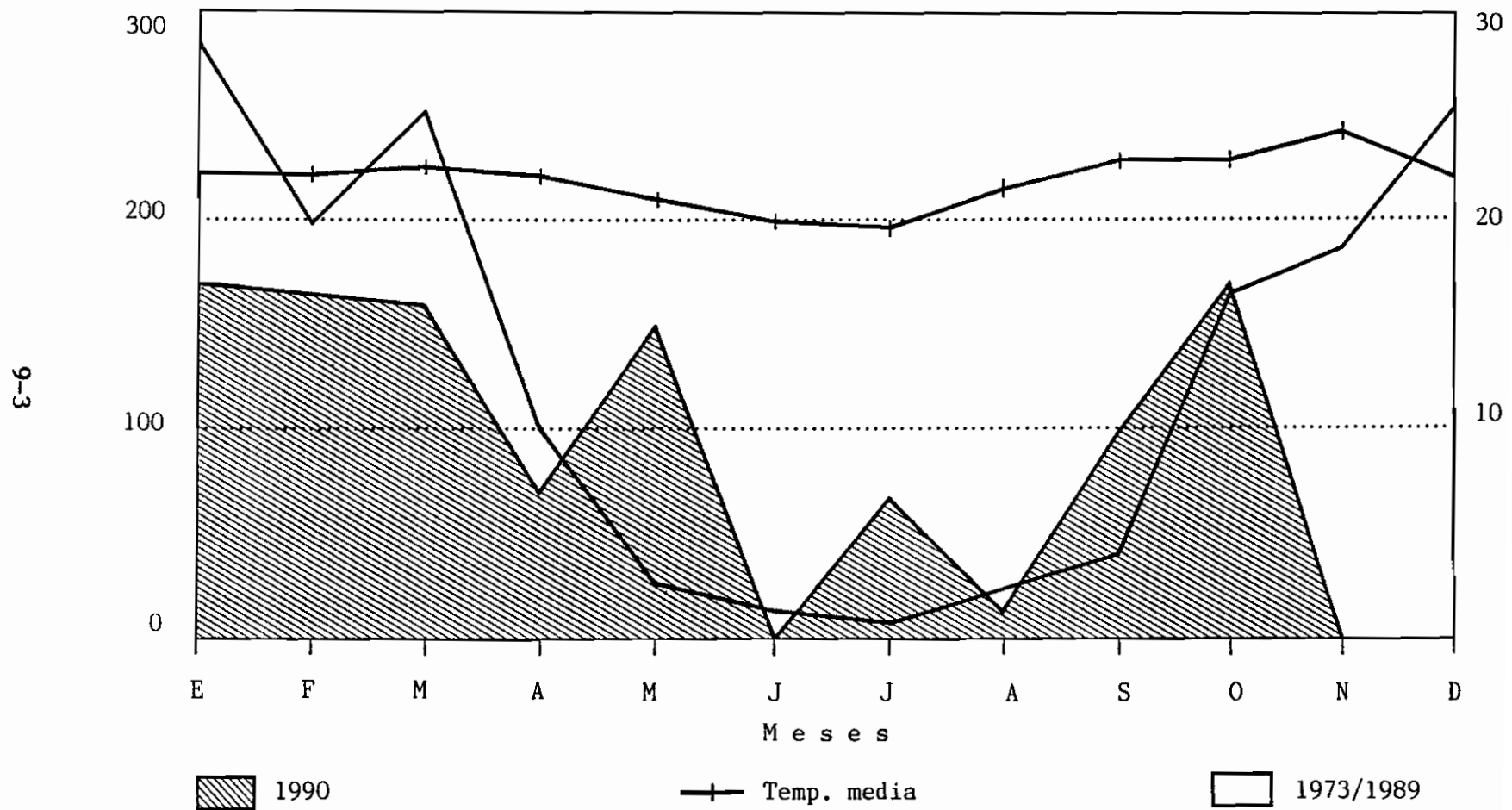
Rango	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Al - me/100 ml -	Ca+Mg ml -	P* ug/ml	MO (%)
Mínimo	17	9	42	5.4	0.14	2.84	2.3	2.7
Máximo	49	15	69	5.8	0.48	4.04	5.3	3.0

\* Mehlich

Cuadro 2. Características físico-químicas del área experimental: "Cerrado"

Profundidad (cm)	Arena (%)	Limo (%)	Arcilla (%)	pH (H <sub>2</sub> O)	Sat. Al (%)	MO (%)	N (%)	P* ug/ml
0- 20	18	20	62	5.9	62	3.0	0.25	0.8
20- 40	17	19	64	6.2	45	2.2	0.21	0.7
40- 60	16	18	66	6.2	22	1.5	0.18	0.6
60- 80	17	19	64	6.2	11	1.2	0.20	0.6
80-100	17	14	69	6.2	6	1.0	0.26	0.6

\* Mehlich



CPAC/SET.1990

Figura 1. Características climáticas de la región.

periódica antes y después del plantío.

Con excepción del calcáreo que fue distribuido mecánicamente el resto del fertilizante utilizado fue aplicado manualmente al voleo.

El diseño experimental utilizado es de bloques al azar con dos repeticiones y dos niveles de fertilidad (Cuadro 3).

Cuadro 3. Niveles de fertilidad utilizados en el área experimental

Elemento	Niveles de fertilidad	
	Nivel 1	Nivel 2
	--- kg/ha <sup>-1</sup> ---	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> *	80	200
K <sub>2</sub> O	60	100
FTE **	30	60
Zn	2	2
Calcáreo (PRNT 100%):		
- "Bajo"	600	--
- "Cerrado"	1700	3000
-----		
% de saturación	25	40

\* 60 kg/ha<sup>-1</sup> fueron aplicados en línea para ambos niveles en el momento de la siembra

\*\* FTE = Zn + B + Cu + Fe + Mn + Mo

A finales de Enero de 1990 fueron establecidas por material vegetativo 33 accesiones de Arachis spp en parcelas de 3x2 m con cinco plantas distanciadas a 0.5 m en la línea (Cuadro 4).

#### 4.2 Area 2: Campo de "Cerrado"

En Agosto de 1989 fue iniciada la preparación del área. Los trabajos realizados (tractor de lámina), quema, construcción de curvas de nivel, arada, fertilización y compactación.

Una vez liberado el germoplasma por CENARGEN (19-I-1990) y pasado el "veranico" fue realizado el plantío (7 al 23 de Febrero) del germoplasma forrajero (Cuadros 5, 6, 7 y 8) en bloques al azar, dos repeticiones y dos niveles de fertilidad (Cuadro 3).

### 5. EVALUACION AGRONOMICA DEL GERMOPLASMA FORRAJERO

#### 5.1 Leguminosas

##### a) Arachis spp

En el germoplasma sembrado vegetativamente (Cuadro 4) fueron realizadas observaciones de sobrevivencia del número de plantas sembradas, evaluación agronómica durante el período de establecimiento, plagas/enfermedades así como a mitad y final del período saco. En esta última se incluyó producción de semillas.

Los principales resultados se citan a continuación:

Por sobrevivencia durante los primeros 168 días desde el plantío se destaca el germoplasma listado en el Cuadro 9.

Las evaluaciones agronómicas a mitad y final del período seco se muestran en los Cuadros 10 y 11.

Los materiales de mayor destaque fueron analizados para digestibilidad y relación tallo:hoja. El Cuadro 12 muestra los resultados preliminares. Puede observarse que los valores medios de DIVMS son relativamente altos y semejantes entre hojas y tallos. Por otro lado, también existe en los ecotipos mencionados una buena relación hoja: tallo.

Un análisis completo de la DIVMS de tallos y hojas de todas las accesiones en evaluación se llevará a cabo con la producción acumulada del primer rebrote del próximo período lluvioso (Octubre-Diciembre).

Cuadro 4. Accesiones de *Arachis* spp en evaluación

Espece	No. BRA						
<u>A. glabrata</u>	11819	- 11878	- 12076	- 12092	- 12165	- 12874	
	12882	- 12891	- 12904	- 15636	- 16292	- 17531	
	17566	- 17639	- 17761	- 18082	- 20559	- 20567	
	20575a	- 20575b	- 20583	- 20591			
<u>A. repens</u>	12116						
<u>A. pintoi</u>	13251*	- 14931	- 15121	- 15253a	- 15253b	- 15598	
Sin identificar	0032	- 0033	- 0043	- 0045			

\* CIAT 17434 / CPAC 2597

Cuadro 5. Accesiones de *Calopogonium mucunoides* en evaluación

Espece	CIAT No.							
<u>C. mucunoides</u>	709	710	729	739	741	760	770	793
	822	825	826	830	831	838	858	879
	884	885	886	887	891	892	893	896
	911	943	951	985	4035	4043	7104	7105
	7106	7107	7108	7109	7110	7111	7112	8113
	7114	7115	7116	7117	7118	7119	7120	7121
	7122	7123	7124	7299	7300	7301	7302	7303
	7367	7416	7457	7722	7980	7981	7982	7983
	8043	8075	8113	8115	8116	8117	8118	8120
	8125	8129	8131	8133	8208	8350	8353	8365
	8517	8518	8544	8705	8706	8707	8708	8709
	8839	8978	8980	8983	8985	9103	9104	9111
	9124	9150	9161	9185	9187	9243	9268	9294
	9332	9342	9450	9892	9901	9905	17372	17373
	17374	17375	17376	17512	17513	17546	17785	17786
	17787	17851	17856	17886	17887	17934	17995	18065
	18066	18099	18100	18101	18102	18103	18104	18105
	18106	18107	18108	18109	18294	18295	18296	18297
	18298	18299	18300	18301	18302	18471	18557	18559
	18564	18567	18568	18767	18995	18997	18998	18999
	19900	19240	19243	19244	19245	19246	19248	19249
	19250	19503	19504	19505	19506	19509	19510	19511
	19513	19519	19520	19522	19523	19532	19812	20123
	20124	20156	20159	20324	20329	20335	20337	20338
	20340	20341	20567	20673	20674	20675	20676	20709
	20710	20845	20846	20847	20849	20914	CONTR	



Cuadro 6. Accesiones de *Centrosema* spp en evaluación

Especie	CIAT No.							
<u>C. acutifolium</u>	5112	5118	5277	5278	5564	5568	5597	5609
	5610	5611	15084	15086	15088	15222	15223	15248
	15249	15281	15283	15287	15291	15292	15353	15445
	15446	15447	15448	15530	15531	15532	15533	15812
	15813	15814	15815	15816	15950	25155	25230	
<u>C. tetragonolobum</u>	15087	15089	15440	15441	15442	15443	15444	15836
	15838	15839	15840					
<u>C. brasilianum</u>	5178	5234	5486	5657	5667	5671	5725	5810
	5828	15520	15521	15522	15524	15525	15526	15527
	15387							

Cuadro 7. Accesiones de *Desmodium heterocarpon* en evaluación

Especie	CIAT No.							
<u>D. heterocarpon</u>	365	3116	3653	3669	3678	3687	3700	3790
	3843	13178	13179	13180	13181	13189	13288	13351
	13377	13379	13381	13508	13509	13510	13512	13513
	13519	13663	13944	13956	13958	13961	13966	13977
	23043	23044	23054	23059	23061	23063	23204	23206
	23211	23888	23889	23896	23898	33037	33041	33045
	33051	33141						
<u>Stylosanthes scabra</u>	4	1009	1522	1526	1926	2808	2818	

Cuadro 8. Accesiones de *Paspalum* spp en evaluación

Especie	BRA No.							
<u>Paspalum</u> spp	3450	4898	6670	9024	9067	9211	9369	9415
	9610	9644	9652	9679	9687	9695	10154	10537
	11053	11215	11274	11479	11509	11720	12173	12238
	12416	12521	12700	12874	12980	12912	12939	13030
	13048	13293	13307	13311	13391	13404	13455	14168
	14839	14451						

Cuadro 9. Germoplasma de Arachis spp que no hubo necesidad de ser replantado

BRA No.						
33*	-	11878	-	12874	-	13251 - 14931
15121	-	15253a	-	15253b	-	15598

\* Primeros 168 días

Cuadro 10. Evaluación agronómica de Arachis spp en la mitad del período seco

Grado de adaptación	Niveles de Fertilidad	
	Nivel 1	Nivel 2
Excelente	15253*	15253
Bueno	33 - 45 - 15598	33 - 45
Bueno-regular	43 - 12116	43 - 13251 - 14931 15598
Regular	32 - 11819 - 11878 12157 - 13251 - 14931 15121 - 17531	32 - 1819 - 12116 17531 - 15121
Mal	12076 - 12092 - 12165 12874 - 12882 - 12891 12904 - 15636 - 16292 17566 - 17639 - 17761 18082 - 20559 - 20567 20575 - 20583 - 20591	11878 - 12076 - 12092 12157 - 12165 - 12874 12882 - 12891 - 12904 15636 - 16292 - 17566 17639 - 17761 - 18082 20559 - 20567 - 20575 20583 - 20591

\* No. BRA

Cuadro 11. Evaluación agronómica de Arachis spp al final del período seco

Grado de adaptación	No. BRA	Grado de floración*
Excelente	15253b	2
Muy bueno	33-45-13251-15598	2
	15253a	1

\* 1 = inicio  
2 = abundante CPAC: IX-1990

Cuadro 12. Digestibilidad y relación tallo:hoja en Arachis pintoi

Ecotipo No. BRA	* DIVMS (%)		Relación
	Tallo	Hoja	Tallo : Hoja
33	59	60	1.16 : 1
13251	64	60	1.07 : 1
15253b	68	63	0.82 : 1
15598	61	59	0.99 : 1

\* 168 días de crecimiento

b) Calopogonium mucunoides

Fueron plantados 215 ecotipos de Calopogonium mucunoides (Cuadro 5) con dos repeticiones y dos niveles de fertilidad (Cuadro 3).

A continuación se presenta un resumen de los principales resultados obtenidos entre el período de siembra y el primer período seco.

El Cuadro 13 presenta el porcentaje de contribución de germoplasma por países siendo Brasil, Colombia, Venezuela y Panamá los que registran los mayores valores.

Una de las características agronómicas observadas desde el período de estable-

cimiento fue el diferente grado de pilosidad entre ecotipos, formando dos grandes grupos: uno de alta pilosidad donde se encuentra también el testigo, que representa el 78% de la colección recibida y el otro grupo, de baja pilosidad que ocupa el 22% (Cuadro 14).

Cuadro 13. Distribución de los centros de origen del germoplasma en evaluación de Calopogonium mucunoides

Centro de origen	Número de ecotipos	Porcentaje
Colombia	55	25.6
Brasil	49	22.9
Venezuela	32	14.9
Panamá	29	13.6
Indonesia	18	8.4
México	7	3.3
Perú	6	2.8
Malasia	5	2.3
Bolivia	2	0.9
China	2	0.9
Cuba	1	0.5
Belice	1	0.5
Ecuador	1	0.5
Guatemala	1	0.5
Montserrat	1	0.5
FAO/ITA	1	0.5
Desconocido	3	1.4

Cuadro 14. Distribución del grado de pilosidad en 215 ecotipos de Calopogonium mucunoides

Pilosidad	Número de ecotipos	Porcentaje
Baja (B)	47	22
Alta (A)	167 +testigo	78
Total	215	100

Calopogonium mucunoides mostró durante el primer año una gran diferencia en el grado de floración como puede observarse en la Figura 2.

Los materiales precoces florecieron a 95 días desde la siembra, los intermedios con 123 días desde la siembra y los tardíos a 151 días.

Es interesante ver (Cuadro 15) que de los 35 ecotipos precoces, 33 son de alta pilosidad. Semejante es el resultado para los de floración tardía (Cuadro 16) donde el 100% de los ecotipos son del tipo de alta pilosidad. Lo contrario sucede para los ecotipos que no florecieron hasta finales de Agosto (Cuadro 17) donde el 76% son ecotipos de baja pilosidad y apenas un 24% de alta pilosidad.

Finalmente, el Cuadro 18 resume los ecotipos preseleccionados en primera instancia para cada uno de los niveles de fertilidad utilizados. Como era lógico de esperar hay un mayor número de accesiones en el nivel más alto de fertilidad 17 vs 10 en el nivel inferior. Las únicas dos accesiones comunes en ambos niveles son CIAT No. 8995 y 20845.

Se espera en el presente año sembrar parcelas de mayor tamaño del germoplasma listado en el Cuadro 18 para estudios agronómicos y fenológicos más detallados.

### c) Centrosema spp

Es muy prematuro emitir conclusiones en el género Centrosema. El material bajo evaluación (Cuadro 6) ha pasado bien el período "seco" del presente año agrícola que tuvo una precipitación 100% superior a la media de los últimos 17 años para el período Mayo/Septiembre (115 mm para los años de 1973-1989 vs 229 mm para 1990).

Los principales comentarios para las diferentes especies bajo evaluación son:

Cuadro 15. Estimación visual del grado de pilosidad y origen de los materiales precoces de Calopogonium mucunoides

No. CIAT	Pilosidad*	Origen	
		País	Estado
710	A	Venezuela	Apure
793	A	Venezuela	Apure
887	A	Brasil	Rondonia
7106	B	Panamá	Coclé
7112	A	Panamá	Los Santos
7118	A	Panamá	Chiriquí
7124	A	Panamá	Chiriquí
7299	A	Venezuela	Guarico
7722	A	Brasil	Amazonas
8113	A	Colombia	Meta
8120	A	Colombia	Casanare
8131	B	Colombia	Casanare
8513	A	Brasil	Goiás
8705	A	Venezuela	Guarico
8706	A	Venezuela	Anzoátegui
8983	A	Brasil	Minas Gerais
9185	A	Venezuela	Anzoátegui
9187	A	Venezuela	Monagas
17375	A	Malasia	Pahang
17376	A	Malasia	Terengganu
17512	A	Colombia	Meta
18107	A	Venezuela	Barinas
18109	A	Venezuela	Guarico
18300	A	Colombia	Tolima
18998	A	Venezuela	Bolivar
19243	A	Panamá	Chiriquí
19245	A	Panamá	Veraguas
19248	A	Panamá	Los Santos
19249	A	Panamá	Los Santos
19503	A	India	Se Sulawesi
20324	A	México	Veracruz
20329	A	México	Veracruz
20335	A	México	Chiapas
20337	A	México	Oaxaca
20340	B	México	Guerrero

\* Pilosidad: A = alta  
B = baja

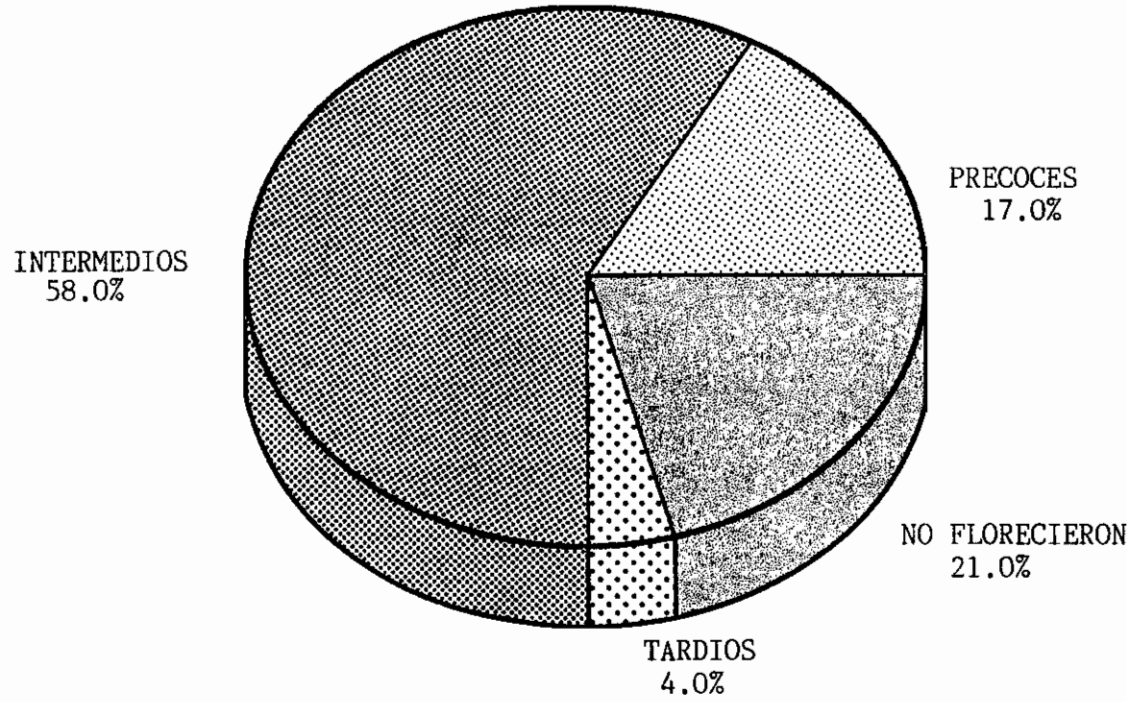


Figura 2. Grado de floración en 215 ecotipos de Calopogonium mucunoides.

Cuadro 16. Estimación visual del grado de pilosidad y origen de los materiales de Calopogonium mucunoides de floración tardía

No. CIAT	Pilosidad*	Origen	
		País	Estado
822	A	Brasil	Bahía
884	A	Brasil	Mato Grosso
7300	A	Venezuela	Monagas
7301	A	Venezuela	Monagas
8208	A	Colombia	Santander
8708	A	Venezuela	Monagas
18100	A	Venezuela	Mérida
18105	A	Venezuela	Barinas
18297	A	Colombia	Tolima

\* Pilosidad: A = alta  
B = baja

- C. acutifolium

Las accesiones de mayor destaque hasta el momento son:

CIAT Nos. 5118 - 5609 - 5610 - 5611  
15086 - 15222 - 15223 - 15249  
15283 - 15287 - 15353 - 15446  
15530 - 15531 - 15532 - 15533  
y 25155

El 41% de los ecotipos no han florecido hasta el momento siendo el ecotipo CIAT No. 15531 el de mayor y más uniforme floración entre repeticiones y niveles de fertilidad.

- C. brasilianum

La mayoría de las accesiones bajo evaluación presentan síntomas de "hoja pequeña". Al momento es muy temprano para indicar materiales promisorios o descartar germoplasma.

El hecho más significativo en las accesiones bajo estudio es la abundante floración y formación de semillas con excepción de los ecotipos CIAT No. 5486 y 5828.

Cuadro 17. Ecotipos de Calopogonium mucunoides que no florecieron hasta finales de Agosto

No. CIAT	Pilos*	País	Estado
729	B	Colombia	Meta
825	B	Brasil	Bahía
858	B	Colombia	Meta
893	B	Brasil	Mato Grosso
943	B	Perú	Loreto
951	B	**	**
4035	B	Colombia	Meta
4043	B	Colombia	Meta
7367	B	***	***
8075	B	Colombia	Amazonía
8115	B	Colombia	Meta
8116	B	Colombia	Casanare
8117	B	Colombia	Casanare
8118	B	Colombia	Casanare
8133	B	Colombia	Casanare
8510	A	Brasil	Goiás
8515	B	Brasil	Maranhao
8544	B	Brasil	Maranhao
8839	B	Colombia	Santander
9103	B	Brasil	Pará
9104	B	Brasil	Pará
9161	B	Colombia	Vichada
9243	B	Colombia	Meta
9268	B	Colombia	Meta
9294	B	Colombia	Meta
9892	B	Colombia	Antioquia
9905	B	Colombia	Meta
17546	B	Colombia	Cundinamarca
17785	A	Perú	San Martín
17786	A	Perú	San Martín
17787	A	Perú	San Martín
17887	B	Colombia	Meta
17934	B	Colombia	Meta
17995	B	Colombia	Vichada
18294	A	Colombia	Valle del C.
18295	A	Colombia	Tolima
18296	A	Colombia	Tolima
18298	A	Colombia	Tolima
18299	A	Colombia	Tolima
18301	A	Colombia	Tolima
18302	B	Colombia	Caldas
18471	B	Colombia	Valle del C.
20567	B	Perú	Ucayali
20710	A	Colombia	Tolima
20914	B	Colombia	Nariño

\* Pilosidad: A=alta, B=baja

\*\* Desconocido \*\*\* Selec CIAT No.4022

Cuadro 18. DIVMS y pilosidad de los ecotipos de *Calopogonium mucunoides* pre-seleccionados

CIAT No.	DIVMS (%)	Pilosidad	
		Campo*	pelos /mm <sup>2</sup>
Seleccionados			
Nivel I:			
896	51.56	A	33.7
7980	56.90	A	36.1
8985	50.21	A	38.4
18564	51.17	A	28.4
19245	50.68	A	32.1
19249	52.12	A	38.5
19511	51.62	A	37.4
20845	54.33	A	35.3
CONTR	52.25	A	34.7
17887	57.50	B	11.1
Seleccionados			
Nivel II:			
709	56.36	A	32.8
760	51.78	A	37.5
822	47.71	A	39.7
7722	52.38	A	23.5
8374	52.00	A	40.7
8706	51.87	A	31.4
8985	53.06	A	25.2
18066	54.97	A	37.4
18107	50.54	A	18.8
18557	54.01	A	32.3
18767	53.75	A	32.4
18995	52.85	A	31.7
19509	52.39	A	36.7
19510	50.63	A	41.0
20845	53.75	A	25.1
CONTR	51.36	A	32.0
729	58.46	B	8.6

\* A= alta pilosidad  
B= baja pilosidad

El Cuadro 19 muestra los ecotipos de *C. brasilianum* con un número de vainas superior a la media en los dos niveles de fertilidad.

Cuadro 19. Ecotipos de *C. brasilianum* con número de vainas superior a la media

Evaluación agronómica*	Niveles de fertilidad	
	N1 CIAT No.	N2 CIAT No.
B	5234	5234
BR	--	5657
B	5667	--
B	--	567
BR	15520	--
BR	15521	--
BR	15522	--
B	15524	15524
BR	--	15525
B	15527	15527
Número medio vainas en 17 ecotipos		
	87	50

\* B= bueno  
BR= bueno regular

#### - C. tetragonolobum

Los 12 ecotipos bajo evaluación muestran de moderada a alta incidencia de "hoja pequeña" y muy escasa floración.

Los únicos ecotipos que florecieron son: CIAT Nos. 15089 - 15440 - 15443 y 15838 siendo 15443 el único que sus flores no abortaron y entonces vainas llegaron a formarse.

#### 5.2 Gramíneas

##### - Brachiaria spp

La colección establecida en 1987 (ver Informes Anuales 1988 y 1989) completa ahora cuatro ciclos de evaluación: dos en el período de máxima y dos en mínima precipitación, respectivamente.

Los datos se encuentran en proceso de análisis. Los resultados preliminares muestran un grado de comportamiento

diferencial durante el período seco como puede apreciarse en el Cuadro 20.

Cuadro 20. Comportamiento agronómico de accesiones de Brachiaria spp pre-seleccionadas durante el período seco de 1990

Nivel de comportamiento	-- CIAT No. --
Excelente	16467 - 16488*
Bueno	16121 - 16294 - 16306 16307 - 16315 - 16319 16473 - 26110 - 26185*
Regular	16107 - 16135 - 16168 16301 - 16318 - 16339 16500*- 16549 - 16837 26154*
Malo	16311 - 16829 - 26181*

\* B. decumbens

\*\* B. humidicola, resto es B. brizantha

Del germoplasma en evaluación fueron seleccionados 16 ecotipos (Cuadro 21) para ser multiplicados con el propósito de incluirlos en pruebas agronómicas regionales y de pastoreo.

Cuadro 21. Ecotipos de Brachiaria spp recomendados para multiplicación de semilla e inclusión en pruebas regionales

-- Ecotipos CIAT No. --
16121 - 16150 - 16288 - 16294
16306 - 16307 - 16308 - 16315
16319 - 16462 - 16467 - 16473
16482 - 16488* - 26110 - 26185*

\* B. decumbens, resto es B. brizantha

La necesidad de pruebas regionales en el caso de Brachiaria spp es imprescindible dada la baja incidencia de salivazo en el área experimental como lo muestran los datos obtenidos hasta el momento (Cuadro 22).

Cuadro 22. Número medio de ninfas de Deois flavopicta en accesiones de Brachiaria spp

Accesiones - CIAT No.	Número de ninfas/m <sup>2</sup>	
	1989	1990
<u>B. brizantha</u>		
6780*	0	0
16107	2	35
16121	4	86
16135	1	4
16168	1	20
16294	0	0
16301	1	8
16306	0	0
16307	0	2
16311	0	2
16315	0	0
16318	2	100
16319	1	1
16339	0	3
16467	2	6
16473	2	3
16549	2	10
16827	1	2
16829	1	0
26110	1	2
X DE	1 - 1	15 - 29
<u>B. decumbens</u>		
16488	7	19
16500	2	34
26181	2	10
26185	13	12
X DE	6 - 2	19 - 11
<u>B. humidicola</u>		
26154	15	4

\* cv. Marandú



- Paspalum spp

Los 42 ecotipos sembrados (Cuadro 8) han tenido buen establecimiento, diferenciándose principalmente por su relación hoja:tallo, baja acumulación de material muerto durante el período seco, alto grado de florecimiento y producción de semillas. El Cuadro 23 muestra los ecotipos clasificados agrónomicamente superiores a bueno. Los ecotipos de mayor destaque y clasificación hasta el final del primer período seco son: BRA No. 9679 - 10537 y 12521.

Cuadro 23. Evaluación preliminar del efecto del nivel de fertilidad en el comportamiento de Paspalum spp \*

Ecotipo BRA No.	Nivel de fertilidad**	
	Alto	Bajo
6670	B	B
9024	B	B
9415	E	E
9610 - Testigo	B	B
9652	MB	MB
9679	E	B
10154	E	B
10537	MB	MB
11053	B	B
11274	B	B
12173	B	B
12521	E	B
12912	B	B
13455	B	B
14168	B	B

\* Considerando ecotipos clasificados superiores a bueno

\*\* B=bueno, MB=muy bueno, E=excelente

Los resultados preliminares son alentadores especialmente por el grado de sanidad presentado y muy especialmente por la abundante floración y producción de semilla obtenida en la mayoría de los ecotipos bajo evaluación. Apenas el

19% de las accesiones bajo evaluación no florecieron hasta el momento.

## 6. MULTIPLICACION DE SEMILLAS

Desde su inicio el énfasis en estudios de fenología y multiplicación de semillas son prioritarios.

El Cuadro 24 resume la semilla cosechada entre Marzo y Octubre de 1990. El total de lo producido ha sido entregado a la Sección de Semillas del Area Técnica de Producción Animal (APTA) del Centro de Cerrados para la multiplicación del mismo y utilización en pruebas regionales de la RIEPT.

Cuadro 24. Semilla producida por la Sección entre Marzo-Octubre de 1990

Especie	CIAT No.	Peso (kg)
<u>B. brizantha</u>	16107	0,449
	16168	0,285
	16294	0,141
	16315	0,962
	16318	0,455
	16319	0,147
	16339	0,309
	16467	0,286
	16827	0,067
	26110	0,048
<u>B. decumbens</u>	16488	0,769
<b>TOTAL</b>		<b>3.980</b>

El Cuadro 25 resume el número total de accesiones bajo evaluación agrónomica y en producción de semillas.

Cuadro 25. Número total de accesiones de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales en evaluación

Germoplasma	Número total de accesiones	
	Evaluación agronómica	Producción de semillas
a) Gramíneas:		
Brachiaria spp	366	11
Paspalum spp	42	1
b) Leguminosas:		
Arachis spp	33	3
Calopogonium mucunoides	215	
Centrosema spp	68	
Stylosanthes scabra	7	
Desmodium heterocarpon	50	
<b>TOTAL</b>	<b>781</b>	<b>15</b>

40520

## 10. Agronomía/RIEPT Trópico Húmedo

Los estudios de agronomía realizados dentro del proyecto colaborativo INIAA-IVITA-CIAT en Pucallpa, Perú, han continuado durante 1990 concentrándose en la selección de germoplasma de gramíneas y leguminosas, adaptado a las condiciones del trópico húmedo.

A través de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT), el germoplasma forrajero preseleccionado se evalúa en colaboración con instituciones nacionales de investigación, para su selección final en diferentes sitios del trópico húmedo sudamericano, principalmente en la región amazónica. El establecimiento exitoso de pasturas productivas y estables, y la rehabilitación de las áreas degradadas requieren el uso de germoplasma adaptado.

El sitio de selección en la Estación Experimental de IVITA, ubicada a 59 km de Pucallpa, corresponde al ecosistema de bosque semi-siempreverde estacional. La precipitación anual promedio es de 1770 mm y ocurre principalmente entre octubre y abril. La temperatura media anual es de 25.1°C. Los suelos de la zona son predominantemente Ultisoles ácidos y de baja fertilidad, que difieren principalmente en sus características de drenaje.

RED INTERNACIONAL DE EVALUACION DE  
PASTOS TROPICALES: RIEPT-AMAZONIA

### Reunión General de la RIEPT-Amazonía

La Primera Reunión General de la

RIEPT-Amazonía tuvo lugar del 6 al 9 de noviembre en Lima y en Pucallpa, Perú, con el apoyo financiero y logístico del CIID y de INIAA-IVITA, respectivamente.

Sesenta y dos miembros de 23 instituciones de investigación de Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador y Perú participaron en la reunión (Cuadro 1). Se aportaron un total de 161 trabajos relacionados con la evaluación de pasturas en las regiones húmedas tropicales de estos países (Cuadro 2). Además de los Ensayos Regionales A, B, C y D que permiten la evaluación agronómica (ERA y ERB) y la evaluación bajo pastoreo de germoplasma promisorio (ERC y ERD), casi 50 por ciento de los trabajos aportados a la reunión tuvieron que ver con ensayos regionales de apoyo a la investigación (ajustes de fertilización; efectividad de la simbiosis leguminosa-rizobio; evaluación de plagas y enfermedades; investigación en producción y multiplicación de semillas) y con experimentos sobre establecimiento y recuperación de pasturas, así como con el desarrollo de pasturas en sistemas de producción. Esto muestra el progreso logrado dentro de la RIEPT- Amazonía a medida que la evaluación sistemática de pasturas en la región alcanza etapas más avanzadas, realizando progresivamente actividades más cercanas a la meta final de extensión y desarrollo.

Los trabajos presentados en la reunión se incluyeron en un documento de trabajo que se ha distribuido entre los investigadores colaboradores. Los

Cuadro 1. Participantes en la Primera Reunión General de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, RIEPT-Amazonía, en Lima y en Pucallpa, Perú, del 6 al 9 de Noviembre de 1990.

País	Institución	Participantes
BOLIVIA	IBTA-Beni	José Antonio Blanco
	IBTA-Chapare	Armando Ferrufino, Antonio Vallejos A.
	SEFO-SAM	Emigdio Ramírez R.
	UMSS	José Espinoza H., Franz Gutiérrez
BRASIL	CENARGEN	José Francisco Bezerra Mendonça
	CEPLAC/CEPEC	Reinaldo Bertola Cantarutti, José Ribeiro de Santana, Claudia de Paula Rezende Santos, Miguel A. Moreno Ruiz, José Marques Pereira
	EMBRAPA/CPAA	Acilino do Carmo Canto
	EMBRAPA/CPATU	Miguel Simão Neto, Ari Pinheiro Camarão, Antonio de Brito Silva, Saturnino Dutra, Jonás Bastos da Veiga
	EMBRAPA/UEPAE-Porto Velho	Newton de Lucena Costa, Francisco das Chagas Leonidas, José Ribamar da Cruz Oliveira
COLOMBIA	CIAT	José M. Toledo, Myles J. Fisher, Rainer Schultze-Kraft, Pedro J. Argel, John E. Ferguson, Stephen Lapointe, Luis Horacio Franco, Alberto Ramírez, Carlos Vicente Durán, Raúl Botero
	COA	Pedro Elías Quejada
	ICA	Gustavo Maldonado F.
	U. DE LA AMAZONIA	Gustavo Soto
ECUADOR	INIAP	Lorenzo Raúl González, Carlos Farfán
	INIAP-IICA-CIID	Angel Anzules
	PROFOGAN-GTZ	Pedro Ramírez
PERU	CIAT	Gerhard Keller-Grein, Kenneth Reátegui, Fulvio Hidalgo Fernando Passoni, Edgardo Braúl
	INIAA	Alfonso Cerrate, Juan Chávez, Florencio Dávila, Abraham Díaz, Jorge W. Vela, Gustavo Cantera, Juan de Dios Zúñiga
	INIAA-NCSU	William L. Johnson
	IVITA	César Reyes, Héctor A. Huamán, Luis A. Pinedo
	USAID/ATT/MIAC	Joseph Cortés
	NCSU	Dale E. Bandy
	UNALM	Manuel Rosenberg Barrón, Mariano Echevarría, Carlos Gómez, Efraín Malpartida
	UNU	Luis Miyake
	SPA (IVITA/CIID)	Manuel de la Torre

Cuadro 2. Número de trabajos aportados a la Primera Reunión General de la RIEPT-Amazonía en Lima y Pucallpa, Perú, 6-9 de Noviembre 1990.

Tipo de ensayo	Bolivia	Brasil	Colombia	Ecuador	Perú	Total
ERA	-	8	-	3	3	14
ERB	5	20	3	6	8	42
ERC	1	3	1	1	4	10
ERD	1	5	2	1	8	17
ER de apoyo*	6	25	-	2	14	47
Establecimiento y Recuperación de pasturas	5	4	5	3	5	22
Proyectos de desarrollo	1	7	-	-	1	9

\* Incluye ajustes de fertilización, rizobiología, evaluación de plagas y enfermedades e investigación en producción de semillas.

resúmenes de las presentaciones y las recomendaciones hechas durante las discusiones en grupo se distribuirán a los miembros de la RIEPT-Amazonía.

Además, se ha preparado un documento basado en la información disponible en la base de datos de CIAT sobre 42 Ensayos Regionales A y B realizados entre 1979 y 1989 dentro de la RIEPT-Amazonía, que proporciona información sobre las condiciones climáticas y edáficas de los sitios, las accesiones de gramíneas y leguminosas evaluadas y el comportamiento general de estos materiales.

Además de las presentaciones de los resultados experimentales en Lima, se hizo un viaje a Pucallpa para visitar los experimentos que el proyecto colaborativo sobre pasturas INIAA-IVITA-CIAT está realizando en la Estación Experimental de IVITA y en fincas.

#### Liberación de *Desmodium ovalifolium* como cultivar comercial

Dentro de la RIEPT, el "Programa de Pecuaria" de CEPEC/CEPLAC (Centro de Pesquisa do Cacau/Comissão Executiva do

Plano de Lavoura Cacaueira), Bahía, Brasil, ha evaluado más de 100 accesiones de gramíneas y leguminosas. Entre éstas, después de 10 años de evaluación sistemática, se liberó en septiembre de 1990 *Desmodium ovalifolium* CIAT 350 como cultivar Itabela. Esta leguminosa se recomienda para mejorar pasturas de *Brachiaria*, particularmente de *B. humidicola*. En estudios realizados de 1985 a 1990 en la Estación Experimental Itabela con la asociación *B. humidicola* + *D. ovalifolium* cv. Itabela, se obtuvieron ganancias de peso vivo de 515, 503 y 417 g/animal/día con cargas de 2, 3 y 4 UA/ha, respectivamente.

#### EVALUACION PRELIMINAR DE GERMOPLASMA DE LEGUMINOSAS Y GRAMINEAS (CATEGORIA II)

En esta etapa de evaluación, se selecciona germoplasma en parcelas pequeñas en poblaciones puras por adaptación a las condiciones ambientales prevalentes. Se registran el vigor de la planta durante la fase de establecimiento, la incidencia de plagas y enfermedades, el rendimiento de materia seca durante los períodos de máxima

y mínima precipitación, la época de floración y la producción de semillas. Las evaluaciones se realizan en sitios de pasturas degradadas con propiedades químicas del suelo deficientes.

Los ensayos de categoría II realizados durante 1990 incluyeron 101 accesiones de leguminosas herbáceas y 51 de leguminosas arbustivas, así como 213 accesiones de gramíneas (Cuadro 3).

Cuadro 3. Evaluación preliminar (Cat.II) de germoplasma de leguminosas y gramíneas en CIAT Pucallpa, durante 1990.

Especies	No. de accesiones
<u>Leguminosas herbáceas</u>	
<u>Cajanus scarabaeoides</u>	18
<u>Centrosema acutifolium</u>	37
<u>Centrosema brachypodum</u>	2
<u>Centrosema capitatum</u>	4
<u>Centrosema fasciculatum</u>	2
<u>Centrosema pubescens</u>	25
<u>Centrosema tetragonolobum</u>	12
<u>Centrosema sagittatum</u>	1
<u>Leguminosas arbustivas</u>	
<u>Cajanus cajan</u>	7
<u>Codariocalyx gyroides</u>	8
<u>Cratylia argentea</u>	2
<u>Desmodium velutinum</u>	14
<u>Flemingia macrophylla</u>	10
<u>Tadehagi triquetrum</u>	7
<u>Tadehagi spp.</u>	3
Total leguminosas:	152
<u>Gramíneas</u>	
<u>Brachiaria arrecta</u>	4
<u>Brachiaria bovonei</u>	2
<u>Brachiaria brizantha</u>	94
<u>Brachiaria decumbens</u>	41
<u>Brachiaria dictyoneura</u>	2
<u>Brachiaria humidicola</u>	26
<u>Brachiaria jubata</u>	24
<u>Brachiaria platynota</u>	1
<u>Brachiaria ruziziensis</u>	17
<u>Brachiaria subulifolia</u>	2
Total gramíneas:	213

### Leguminosas arbustivas

Durante los últimos años ha aumentado el interés en la integración de especies leñosas con pasturas, especialmente en áreas degradadas del trópico húmedo. El papel de las leguminosas arbustivas puede ser múltiple. Pueden proporcionar forraje; mejorar el reciclaje de nutrientes, la fertilidad y la protección del suelo; proporcionar sombra, y poseen un considerable potencial para mejorar barbechos temporales después de un período de pastoreo y degradación del suelo.

En un ensayo anterior de evaluación preliminar realizado con Leucaena spp., ninguna de las 22 accesiones pertenecientes principalmente a L.leucocephala se adaptó al suelo muy ácido y de baja fertilidad de Pucallpa. El experimento actual incluye un total de 51 accesiones de Cajanus cajan, Codariocalyx gyroides, Cratylia argentea, Desmodium velutinum, Flemingia macrophylla y Tadehagi spp., las cuales se supone se adaptan mejor a dichas propiedades del suelo.

Un año después del trasplante, se detectaron diferencias notables para diversas características agronómicas no sólo entre especies sino también entre accesiones dentro de una especie (Cuadro 4). Las accesiones de C. gyroides crecieron a gran altura y fueron vigorosas pero presentaron proporciones relativamente bajas de tallos finos. Las accesiones de Tadehagi spp. y de D. velutinum fueron extremadamente variables en cuanto a altura y diámetro de la planta y mostraron las mayores proporciones promedio de tallos finos.

Los rendimientos de materia seca y la proporción de hojas durante la época de mínima precipitación, al igual que la producción de semillas, parecen en el Cuadro 5. La producción promedio de materia seca evaluada después de un rebrote de 3 meses fue la mayor para C. argentea, seguida por F. macrophylla.

Cuadro 4. Características agronómicas de leguminosas arbustivas al año del trasplante en Pucallpa, 1990.

Ensayos y Especies	No. de accesiones	Altura de la planta (cm)		Diámetro de la planta (cm)		Proporción de tallos < 6 mm de diámetro (%)	
		Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
A <u>Codariocalyx gyroides</u>	8	211 a*	(179-285)	115 a	(80-130)	41.5 c	(30.3-52.6)
<u>Cratylia argentea</u>	2	195 b	(189-200)	117 a	(114-120)	22.0 d	(7.1-36.9)
<u>Flemingia macrophylla</u>	10	155 c	(142-176)	83 c	(56-122)	31.5 cd	(25.1-50.5)
<u>Tadehagi triquetrum</u>	7	140 d	(23-206)	108 ab	(65-131)	75.6 b	(56.2-86.4)
<u>Tadehagi spp.</u>	3	123 e	(36-178)	98 b	(66-115)	87.5 a	(84.8-92.9)
-----							
B <u>Cajanus cajan</u>	7	158 a	(120-178)	59 b	(46-66)	49.3 b	(40.8-62.7)
<u>Desmodium velutinum</u>	14	106 b	(22-208)	95 a	(40-128)	72.4 a	(39.2-94.0)

\* Medias seguidas por la misma letra en cada ensayo no son significativamente diferentes (P < 0.05).

Cuadro 5. Rendimiento de materia seca, proporción de hojas y producción de semilla de leguminosas arbustivas en Pucallpa, durante 1990 (resultados preliminares).

Ensayos y Especies	No. de accesiones	Rendimiento de MS <sup>1</sup> g/planta		Proporción de Hojas <sup>1</sup> (%)		Producción de Semillas g/8 plantas <sup>2</sup>	
		Media	Rango	Media	Rango	Media	Rango
A <u>Codariocalyx gyroides</u>	8	54 c <sup>3</sup>	(26-208)	71.1 a	(62.5-79.0)	77.1	(39.0-138.0)
<u>Cratylia argentea</u>	2	289 a	(164-413)	55.0 b	(54.0-56.0)	67.5	(53.5-81.5)
<u>Flemingia macrophylla</u>	10	180 b	(51-303)	60.4 b	(43.5-75.0)	70.3	(33.0-162.0)
<u>Tadehagi triquetrum</u>	7	106 bc	(13-207)	44.5 c	(26.0-60.0)	454.9	(135.5-700.5)
<u>Tadehagi spp.</u>	3	77 c	(33-123)	43.5 c	(38.0-51.0)	188.6	(146.0-299.0)
-----							
B <u>Cajanus cajan</u>	7	65 a	(22-166)	56.7 a	(40.5-66.5)	222.1	(76.0-422.5)
<u>Desmodium velutinum</u>	14	37 b	(10-79)	63.7 a	(56.0-70.0)	202.9	(39.0-513.5)

1. Rebrote de 3 meses durante la estación de mínima precipitación.

2. Cosechada entre Mayo y Septiembre de 1990.

3. Medias seguidas por la misma letra en cada ensayo no son significativamente diferentes (P < 0.05).

Las accesiones de C. gyroides, a excepción de CIAT 13548 y 23748, no crecieron bien y en consecuencia presentaron bajos rendimientos de materia seca; sin embargo, esta especie presentó la mayor proporción promedio de hojas de la materia seca total. La producción de semillas varió considerablemente entre las accesiones dentro de cada especie. La presencia de insectos comedores y raspadores de hojas fue común pero éstos sólo causaron un daño leve. Hubo una incidencia baja de enfermedades (añublo foliar por Rhizoctonia, mancha foliar por Cercospora) en todas las accesiones excepto en CIAT 13694 y 23080 para D. velutinum, en donde se observó daño moderado por Cercospora. Hasta el momento, las accesiones promisorias parecen ser CIAT 17413 y 19453 para F. macrophylla, CIAT 13276 y 13277 para T. triquetrum, CIAT 13548 y 23748 para C. gyroides y CIAT 18957 para C. argentea, así como CIAT 13220 y 18700 para D. velutinum y Cajanus cajan, respectivamente.

#### Centrosema pubescens

Con base en experimentos realizados con C. pubescens comercial, la especie se considera no apta para suelos ácidos y de baja fertilidad. Sin embargo, las evaluaciones agronómicas preliminares realizadas en CIAT-Quilichao incluyendo 575 accesiones de C. pubescens resultaron en la selección de 23 accesiones que mostraron un comportamiento sobresaliente en cuanto a adaptación y productividad en un Ultisol muy ácido e infértil. Estas accesiones se establecieron en octubre de 1988 en Pucallpa junto con los siguientes materiales utilizados como testigos: C. pubescens comercial de Australia CIAT 413, C. pubescens híbrido CIAT 438 y C. acutifolium CIAT 5277 (cv. Vichada), 5568 y 15086. Este experimento es parte de un ensayo multilocacional realizado en ambientes tropicales de América, África y Asia.

El Cuadro 6 muestra el comportamiento de los materiales evaluados. Se ha

detectado una variación considerable en relación con las diferentes características agronómicas estudiadas.

La cobertura del suelo, evaluada a las 12 semanas de la siembra, varió entre 38 y 85%; se destacaron las accesiones C. acutifolium CIAT 5277 y 5568, seguidas por C. pubescens CIAT 15160, 15160 y 15880. Los rendimientos acumulados de materia seca (suma de 5 cortes con intervalos de 12 semanas) variaron entre 360 y 1116 g/m<sup>2</sup>. Las accesiones de C. pubescens CIAT 15160, 5627, 5169 y 5634 obtuvieron el mayor rendimiento; sin embargo, estas accesiones fueron superadas por los testigos de C. acutifolium CIAT 5277, 15086 y 5568. El enraizamiento en los nudos de los tallos rastreros fue en general bueno excepto para las accesiones testigo C. acutifolium CIAT 5277 y 15086 y C. pubescens CIAT 438, que presentaron relativamente pocos puntos enraizados. Se registraron diferencias notables en cuanto a producción de semillas, la cual varió entre sólo 10 g/10 plantas/año en el caso de C. pubescens comercial CIAT 413, y 409 g para CIAT 5189; sin embargo, la accesión C. acutifolium CIAT 5568 obtuvo el mayor rendimiento de semillas (616 g).

En cuanto a la presencia de enfermedades, principalmente se presentaron añublo foliar por Rhizoctonia y mancha foliar por Cercospora; el grado máximo de incidencia detectado durante 6 evaluaciones varió considerablemente. Las accesiones testigo C. pubescens CIAT 413 y 438 mostraron daño moderado a severo. En cuanto a plagas, los insectos comedores de hojas causaron daño leve a moderado, sin detectarse diferencias significativas entre accesiones.

De acuerdo con el desempeño general, las accesiones más promisorias son C. pubescens CIAT 15160, 15872, 5169, 5634 y 5627, mientras que las accesiones testigo de la misma especie CIAT 413 y 438 mostraron un desempeño moderado a malo, especialmente en cuanto a



Cuadro 6. Desempeño de accesiones de Centrosema pubescens, en evaluación de Categoría II en Pucallpa.

Accesiones CIAT no.	Cobertura del suelo <sup>1</sup> (%)	Producción de MS <sup>2</sup> (g/m <sup>2</sup> )	Nudos enraizados <sup>3</sup> (no./0.25 m <sup>2</sup> )	Producción <sup>4</sup> de semilla (g/10 plantas)	<u>Rhizoctonia</u> <sup>5</sup> (0-4)	<u>Cercospora</u> <sup>5</sup> (0-4)
5006	38	499	34	330	2.7	2.0
5133	61	461	29	152	3.0	2.2
5167	61	524	28	88	3.0	2.5
5169	62	766	34	222	2.0	2.0
5172	61	602	29	140	1.7	2.2
5189	54	521	32	409	2.7	2.0
5596	60	408	29	84	3.2	2.7
5627	62	787	25	317	3.0	2.2
5631	54	501	39	68	2.7	3.5
5634	73	714	31	152	2.5	2.0
15043	58	436	26	56	4.0	2.7
15132	48	594	36	45	2.0	2.7
15133	65	390	26	27	3.5	3.5
15144	60	612	23	280	2.2	1.7
15149	50	538	36	97	2.5	2.5
15150	53	670	26	85	2.5	2.7
15154	59	566	23	233	2.2	2.2
15160	72	870	32	377	2.0	2.2
15470	57	564	27	334	2.5	2.0
15474	56	592	32	398	2.0	2.0
15872	50	631	32	347	2.2	1.0
15875	58	656	34	18	2.2	2.2
15880	71	377	35	60	3.5	2.7
Testigos						
413	52	360	21	10	3.7	3.2
438 <sup>6</sup>	52	576	16	32	2.7	3.7
5277 <sup>6</sup>	85	1116	10	355	1.2	2.5
5568 <sup>6</sup>	83	952	32	616	2.0	2.2
15086 <sup>6</sup>	60	1022	11	266	1.7	2.5
Media	60	618	28	200	2.5	2.4
DMS <sup>7</sup>	15	154	6	-	0.6	0.7

1. A las 12 semanas de la siembra.

2) Sumas de 5 cortes con intervalos de 12semanas.

3) Medias de 5 evaluaciones.

4. Cosechadas durante 1989.

5) Incidencia máxima detectada durante 6 evaluaciones; escala de calificación de 0 (sin incidencia) a 4 (más de 40% de plantas afectadas).

6) C. acutifolium.

7) Diferencia mínima significativa ( $P < 0.01$ ).

susceptibilidad a enfermedades y producción de semillas. Sin embargo, las accesiones testigo C. acutifolium CIAT 5568, 5277 y 15086 tuvieron un comportamiento general sobresaliente.

#### Centrosema spp.

El desempeño preliminar de las 21 accesiones de 5 especies de Centrosema aparece en el Cuadro 7. Los rendimientos de materia seca variaron entre 103 y 321 g/m<sup>2</sup>; los rendimientos más altos se registraron en C. acutifolium CIAT 5278 y en C. tetragonolobum CIAT 15087,

15440 y 15838. Los rendimientos relativamente bajos de las accesiones de C. macrocarpum CIAT 15014 y 25179 fueron inesperados. La proporción foliar de la materia seca total varió entre 52 y 64%. Aparentemente, las diferencias en proporción de hojas reflejan sólo hasta cierto punto la incidencia de añublo foliar por Rhizoctonia. La producción de semillas difirió considerablemente entre accesiones. Se registraron rendimientos relativamente altos para C. acutifolium CIAT 15088 y 5278 y para C. tetragonolobum CIAT 15836, 15443 y 15838 al igual que para C. brasilianum

Cuadro 7. Desempeño preliminar de 21 accesiones de Centrosema spp. en Pucallpa durante 1990.

Especies	Accesión CIAT No.	Rendimiento de MS <sup>1</sup> (g/m <sup>2</sup> )	Proporción de hojas (%)	Producción <sup>2</sup> de semillas (g/12 plantas)	Rhizoctonia <sup>3</sup> (0-4)
<u>C. acutifolium</u>	5278	316	60	635	2.0
<u>C. acutifolium</u>	5610	237	62	244	2.0
<u>C. acutifolium</u>	15088	247	58	702	2.6
<u>C. brachypodum</u>	5850	161	57	-	3.0
<u>C. brasilianum</u>	5657	237	60	304	2.0
<u>C. brasilianum</u>	15524	170	56	578	3.3
<u>C. capitatum</u>	15680	103	61	24	2.3
<u>C. macrocarpum</u>	15014	151	58	573	1.7
<u>C. macrocarpum</u>	15047	298	55	444	1.6
<u>C. macrocarpum</u>	25179	127	53	17	1.6
<u>C. tetragonolobum</u>	15087	321	59	93	2.6
<u>C. tetragonolobum</u>	15089	258	54	383	2.3
<u>C. tetragonolobum</u>	15440	316	60	400	2.6
<u>C. tetragonolobum</u>	15441	292	56	460	2.3
<u>C. tetragonolobum</u>	15442	255	59	419	3.3
<u>C. tetragonolobum</u>	15443	224	64	635	3.6
<u>C. tetragonolobum</u>	15444	292	52	389	2.3
<u>C. tetragonolobum</u>	15836	292	58	662	2.6
<u>C. tetragonolobum</u>	15838	306	62	605	2.6
<u>C. tetragonolobum</u>	15839	290	58	407	3.0
<u>C. tetragonolobum</u>	15840	256	56	542	3.0
DMS <sup>4</sup>		111	5	-	-

1) Rebrote de 3 meses; cortado en Junio 15 de 1990.

2) Cosechado entre Julio y Septiembre de 1990.

3) Incidencia máxima durante 4 evaluaciones; escala de calificación de 0 (sin incidencia) a 4 (> 40% de plantas afectadas).

4) Diferencia mínima significativa (P < 0.05).

CIAT 15524 y C. macrocarpum CIAT 15014. C. macrocarpum CIAT 25179 y C. capitatum CIAT 15680 mostraron los menores rendimientos de semilla y C. brachypodium no produjo semilla en absoluto.

Las tres accesiones de C. macrocarpum fueron las más resistentes al añublo foliar por Rhizoctonia, la principal enfermedad observada en la colección. Las accesiones más afectadas fueron C. tetragonolobum CIAT 15442 y 15443 y C. brasilianum CIAT 15524. Se detectaron insectos en toda la colección, particularmente crisomélidos, pero el daño fue sólo leve.

Con base en los resultados preliminares, las accesiones más promisorias parecen ser C. acutifolium CIAT 5278, C. macrocarpum CIAT 15047 y C. tetragonolobum CIAT 15440, 15441, 15836 y 15838. Sin embargo, este experimento continuará durante otro año, y sólo entonces se podrán sacar conclusiones finales.

### Centrosema acutifolium

En un ensayo anterior de evaluación agronómica preliminar realizado en Pucallpa con un número relativamente pequeño de accesiones, se identificó a C. acutifolium como especie promisoría; sin embargo, se detectó en general poca variación entre los materiales evaluados. Para ampliar la base genética, se establecieron 37 accesiones en 1990, que representan parte de la colección de C. acutifolium del CIAT, las cuales poseían suficiente semilla disponible.

Durante la fase de establecimiento, se detectó considerable variación en cuanto a cobertura del suelo, la cual varió entre 20 y 62% a las 12 semanas del trasplante (Cuadro 8). En general, el vigor de las plantas fue bueno y varió sólo entre 2.8 y 4.5, en una escala de 0 (plantas muertas) a 5 (excelente vigor). En cuanto a plagas y enfermedades, se observaron insectos comedores de hojas y añublo foliar por Rhizoctonia en todas las accesiones,

Cuadro 8. Características agronómicas de 37 accesiones de Centrosema acutifolium durante la fase de establecimiento en Pucallpa, 1990.

Variable	Media	Rango	Accesiones sobresalientes CIAT No.
Cobertura del suelo <sup>1</sup> (%)	45	20-62	15291-15084-5611-15088-15287-5118-15248-5564-15532-15086-5112
Vigor <sup>2</sup> (0-5)	3.7	2.8-4.5	15248-15291-15532-15281-15086-15088-15287-15084-5118-5597-5564
Añublo foliar por <u>Rhizoctonia</u> <sup>3</sup> (0-4)	1.4	1.0-2.3	15291-5611-5118-5568-15446-15530-5610-15223-15222
Insectos comedores <sup>3</sup> (0-4)	1.7	1.0-2.0	5610-15223-15283-15533-15813-25155

1) A las 12 semanas del trasplante.

2) Media de 3 evaluaciones; 4, 8 y 12 semanas después del trasplante; escala de calificación de 0 (plantas muertas) a 5 (excelente vigor).

3) Incidencia máxima durante 3 evaluaciones; escala de calificación de 0 (sin daño) a 4 (>40% de plantas afectadas).

pero el daño fue sólo leve. Las accesiones promisorias durante la fase de establecimiento fueron CIAT 5118, 5564, 15084, 15086, 15088, 15248, 15287, 15291 y 15532. El desempeño de la accesión testigo CIAT 5277 (cv. Vichada) fue regular.

#### Cajanus scarabaeoides

Varias accesiones de esta especie, la cual se usa con éxito como planta forrajera en la India, por ejemplo, lucieron promisorias durante la fase de establecimiento en 1989; sin embargo, en 1990, el desempeño de las accesiones fue en general insatisfactorio. El rebrote después del corte fue deficiente y se registró gran susceptibilidad al añublo foliar por Rhizoctonia. Otra desventaja de esta especie trepadora es la falta de enraizamiento en los nudos de los tallos rastreros. Ninguna de las 18 accesiones evaluadas se considera promisorias para condiciones ambientales como las de Pucallpa.

#### Brachiaria spp.

Este año terminó la evaluación agronómica y botánica de las 213 accesiones establecidas en 1988. Los resultados preliminares se presentaron en informes anuales anteriores. Sin embargo, aún se encuentra en curso el análisis de la mayor parte de los datos. Se han encontrado accesiones sobresalientes principalmente dentro de la colección de B. brizantha, pero hay también materiales promisorios entre las accesiones de B. jubata y B. humidicola. La determinación final de las accesiones para multiplicación de semillas y para evaluación agronómica a nivel regional se hará cuando estén disponibles los resultados de las evaluaciones actuales sobre la floración y producción de semillas.

#### EVALUACION DE ASOCIACIONES DE GRAMINEA-LEGUMINOSA BAJO PASTOREO (CATEGORIA III)

En esta etapa, se evalúan las asociaciones promisorias de leguminosas y gramíneas por su compatibilidad y persistencia bajo pastoreo.

En la categoría III, continuó el experimento con las asociaciones Brachiaria dictyoneura cv. Llanero + Centrosema macrocarpum CIAT 5674/5735 (Bd + Cm) y B. dictyoneura cv. Llanero + Desmodium ovalifolium CIAT 350 (Bd + Do) bajo tres cargas animales (2.0, 2.7 y 3.4 UA/ha) y pastoreo rotacional, con 6 días de pastoreo y 30 de descanso. La tercera asociación de B. brizantha cv. Marandú + C. macrocarpum CIAT 5674/5735 (Bb + Cm) se excluyó en Julio de 1989, debido a su baja proporción de leguminosa y poca disponibilidad de forraje, en general, en combinación con una considerable invasión de malezas. El diseño experimental y algunos resultados preliminares se presentaron en informes anuales anteriores.

Los efectos de la carga y del período de precipitación en la disponibilidad de materia seca de las asociaciones Bd + Do y Bd + Cm aparecen en el Cuadro 9. La disponibilidad promedio de materia seca de la gramínea no fue significativamente diferente entre las dos asociaciones. La carga afectó la disponibilidad de la gramínea ( $P < 0.007$ ); en ambas asociaciones, su disponibilidad fue similar en las cargas baja y media y mayor en éstas que en la carga alta. La disponibilidad promedio de la gramínea fue mayor ( $P < 0.003$ ) durante el período de máxima precipitación. La disponibilidad de la leguminosa fue mayor ( $P < 0.06$ ) para D. ovalifolium que para C. macrocarpum. Similar a la gramínea, la disponibilidad de la leguminosa fue

Cuadro 9. Disponibilidad de materia seca de 2 asociaciones de gramínea-leguminosa bajo 3 cargas y pastoreo rotacional en Pucallpa (Febrero 1988-Agosto 1990).

Asociación	Carga UA/ha	Materia seca en oferta (kg/ha)					
		Gramínea			Leguminosa		
		Máx. prec.	Mín. prec.	Media	Máx. prec.	Mín. prec.	Media
<u>B. dictyoneura</u> cv. Llanero + <u>D. ovalifolium</u> CIAT 350	2.0 2.7 3.4	1445 1169 856	1361 1160 859	1403 1165 858	1360 1405 1084	1121 1240 984	1241 1323 1034
Media		1157	1127		1283	1115	
<u>B. dictyoneura</u> cv. Llanero + <u>C. macrocarpum</u> CIAT 5674-5735	2.0 2.7 3.4	1480 1252 996	1297 1100 725	1389 1176 861	963 733 467	600 765 365	782 749 416
Media		1243	1041		721	577	

Significancia:

Asociación	ns	0.06
Carga	0.007	0.01
Asociación x carga	ns	ns
Período de precipitación	0.03	0.02
Asociación x período de precipit.	ns	ns
Carga x período de precipitación	ns	ns
Asoc. x carga x período de precip.	ns	ns

afectada por la carga ( $P < 0.01$ ) y por el período de precipitación ( $P < 0.02$ ).

La Figura 1 muestra la dinámica de disponibilidad de forraje (materia seca de gramínea y leguminosa) de las tres asociaciones. Como se manifestó anteriormente, la variación en la disponibilidad de forraje en general se relacionó con la precipitación, particularmente en las cargas media y baja de Bd + Do y Bd + Cm. En la asociación Bd + Do, la disponibilidad de forraje tendió a ser más estable que en la asociación Bd + Cm, donde se observó una considerable disminución en la carga alta. En la asociación Bb + Cm, se presentó un descenso notable de la disponibilidad de forraje en todas las cargas. En esta asociación, el forraje disponible fue inferior que en

las otras dos asociaciones; la mayor disponibilidad de forraje se registró en Bd + Do.

La invasión de malezas fue ligeramente mayor en la asociación Bd + Cm que en Bd + Do; sin embargo, la mayor invasión, en combinación con una considerable proporción de suelo descubierto, se registró en la asociación Bb + Cm.

En cuanto a la proporción de leguminosa en el forraje en oferta (Figura 2), la asociación Bd + Do mostró un aumento marcado en todas las cargas; comenzando con 28% (promedio de las 3 cargas), la leguminosa se convirtió en el componente dominante de la asociación, a partir del duodécimo ciclo de pastoreo y finalmente alcanzó aproximadamente 70%.

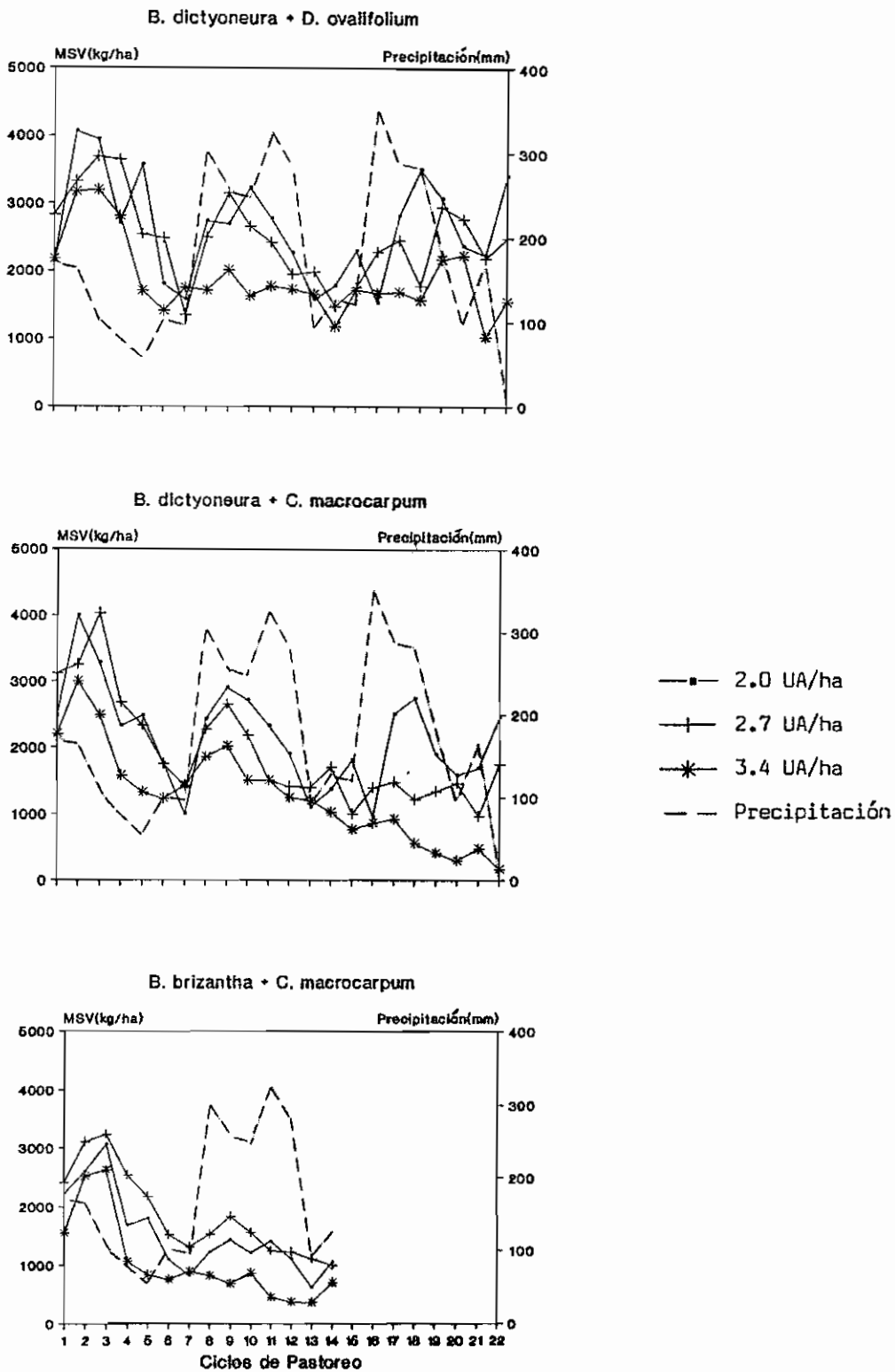


Figura 1. Disponibilidad de forraje (materia seca de gramínea + leguminosa) de tres asociaciones bajo 3 cargas y pastoreo rotacional, durante 22/14 ciclos de pastoreo en Pucallpa (Febrero de 1988 - Agosto de 1990).

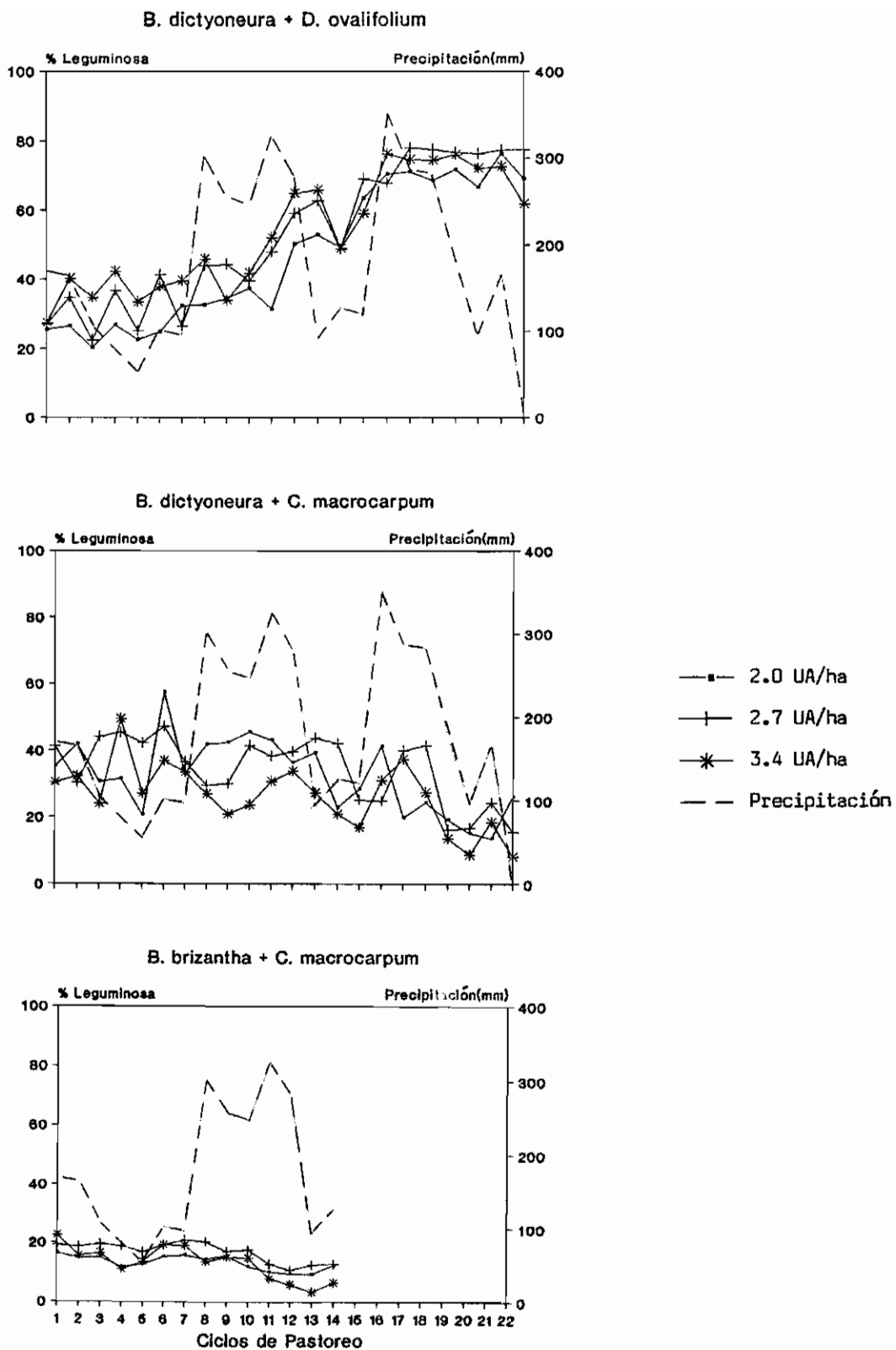


Figura 2. Proporción de leguminosa en tres asociaciones bajo 3 cargas y pastoreo rotacional durante 22/14 ciclos de pastoreo en Pucallpa (Febrero de 1988 - Agosto de 1990).

Por el contrario, en la asociación Bd + Cm la proporción de leguminosa disminuyó durante el período experimental, de 36% en el promedio de las tres cargas a 17%, siendo la disminución más notoria en la carga alta que en las demás cargas. Desde el principio, en la asociación Bb + Cm se registró una proporción de leguminosa relativamente baja de 19%, que disminuyó a 11% al alcanzar el decimocuarto ciclo de pastoreo, cuando se excluyó esta asociación.

La selección de las leguminosas por novillos con fístula esofágica fue baja en general (Cuadro 10). Sin embargo, la mayor selección se registró en la asociación Bd + Cm y la menor en la asociación Bd + Do, en la cual la leguminosa fue el componente dominante (Figura 2). No hubo efectos ni de la

Cuadro 10. Índice de selectividad de las leguminosas en tres asociaciones en Pucallpa.

Asociación	Índice de selectividad <sup>1</sup>
<u>B. dictyoneura</u> cv. Llanero + <u>C. macrocarpum</u> CIAT 5674-5735	0.82 <sup>2</sup> a <sup>3</sup>
<u>B. brizantha</u> cv. Marandú + <u>C. macrocarpum</u> CIAT 5674-5735	0.59 ab
<u>B. dictyoneura</u> cv. Llanero + <u>D. ovalifolium</u> CIAT 350	0.44 b

1) Relación de la proporción de leguminosa en el forraje seleccionado a la proporción de leguminosa en el forraje en oferta.

2) Media de 11 ciclos de pastoreo.

3) Medias seguidas por la misma letra no son significativamente diferentes (P<0.05).

carga ni del período de precipitación en la selectividad de la leguminosa.

Los resultados indican que la asociación B. dictyoneura + C. macrocarpum es la más promisoría. Sin embargo, para mantener la disponibilidad de forraje y la proporción de leguminosa en la asociación a niveles aceptables, las cargas se deberían mantener en el rango de 2.0 a 2.7 UA/ha. Además, se deberían considerar períodos de descanso adecuados para garantizar una floración y una formación de semillas exinosas para la regeneración de la leguminosa. El desempeño de la asociación Bd + Do fue insatisfactorio ya que la leguminosa se volvió dominante en todas las cargas debido a su hábito de crecimiento estolonífero muy competitivo en combinación con su poca aceptabilidad. La tercera asociación mostró el desempeño más deficiente debido a problemas de adaptación de la gramínea al suelo arcilloso de baja fertilidad.

#### MULTIPLICACION DE SEMILLAS

Se está produciendo semilla de germoplasma promisorio para futuros trabajos experimentales. Para esta actividad, se están utilizando<sup>2</sup> generalmente parcelas entre 100 y 200 m<sup>2</sup>, en algunos casos hasta 900 m<sup>2</sup>. Los materiales propagados incluyen accesiones de Arachis pintoi (CIAT 18745 y 18752); Centrosema acutifolium (CIAT 15086); C. macrocarpum (CIAT 5432, 5447, 5452, 15047, 15097 y 15115); C. pubescens (CIAT 15160); C. tetragonolobum (CIAT 15838); Desmodium ovalifolium (CIAT 13030 y 13647); y Pueraria phaseoloides (CIAT 17296 y 17307). Entre éstos, C. macrocarpum CIAT 15047 produjo un total de 36 kg de semilla, lo que equivale a un rendimiento de 400 kg/ha/año. Suficiente material vegetativo de A. pintoi CIAT 18745 se encuentra disponible para iniciar un nuevo ensayo de categoría III y para establecer parcelas pequeñas para propagación adicional a nivel de finca.



## 10. AGRONOMIA TROPICO HUMEDO

### RESUMEN

Durante 1990, la Sección de Agronomía Trópico Húmedo dedicó una gran cantidad de trabajo organizando la Primera Reunión General de la RIEPT-Amazonía y preparando un documento de trabajo que incluye 161 trabajos aportados a la reunión. La reunión se celebró en Lima y en Pucallpa, Perú, del 6 al 9 de noviembre, con la participación de 62 miembros de 23 instituciones de investigación de Bolivia, Brazil, Colombia, Ecuador y Perú. Además de los trabajos relacionados con los Ensayos Regionales A, B, C y D que permiten la evaluación agronómica (ERA y ERB) y la evaluación bajo pastoreo (ERC y ERD), casi el 50% de los trabajos aportados tuvieron que ver con ensayos regionales de apoyo a la investigación (fertilización, rizobiología, plagas y enfermedades, producción de semillas), con ensayos sobre establecimiento y recuperación de pasturas, así como con el desarrollo de pasturas en sistemas de producción. Esto refleja el progreso logrado dentro de la RIEPT-Amazonía a medida que la evaluación sistemática de pasturas en la región alcanza etapas más avanzadas, realizando progresivamente actividades más cercanas a la meta final de extensión y desarrollo.

Además, se preparó un documento con base en la información disponible en la base de datos de CIAT sobre 42 Ensayos Regionales A y B, realizados entre 1979 y 1989 dentro de la RIEPT-Amazonía, que proporciona información sobre el desempeño del germoplasma evaluado en los diferentes sitios.

Dentro del proyecto colaborativo INIAA-IVITA-CIAT, continuó la evaluación agronómica en Pucallpa para identificar

germoplasma forrajero adaptado a las condiciones del trópico húmedo. Este trabajo incluyó 101 accesiones de leguminosas herbáceas y 51 de leguminosas arbustivas, así como 213 accesiones de gramíneas a nivel de categoría II. Varios materiales lucen muy promisorios y serán seleccionados para evaluación adicional en la RIEPT-Amazonía.

La evaluación de germoplasma promisorio bajo pastoreo continuó a nivel de categoría III. En un ensayo que incluye tres asociaciones de gramínea-leguminosa bajo tres cargas, la asociación Brachiaria dictyoneura cv. Llanero + Centrosema macrocarpum CIAT 5674-5735 ha sido la más promisorio, mientras que la asociación de la misma gramínea con Desmodium ovalifolium CIAT 350 mostró poca estabilidad debido a la baja aceptabilidad de la leguminosa por el ganado y a su hábito de crecimiento estolonífero competitivo, que favorecieron su dominancia en la pastura. La tercera asociación, B. brizantha cv. Marandú + C. macrocarpum CIAT 5674-5735, mostró el desempeño más deficiente por falta de adaptación de la gramínea a la baja fertilidad del suelo arcilloso.

Se está efectuando la multiplicación de semillas con accesiones promisorias de Arachis pintoii, Centrosema spp., Desmodium ovalifolium y Pueraria phaseoloides para futuros trabajos experimentales. En el caso de C. macrocarpum CIAT 15047, por ejemplo, se produjo durante 1990 un total de 36 kg de semillas, lo que equivale a un rendimiento de 400 kg/ha.

40521

# 11. Agronomía Centroamérica y El Caribe

El proyecto colaborativo de pastos tropicales MAG/CATIE/IICA/CIAT con sede en Costa Rica, continúa con los objetivos de identificar y seleccionar gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas a suelos de baja y moderada fertilidad de México, Centroamérica y El Caribe. Los trabajos comprenden selección preliminar de germoplasma, multiplicación de semilla y pruebas de pastoreo de especies seleccionadas. Evaluaciones de adaptación de germoplasma se iniciaron en 1987 en tres sitios contrastantes del país, los cuales han sido ampliamente descritos en los Informes Anuales del Programa de Pastos de 1988 y 1989.

## EVALUACION DE GERMOPLASMA (CATEGORIA II)

### Gramíneas

Con base en la información colectada por dos años, se realizó la selección preliminar de 20 especies y accesiones de Brachiaria de la colección mantenida en Guápiles (ver Informe Anual 1989). Diez nuevas accesiones de B. brizantha, 6 de B. humidicola y 4 de B. decumbens, fueron seleccionadas en base a rendimiento de fitomasa, hábito de crecimiento, tolerancia a enfermedades, relación hoja-tallo y número de estolones enraizados. Las nuevas accesiones seleccionadas son las siguientes: B. brizantha CIAT 664, 667, 16300, 16305, 16340, 16480, 16289, 16443, 16475 y 16830; B. humidicola CIAT 16876, 16886, 26149, 16176, 16178 y 16182 y B. decumbens CIAT 16497, 16496, 16500 y 16491.

Los Brachiaria seleccionados se establecieron durante 1990 en San Isidro para evaluar tolerancia y/o resistencia a las especies de salivero predominantes en Costa Rica (Prosapia simulans y Aenolamia sp.). San Isidro es el sitio con mayor presión de esta plaga y se espera seleccionar accesiones de mejor comportamiento a los ataques del insecto en un período mínimo de dos años.

Igualmente, diez nuevas accesiones de Panicum maximum fueron seleccionadas como altamente promisorias de la colección evaluada en Guápiles (ver Informe Anual, 1989). Las selecciones fueron: CIAT 622, 16051, 6215, 16061, 6299, 16017, 16028, 6969, 6177 y 6945. Estas han sido establecidas en Atenas para multiplicación de semilla. Antiguas parcelas establecidas en Guápiles están siendo sometidas a pastoreos cada 21 días con alta presión animal, con el objeto de medir recuperación y persistencia.

### Leguminosas

Finalizó la evaluación agronómica y de adaptación de introducciones de leguminosas forrajeras iniciadas en 1987. En las localidades de San Isidro, Guápiles y Atenas, un gran número de accesiones pertenecieron a Stylosanthes guianensis, Centrosema macrocarpum, C. pubescens, C. acutifolium y a otras leguminosas presentadas en los Informes Anuales del Programa de Pastos de 1988 y 1989.

La comparación de rendimientos de

materia seca (MS) de especies y accesiones evaluadas en forma simultánea en los sitios mencionados, permite concluir que el S. guianensis fue la leguminosa de mejor adaptación (rendimientos superiores de materia seca) en las tres localidades, tanto por el crecimiento durante la época lluviosa como durante el período experimental de dos años (Figura 1). Los rendimientos en Guápiles fueron superiores a Atenas y San Isidro (939, 595 y 495 kg MS/ha/mes, respectivamente), principalmente por no tener este sitio estrés de crecimiento causado por época seca. La accesión más destacada fue CIAT 184 (cv. Pucallpa) en los tres sitios, no obstante que existió fuerte interacción entre accesión, por época y por sitio (Figura 2). Solamente en Guápiles fue superado en rendimiento el CIAT 184 por el S. guianensis CIAT 136 ( $P < 0.05$ ); en San Isidro, durante la época seca, el rendimiento de estas dos acciones fue similar.

C. macrocarpum fue la segunda mejor leguminosa en cuanto a grado de adaptación a los diferentes sitios (Figura 1). Los rendimientos de fitomasa fueron significativamente superiores ( $P < 0.05$ ) en Guápiles comparado a Atenas y San Isidro (844, 416 y 327 kg MS/ha/mes, respectivamente); en los dos últimos sitios, durante la época seca, esta leguminosa superó en rendimientos a otras del mismo género y al S. guianensis, como lo ilustra la Figura 2.

Se observó por otro lado, marcada interacción de sitio por accesión y por época; así, mientras que en Guápiles, Atenas y San Isidro, durante la época lluviosa, las mejores accesiones fueron respectivamente CIAT 5733, 5674 y 5452, durante la época seca las de mejor comportamiento fueron la misma accesión CIAT 5674 en Atenas y 5735 en San Isidro (Figura 2). En San Isidro, esta especie presentó los menores rendimientos de MS, lo cual estuvo asociado a suelos

más pobres y mayor incidencia de enfermedades foliares causadas por Cylindrocladium, Cercospora y micoplasma.

La accesión CIAT 5568 de C. acutifolium tuvo mejor adaptación en Guápiles, San Isidro y Atenas que el CIAT 5277 cv. Vichada (Figura 2). Los rendimientos promedios de las dos accesiones en los tres sitios fueron de 559, 315 y 143 kg MS/ha/mes, respectivamente, lo cual estuvo por encima de lo observado con las accesiones de C. pubescens; la accesión CIAT 5126 de esta última fue consistentemente la de menor adaptación en los sitios mencionados, mientras que la accesión CIAT 5172 fue la de mejor comportamiento en Guápiles y Atenas.

C. brasilianum sufrió severamente por añublo foliar causado por Rhizoctonia sp., particularmente durante la época lluviosa. La accesión CIAT 5234, no mostró la mejor adaptación y fue superada por CIAT 5178 y CIAT 5365 durante la época seca en San Isidro y Atenas, respectivamente (Figura 2).

#### Especies arbustivas y subarbustivas

Finalizó la evaluación agronómica y de adaptación por dos años, de especies arbustivas y subarbustivas en las localidades de Atenas, Guápiles y San Isidro. El Cuadro 1 muestra rendimientos acumulados para las especies evaluadas. Dentro del género Aeschynomene la especie A. americana fue la de mejor adaptación en Guápiles; dentro de éstas se destacaron las accesiones CIAT 1725 y 1726 con rendimientos acumulados de 9.3 y 7.3 t MS/ha respectivamente. A. villosa tuvo pobre persistencia dentro del régimen de cortes impuesto.

Ch. rotundifolia sólo se estableció en San Isidro y no se observó diferencia en los rendimientos de las dos accesiones evaluadas. En tanto, la accesión más destacada de C. gyroides fue CIAT 3001, principalmente en Atenas y San Isidro; en el primer sitio superó

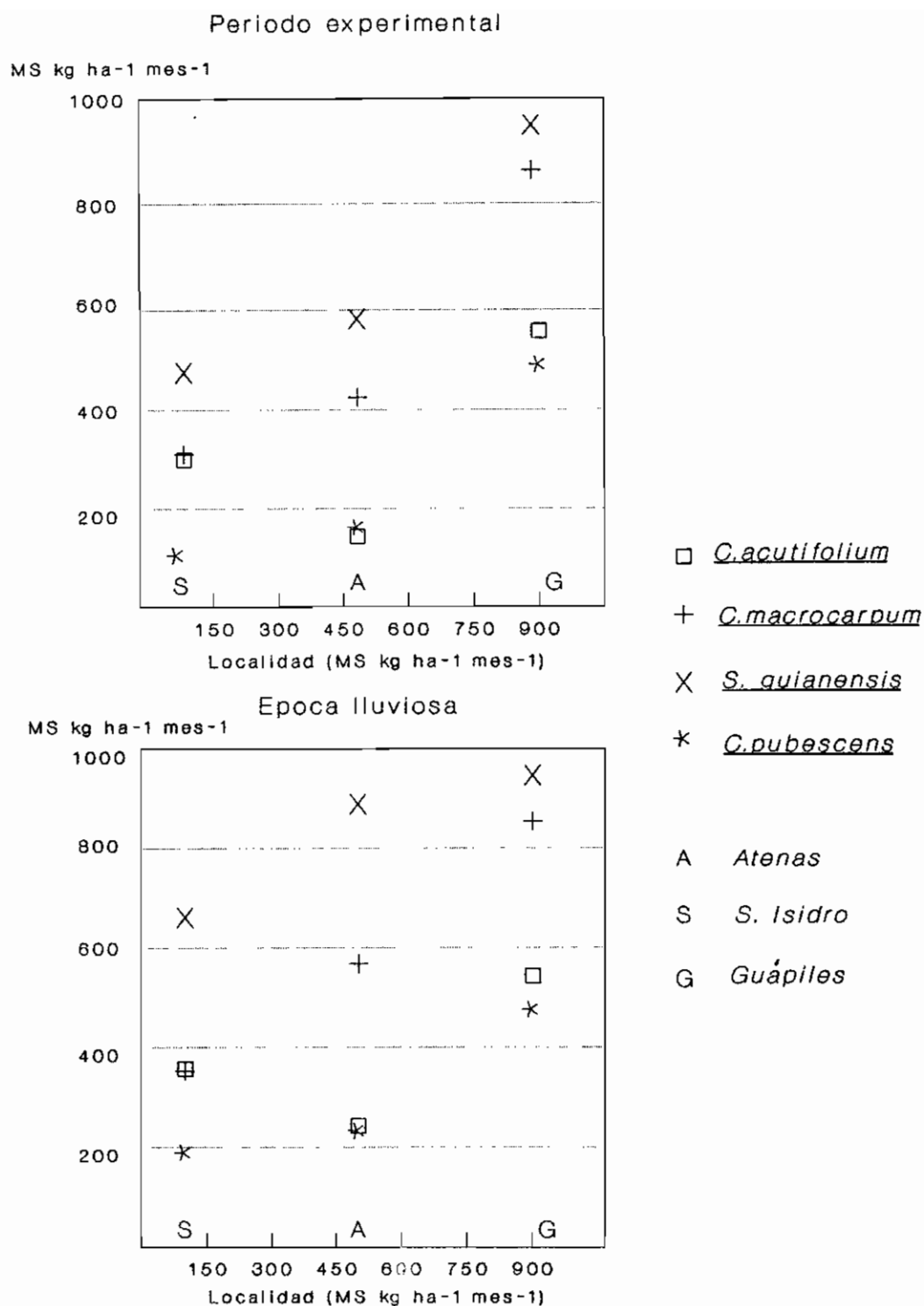


Figura 1. Rendimientos promedio por localidad y especie de leguminosas durante la época lluviosa y el período experimental de dos años en Costa Rica, 1990.

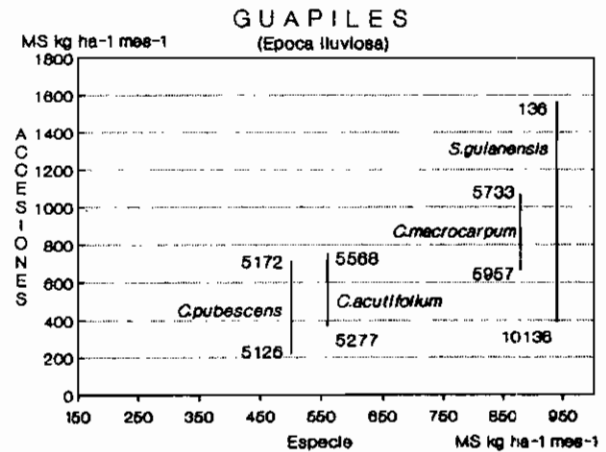
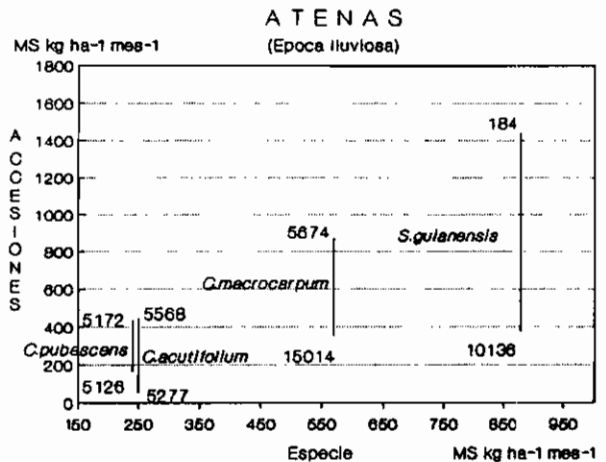
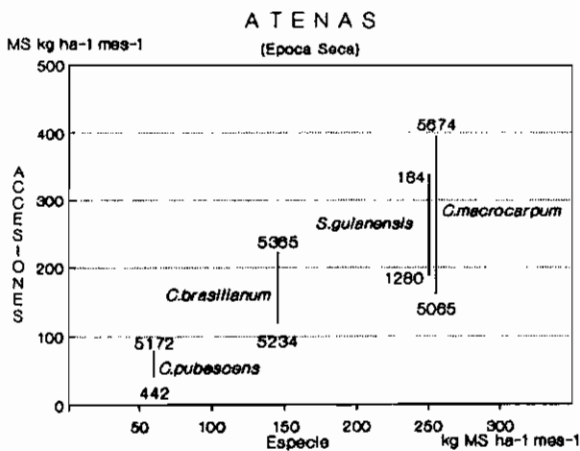
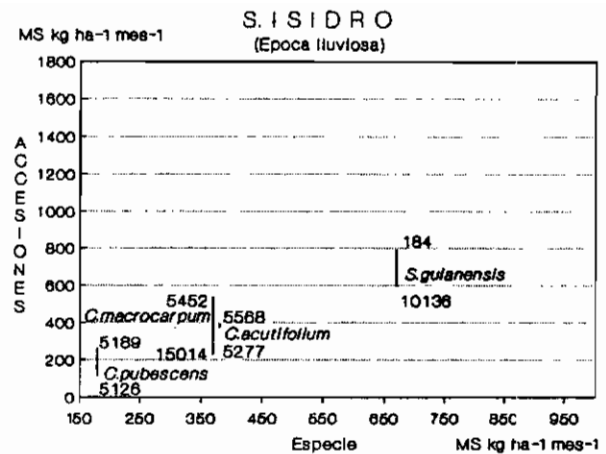
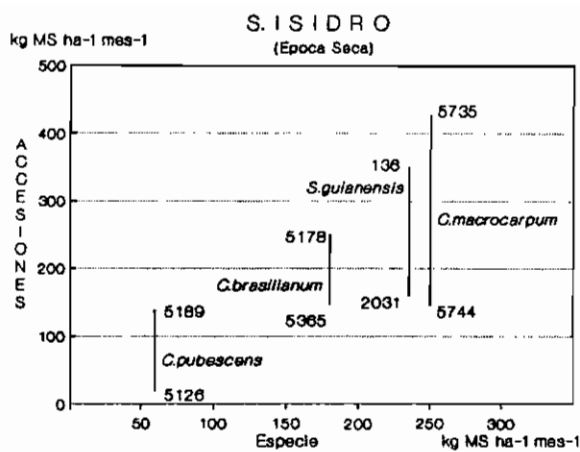


Figura 2. Rendimientos promedio por localidad y especie de la mejor y peor accesión de *S. guianensis* y *Centrosema* sp. de acuerdo con la época de crecimiento. Costa Rica, 1990.

Cuadro 1. Producción acumulada de materia seca (t MS/ha) de leguminosas arbustivas y subarbusivas después de dos años de evaluación agronómica y de adaptación en 3 localidades de Costa Rica (1990).

No. de Especie	CIAT	Atenas	Guápiles (t MS/ha)	San Isidro
<u>Aeschynomene americana</u>	470		5.4 b*	
	1725		9.3 a	
	1726		7.3 ab	
<u>Aeschynomene villosa</u>	2331		2.5 a	
	2927		3.4 a	
<u>Chamaecrista rotundifolia</u>	8201			9.1 a
	8202			9.7 a
<u>Codariocalyx gyroides</u>	3001	3.5 a*	5.4 a	8.9
	13548	1.1 b	3.9 a	
	13979	0.6 b	2.0 a	
<u>Cratylia floribunda</u>	18516	11.4	26.7	
<u>Desmanthus virgatus</u>	474		37.9 a	
	1857		26.0 a	
<u>Desmodium velutinum</u>	13218		27.1	
<u>Flemingia macrophylla</u>	801	3.7 ab	46.7 ab	
	7184	2.9 b	45.7 ab	
	17400	5.6 ab	40.5 b	
	17403	8.6 a	55.3 a	
	17407	5.4 a	42.7 b	

\* Valores en la misma columna para cada especie y con las mismas letras no difieren significativamente ( $P > 0.05$ ), según Duncan.

ampliamente ( $P < 0.05$ ) a las accesiones CIAT 13548 y 13979. Sin embargo, la persistencia de la especie fue pobre hacia el final del período de evaluación.

C. floribunda tuvo mejor adaptación en Guápiles que en Atenas; en ninguno de los dos sitios se registraron enfermedades foliares ni plagas en esta especie. Mientras tanto, las accesiones CIAT 474 y 1857 de D. virgatus

persistieron muy bien todo el período de evaluación en Guápiles. Algo similar ocurrió en cuanto a la persistencia de D. velutinum CIAT 13218.

F. macrophylla tuvo mayor adaptación y producción en Guápiles comparado con Atenas. En ambos sitios la accesión CIAT 17403 fue la de mejores rendimientos, pero en Guápiles la producción superó en aproximadamente 6 veces lo observado en Atenas. Esta especie

persistió muy bien bajo el régimen de corte impuesto.

#### Ensayo multilocacional de *C. pubescens*

Este experimento se estableció en San Isidro hacia finales de 1989. Compara la adaptación y productividad estacional de 25 accesiones de *C. pubescens* y 2 de *C. acutifolium* en cortes periódicos cada 12 semanas. Complementario a lo anterior se registra en una parcela adicional, la floración y producción de semilla de cada una de las accesiones. El Cuadro 2 muestra rendimiento promedio de 4 cortes ( $\text{g MS/m}^2$ ) y lo cosechado de semilla en la parcela adicional. Se observa hasta la fecha alta variabilidad entre especies y accesiones para los parámetros que se miden. *C. pubescens* CIAT 5634 ha mostrado los rendimientos más altos, los cuales son comparables ( $P < 0.05$ ) al cv. Vichada. Sin embargo, esta última ha sido nula en cuanto a floración y por lo tanto no ha formado semilla; en este aspecto la accesión CIAT 5568 también de *C. acutifolium* ha tenido mejor comportamiento, aunque como se observa no ha estado tampoco dentro de las más prolíficas. Mayor capacidad reproductiva han mostrado las accesiones de *C. pubescens* CIAT 15474 (introducción de Chiriquí-Panamá), CIAT 15160 y CIAT 5189 (respectivamente introducciones de Barinas y Miranda, Venezuela), todas con producciones de semilla por encima de los  $11 \text{ g/m}^2$ .

El híbrido de *C. pubescens* CIAT 438 ha estado dentro de las mejores en rendimiento ( $305.6 \text{ g MS/m}^2$ ) y con producciones intermedias de semilla ( $5.2 \text{ g/m}^2$ ), mientras que el CIAT 413 (de uso comercial en Australia) ha estado dentro del grupo de los menos productivos.

Comedores de hoja y pulguitas han sido los insectos de mayor incidencia en esta colección de *Centrosema* (grado 2, daño leve), mientras que la incidencia de enfermedades foliares causadas por *Rhizoctonia* y *Cercospora* ha sido de

leve a moderada para todas las accesiones.

También se han realizado observaciones sobre desplazamiento lateral de todas las accesiones durante el período de 12 semanas de crecimiento. *C. pubescens* CIAT 15149, 5627 y 15875 han registrado valores promedios de 187, 179 y 178 cm de desplazamiento, respectivamente, lo cual ha superado en forma significativa ( $P < 0.05$ ) a CIAT 15150, 5596 y 438 (120, 113 y 109 cm, respectivamente). Otras accesiones, incluyendo el *C. acutifolium*, han registrado valores intermedios a los anteriores. Las evaluaciones de este ensayo continuarán por un año más.

#### *Stylosanthes scabra*

La evaluación de 20 accesiones de *S. scabra* en Atenas, ha completado un ciclo completo de observaciones (dos cortes en la época lluviosa y dos en la época seca). La productividad de forraje de esta especie no ha sido muy alta; sin embargo, existe variabilidad de rendimiento entre accesiones como lo muestra el Cuadro 3.

Los cultivares australianos Fitzroy y Seca, equivalentes a CIAT 1009 y 4, respectivamente, se encuentran dentro del grupo de mayor rendimiento; la producción de MS de éstos durante la época seca es muy similar. En este aspecto ha existido gran variabilidad entre las accesiones, notándose poco o ningún porcentaje de producción durante el período seco de las accesiones CIAT 1991, 1926, 1708, 1036, 2808 y 1917, y hasta valores de 30 y 34% en las accesiones CIAT 1060, 10525, 1522, 2492 y 1082. Es interesante notar también que las accesiones provenientes de Brasil y Venezuela muestran en conjunto mejor adaptación (mayor producción de MS) que las provenientes de Colombia.

Se han observado ataques leves de antracnosis en los *S. scabra*; también ha ocurrido muerte aislada de plantas

Cuadro 2. Rendimientos de materia seca ( $\text{g}/\text{m}^2$ ) de 25 accesiones de Centrosema pubescens y 2 de C. acutifolium establecidas en San Isidro. Costa Rica, 1990.

Especie	CIAT No.	Rendimiento ( $\text{g MS}/\text{m}^2$ )	Producción de semilla ( $\text{g}/\text{m}^2$ )
<u>C. pubescens</u>	5634	466.6 a*	1.9
<u>C. acutifolium</u>	5277 (cv Vichada)	455.2 a	0.0
<u>C. pubescens</u>	15154	335.1 b	1.5
<u>C. acutifolium</u>	5568	330.3 b	0.3
<u>C. pubescens</u>	438	305.6 bc	5.2
<u>C. pubescens</u>	5172	254.8 bcd	6.4
<u>C. pubescens</u>	5627	223.8 bcdef	4.8
<u>C. pubescens</u>	15160	206.6 bcdef	12.3
<u>C. pubescens</u>	15470	206.2 bcdef	6.0
<u>C. pubescens</u>	15149	194.0 cdef	8.1
<u>C. pubescens</u>	5169	188.3 cdef	1.9
<u>C. pubescens</u>	5167	178.4 cdef	7.1
<u>C. pubescens</u>	5006	169.0 def	4.5
<u>C. pubescens</u>	5189	152.4 def	11.2
<u>C. pubescens</u>	413	151.8 def	3.7
<u>C. pubescens</u>	15875	146.7 def	6.8
<u>C. pubescens</u>	15144	144.1 def	7.6
<u>C. pubescens</u>	15474	135.8 def	12.9
<u>C. pubescens</u>	15150	126.5 def	0.4
<u>C. pubescens</u>	15872	144.7 ef	4.3
<u>C. pubescens</u>	5133	118.2 ef	3.1
<u>C. pubescens</u>	5631	106.4 ef	2.1
<u>C. pubescens</u>	5596	98.5 ef	8.4
<u>C. pubescens</u>	15043	92.0 ef	4.7
<u>C. pubescens</u>	15133	88.1 ef	2.8
<u>C. pubescens</u>	15880	69.8 f	2.5
<u>C. pubescens</u>	15132	69.6 f	2.0

\*  $P < 0.05$ , Rango Múltiple de Duncan. Cortes de evaluación cada 12 semanas. Promedios de 4 cortes.

lo cual se asocia a la presencia de un complejo de hongos en el suelo, tal vez Fusarium y Sclerotium. Insectos comedores, pulgillas y el complejo trips-ácaros, se ha notado en forma leve o a nivel de presencia solamente. Las evaluaciones de este ensayo continuarán por un año adicional.

#### Arachis pintoi

Siete accesiones de esta especie se evaluaron por un período de dos años en un experimento de frecuencia de corte cada 8 semanas en Guápiles (trópico muy húmedo). Las accesiones de mayor adaptación y productividad fueron: CIAT



Cuadro 3. Rendimientos de materia seca (g/planta) de 20 accesiones de Stylosanthes scabra establecidas en Atenas. Costa Rica, 1990.

CIAT No.	Rendimiento (g MS/planta)	% de Rendimiento en época seca (+)	Origen
1009 cv Fitzroy	124.2 a *	22	Brasil
1917	123.4 a	9	Venezuela
10077	117.2 ab	24	Brasil
4 cv Seca	116.4 ab	23	Brasil
2818	101.3 abc	12	Venezuela
2808	95.9 abc	8	Venezuela
10732	95.9 abc	29	Brasil
1060	94.0 abc	30	Brasil
10525	94.0 abc	30	Brasil
1526	91.0 abc	13	Venezuela
1991	89.4 abcd	0	Brasil
1926	88.1 abcde	0	Venezuela
1522	83.5 abcdef	34	Colombia
1129	81.8 abcdef	26	Colombia
1036	76.6 bcdef	4	Colombia
2492	71.0 cdef	34	Brasil
1082	68.8 cdef	32	Brasil
2015	47.4 def	10	Brasil
1380	45.7 ef	11	Colombia
1708	45.0 f	0	Brasil

\* P < 0.05, Rango Múltiple de Duncan.  
(+) 5-6 meses secos.

18744, 17434, 18747, 18748 y 18751, con rendimientos acumulados de dos años respectivamente de 9.8, 8.2, 7.9, 7.6 y 7.4 t MS/ha.

Las accesiones CIAT 18744, 18748, 18751 y 17434, se seleccionaron y establecieron en Guápiles y San Isidro para evaluar rendimiento de semilla en cosechas cada 4 meses, empezando al octavo mes después de la siembra. Registros sobre cobertura, número de flores, estolones y altura de planta, se efectuaron por 3 meses en las accesiones establecidas en Guápiles. Esta información se presenta en el Cuadro 4.

La accesión CIAT 17434 (cv Amarillo en Australia), fue la más lenta en establecerse y tuvo consistentemente el menor

número de flores y estolones/m<sup>2</sup>; lo anterior fue más evidente a los dos meses de la siembra. Para esta fecha la accesión CIAT 18748 tuvo mejor cobertura y mayor número de flores/m<sup>2</sup> (P < 0.05) en comparación con otras accesiones. Tres meses después de la siembra todas las accesiones habían cubierto el suelo, pero se observaron diferencias en número de flores y estolones; la accesión CIAT 18744 estuvo entre las de mejor desempeño para esta fecha. La altura de las plantas prácticamente no varió entre accesiones durante el período de observaciones; esta planta de hábito fuertemente estolonífero, alcanza su altura máxima muy temprano en la fase de establecimiento, es decir, aproximadamente un mes después de sembrada;

Cuadro 4. Observaciones de establecimiento de accesiones de Arachis pintoi establecidas por medios vegetativos en Guápiles. Costa Rica, 1990.

Meses después de la siembra	CIAT No.	Cobertura (%)	Flores (No./m <sup>2</sup> )	Estolones (No./m <sup>2</sup> )	Altura (cm)
1	17434	28 a *	9 a	47 b	9
	18744	41 a	16 a	73 ab	8
	18748	34 a	11 a	71 ab	9
	18751	40 a	7 a	79 a	10
2	17434	75 c	43 c	116 b	8
	18744	94 b	101 b	188 ab	7
	18748	98 a	128 a	201 ab	8
	18751	94 b	52 c	206 a	11
3	17434	98 a	93 a	355 b	8
	18744	100 a	123 a	555 a	8
	18748	100 a	33 b	404 b	8
	18751	100 a	44 b	564 a	11

\* P < 0.05, Rango Múltiple de Duncan.

para esta misma fecha también comienzan a aparecer las primeras flores.

Se han observado diferencias en color del follaje durante la fase de establecimiento, a pesar de que todas las accesiones fueron inoculadas a la siembra. Mientras que la accesión CIAT 17434 muestra clorosis desde leve a muy clorótico, las otras accesiones se destacan por follaje de color verde intenso. Análisis foliar de todas las accesiones, no ha mostrado diferencias significativas en composición de nutrientes. Por otro lado, cuando CIAT 17434 está asociado con una gramínea, la clorosis foliar no es evidente. Esta particularidad, observada sólo en esta accesión, necesita de estudios más detallados.

#### MULTIPLICACION DE SEMILLAS

La multiplicación de semilla de germoplasma promisorio continúa dentro de las principales actividades de esta sección del Programa de Pastos. El Cuadro 5 resume rendimientos y el total

de semilla cosechada hasta Agosto de 1990 en las localidades de Atenas, San Isidro y Guápiles. Las semillas se cosecharon en forma manual de lotes establecidos y manejados exclusivamente para multiplicación. El total de semilla cosechada fue de 236.7 y 126.9 kg de gramíneas y leguminosas respectivamente.

Llama la atención el alto rendimiento de semilla obtenido en Atenas de B. dictyoneura 6133; este mismo lote rindió durante 1989, sólo 7 kg/ha de semilla, lo cual se asoció a corte de uniformidad realizado tardíamente (Informe Anual PPT 1989). Por otro lado, esta especie rindió 247 kg/ha en 1989 en San Isidro, pero no floreció durante el siguiente ciclo a pesar de haber tenido manejo adecuado de fertilización y corte de uniformidad. Apparently el B. dictyoneura 6133, en condiciones de Costa Rica, tiene un año vegetativo de reducida respuesta floral (etapa juvenil) y otro altamente reproductivo con aceptable sincronización y formación de semilla.

Cuadro 5. Rendimientos de semilla (kg/ha) y total cosechado de gramíneas y leguminosas establecidas en tres localidades de Costa Rica. Octubre 1989 a Agosto 1990.

Especie	Sitio	Rendimiento (kg/ha)*	Producción (kg)
<b>GRAMINEAS</b>			
<u>B. dictyoneura</u> CIAT 6133	Atenas	265	69.0
<u>B. brizantha</u> CIAT 6780	Atenas	59	13.0
	Guápiles	2	0.7
	San Isidro	38	21.0
<u>A. gayanus</u> CIAT 621	Atenas	106	85.0
	San Isidro	208	48.0
		Total	236.7
<b>LEGUMINOSAS</b>			
<u>D. ovalifolium</u> CIAT 350 CIAT 3788 CIAT 13089	Guápiles		13.4
	Guápiles		3.0
	Guápiles		6.0
<u>S. guianensis</u> CIAT 184	Atenas	63	8.6
<u>C. brasilianum</u> CIAT 5234	Atenas	196	51.0
<u>C. macrocarpum</u> CIAT 5713 CIAT 5452	San Isidro	26	10.4
	San Isidro	21	11.6
<u>A. pintoii</u> CIAT 17434	Guápiles	600	22.9
		Total	126.9

\* Pureza de 90% para Brachiaria y 30% para A. gayanus.

La mayor limitante en áreas de multiplicación de leguminosas ha sido la alta incidencia de enfermedades foliares. Micoplasma, Cylindrocladium, Cercospora y bacteriosis, prácticamente anularon la cosecha de C. macrocarpum y redujeron substancialmente la de C. brasilianum en Atenas. La incidencia de enfermedades se incrementa en semilleros con más de dos años de establecidos, por esto se recomienda cambiar periódicamente las

áreas a nuevos sitios sin historia de semilleros con leguminosas.

Nuevas áreas y especies en multiplicación se presentan en el Cuadro 6. Se han incrementado áreas de multiplicación de accesiones promisorias de B. brizantha, B. humidicola, P. maximum, S. guianensis y A. pintoii. Las nuevas accesiones provienen de germoplasma seleccionado después de dos años de

Cuadro 6. Especies y áreas totales en multiplicación de semilla en diferentes localidades de Costa Rica (1990).

Especies	No. de accesiones	Área multiplicación (ha)		Localidades
		Nueva	Total	
<u>B. brizantha</u>	11	0.77	2.53	San Isidro, Atenas, Guápiles
<u>B. dictyoneura</u>	1	0.77	1.77	San Isidro, Atenas
<u>B. humidicola</u>	8	0.69	1.79	San Isidro, Guápiles
<u>A. gayanus</u>	2		0.11	San Isidro
<u>B. decumbens</u>	5	0.04	0.14	Atenas, Guápiles
<u>P. maximum</u>	10	0.04	0.04	Atenas
<u>C. brasilianum</u>	1		0.14	Atenas
<u>C. macrocarpum</u>	4	0.25	1.25	Atenas, San Isidro
<u>C. acutifolium</u>	1	0.09	0.09	San Isidro
<u>S. guianensis</u>	4	0.90	0.90	Atenas, San Isidro
<u>A. pintoí</u>	3	0.69	1.14	San Isidro, Guápiles
Total	50	4.24	9.90	

evaluación en San Isidro, Guápiles y Atenas.

#### Distribución de semilla

Durante el período Enero-Agosto 1990, se recibieron y entregaron 75 pedidos de semilla y material vegetativo de países miembros de la RIEPT-CAC (Cuadro 7). El mayor número de entregas se realizó dentro de Costa Rica -70% de los pedidos- y refleja la acción más directa del Programa de Pastos en el país sede. En total se entregaron 73.4 y 242.9 kg de semilla de gramíneas y leguminosas, sobresaliendo Nicaragua con el mayor número de solicitudes después de Costa Rica.

Más de 7 toneladas de material vegeta-

tivo de B. dictyoneura 6133, B. brizantha 6780, 664 y A. pintoí 17434, fueron entregados casi en su totalidad dentro de la Zona Atlántica (trópico húmedo) de Costa Rica. Un alto porcentaje de estos pedidos correspondió a A. pintoí 17434, lo que se ilustra en el Cuadro 8. El material se destinó principalmente a semilleros y evaluaciones de cobertura tanto en Costa Rica como en otros países del área.

#### Áreas nuevas

La actividad de multiplicación de semilla con colaboradores en Costa Rica se incrementó considerablemente durante el período Abril-Septiembre, 1990. El Cuadro 9 muestra especies, área, sitio y colaborador principal, en la que la

Cuadro 7. Número de pedidos y cantidad (kg) de semilla experimental de forrajeras tropicales entregados por RIEPT-CAC a Programas Nacionales durante el período Enero-Agosto, 1990, en Costa Rica.

País	Región	Pedidos No.	Legum. (kg)	Gramín. (kg)	Mat. vegetat. (kg)	Propósito
Costa Rica	Pac.Sur	17	9.2	78.2	800	Semilleros, ERB's Cobertura
	Zn.Atln.	10	5.6	24.0	5520	Semilleros, Cobertura Resiembras
	Pac.seco	11	5.8	56.8	300	Semilleros ERB's
	Zn.Central	4	4.6	5.2	200	Semilleros
	CATIE	10	1.1	0.2	610	Semilleros Pruebas invernadero Cobertura
	Subtotal	(52)	(26.36)	(164.4)	(7,430)	
Salvador		4	2.5	9.7		ERB's, Semilleros
Panamá		3	9.2	6.9		ERB's
Honduras		1	0.8	0.6		ERB's
Guatemala		2	3.7	16.5		Semilleros, ERB's
Belice		1	3.5	0.9		ERB's
México		1	3.4			Semilleros, ERB's
Colombia		1	1.8			RIEPT Sabanas
Nicaragua		5	14.8	25.9	250	Semilleros, ERB's Cobertura
Jamaica		1	2.3			ERB's
Haití		2	2.0	1.0		Semilleros
Venezuela		1	0.1			
Rep. Dom.		1	3.0	17.0		Semilleros
	Subtotal	(23)	(47.1)	(78.5)	(250)	
	Total	75	73.4	242.9	7,680	

A. pintoi CIAT 17434, B. dictyoneura CIAT 6133, B. brizantha CIAT 6780, CIAT 664.

RIEPT-CAC ha contribuido con semilla básica, asesoría de establecimiento y manejo de semilleros. Debe destacarse la activa participación de COOPEAGRI en el proceso de multiplicación en el Sur de Costa Rica y de la Fundación La Pacífica en Cañas, Guanacaste.

En el Cuadro 9 no aparecen semilleros

establecidos por iniciativa de MAG-CATIE en la Región Huetar Atlántica (trópico húmedo). En esta zona las especies establecidas para semilleros durante 1990 fueron: B. brizantha CIAT 6780 y 664, 6.3 ha con 14 productores; B. dictyoneura CIAT 6133, 0.8 ha, 1 productor y A. pintoi CIAT 17434, 0.8 ha, 3 productores.

Cuadro 8. Cantidad (kg) de semilla y material vegetativo de Arachis pintoii entregado a Programas Nacionales de varios países durante el período Enero-Agosto, 1990.

País	Semilla (kg)	Material Vegetativo (kg)
Costa Rica	16.6	3,000
El Salvador	5.0	
Nicaragua	3.0	250
Panamá	1.0	
Belice	2.0	
Jamaica	5.0	
México	2.4	
<b>Total</b>	<b>35.0</b>	<b>3,250</b>

Cuadro 9. Colaborador, área y especie forrajera establecida para multiplicación de de semilla durante 1990 en Costa Rica\*.

Especie	CIAT No.	Area (ha)	Multiplicador	Localidad
<u>B. brizantha</u>	6780	0.5	MAG	Liberia
		3.0	La Pacífica	Cañas
		5.2	Coopeagri	San Isidro
		1.8	MAG	San Isidro
		(10.5)		
<u>B. dictyoneura</u>	6133	0.5	MAG	Liberia
		3.0	La Pacífica	Cañas
		7.3	Coopeagri	San Isidro
		1.0	MAG	San Isidro
		(11.8)		
<u>A. gayanus</u>	621	1.2	MAG	Liberia
		12.0	La Pacífica	Cañas
		14.7	Coopeagri	San Isidro
		2.0	MAG	San Isidro
		(29.9)		
<u>S. guianensis</u>	184	0.2	MAG	Liberia
		2.0	La Pacífica	Cañas
		0.5	Coopeagri	San Isidro
		0.2	MAG	San Isidro
		(2.9)		
<u>P. phaseoloides</u>	9900	1.0	Coopeagri	San Isidro

\* No se incluyen áreas de semilleros establecidas por MAG Y CATIE en otras regiones de Costa Rica.

ENSAYO DE PASTOREO (CATEGORIA IV)

Durante el primer semestre de 1990, se inició en Guápiles (trópico húmedo) el pastoreo de B. brizantha CIAT 6780 sola y asociada con A. pintoí CIAT 17434. A la fecha se han realizado dos ciclos completos de pastoreo que empiezan a mostrar diferencias en disponibilidad y composición botánica por efecto de carga (Cuadro 10). Se observa menos disponibilidad de forraje en la carga alta, principalmente en la gramínea pura, lo cual está asociado también a menor densidad de la gramínea (82%) y mayor presencia de malezas, particularmente gramas del género Axonopus.

El A. pintoí, aunque relativamente bajo en la pastura, tiene prácticamente el doble de presencia en la carga alta con

relación a la baja, lo que refleja menor competencia de la gramínea por efecto de pastoreo. El B. brizantha CIAT 6780, es bastante agresivo en condiciones de Guápiles y resultó fuerte competidor durante la fase de establecimiento de la asociación, en donde la gramínea y leguminosa fueron establecidas simultáneamente. En situaciones como ésta, pareciera mejor práctica el establecimiento inicial del A. pintoí 17434, seguido por la gramínea, 3 semanas después.

Durante 1990 se establecieron árboles frutales (principalmente cítricos) dentro del ensayo, con el objeto de convertir la pastura en un sistema agropastoril en el futuro. La densidad arbórea es de un árbol por cada 50 m<sup>2</sup> de superficie.

Cuadro 10. Disponibilidad y composición botánica de la pastura B. brizantha CIAT 66780 sola y asociada con A. pintoí CIAT 17434, después de dos ciclos de pastoreo en Guápiles, Costa Rica (1990). Ensayo Regional Tipo D.

Carga (an/ha)	Disponibilidad (t MS/ha)	Asociación			Gramínea Pura		
		Gram.	Legum. (%)	Maleza	Disponibilidad (t MS/ha)	Gram. (%)	Maleza
1.7	5.3	77	11	12	5.4	90	10
3.3	4.0	67	20	13	3.0	82	18

Rotación: 7 días de ocupación y 21 de descanso.

## 11. AGRONOMIA: CENTROAMERICA Y EL CARIBE

### RESUMEN

Durante 1990 finalizó la evaluación agronómica (Categoría II) y de adaptación en tres sitios contrastantes de Costa Rica, de accesiones de leguminosas pertenecientes a Stylosanthes guianensis, Centrosema macrocarpum, C. pubescens, C. acutifolium, Arachis pintoii, Aeschynomene americana, A. villosa, Chamaecrista rotundifolia, Codariocalyx gyroides, Cratylia floribunda, Desmanthus virgatus, Desmodium velutinum y Flemingia macrophylla. Entre las leguminosas herbáceas, S. guianensis fue la de mejor adaptación en todos los sitios, destacándose la accesión CIAT 184 cv Pucallpa, seguida por CIAT 136. C. macrocarpum fue la segunda especie en rendimientos, destacándose las accesiones CIAT 5733, 5674 y 5452. CIAT 5568 de C. acutifolium tuvo mejor adaptación que CIAT 5277 cv Vichada tanto en Guápiles (trópico húmedo), como en Atenas (trópico subhúmedo) y San Isidro (bosque estacional). En los dos últimos sitios las accesiones CIAT 5178 y 5365 de C. brasilianum superaron a CIAT 5234, pero todas sufrieron severos ataques de Rhizoctonia sp. La accesión CIAT 5126 de C. pubescens, fue consistentemente la menos adaptada a los sitios mencionados, mientras que la accesión CIAT 5172 se adaptó muy bien a las condiciones de Guápiles y Atenas.

A. pintoii fue más productivo en condiciones de Guápiles; la accesión CIAT 18774 superó ligeramente a CIAT 17434 cv Amarillo (9.8 y 8.2 t MS/ha respectivamente, acumulado de dos años) y tuvo mayor densidad de estolones por unidad de superficie. En Guápiles

también se dieron los mayores rendimientos de los arbustos F. macrophylla, C. floribunda y C. gyroides; de esta última lo más destacado fue CIAT 3001 (5.4 t MS/ha, acumulado de dos años), pero con baja persistencia hacia el final del período de evaluación.

Nuevas gramíneas seleccionadas después de dos años de evaluación, por altos rendimientos y otras características de crecimiento, fueron las siguientes: Brachiaria brizantha CIAT 664, 667, 16300, 16886, 26149, 16176, 16443, 16475 y 16830; B. humidicola CIAT 16876, 16886, 26149, 16176, 16178 y 16182; B. decumbens CIAT 16497, 16496, 16500 y 16491; Panicum maximum CIAT 622, 16051, 6215, 16061, 6299 (cv Tobiata), 16017, 16028, 6969, 6177 y 6945.

Durante el período en referencia se produjeron 236 y 126 kg de semilla experimental de gramíneas y leguminosas respectivamente. Se recibieron 74 pedidos de semilla de miembros de la RIEPT-CAC, a quienes se entregó 72 y 243 kg de semilla sexual de gramíneas y leguminosas, más 7 ton de material vegetativo de B. dictyoneura CIAT 6133, B. brizantha CIAT 6780, 664 y A. pintoii 17434, principalmente en Costa Rica.

Continuó la evaluación en trópico húmedo de un ensayo de pastoreo (Categoría IV) con la gramínea B. brizantha CIAT 6780 sola y asociada con A. pintoii CIAT 17434. Se ha observado que el contenido de la leguminosa ha aumentado en la carga alta (3.0 UA/ha) con relación a la baja (1.5 UA/ha).



## 11. AGRONOMIA: CENTROAMERICA Y EL CARIBE

### RESUMEN

Durante 1990 finalizó la evaluación agronómica (Categoría II) y de adaptación en tres sitios contrastantes de Costa Rica, de accesiones de leguminosas pertenecientes a Stylosanthes guianensis, Centrosema macrocarpum, C. pubescens, C. acutifolium, Arachis pintoii, Aeschynomene americana, A. villosa, Chamaescrista rotundifolia, Codariocalyx gyroides, Cratylia floribunda, Desmanthus virgatus, Desmodium velutinum y Flemingia macrophylla. Entre las leguminosas herbáceas, S. guianensis fue la de mejor adaptación en todos los sitios, destacándose la accesión CIAT 184 cv Pucallpa, seguida por CIAT 136. C. macrocarpum fue la segunda especie en rendimientos, destacándose las accesiones CIAT 5733, 5674 y 5452. CIAT 5568 de C. acutifolium tuvo mejor adaptación que CIAT 5277 cv Vichada tanto en Guápiles (trópico húmedo), como en Atenas (trópico subhúmedo) y San Isidro (bosque estacional). En los dos últimos sitios las accesiones CIAT 5178 y 5365 de C. brasilianum superaron a CIAT 5234, pero todas sufrieron severos ataques de Rhizoctonia sp. La accesión CIAT 5126 de C. pubescens, fue consistentemente la menos adaptada a los sitios mencionados, mientras que la accesión CIAT 5172 se adaptó muy bien a las condiciones de Guápiles y Atenas.

A. pintoii fue más productivo en condiciones de Guápiles; la accesión CIAT 18774 superó ligeramente a CIAT 17434 cv Amarillo (9.8 y 8.2 t MS/ha respectivamente, acumulado de dos años) y tuvo mayor densidad de estolones por unidad de superficie. En Guápiles

también se dieron los mayores rendimientos de los arbustos F. macrophylla, C. floribunda y C. gyroides; de esta última lo más destacado fue CIAT 3001 (5.4 t MS/ha, acumulado de dos años), pero con baja persistencia hacia el final del período de evaluación.

Nuevas gramíneas seleccionadas después de dos años de evaluación, por altos rendimientos y otras características de crecimiento, fueron las siguientes: Brachiaria brizantha CIAT 664, 667, 16300, 16886, 26149, 16176, 16443, 16475 y 16830; B. humidicola CIAT 16876, 16886, 26149, 16176, 16178 y 16182; B. decumbens CIAT 16497, 16496, 16500 y 16491; Panicum maximum CIAT 622, 16051, 6215, 16061, 6299 (cv Tobiata), 16017, 16028, 6969, 6177 y 6945.

Durante el período en referencia se produjeron 236 y 126 kg de semilla experimental de gramíneas y leguminosas respectivamente. Se recibieron 74 pedidos de semilla de miembros de la RIEPT-CAC, a quienes se entregó 72 y 243 kg de semilla sexual de gramíneas y leguminosas, más 7 ton de material vegetativo de B. dictyoneura CIAT 6133, B. brizantha CIAT 6780, 664 y A. pintoii 17434, principalmente en Costa Rica.

Continuó la evaluación en trópico húmedo de un ensayo de pastoreo (Categoría IV) con la gramínea B. brizantha CIAT 6780 sola y asociada con A. pintoii CIAT 17434. Se ha observado que el contenido de la leguminosa ha aumentado en la carga alta (3.0 UA/ha) con relación a la baja (1.5 UA/ha).

## 12. Reciclaje y Fijación de Nitrógeno

El trabajo de la **Sección** se ha concentrado en tres áreas:

1. Estudios de rizobio.
2. Ciclo del N en pasturas; y
3. Ciclo del N en sistemas arroz-pastos. Este trabajo se ha realizado en colaboración con las secciones de Relación Suelo/Planta y Reciclaje de Nutrientes y Ecofisiología y aparece en el respectivo reporte de Asociaciones Arroz-Pasto.

### ESTUDIOS DE RIZOBIO

#### Relaciones serológicas entre cepas de Bradyrhizobium para leguminosas forrajeras

La colección de CIAT Bradyrhizobium (aproximadamente 4000 cepas) ha sido tentativamente clasificada de acuerdo con las características de crecimiento de las cepas en levadura manitol-agar a pH 5.5 y 6.8 y subsecuentemente asignadas a 5 ó más categorías (Bradley et al., 1989). Sin embargo, las relaciones taxonómicas de este grupo heterogéneo de cepas de Bradyrhizobium son aún desconocidas. Se ha argumentado que se necesita un entendimiento de estas relaciones para progresar en la ecología del rizobio. Además se requieren métodos para identificación de cepas para entender la aparición/desaparición de cepas inoculadas en el campo ya que hay poca evidencia disponible para sugerir que las cepas introducidas persisten en el suelo. Si no hay persistencia de las cepas, aparte del establecimiento de la leguminosa es poco el beneficio

alcanzado con la inoculación debido a lo impracticable de la reinoculación de pasturas.

Con esto en mente, se inició un estudio preliminar para caracterizar serológicamente 91 cepas de Bradyrhizobium aisladas originalmente de ecotipos de Centrosema y Arachis de las cuales se sabe que varían en su habilidad para infectar y producir simbiosis efectiva con leguminosas forrajeras tropicales (Bradley et al., 1989).

Se seleccionaron seis cepas con características diferentes para la producción de anticuerpos, como se observa en el Cuadro 1. Cultivos puros estériles de esas cepas se inyectaron intramuscularmente a conejos para producir antisueros (anticuerpos) usando procedimientos estándar. Cada una de las 91 cepas fue probada por sus reacciones con estos seis anticuerpos usando la técnica ELISA indirecta descrita en el Informe Anual del Programa de Pastos Tropicales 1989. Este método usa básicamente el enlace de una enzima para un anticuerpo antiespecífico (IgG), el cual puede reaccionar con anticuerpos específicos para cepas. Los antígenos de prueba (células de cepas de Bradyrhizobium) se colocaron en platos microtiter, luego se añadieron los anticuerpos anti-Rhizobium (preparados para las seis cepas del Cuadro 1) los que se unieron específicamente a los rizobios. El complejo inmobilizado antígeno-anticuerpo reaccionó después con la enzima marcada de la molécula anti-

Cuadro 1. Características simbióticas y morfológicas de las cepas usadas para estudios serológicos.

CIAT No.	Características Simbióticas	Características morfológicas
49	Recomendada para <u>Centrosema</u> en Australia Efectiva con varias <u>Centrosema</u> spp, en suelo de Carimagua. Forma nódulos blancos.	CAT. Z
1670	Efectiva con varias <u>Centrosema</u> spp. y <u>Arachis pintoii</u> en Carimagua. Anteriormente recomendada por CIAT para <u>Centrosema pubescens</u> .	CAT. YZD
2380	Efectiva con <u>Centrosema acutifolium</u> en suelo de Carimagua	CAT. YZ
3111	Efectiva con <u>Centrosema macrocarpum</u> en suelo de Carimagua. Forma abundantes nódulos.	CAT. XD
3694	Efectiva con varias <u>Centrosema</u> spp. en suelo de Carimagua.	CAT. VX

immunoglobulina y la reacción enzimática produjo un complejo coloreado.

Usando reacciones positivas para los seis antisueros, las 91 cepas probadas se agruparon en 19 serogrupos con base en los resultados mostrados en el Cuadro 2. La asignación de cada cepa para un serogrupo particular se muestra en los Cuadros 3-6.

El antisuero de la cepa 3101 reaccionó únicamente con dos cepas similares, mientras que el antisuero de la cepa 1670 reaccionó con 31 de las 91 cepas probadas (serogrupos 7-13). Similarmente, el antisuero de la cepa 3694 mostró una reacción positiva para 42 cepas (serogrupos 1-9). Los antisueros de las cepas 3111, 2380 y 49 reaccionaron con 27, 25 y 45 cepas, respectiva-

mente. Seis cepas (serogrupo 19), no reaccionaron con ninguno de los seis antisueros. Los resultados indican que la mayoría de las cepas categorizadas como V, VX ó X se limitaron al serogrupo 2 (reaccionaron contra antisuero de la cepa 3694), pero las cepas categorizadas como Y, YZ y Z representan un grupo diverso de serotipos. Se vio que las 9 cepas aisladas de Arachis pintoii (4982, 3810, 3144, 3814, 3858, 3262, 3653, 3805 y 3655) pertenecen a 6 serogrupos (2, 5, 8, 17, 18 y 19) pero las 6 cepas aisladas de otros Arachis sp. (4189, 4182, 4190, 4187, 4184, 4183) estuvieron restringidas al serogrupo 2. Las cepas aisladas de C. macrocarpum mostraron gran variabilidad y estuvieron presentes en 12 de 19 serogrupos.

Cuadro 2. Serogrupos de Bradyrhizobium spp. caracterizados por seis antisueros.

SEROGRUPO	Cepa 3101	Cepa 1670	Cepa 3694	Cepa 2380	Cepa 3111	Cepa 49
1	+	-	+	-	-	-
2	-	-	+	-	-	-
3	-	-	+	-	-	+
4	-	-	+	+	-	+
5	-	-	+	+	+	+
6	-	-	+	-	+	+
7	-	+	+	-	-	+
8	-	+	+	+	-	+
9	-	+	+	-	+	+
10	-	+	-	-	-	+
11	-	+	-	+	-	+
12	-	+	-	-	+	+
13	-	+	-	+	+	+
14	-	-	-	+	-	-
15	-	-	-	-	-	+
16	-	-	-	+	-	+
17	-	-	-	-	+	+
18	-	-	-	+	+	+
19	-	-	-	-	-	-

De las 6 cepas que no reaccionaron con ninguno de los seis antisueros, 4 fueron aislados de C. pubescens y todas las seis presentaron las diversas características morfológicas encontradas en la colección de Rhizobium.

En general, las cepas caracterizadas como V, VX y X parecen ser menos diversas comparadas serológicamente con las cepas categorizadas como Y, YZ y Z. Es evidente que los serogrupos no se limitan a un solo huésped ni a una zona geográfica.

Estos estudios ayudarán a identificar cepas posteriormente y pueden también usarse para revisar la calidad del inoculante producido y la persistencia de la cepa inoculada en el campo.

Competencia de la cepa 3101 con cepas nativas para inoculación de Centrosema y Arachis

Actualmente la cepa 3101 es recomendada por CIAT para Centrosema macrocarpum y Arachis pintoi, pero no se sabe qué porcentaje de los nódulos es ocupado por la cepa inoculada cuando en el suelo están presentes otras cepas nativas. Usando la técnica de ELISA indirecta recientemente desarrollada, se realizó un estudio en invernadero para examinar la habilidad competitiva de la cepa 3101 al inocular plantas de C. acutifolium, C. brasilianum, C. macrocarpum y A. pintoi, sembrados en cilindros con suelo de Carimagua sin disturbar. Seis semanas después de la siembra se colectaron nódulos y se probaron para determinar porcentaje de ocupancia de nódulos de la cepa inoculada CIAT 3101. Cerca del 68% de los

Cuadro 3. Serogrupos de Bradyrhizobium sp. cuyos huéspedes son diferentes ecotipos de Centrosema y Arachis.

SEROGRUPO	CIAT No.	CAT	TEXT	ORIGEN	PAIS
1	3123	C C XD	E	Centrosema macrocarpum	Col.
	3101	C C XD	E	Centrosema plumieri	Col.
2	4982	C C X	C	Arachis pintoï	Col.
	3810	C C X	E	Arachis pintoï	Col.
	3144	CA CA X	C	Arachis pintoï	Col.
	4189	C C X	E	Arachis sp.	Bra.
	4182	C C X	C	Arachis sp.	Bra.
	4190	C C X	E	Arachis sp.	Bra.
	4187	C C X	E	Arachis sp.	Bra.
	4184	C C X	E	Arachis sp.	Bra.
	4183	C C Z	C	Arachis sp.	Bra.
	3125	C C VX	C	Centrosema brasilianum	Bra.
	4993	C C YD	C	Centrosema brasilianum	Aus.
	4912	C C W	E	Centrosema brasilianum	Aus.
	5008	C C Y	C	Centrosema brasilianum	Aus.
	3174	C C X	E	Centrosema brasilianum	Bra.
	3709	C C VX	E	Centrosema macrocarpum	Col.
	3684	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	38	C C X	C	Centrosema pubescens	Aus.
	3773	C C X	E	Centrosema pubescens	Bra.
	3774	C C X	E	Centrosema pubescens	Bra.
	48	C C Y	E	Centrosema pubescens	Aus.
	1625	C C VW	C	Centrosema pubescens	Mex.
	3895	C C VX	E	Centrosema pubescens	Mys.
	177	C C X	C	Centrosema pubescens	Col.
	820	C C Y	C	Centrosema sp.	Bra.
	3592	C C W	C	Centrosema sp.	Col.
	3584	C C X	C	Centrosema sp.	Col.
3594	C C VX	E	Centrosema tetragonol	Col.	

Cuadro 4. Serogrupos de Bradyrhizobium sp. cuyos huéspedes son diferentes ecotipos de Centrosema y Arachis.

SEROGRUPO	CIAT No.	CAT	TEXT.	ORIGEN	PAIS
3	3693	C C Y	C	Centrosema acutifolium	Col.
4	3195	C C YZD	C	Centrosema macrocarpum	Bra.
5	3814	C C X	C	Arachis pintoí	Col.
	3713	C C X	C	Centrosema acutifolium	Col.
	3692	C C Y	C	Centrosema acutifolium	Col.
6	3195	C C Y	E	Centrosema macrocarpum	Bra.
	3723	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Ven.
	3673	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
7	4915	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	4917	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	4916	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
8	3858	C C Y	C	Arachis pintoí	Col.
9	2283	C C Y	LE	Centrosema macrocarpum	Col.
	3250	C C Y	C	Centrosema schiedeanum	Col.
10	4928	C C X	C	Centrosema acutifolium	Col.
	4938	C C Y	C	Centrosema acutifolium	Col.
	4922	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	4918	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	594	C C ZD	C	Centrosema sp.	Mex.

Cuadro 5. Serogrupos de Bradyrhizobium sp. cuyos huéspedes son diferentes ecotipos de Centrosema y Arachis.

SEROGRUPO	CIAT No.	CAT	TEXT.	ORIGEN	PAIS
11	3705	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	4926	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	2380	C C YZ	C	Centrosema hibrido	Col.
	2385	C C YZ	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	2348	C C YZD	C	Centrosema pubescens	Col.
	1779	C C YZ	C	Centrosema pubescens	Per.
	1670	C C YZD	C	Centrosema pubescens	Mex.
	1773	C C YZ	C	Centrosema pubescens	Per.
	1774	C C YZD	C	Centrosema pubescens	Per.
	1780	C C YZD	C	Centrosema pubescens	Per.
2290	C C YZ	C	Centrosema sp.	Col.	
12	4925	C C Y	C	Centrosema acutifolium	Col.
	4936	C C Y	C	Centrosema acutifolium	Col.
	4939	C C Y	C	Centrosema acutifolium	Col.
	4920	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	4924	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	4923	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
13	3192	C C Y	E	Centrosema macrocarpum	Col.
	3334	C C YZD	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	391	C C Y	C	Centrosema pubescens	Bra.

Cuadro 6. Serogrupos de Bradyrhizobium sp. cuyos huéspedes son diferentes ecotipos de Centrosema y Arachis.

SEROGRUPO	CIAT No.	CAT	TEXT.	ORIGEN	PAIS
15	392	C C Z	C	Centrosema pubescens	Bra.
	49	C C Z	C	Centrosema pubescens	Bra.
16	842	C C Y	C	Centrosema pubescens	Bra.
	3061	C C W	C	Centrosema sp.	USA
17	3262	C C Y	C	Arachis pintoii	Col.
	3653	C C Y	C	Arachis pintoii	Col.
	3122	C C X	C	Centrosema brasilianum	Col.
	3111	C C YD	C	Centrosema macrocarpum	Bra.
	3594	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	3268	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	3269	C C Y	C	Centrosema macrocarpum	Col.
	3209	C C Y	C	Centrosema pubescens	Bra.
18	3805	C C Y	C	Arachis pintoii	Col.
	513	C C Y	C	Centrosema sp.	Col.
	590	C C YZD	C	Centrosema sp.	Mex.
	3019	C C Y	LE	Centrosema sp.	Col.
19	3655	C C Y	LE	Arachis pintoii	Col.
	2350	C C X	C	Centrosema híbrido	Col.
	581	C C X	C	Centrosema pubescens	Mex.
	1788	C C X	E	Centrosema pubescens	Col.
	3928G	C C XD	LE	Centrosema pubescens	Phl.
	4473	C C YD	C	Centrosema pubescens	Bra.



nódulos de A. pintoi y de C. macrocarpum contenían la cepa 3101, mientras que únicamente el 18% de los nódulos de C. brasilianum y 31% de los nódulos de C. acutifolium contenían la cepa introducida. La inoculación con la cepa 3101 incrementó el N total de las plantas por cilindro comparado con los cilindros no inoculados, pero el efecto fue mayor con A. pintoi y C. macrocarpum (Cuadro 7). La mayor cantidad de N en las plantas por cilindro se observó en los tratamientos fertilizados. Los resultados indican que la cepa 3101 produce una buena respuesta con A. pintoi y C. macrocarpum, pero no con C. acutifolium o C. brasilianum. Esto es probablemente causado por una pobre competencia de la cepa 3101 comparada con las cepas nativas de Carimagua cuando se usa con

los dos últimos huéspedes.

#### Producción de inoculantes

El ICA ha comenzado recientemente la producción de inoculantes a escala comercial, disminuyendo la presión en el laboratorio de microbiología. Sin embargo, el número de requerimientos de inoculantes continúa en un nivel similar al de los años anteriores. La producción de inoculantes para requerimientos internos (CIAT) y externos se muestran en el Cuadro 8.

#### CICLO DEL N EN PASTURAS

#### Producción y descomposición de toja-rasca

El retorno de nutrientes al suelo vía

Cuadro 7. Respuestas de Centrosema sp. y Arachis pintoi a la inoculación con la cepa CIAT 3101.

Huésped		N Total mg/cilindro	
<u>Centrosema macrocarpum</u>	I	29.7	(258)
	+ N	54.7	(476)
	- N	11.5	(100)
<u>Centrosema acutifolium</u>	I	36.1	(149)
	+ N	60.3	(249)
	- N	24.2	(100)
<u>Centrosema brasilianum</u>	I	26.9	(102)
	+ N	46.5	(174)
	- N	26.7	(100)
<u>Arachis pintoi</u>	I	23.5	(322)
	+ N	40.1	(549)
	- N	7.3	(100)

I = inoculado con cepa 3101  
 + N = no inoculado y fertilizado con N  
 - N = no inoculado

Los números entre paréntesis indican el % frente al control sin N.

Cuadro 8. Producción de inoculantes para los primeros ocho meses de 1990.

Leguminosa	Pedidos no comerciales (g)					Pedidos comerciales		
	E - F	M - A	M - J	J - A	Cepa	Total	Total gms	
Centrosema sp.	Int	70	4600	2920	980	3101	8480	8338
	Ext		70	1660	755		2485	<u>8338</u>
							<u>10965</u>	
A. pintoi	Int	70	5410	185		3101	5665	2080
	Ext		280	275			555	<u>2080</u>
							<u>6220</u>	
S. capitata	Int	170	785	550		995	1505	1890
	Ext			400			400	<u>1890</u>
							<u>1905</u>	
P. phaseoloides	Int	50	210	70	340	3918	670	
	Ext				30		30	
							<u>700</u>	
Desmodium	Int		490	1180	210	4099	1880	560
D. ovalifolium	Ext		140	1285	150		1575	<u>560</u>
							<u>3455</u>	
S. guianensis	Int		1130	200	100	4969	1430	
S. macrocephala	Ext			700	380		1080	
							<u>2510</u>	
L. leucocephala	Int		70	70		1967	140	70
	Ext			235			235	<u>70</u>
							<u>375</u>	
Zornia latifolia	Int			40		4100	130	
Z. glabra	Ext			485	240		725	
							<u>855</u>	
S. guianensis 10136	Int			440		861	440	
S. hamata	Ext						<u>440</u>	
							<u>440</u>	
Frijol	Int			50		44	50	

No. total de solicitudes: 77 (internas y externas) (hasta Agosto/90)

hojarasca de la planta, es generalmente de mayor importancia cuantitativa que lo que retorna vía excretas para el reciclaje de nutrientes en pasturas tropicales. El balance entre estos dos procesos de reciclaje determina si el sistema planta-suelo gana o pierde materia orgánica y nutrientes. Es necesario entender las tasas de producción y descomposición de hojarasca para poder sugerir opciones de manejo de pasturas que permitan equilibrar la demanda de nutrientes de las plantas (en crecimiento), con el suministro desde el complejo suelo-residuos vegetales. Se realizó un estudio preliminar de producción y descomposición de hojarasca usando cuatro especies de gramíneas y seis de leguminosas.

Se estudió la descomposición de hojarasca en el campo usando una técnica de bolsas de hojarasca (litter bag technique) y cosechando secuencialmente el material contenido en parejas de cuadrados (matched quadrats). Los sitios se escogieron por tipos similares de suelo y exceptuando Pueraria phaseoloides, las otras

praderas no fueron pastoreadas. La localización para la colección de hojarasca y el control de la descomposición de cada una de las especies se muestra en el Cuadro 9.

#### Estudios con bolsas de hojarasca

La hojarasca fue recolectada en tres ocasiones del campo de praderas puras de cada especie durante la estación seca y en Julio y Octubre. Después de secar a 60°C se colocaron 10 g de hojarasca en bolsas de nylon (30 x 30 x 25 cm, 7 mm de malla) con una etiqueta metálica numerada. Un total de 30 bolsas (5 grupos de seis bolsas) por especie se colocaron en el campo en la pradera correspondiente en Abril, Julio y Octubre. Estas bolsas fueron colocadas sobre la superficie del suelo y recubiertas con hojarasca de la misma especie. A intervalos de 2 ó 4 semanas se removió una bolsa de cada grupo (5 en total) dependiendo de las pérdidas de peso inicial en las primeras 4 semanas, de modo que aproximadamente el 50% del peso original se había perdido tras las 6 fechas de muestreo. En efecto, las especies fueron muestreadas

Cuadro 9. Especies y localización de los sitios usados para estudios de descomposición de hojarasca.

Especies	Sitio
<u>Gramínea</u>	
<u>Andropogon gayanus</u> cv. Carimagua 1	Hoyo
<u>Brachiaria decumbens</u> CIAT 606	Introducciones II
<u>B. humidicola</u> CIAT 679	La Pista
<u>B. dictyoneura</u> CIAT 6133	Hoyo
<u>Leguminosas</u>	
<u>Arachis pintoi</u> CIAT 17434	Hoyo
<u>Centrosema acutifolium</u> CIAT 5277	La Pista
<u>Desmodium ovalifolium</u> CIAT 13089	Hoyo
<u>Pueraria phaseoloides</u> CIAT 9900	Introducciones II
<u>Stylosanthes capitata</u> cv. Capica	Hoyo
<u>S. guianensis</u>	La Pista

cada dos semanas si después de las dos primeras semanas habían perdido 2 g o más.

Para la recolección, las bolsas de hojarasca se colocaron en bolsas de papel separadas y fueron transportadas cuidadosamente al laboratorio, donde se vació el contenido de las bolsas, se secó hasta peso constante a 60°C y se pesó luego. Los chequeos revelaron que usando este procedimiento las pérdidas por manipulación fueron de  $1.3 \pm 0.9\%$  del peso seco original. En la hojarasca seca se analizó el contenido de C, N, P, K, Ca, Mg, cenizas, lignina y MO en cada fecha de muestreo.

#### Parejas de marcos

La producción y desaparición de hojarasca se estudió en las mismas parcelas usadas para los experimentos de bolsas de hojarasca. La metodología usada fue la de Bruce y Ebreshon (1982) y consiste básicamente en colocar pares de marcos cuadrados de acero de 50 x 50 cm sobre dos áreas de pastura escogidas a ojo. Se colectó toda la hojarasca de un cuadrado en  $t_0$  (hojarasca suelta, UL) y nuevamente después de 4 semanas (hojarasca acumulada, LA). En el otro cuadrado se muestreó la hojarasca sólo después de cuatro semanas (hojarasca desprendida en cuatro semanas, UL<sub>4</sub>). Este segundo cuadrado se utilizó entonces como nuevo  $t_0$  para el siguiente período de 4 semanas. Adicionalmente se seleccionó una nueva zona para otro marco y se cortó a nivel del suelo todo el material contenido en el marco para estimar la biomasa. Toda la hierba y la hojarasca se secó, pesó y se analizaron los nutrientes. La desaparición de la hojarasca se calculó como:  $UL_0 + LA - UL_4$ .

Las Figuras 1 y 2 muestran las pérdidas de peso de las bolsas de hojarasca colocadas en el campo en Abril al comienzo de la estación húmeda. En las figuras y en el Cuadro 10 también se muestran las relaciones lignina/N. La descomposición de la hojarasca de las leguminosas se incrementó al disminuir

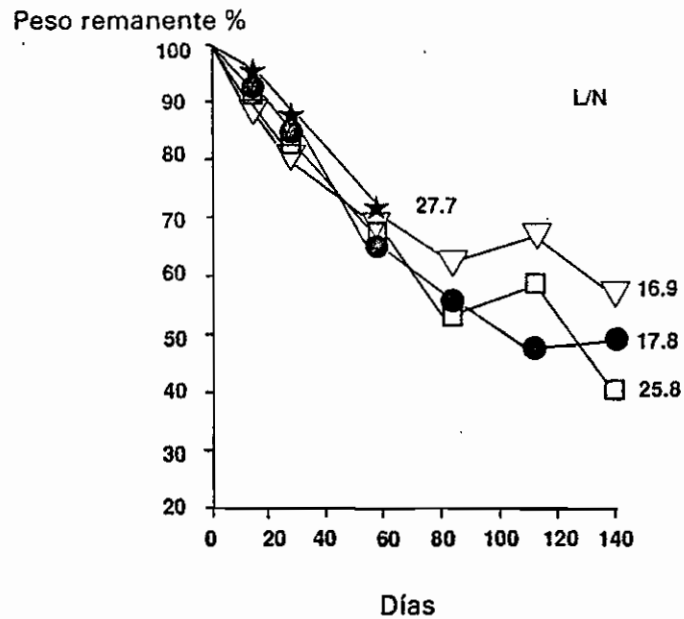
la relación lignina/N, pero no hubo diferencias entre las tasas de descomposición de las gramíneas a pesar de las diferentes relaciones lignina/N.

Se obtuvieron relaciones lineales entre la biomasa residual después de 8 semanas y % de C, % de lignina y relación lignina/N, pero no con % N o la relación C/N. La mejor regresión fue lignina/N vs. peso remanente con un  $r^2$  de 0.61, es decir, que el 61% de la variación en descomposición se explica por la relación lignina/N tanto para gramíneas como para leguminosas.

Se ajustó una función exponencial simple de decaimiento del tipo  $X_t = X_0 e^{-kt}$  a los datos transformados logarítmicamente mediante análisis de regresión lineal basada en estimación por mínimos cuadrados (Wieder y Lang, 1982). El uso del modelo supone que la tasa de descomposición absoluta decrece linealmente a medida que la cantidad de los residuos del substrato disminuye y/o que la tasa de descomposición relativa permanece constante. El Cuadro 11 muestra las constantes de tasas de descomposición relativa para las leguminosas y gramíneas y los tiempos de vida media aproximados para la hojarasca (es decir, el tiempo requerido para que la mitad de la biomasa se descomponga). Como puede verse en las Figuras 1, 2 y el Cuadro 11, Stylosanthes capitata tiene la mayor constante de decaimiento y la menor vida media, y por el contrario D. ovalifolium tiene la menor constante de decaimiento y la mayor vida media en las condiciones experimentales de Carimagua. Aparte de estas dos excepciones, hubo poca o ninguna diferencia entre gramíneas y leguminosas (Cuadro 11).

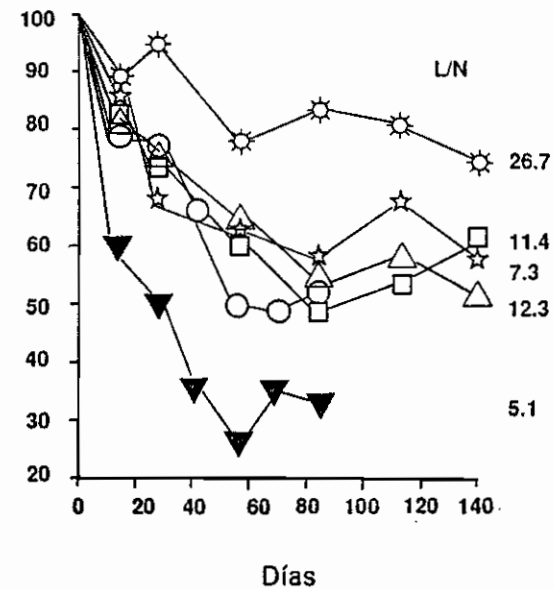
Las Figuras 3 y 4 muestran las tasas absolutas y relativas de acumulación de hojarasca medida en los cuadrados. La última ha sido expresada como acumulación de hojarasca por unidad de biomasa en pie para eliminar el efecto de las grandes diferencias en la biomasa de

Fig. 1 Descomposición de hojarasca de gramínea.



- *B. decumbens*
- ▽ *B. dictyoneura*
- ★ *A. gayanus*
- *B. humidicola*

Fig. 2 Descomposición de hojarasca de leguminosa.



- ☆ *S. guianensis*
- ⊗ *D. ovalifolium*
- *P. phaseoloides*
- ▼ *S. capitata*
- *A. pintoi*
- △ *C. acutifolium*

Fig. 3 Acumulación de hojarasca para periodos de 28 días.

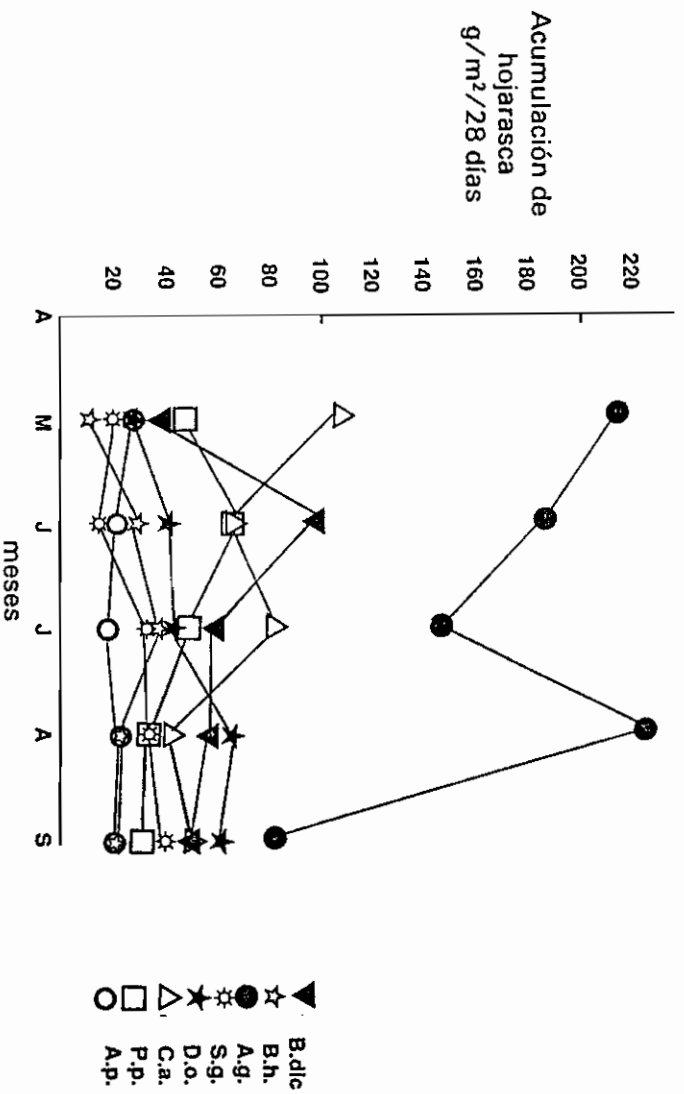
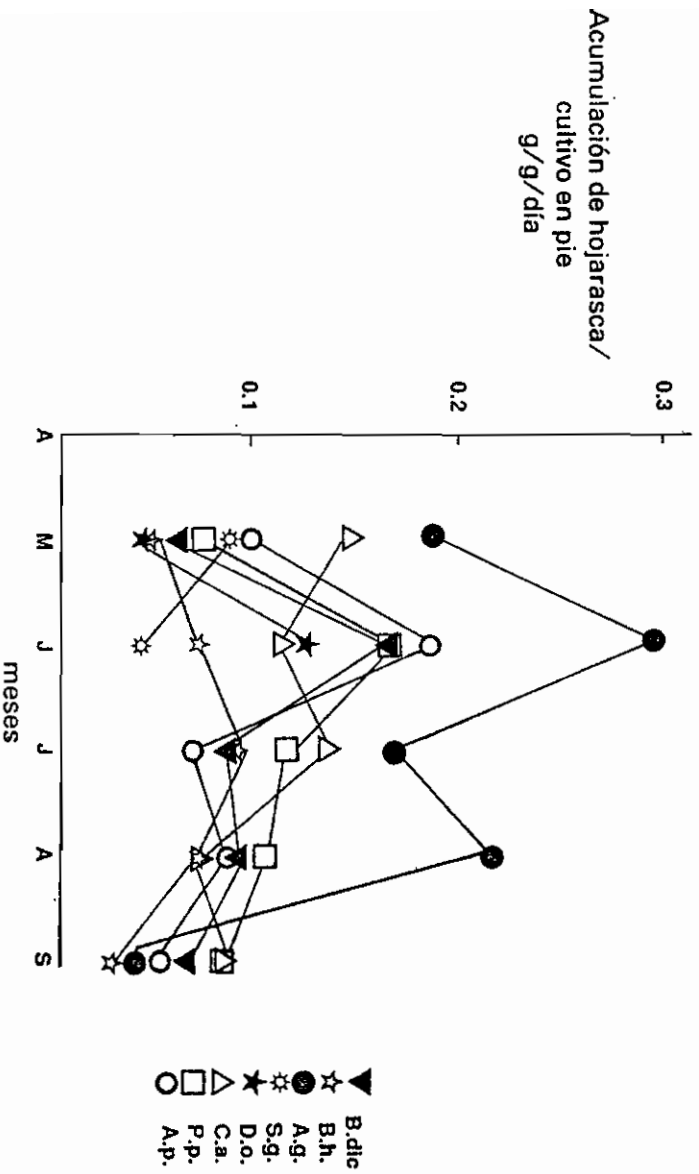


Fig. 4 Acumulación de hojarasca relativa a la biomasa en pie.



Cuadro 10. Composición de la hojarasca de gramíneas y leguminosas.

	N	P	K % p/p	Ca	Mg	Ceniza	Lignina	Relación lignina/N	Relación C/N
<b>Gramínea</b>									
A. gayanus	0.54	0.07	0.41	0.39	0.09	7.1	9.6	17.8	93
B. decumbens	0.39	0.07	0.43	0.40	0.15	5.1	10.8	27.7	132
B. humidicola	0.41	0.09	0.45	0.40	0.19	5.4	10.6	25.8	126
B. dictyoneura	0.46	0.05	0.56	0.36	0.10	11.1	7.8	16.9	102
<b>Leguminosa</b>									
A. pintoi	1.79	0.15	0.66	1.09	0.15	10.8	25.6	14.3	26
C. acutifolium	2.00	0.09	0.30	0.43	0.10	6.1	24.6	12.3	25
D. ovalifolium	1.42	0.07	0.30	0.52	0.11	12.8	37.9	26.7	32
P. phaseoloides	1.84	0.06	0.34	0.75	0.16	8.6	21.0	11.4	25
S. capitata	1.88	0.08	0.66	-	-	16.6	9.6	5.1	24
S. guianensis	1.90	0.13	1.13	0.42	0.26	19.8	13.8	7.3	22

Hojarasca colectada al final del verano en Carimagua en praderas puras de cada especie, las cuales con excepción de P. phaseoloides, no han sido pastoreadas anteriormente.

Cuadro 11. Descomposición constante para gramíneas y leguminosas.

Especie	K constante de tasa de descomposición	Vida media de la hojarasca (días)
Leguminosas		
<u>Arachis pintoi</u>	0.0034 + 0.0006 c	74
<u>Centrosema acutifolium</u>	0.0018 + 0.0003 bc	128
<u>Desmodium ovalifolium</u>	0.0008 + 0.0002 a	328
<u>Pueraria phaseoloides</u>	0.0015 + 0.0005 bc	134
<u>Stylosanthes capitata</u>	0.0044 + 0.0013 d	36
<u>S. guianensis</u>	0.0014 + 0.0005 bc	154
Gramíneas		
<u>Brachiaria decumbens</u>	0.0028 + 0.0003 bc	101
<u>B. dictyoneura</u>	0.0016 + 0.0003 b	158
<u>B. humidicola</u>	0.0024 + 0.0003 bc	112
<u>Andropogon gayanus</u>	0.0023 + 0.0003 bc	114

Promedios con la misma letra no presentan diferencias significativas (Prueba de Tukey,  $P < 0.001$ ). El valor de K se refiere al ajuste de los datos para un modelo exponencial negativo de descomposición  $X_t = X_0 e^{-kt}$ , donde  $X_t$  y  $X_0$  son los pesos de hojarasca en t y 0 respectivamente, k es la constante de tasa de descomposición.

las pasturas al inicio de cada período de medida. En general, durante Mayo a Septiembre las tasas de acumulación de hojarasca de todas las especies, permanecieron relativamente constantes excepto en Andropogon gayanus y Centrosema acutifolium (Figura 3). Sin embargo, cuando la biomasa en pie se expresó como relativa hubo una tendencia general a la disminución de la acumulación de hojarasca durante el período muestreado (Figura 4). No fue posible expresar los resultados de D. ovalifolium y S. guianensis en base relativa, debido a pérdida de praderas puras en cada sitio después del segundo período de medida.

Las tasas promedias relativas de desaparición de hojarasca fueron generalmente similares entre gramíneas y leguminosas (Cuadro 12) como se vio en los datos de bolsas de hojarasca (Figuras 1 y 2). Sin embargo, se obtu-

Cuadro 12. Tasas relativas de desaparición de hojarasca calculadas a partir de la desaparición de hojarasca relativa a la hojarasca presente al iniciar los períodos de medida entre Abril y Septiembre de 1990.

Especies	mg g <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>
<u>A. gayanus</u>	13.6 + 15.7
<u>B. dictyoneura</u>	21.2 + 19.7
<u>B. humidicola</u>	21.1 + 12.5
<u>A. pintoi</u>	19.3 + 10.9
<u>C. acutifolium</u>	12.5 + 6.1
<u>D. ovalifolium</u>	13.2 + 16.9
<u>P. phaseoloides</u>	21.8 + 12.3
<u>S. guianensis</u>	9.3 + 21.3
	+ DE

Promedio de 5 períodos mensuales de medida.



vieron grandes desviaciones estándar con los estimados de desaparición relativa de hojarasca debido a grandes variaciones en cada uno de los componentes usados en el cálculo ( $UL_0$ ,  $LA$ ,  $UL_4$  y biomasa en pie). A diferencia de los datos de bolsas de hojarasca, D. ovalifolium se descompuso a una tasa similar que las otras leguminosas. Esto puede ser el resultado de grandes errores en las tasas de desaparición relativa de hojarasca o de una diferencia real en la descomposición de hojarasca confinada o sin confinar.

La cantidad de hojarasca suelta en la superficie del suelo varió de 26-976 g de  $MS/m^2$  (Cuadro 13), valores similares a los reportados para otras praderas de gramíneas pastoreadas (Bruce y Ebershon, 1982). Cantidades menores de 26 kg para B. humidicola para Abril y Mayo se deben al hecho de que esta fue una pastura establecida recientemente comparada con las otras. Es de notar que tanto A. pintoii como S. guianensis tienen consistentemente menores cantidades de hojarasca comparadas con otras gramíneas y leguminosas. Así, las tasas relativas de acumulación de hojarasca (por unidad de biomasa en pie), de A. pintoii fueron similares a las de otras leguminosas (Figura 4). Las bajas cantidades de hojarasca de A. pintoii son una consecuencia de la baja cantidad de biomasa en pie. Los datos para S. guianensis están incompletos, pero es probable que las bajas cantidades de hojarasca sean un resultado de altas tasas de descomposición (baja acumulación de hojarasca por unidad de biomasa).

Se espera completar los análisis para hacer comentarios sobre la cantidad de nutrientes que son reciclados vía descomposición de la hojarasca. Similarmente, los datos para medir los efectos estacionales sobre la producción y descomposición de hojarasca no están aún disponibles.

### Efecto de especies de Brachiaria sobre la mineralización neta de N del suelo

Estudios anteriores (Informe Anual 1988) mostraron que Brachiaria humidicola 679 inhibe la mineralización del N del suelo, especialmente la aparición de nitrato en extractos de suelo (nitrificación aparente). Un estudio iniciado en 1988 compara los efectos de diferentes accesiones de B. humidicola sobre la mineralización neta y nitrificación aparente con los efectos de otras gramíneas, una leguminosa (A. pintoii), suelo de sabana y suelo con barbecho. Además se comparó el efecto de la textura del suelo escogiendo sitios con suelo arcilloso-fistulado, un suelo intermedio Hato-4 y un suelo arenoso - Guerere.

Se muestrearon suelos de áreas sembradas con gramíneas y leguminosas a las 12, 16, 20 y 24 semanas después de la siembra y de la aplicación de N como úrea, aproximadamente a la mitad de los tratamientos. Después de transportar, los suelos se tamizaron para remover piedras y raíces y se incubaron en potes por 4 semanas en el invernadero, como reportaron previamente Bradley et al., 1988. Hubo poca o ninguna diferencia entre tratamientos respecto a mineralización neta, nitrificación aparente y tiempo después de siembra. Por eso aquí únicamente se presentan los resultados obtenidos con suelos removidos 12 semanas después de la siembra. Además, como los tratamientos no produjeron diferencias en mineralización neta (aparición de nitrato + amonio en extractos de suelo después de 4 semanas de incubación), únicamente se presentan datos de nitrificación aparente.

En general, no hubo evidencia de que la nitrificación aparente fuera inhibida marcadamente por B. humidicola 579, en comparación con otra B. humidicola en presencia o ausencia de fertilización con N (Cuadro 14). En los suelos pesado

Cuadro 13. Cantidades de hojarasca suelta presentes en la superficie del suelo al comienzo de cada período de medida de 4 semanas.

Fecha de muestreo	A. gayanus	B. humidicola	B. dictyoneura	B. decumbens	A. pintoii	C. acutifolium	D. ovalifolium	P. phaseoloides	S. guianensis
	$\text{g MS m}^{-2}$								
23.04.90	888.1	7.8	61.1	73.2	42.3	976.2	797.6	819.3	75.1
21.05.90	434.6	17.3	106.5	--	33.2	521.2	227.4	597.7	18.7
19.06.90	335.4	26.1	53.4	--	26.0	350.7	206.6	262.9	34.7
16.07.90	476.3	56.8	138.0	--	26.2	318.7	81.1	125.8	45.3
13.08.90	407.4	58.1	106.2	--	39.2	229.2	113.8	93.2	70.1
11.09.90	189.0	72.6	97.7	--	64.5	280.5	95.0	138.2	89.6
09.10.90	375.8	97.1	130.6	118.0	71.5	251.0	136.8	107.5	109.7

Cuadro 14. Nitrificación aparente en suelos bajo diferentes gramíneas en tres sitios diferentes.

Especies x tratamiento	Fistulado (pesado)	Hato-4 (intermedio)	Guerere (liviano)
<u>B. humidicola</u> 679 - N	4.09	2.27	2.64
" 6369 - N	5.92	4.40	2.21
" 6705 - N	3.08	1.77	2.50
<u>B. decumbens</u> 606 - N	5.67	1.23	3.18
<u>B. dictyoneura</u> 6133 - N	7.73	1.33	6.22
<u>B. humidicola</u> 679 + N	12.46	12.87	7.15
" 6369 + N	17.16	10.04	13.61
" 6705 + N	13.50	7.84	10.33
<u>B. dictyoneura</u> 606 + N	13.12	5.27	7.22
<u>B. dictyoneura</u> 6133 + N	23.61	5.71	15.88
<u>B. h. + Arachis pintoii</u>	8.31	4.40	3.63
<u>Arachis pintoii</u>	10.74	5.73	6.32
Sabana	- 0.52	0.17	0.38
Suelo en barbecho	9.09	2.87	4.60

El suelo fue removido de cada tratamiento 12 semanas después de la siembra e incubado en el invernadero por 4 semanas, al cabo de las cuales se midió el N-NO<sub>3</sub> en extractos de suelo y se corrigió para determinar N-NO<sub>3</sub> en t<sub>0</sub>.

y liviano hubo alguna evidencia de que los suelos bajo B. dictyoneura nitrificaron más N del suelo que las otras gramíneas en presencia o ausencia de N de la úrea. Los niveles de nitratos fueron menores bajo B. humidicola + Arachis pintoii comparados con A. pintoii solo en los tres sitios, pero las diferencias no fueron marcadas. No hubo grandes diferencias entre niveles de nitrato bajo B. humidicola 679 y suelo con barbecho. Como el suelo de sabana nitrificó menos que suelo sembrado con gramíneas, podemos asumir que esta técnica es capaz de determinar

diferencias en mineralización del suelo. No tenemos explicación para la aparente inversión de la tendencia entre gramíneas cuando crecen en el Hato-4, suelo de textura media. En ausencia de fertilización, sin embargo, la nitrificación aparente y la mineralización (no mostrada) fueron menores en el Hato-4 comparada con Guerere, el suelo más arenoso. Esta es una inversión respecto a lo encontrado comúnmente de que la mineralización aumenta al incrementarse el contenido de arcilla y materia orgánica. Parece que se requieren estudios detallados

adicionales para determinar la extensión y significancia de algunos efectos potencialmente inhibidores de la mineralización de la MO del suelo por B. humicicola y esos estudios deberían incluir B. dictyoneura 6133 para propósitos comparativos.

#### Simulaciones del ciclo del N en praderas pastoreadas

Se han continuado los estudios sobre flujos simulados del ciclo del N de praderas pastoreadas con una evaluación de los efectos de diferentes porcentajes de recuperación de N en varios procesos del ciclo (por ej.: recuperación de excretas, hojarasca y removilización interna) sobre el requerimiento de una adición de N para balancear el ciclo. La entrada de N estimada puede provenir de la materia orgánica del suelo o del N fijado biológicamente por leguminosas forrajeras. Ya que nuestro propósito es desarrollar ciclos sostenibles en términos de N, podemos igualar las adiciones requeridas de N, al N proporcionado por fijación por leguminosas, en lugar de recurrir a un consumo del N de la materia orgánica del suelo. Los ciclos de N fueron simulados usando las suposiciones reportadas anteriormente (Informe Anual 1989, pp. 10-17) y alterando el % de N recobrado de uno de los procesos de reciclaje (excreta, hojarasca, remoción interna).

#### ¿Qué efectos tienen las variaciones en el % de recuperación de N de los procesos claves sobre el ciclo de N?

##### N de excreta

Tomando un rango de recuperaciones de N de excreta por plantas de 20-60%, los requerimientos de N de la fijación varían con la utilización de la pastura como se muestra en la Figura 5. En niveles bajos de utilización de la pastura de alrededor 10-30%, las variaciones en la recuperación del N de la excreta tendrán poco efecto sobre la cantidad de N requerido para balancear

el ciclo (diferencias menores del 10%). Con 40% de utilización de pasturas, se requeriría el 36% del N de la biomasa si la recuperación de la excreta fuera del 60% y esto aumenta a 51% si únicamente el 20% de la excreta se recuperara. Valores similares para tasas de recuperación alta y baja a tasas de utilización de pasturas de 70% serían de 41-67%.

Esto quiere decir que la importancia relativa de una variación en la recuperación del N de la excreta aumenta cuando la pastura es bien utilizada y disminuye cuando es subutilizada.

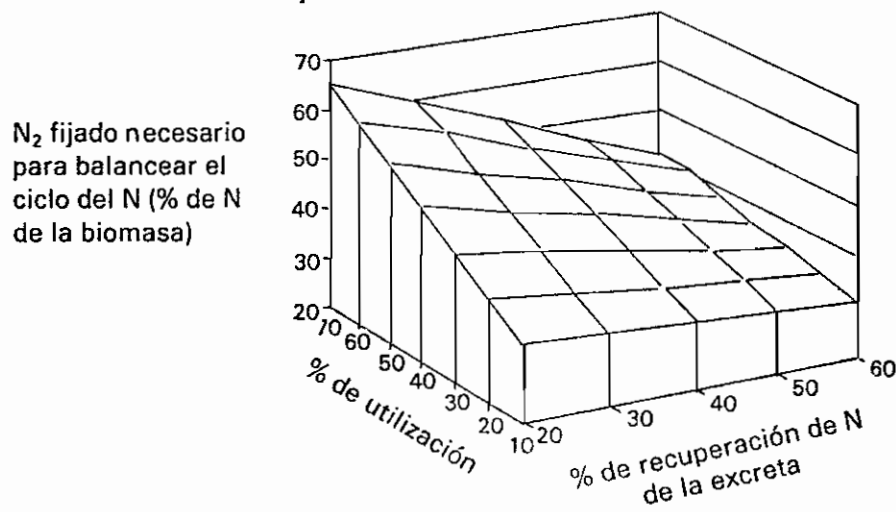
##### N de hojarasca

Generalmente sólo 10-20% del N anual de la hojarasca es recuperado por las plantas de la pradera con valores máximos de cerca del 40% durante un período de 5 años. El efecto de esta clase de recuperación variable del N de la hojarasca sobre las cantidades de N necesario para balancear el ciclo se muestra en la Figura 6. En los niveles altos de utilización de pasturas, las variaciones en la recuperación del N de la hojarasca tienen poco efecto en los requerimientos de N (cambios menores del 5%). Con 40% de utilización la variación en recuperación en hojarasca únicamente cambia el requerimiento de N de 48 a 57% del N de la biomasa. El mayor efecto ocurre a bajas tasas de utilización de pasturas cuando se necesita entre 34 y 48% del N de la biomasa para balancear el ciclo. Esta relación es contraria a la observada para N de la excreta, pero el rango de requerimientos de N probablemente es mayor para excreta que para hojarasca debido al mayor rango de % de recuperación de excreta comparado con el de hojarasca.

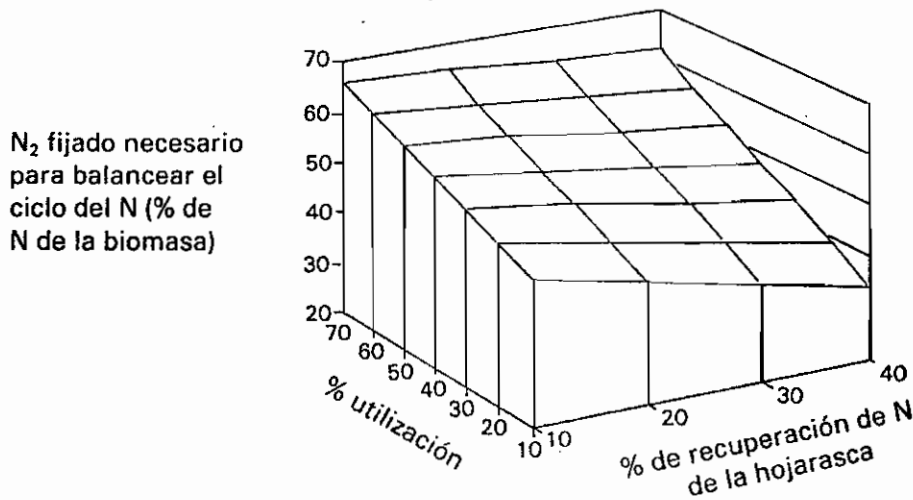
##### Mobilización interna de N

Grandes variaciones en las cantidades de N que pueden ser removidas internamente de hojas senescentes y tallos han sido reportadas en la literatura variando de 20-80% del N del

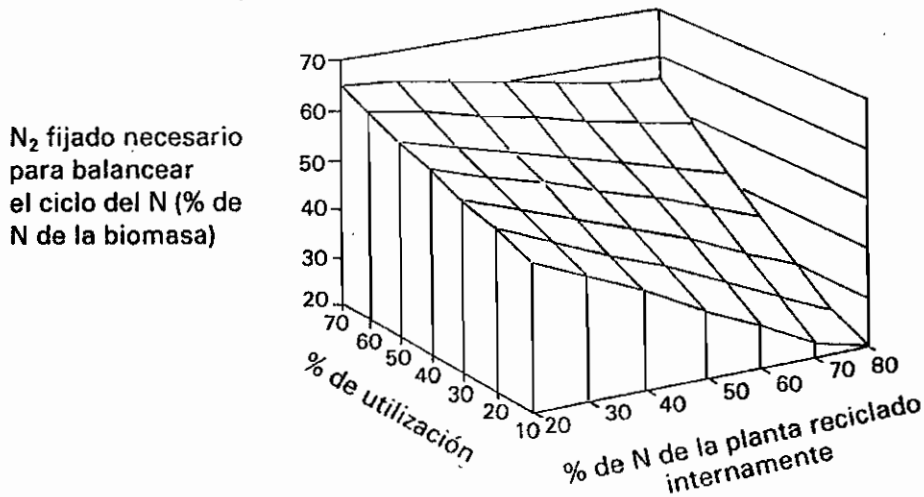
**Fig. 5** Efecto de variaciones en el % de N recuperado de la excreta y el % de utilización de la pastura sobre el requerimiento de N fijado.



**Fig. 6** Efecto de variaciones en el % de recuperación de N de la hojarasca y % de utilización de praderas sobre los requerimientos de N fijado.



**Fig. 7** Efecto de variaciones en el % de N de la planta reciclado internamente y el % de utilización de pasturas sobre los requerimientos de N fijado.



tejido original. Los efectos de esas variaciones de los requerimientos de N para un ciclo balanceado se muestran en la Figura 7. Con 70% de utilización de la pradera, se requiere entre 55-65% del N de la biomasa si la removilización está entre 80 y 20%. Este rango aumenta a 36-58% con 40 de utilización de la pradera y a 18-50% con baja tasa de utilización de la pradera (10%).

Por encima del rango de utilización de la pradera examinada aquí, las variaciones en la movilización interna tienen los mayores efectos sobre los requerimientos de N para un ciclo balanceado, comparado con aquel asociado con la excreta o con la hojarasca de las plantas (Figuras 5 y 6). Así, de los procesos de reciclaje examinados, las variaciones en la removilización interna probablemente tengan mayores implicaciones sobre el requerimiento de N fijado biológicamente comparado con las excretas u hojarasca durante períodos cortos de tiempo hasta de 5 años. Ahora es necesario examinar las plantas de la pradera para el rango de removilización interna que probablemente ocurra bajo nuestras condiciones, de modo que podamos incluir estos conocimientos dentro del modelo del ciclo de N (y otros nutrientes).

#### ¿Cuánto N pueden acumular las praderas en la materia orgánica del suelo?

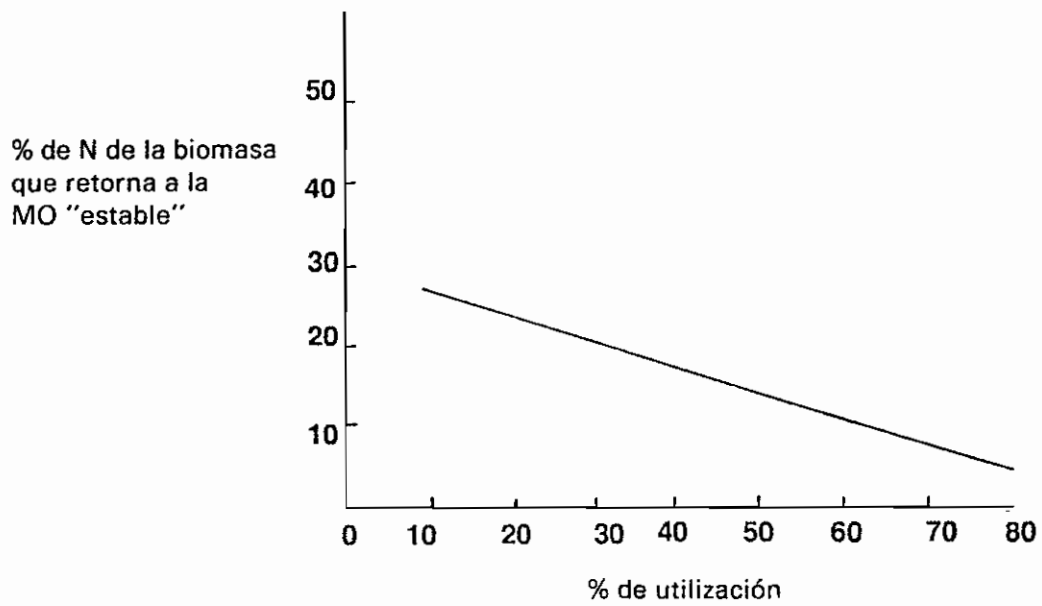
Al simular el ciclo de N, se asumió que un máximo de 40% de la hojarasca de la planta se descompone y llega a estar disponible para ser retomado por la pastura (Informe Anual 1988, p.10). El 60% restante entrará como forma estable o recalcitrante de la materia orgánica del suelo, la cual generalmente sólo llegaría a estar disponible para retomar después de 5 años o más, o hasta después de cultivar el suelo. La Figura 8 muestra cómo la cantidad de N que entra a este conjunto relativamente estable (pool) variará con la utilización de la pastura, asumiendo como antes que el 50% del N de la planta es

internamente removido y sólo el 30% del N de la excreta es recobrado por las plantas. Para aproximadamente el 10% de utilización de la pastura, el 27% del N de la biomasa entrará a este conjunto (pool) y el 6% con 80% de utilización de la pastura. Considerando un rango típico de los trópicos para la producción de materia aérea de 3.22 t de MS/ha/año, con 1.5% de concentración de N, se obtienen entre 8 a 89 kg/N/ha/año adicionado al N orgánico del suelo. Esto representaría la contribución potencial de la hojarasca a la acumulación de N orgánico en praderas.

#### ¿Qué papel juegan las raíces en el ciclo del N?

La falta de datos sobre producción de raíces y reciclaje ha limitado los progresos en esta área. Los datos de la literatura sugieren que la producción de raíces en una base anual es alrededor del 40% de la producción de material aéreo y que esta cantidad de raíces puede reciclarse completamente en un año. Usando lo anterior como punto de partida, podemos asumir que la producción de 10 t de MS de hierba/ha/año está acompañada por una producción de 4 t de MS de raíces/ha/año. Tomando un promedio diferencial de concentración de N entre tallos y raíces de 0.25% (es decir, si el N de tallos es 1%, el N de las raíces es de 0.75%), tenemos 100 kg/ha de N de los tallos y 30 kg/ha de N de raíces. De estos 30 kg de N en las raíces, una fracción, por ejemplo 0.2, 0.4, 0.6, 0.8 ó 1.0, se descompondrá y el N estará disponible para ser retomado por las plantas (o sea 6-30 kg N). Podemos entonces añadir esas cantidades de N a aquellas que son recicladas desde la parte aérea y la excreta como antes y calcular cuánto N de la biomasa se necesita para balancear un ciclo que produce  $100 + 30 = 130$  kg N en tallos + biomasa de raíces. Los resultados de estas simulaciones se muestran en el Cuadro 15, la cual compara las cantidades de N total de la biomasa necesarias para balancear el ciclo usando un rango

Fig. 8 Efecto de la utilización de la pradera sobre el N de la biomasa que regresa a la MO "estable", expresado como el % de N de la biomasa.



la recuperación de 20-100% de la producción normal anual de raíces, con las estimaciones basadas en el reciclaje de tallos únicamente. Estas simulaciones indican que si la recuperación de N de las raíces es 60% o más, las entradas de N requeridas son menores que las basadas en un reciclaje de tallos únicamente hasta en 8-15% del N de la biomasa. Estos rangos llevan a una disminución de los requerimientos de MS de las leguminosas (como fuente de entradas de N) de alrededor 4-8% para el intervalo de utilización de pasturas de 10-80% mostrado en la Cuadro 15. Por lo tanto, si estas suposiciones son correctas, la inclusión de las raíces tendrá poco efecto sobre el contenido de materia seca de la leguminosa en la

pradera (20-35%) necesario para sistemas tropicales sostenibles (Informe Anual 1989, 10-20).

Del mismo modo, podemos estimar cuánto N de las raíces se incorporará a la materia orgánica estable para un rango de descomposición de raíces de 20-100% y comparar estos valores con los retornados al suelo por los tallos (Cuadro 16). El área destacada en la Cuadro 16 representa las situaciones (utilización de praderas y recuperación del N de las raíces), donde el reciclaje de las raíces es mayor que el reciclaje de los tallos. Se requiere conocer los datos sobre producción y reciclaje de raíces para validar las anteriores suposiciones.

Cuadro 15. Efecto de inclusión del reciclaje de raíces sobre la cantidad de N de la biomasa necesario para balancear el ciclo de N.

% de utilización	% de N de la biomasa necesario para balancear el ciclo de N con diferentes recuperaciones de N de las raíces a partir de producciones anuales normales					% de la cantidad de N necesario para balancear el ciclo considerando sólo tallos
	20	40	60	80	100	
10	44.8	40.2	35.6	31.0	26.4	34.3
20	48.1	43.5	38.9	34.3	29.7	38.6
30	51.5	46.8	42.2	37.6	33.0	42.9
40	54.8	50.1	45.5	40.9	36.3	47.2
50	58.1	53.5	48.8	44.2	39.6	51.5
60	61.4	56.8	52.1	47.5	42.9	55.8
70	64.7	60.0	55.5	50.8	46.2	60.1
80	68.0	63.3	58.8	54.1	49.5	64.4



Cuadro 16. Cantidades de N que se incorporan a la MO estable a partir de tallos y raíces para porcentajes variables de descomposición y recuperación con datos normales anuales de reciclaje de raíces Biomasa = 100 kg N en tallos + 30 kg de N en raíces (1% N vs 0.75% N).

% utilización de la pradera	Reciclaje de tallos	Reciclaje de raíces para diferentes % de recuperación				
		20	40	60	80	100
		kg N/ha/año				
10	27	24	18	12	6	0
20	24	24	18	12	6	0
30	21	24	18	12	8	0
40	18	24	18	12	6	0
50	15	24	18	12	6	0
60	12	24	18	12	6	0
70	9	24	18	12	6	0
80	6	24	18	12	6	0

## 12. FIJACION Y RECICLAJE DE N

### RESUMEN

Las actividades de la sección se concentraron en tres áreas: 1) producción de inoçulantes rizobiales y ecología del rizobio; 2) ciclo del N en pasturas, y 3) ciclo del N en sistemas arroz-pastos.

1. Los pedidos y suministros internos y externos de inoçulantes continúan aproximadamente en el mismo nivel que antes. Sin embargo las solicitudes a escala comercial son ahora manejadas por el ICA. No se están realizando ensayos de selección pero sí de caracterización de nuevas cepas. Usando la técnica ELISA-indirecta recientemente desarrollada, se realizó un estudio serológico de 91 cepas aisladas de Centrosema y Arachis el cual reveló que estas cepas pueden ser clasificadas dentro de 19 serogrupos. En general, cepas categorizadas como V, VX y X fueron menos variables que las cepas categorizadas como Y, YZ y Z. Los resultados indican que los serogrupos no son específicos de un hospedero o de una zona geográfica. La técnica desarrollada se usará para identificar cepas nuevas, para probar la calidad de los inoçulantes y también ayudará a estudiar la persistencia de los rizobios en el suelo.

2. La descomposición de la hojarasca de 11 especies de gramínea y leguminosa se estudió en el campo. Se encontró una mayor correlación entre las tasas de descomposición de leguminosas que de gramíneas con la relación lignina:N pero no con % N o con la relación C:N. Se ajustaron curvas exponenciales de decaimiento con los datos para producir las constantes de decaimiento y la vida media de la hojarasca. De las leguminosas, S. capitata se descompuso más rápidamente (vida media 36 días)

y D. ovalifolium la más lenta (vida media 328 días). No hubo diferencias entre especies de gramíneas (vida media promedio de 121 días). La acumulación de hojarasca durante la estación húmeda se usará para estudiar tasas de descomposición del ciclo de nutrientes en parcelas no pastoreadas y se hará extensiva a parcelas pastoreadas el próximo año.

Las simulaciones del ciclo del N en praderas de leguminosa-gramínea pastoreadas indican que para el mantenimiento de la pradera en términos de N se requiere un contenido entre 20-31% de MS de la leguminosa con una utilización de la pradera del 10-40%. La inclusión de raíces en estas simulaciones reduce los requerimientos de la leguminosa cerca del 5% (esto es a 15-26%). Las simulaciones también indican que las variaciones en los porcentajes de remoción interna de N son de mayor importancia que las variaciones en la recuperación del N de la excreta o de la hojarasca de la planta. Puede esperarse que entre el 6-27% de la biomasa entre a la MO estable del suelo contribuyendo así a mejorar la fertilidad del sistema bajo praderas.

3. Se estudió la mineralización del N de suelos con 11 gramíneas diferentes, praderas de gramínea-leguminosa o sabana y se relacionará con la producción de un cultivo de arroz sembrado posteriormente en el mismo sitio. Los datos de los análisis están incompletos. Un estudio de la nodulación de C. acutifolium asociado con arroz fertilizado con 80 kg N/ha y P y S, reveló que el N no inhibió la nodulación, el P mejoró la nodulación y el S no

tuvo efecto sobre la nodulación. El incremento en los niveles de N mineral en el suelo después de la aplicación de 30 kg N/ha probablemente no inhibió la nodulación o la fijación de  $N_2$ . Por lo

tanto, los niveles de fertilizante nitrogenado usados para el arroz probablemente no tienen efecto negativo sobre la simbiosis de una leguminosa forrajera que crece en un sistema arroz-pasto.

40523

## 13. Relación Suelo/Planta y Reciclaje de Nutrientes

Investigaciones realizadas durante la última década por la Sección de Nutrición Suelo/Planta contribuyeron a: i) la selección de especies forrajeras tolerantes al Al, ii) la identificación de concentraciones internas críticas de nutrientes esenciales en el follaje, iii) la determinación de los requerimientos nutricionales externos para establecer especies forrajeras tolerantes a suelos ácidos, iv) la evaluación del efecto del S en la calidad de la pastura y v) el desarrollo de fuentes alternativas de fertilizantes de P y K. Para indicar el cambio de dirección, la sección ha adoptado el nuevo nombre de Relaciones Suelo-Planta y Reciclaje de Nutrientes, siendo sus principales objetivos los siguientes:

1. Comprender los mecanismos de adaptación de las gramíneas y de las leguminosas a suelos ácidos infértiles;
2. Determinar los factores a nivel de la interfase raíz-suelo que afectan la absorción y competencia por nutrientes (P, K, Ca, Mg y S) en los sistemas de asociaciones clave en el campo;
3. Evaluar el papel del reciclaje de nutrientes en pasturas sometidas a pastoreo, para definir la interacción entre el uso y manejo de los fertilizantes; y
4. Determinar las interacciones suelo-planta que afectan los

sistemas integrados de cultivos y pasturas.

Durante 1990, la sección concentró su trabajo de investigación en tres áreas importantes: i) adaptación de las plantas a suelos ácidos, ii) reciclaje de nutrientes en las pasturas y iii) establecimiento de pasturas y producción de arroz. El último trabajo se ha realizado en colaboración con la sección de Reciclaje y Fijación de Nitrógeno y se reporta como Asociaciones de Arroz y Pasturas.

### ADAPTACION DE LAS PLANTAS A SUELOS ACIDOS

#### Experimento 1 (SPR-P-01-90)

#### Diferencias de adaptación entre asociaciones de gramíneas-leguminosas

La adaptación de las plantas a suelos ácidos implica respuestas selectivas a muchas propiedades físicas y químicas, cualitativa y cuantitativamente diferentes. Por lo tanto, el comportamiento adaptativo de las plantas incluye varios cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos, en la parte aérea y en las raíces, en relación con las condiciones prevalecientes en la superficie y en el interior del suelo. Existe un equilibrio funcional entre el tamaño y la actividad de los brotes, los cuales se encargan de fijar carbono, y el tamaño y la actividad de las raíces finas, las cuales absorben agua y

nutrientes. Una disponibilidad alta de oferta de nutrientes aumenta el crecimiento de la parte aérea en relación con el crecimiento radical y, a la inversa, el estrés nutricional da lugar a un cambio en la distribución del carbono a las raíces.

En varios ensayos de campo realizados en diferentes sitios dentro del mismo ecosistema, se observaron diferencias sustanciales en la adaptación de las mismas asociaciones de gramíneas + leguminosas. Se presumió que la principal diferencia entre los sitios se debía más a diferencias en el contenido de arcilla del suelo (textura del suelo) que a sus características químicas. Sin embargo, nuestra comprensión actual de cómo el contenido de arcilla y la fertilidad afectan la adaptación de una determinada asociación de gramínea + leguminosa es algo inadecuado. En consecuencia, se realizó un ensayo de invernadero para evaluar el efecto que tiene el contenido de arcilla y el estado de fertilidad del suelo en el crecimiento de las plantas, en la distribución de materia seca entre las raíces y la parte aérea, en la absorción de nutrientes, en el transporte de nutrientes de las raíces a la parte aérea y la eficiencia en el uso de nutrientes de tres asociaciones de gramínea + leguminosa.

El ensayo se realizó en un invernadero, de febrero a mayo de 1990 (temperatura máxima y mínima diurna/nocturna de 37/25°C), en condiciones de fotoperíodo natural. Las tres asociaciones de gramínea + leguminosa utilizadas en el estudio fueron:

- 1) Brachiaria dictyoneura CIAT 6133 + Arachis pintoii CIAT 17434;
- 2) Andropogon gayanus CIAT 621 + Stylosanthes capitata CIAT 10280;
- 3) Andropogon gayanus CIAT 621 + Centrosema acutifolium CIAT 5277

Se escogieron dos suelos ácidos para

que representaran dos diferentes tipos de suelo. El suelo Alegría representa un suelo franco arenoso y el Pista uno franco arcilloso. Las muestras de los dos suelos se recolectaron en un Oxisol de Carimagua (0-20 cm de capa vegetal). Las propiedades físicas y químicas de ambos suelos al igual que los métodos utilizados para el análisis los mismos aparecen en el Cuadro 1. Las propiedades físicas y químicas difirieron considerablemente entre los dos suelos. El suelo de Alegría contenía 17 por ciento de arcilla y 65 por ciento de arena, mientras que el de Pista contenía 37 por ciento de arcilla y 18 por ciento de arena. El pH fue similar en ambos suelos, debido a la composición del material parental. La principal diferencia en las propiedades químicas de los dos suelos fue su contenido de materia orgánica. El suelo de Alegría presentó un bajo contenido de N total, debido al bajo contenido de materia orgánica, y un estado catiónico bajo.

Se seleccionaron dos niveles de fertilidad, bajo y alto, para representar los niveles de fertilidad recomendados para el establecimiento de pasturas y para rotaciones de cultivo-pastura, respectivamente. El suelo se mezcló con los fertilizantes antes de transferirlo a bandejas plásticas de 56.5 x 36.5 x 23.4 cm. Las cantidades individuales de fertilizante agregadas a cada recipiente con 40 kg de suelo seco aparecen en el Cuadro 2. Es importante anotar que al tratamiento de baja fertilidad no se le agregaron nitrógeno ni micronutrientes. Se presumió que la presencia de la leguminosa proveería en gran parte los requerimientos de nitrógeno de la gramínea. Se cultivaron plántulas de especies de gramíneas y leguminosas en arena y se transfirieron a bandejas plásticas (Cuadro 3). Cada recipiente se inoculó con *Rhizobium* (para leguminosas) y micorrizas (aisladas de suelo con raíces de *B. decumbens*). El ensayo se organizó en un diseño totalmente al azar con tres repeticiones.

Cuadro 1. Propiedades físicas y químicas de los dos suelos usados en el experimento de invernadero.

Características	Suelo		Método analítico
	Alegria	Pista	
<b>Físicas:</b>			
Clay (%)	17	37	Bouyoucos
Sand (%)	65	18	"
Silt (%)	18	45	"
<b>Químicas:</b>			
pH	5.1	5.0	Suspensión suelo: agua (1:1)
Materia orgánica	0.89	3.44	Walkey y Black
N disponible (ppm)	3.7	6.23	1 M KCl
N Total (ppm)	336	1008	Kjeldahl
Carbon Total (%)	0.52	2.0	Walkey y Black
Relación C/N	15.5	19.8	
Al (meq/100g)	0.7	2.6	1 M KCl
Ca (meq/100g)	0.13	0.21	"
Mg (meq/100g)	0.08	0.1	"
Al saturation (%)	77	89	(Al/Al+Ca+Mg) x 100 <sup>a</sup>
K (meq/100g)	0.03	0.06	Bray II <sup>b</sup>
P (ppm)	2.0	2.1	Bray II <sup>b</sup>
S (ppm)	5.4	7.0	Fosfato de calcio
Zn (ppm)	0.16	0.59	Mehlich-2 <sup>c</sup>
Cu (ppm)	0.19	0.44	Mehlich-2 <sup>c</sup>
Mn (ppm)	0.74	2.42	1 N KCl
B (ppm)	0.08	0.19	Extracción en agua caliente
CIC efectivo <sup>d</sup> (meq/100g)	0.94	2.97	

a. Al, Ca y Mg extraíbles

b. Bray II = 0.1 N HCl + 0.03 N NH<sub>4</sub>F

c. Mehlich-2 = 0.05 N HCl + 0.025 N NH<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>

d. Capacidad de Intercambio Catiónico (Al+Ca+Mg+K)

Cuadro 2. Detalles de la fertilización empleada en ambos suelos

Elemento	Componente	Composiciónn (%)	Dosis de aplicación	
			Baja fertilidad	Alta fertilidad
			----- (kg.ha <sup>-1</sup> *) -----	
N	Urea	46	0	40
P	Superfosfato triple	20	20	50
K	KCl	52	20	100
Ca	Cal dolomítica	22.8	33	66
Mg	Cal dolomítica	9.8	14.2	28.4
S	Flor de Azufre	86.1	10	20
Zn	ZnCl <sub>2</sub>	48	0	2
Cu	CuCl <sub>2</sub>	37.2	0	2
B	H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	17.5	0	0.1
Mo	Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> .2H <sub>2</sub> O	40	0	0.1

\* Las dosis de aplicación se calcularon en base al área de la bandeja = 2062 m<sup>2</sup>

Cuadro 3. Detalles de cepa de rizobio utilizadas, tamaño y contenido de nutrientes en las semillas e intervalo de corte de las especies utilizadas en el experimento.

Especies	Inoculante (Cepa No.)	Tamaño de la semilla (mg)	Nutrientes				Período de crecimiento (días)*
			N	P	K	Ca	
			%				
<u>Brachiaria dictyoneura</u> CIAT 6133	-	4.6	1.1	0.29	1.4	0.35	104
<u>Andropogon gayanus</u> CIAT 621	-	2.8	0.9	0.16	1.3	0.8	105
<u>Arachis pintoii</u> CIAT 17434	CIAT 3101	158	6.7	0.38	1.0	0.64	102
<u>Stylosanthes capitata</u> CIAT 10280	CIAT 995	2.3	4.8	0.28	0.9	1.1	105
<u>Centrosema acutifolium</u> CIAT 5277	CIAT 3101	42	3.5	0.28	0.9	1.1	106

\* Al momento de la cosecha final.

Las plantas se cosecharon en 4 diferentes etapas de crecimiento. El número total de recipientes fue de 144 (2 suelos x 2 niveles de fertilidad x 3 asociaciones de gramínea + leguminosa x 4 cosechas x 3 repeticiones). En cada cosecha, se hicieron las siguientes mediciones: 1) distribución de materia seca, 2) producción de área foliar, 3) crecimiento y distribución de las raíces, 4) contenido foliar de clorofila, proteína y Pi, 5) estado nutricional del suelo y de las partes de la planta y 6) absorción, transporte y eficiencia en el uso de nutrientes. Además de estas mediciones, también se hicieron mediciones de fotosíntesis neta y actividad de fosfatasa ácida en las hojas y en las raíces. Todas las mediciones fisiológicas y bioquímicas se realizaron en hojas totalmente expandidas. Todos los recipientes se regaron a capacidad de campo hasta el momento de la cosecha.

Dentro del área total de 56.5 x 36.5 cm de cada recipiente plástico, se demarcó un área de muestreo de 28 x 21 cm (Figura 1). Esta área contenía 3 plantas de una gramínea y 3 de una leguminosa, en dos hileras diferentes. Las seis plantas se cosecharon y se separaron en sus diferentes partes. La distribución de materia seca en las diferentes partes de la planta (hojas + tallos + raíces) se determinó separando las partes de la planta y secándolas en el horno a 70 grados C durante 72 h. El área foliar se determinó utilizando un medidor de área foliar (cortesía de M. Fisher y de M. El-Sharkawy). La fotosíntesis neta se midió utilizando un sistema portátil de intercambio de gases 6200-LI (cortesía del ICA, Palmira, y de J. Lynch). La actividad de fosfatasa ácida se midió utilizando fosfato de p-nitrofenil (p-NPP) como sustrato en extractos foliares y de raíces preparados a partir de muestras congeladas en nitrógeno líquido. El contenido foliar de clorofila, proteína y Pi se determinó mediante métodos convencionales. El estado nutricional de las diferentes partes de la planta

también se determinó mediante análisis convencional. Para los estudios sobre crecimiento y distribución de raíces, se tomaron muestras de suelo con un barreno de 5.4 cm de diámetro, a incrementos de 5 cm, hasta una profundidad de 15 cm. Se tomaron tres núcleos dentro del área de muestreo de cada recipiente plástico, uno entre las hileras y los otros dos en las hileras (véase Figura 1 para detalles). Después de sacar las muestras, se sacó el suelo restante del área de muestreo (en bloque) para recuperar las raíces. Las muestras se remojaron durante la noche en agua con bicarbonato de sodio, el cual ayudó a dispersar la arcilla. Se lavaron las raíces en un tamiz de 1 mm para quitarles los residuos de suelo, y se separaron manualmente las raíces "vivas" de la materia orgánica. Antes de secar las raíces a 70 grados C y de pesarlas, se calculó su longitud contando las intersecciones con una malla de 1 cm.

La producción de biomasa de la parte aérea de las tres asociaciones de gramínea-leguminosa, en los dos tipos de suelo y con dos niveles de fertilidad, respecto a la edad de la planta, aparece en la Figura 2. En el tratamiento de alta fertilidad, la producción de biomasa de la parte aérea aumentó notablemente en ambas gramíneas y en una leguminosa, C. acutifolium (Figura 2). Entre las otras dos leguminosas, S. capitata no respondió al nivel alto de fertilidad mientras que A. pintoii respondió al tratamiento sólo en el suelo de Pista. La falta de respuesta al tratamiento de fertilidad en S. capitata sugiere que cuando esta especie se cultiva en asociación con una gramínea no puede aprovechar la oferta adicional de nutrientes. A. gayanus explotó claramente esta característica estableciendo una competencia severa con S. capitata. La tasa de crecimiento de la parte aérea en A. pintoii fue similar a la de la gramínea B. dictyoneura, excepto en el tratamiento de alta fertilidad en Alegria. Aunque C. acutifolium es una



### DETALLE DEL MUESTREO

Area total 0.2062 m<sup>2</sup>  
Area del muestreo 0.0588 m<sup>2</sup>

3cm

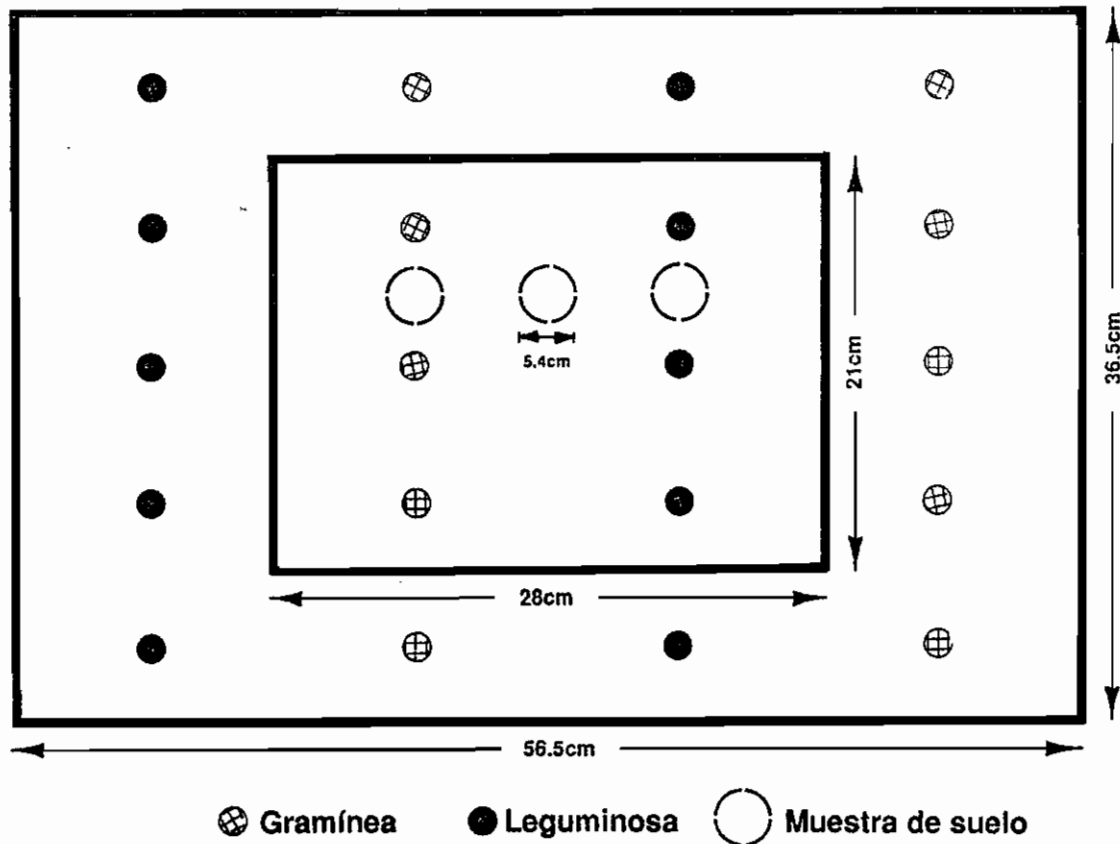


Figura 1. Esquema de muestreo utilizado para cada asociación de gramínea + leguminosa en el momento de la cosecha.

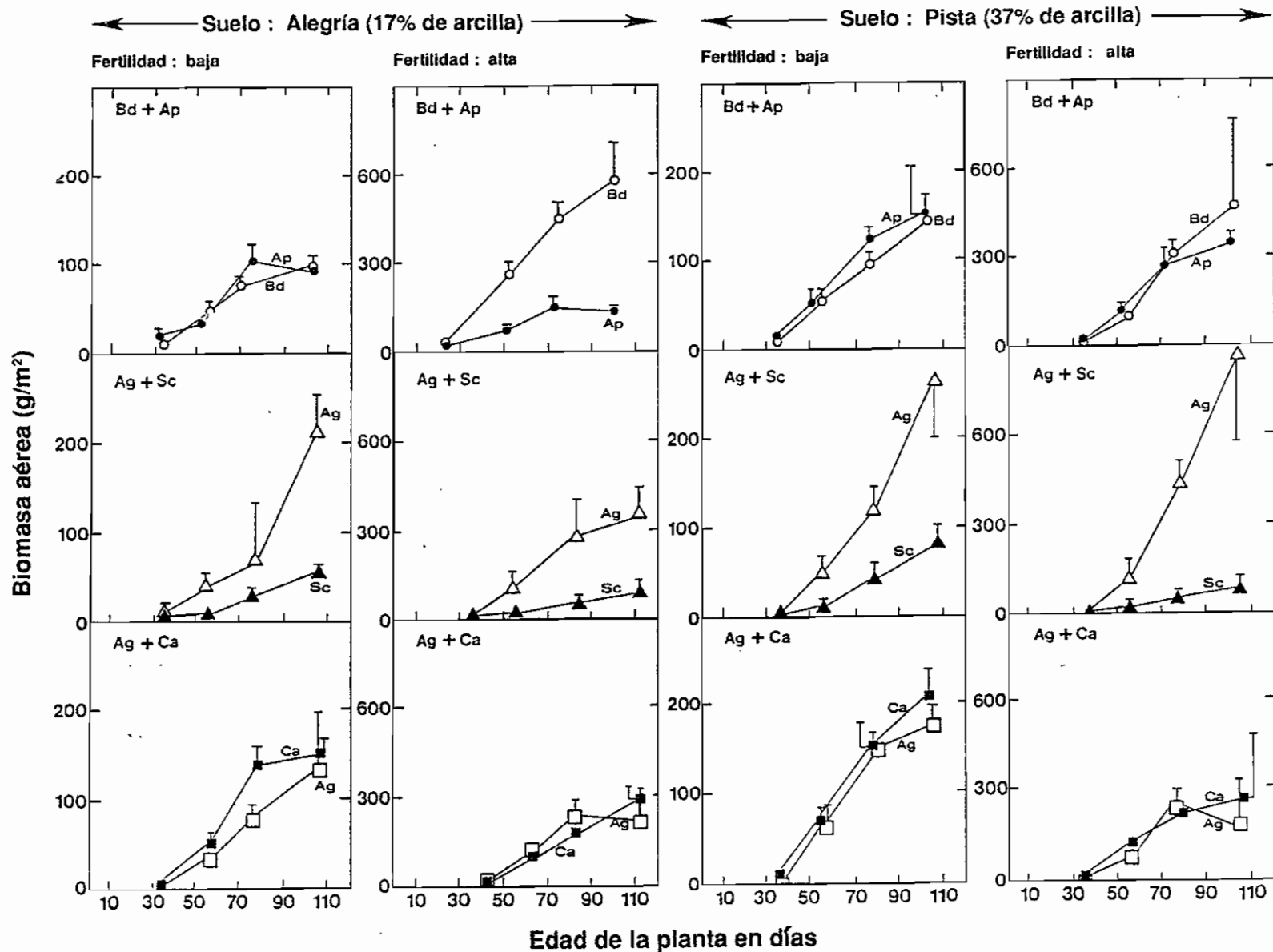


Figura 2. Efecto del contenido de arcilla y del nivel de fertilidad del suelo en los cambios en la biomasa de la parte aérea de tres diferentes asociaciones de gramínea/leguminosa en relación con la edad de la planta. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

leguminosa C3, las tasas de crecimiento de esta especie son iguales a o aún mayores que las de la gramínea C4 A. gayanus, en ambos suelos y a ambos niveles de fertilidad. En general, la producción de biomasa en la parte aérea fue mayor en el suelo Pista que en el de Alegría. Esto se hizo más evidente en el tratamiento de baja fertilidad, lo cual sugiere que la presencia de niveles bajos de materia orgánica en el suelo y la poca disponibilidad de nutrientes podrían estar limitando el crecimiento de estas especies en el suelo de Alegría.

Cuando se comparó la producción de biomasa de la parte aérea entre las asociaciones, en relación con la edad de la planta, la asociación B. dictyoneura + A. pintoi (B.d. + A.p.) se comportó mejor que las otras dos asociaciones en los dos tipos de suelo y dos niveles de fertilidad (Figura 3). La máxima producción de la parte aérea se observó en la asociación A. gayanus + S. capitata (A.g. + S.c.) con el tratamiento de alta fertilidad en el suelo Pista, a pesar de la poca producción de la leguminosa S. capitata. La máxima producción de la parte aérea en el tratamiento de baja fertilidad se obtuvo con A. gayanus + C. acutifolium (A.g. + C.a.) en el suelo Pista. Las mayores tasas de crecimiento de la parte aérea (g de materia seca por m<sup>2</sup> de superficie de suelo por día) para cada asociación se observaron con el suelo de Pista en condiciones de alta fertilidad: 14.4, 15.9 y 13.0 para B.d. + A.p., A.g. + S.c. y A.g. + C.a., respectivamente. Cuando estas altas tasas de crecimiento se convirtieron en producción anual de biomasa superficial produjeron valores hasta de 58 t/ha.

Los cambios en el área foliar por planta, en relación con la edad de la planta, aparecen en la Figura 4. Un aumento en la fertilidad del suelo mejoró la producción de área foliar, por lo menos el doble, en las gramíneas y en las leguminosas. El área foliar

máxima por planta varió de 127 cm<sup>2</sup> (S. capitata; Pista; baja fertilidad) a 963 cm<sup>2</sup> (A. gayanus; Pista; alta fertilidad). Para las asociaciones de B.d. + A.p. y A.g. + C.a., la producción de área foliar fue mayor en las leguminosas que en las gramíneas, en ambos tipos de suelo y niveles de fertilidad, excepto en la asociación B.d. + A.p., que tuvo la mayor producción de área foliar en el tratamiento de alta fertilidad en el suelo Alegría. En la asociación de A.g. + S.c., la producción de área foliar de A. gayanus fue 3 a 4 veces superior a la de S. capitata. En ocasiones, el área foliar en la cosecha final fue inferior a la de la tercera cosecha en ciertos tratamientos, debido a la presencia de senescencia y abscisión foliares. Cuando los valores de área foliar máxima por asociación se convirtieron a índice de área foliar (área foliar por área de superficie de suelo), la asociación A.g. + C.a. presentó un índice de área foliar de 6.6 en la tercera cosecha, con el tratamiento de alta fertilidad y en el suelo Pista.

La retención de clorofila total (a + b) en las hojas, a mayor edad de la planta, fue más notoria en las especies de leguminosas que las gramíneas (Figura 5). La clorofila foliar descendió rápidamente en las gramíneas cuyas plantas tenían una edad entre 55 y 90 días. Esta disminución en la clorofila foliar de las gramíneas se relacionó con un descenso en el contenido foliar de proteína soluble (Figura 6). La proteína soluble de las especies de leguminosas A. pintoi y S. capitata se mantuvo muy bien con el aumento en la edad de la planta, en ambos tipos de suelo y en ambos niveles de fertilidad. Por otra parte, el contenido foliar de proteína soluble de C. acutifolium disminuyó con el transcurso del tiempo (de 5 a 2 g/m<sup>2</sup> de área foliar), similar a lo que ocurrió con las dos gramíneas en ambos tipos de suelo y a ambos niveles de fertilidad. Los cambios en el contenido foliar de

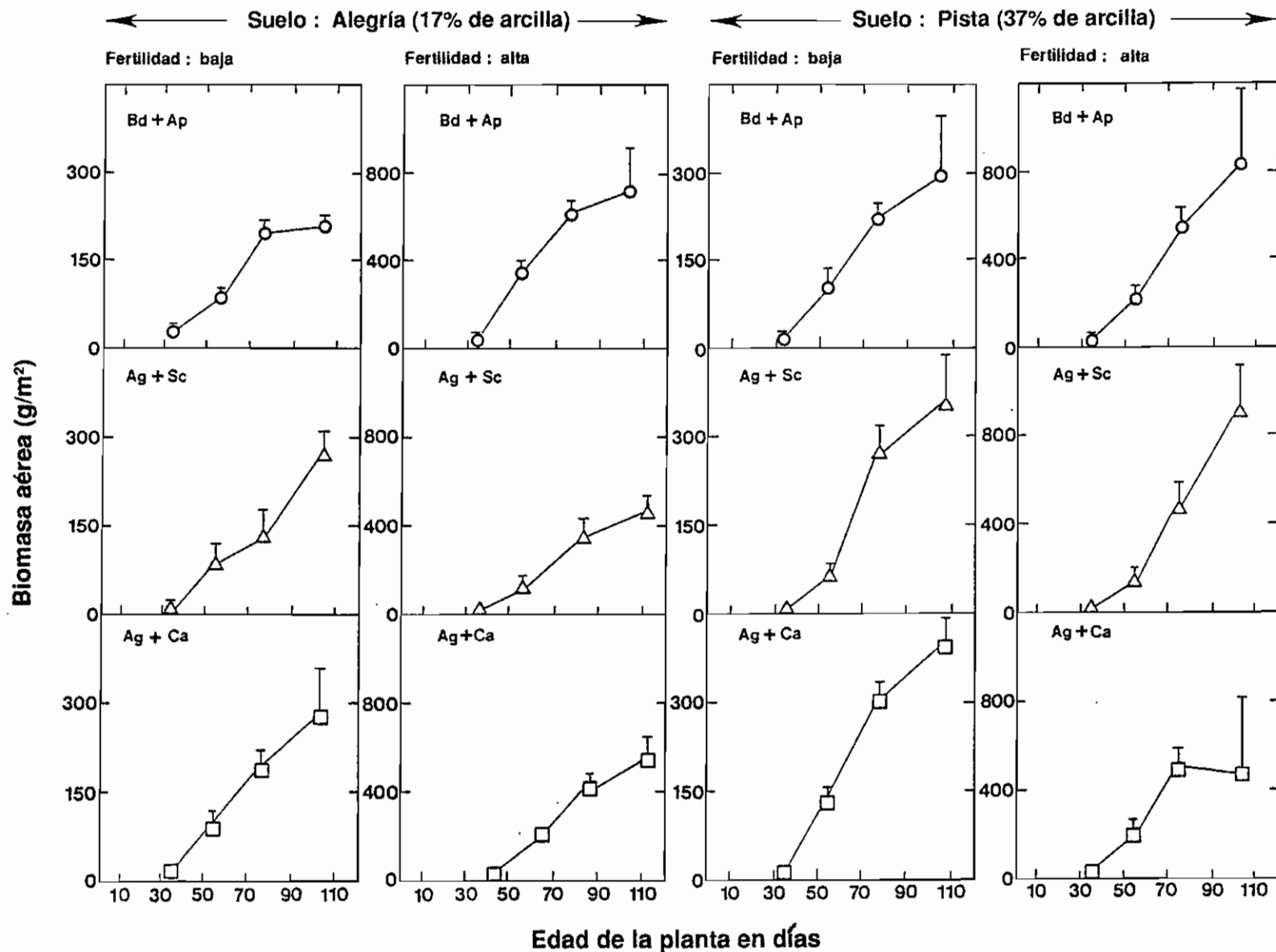


Figura 3. Cambios en la producción de la parte aérea de 3 diferentes asociaciones de gramínea en relación con la edad de la planta. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

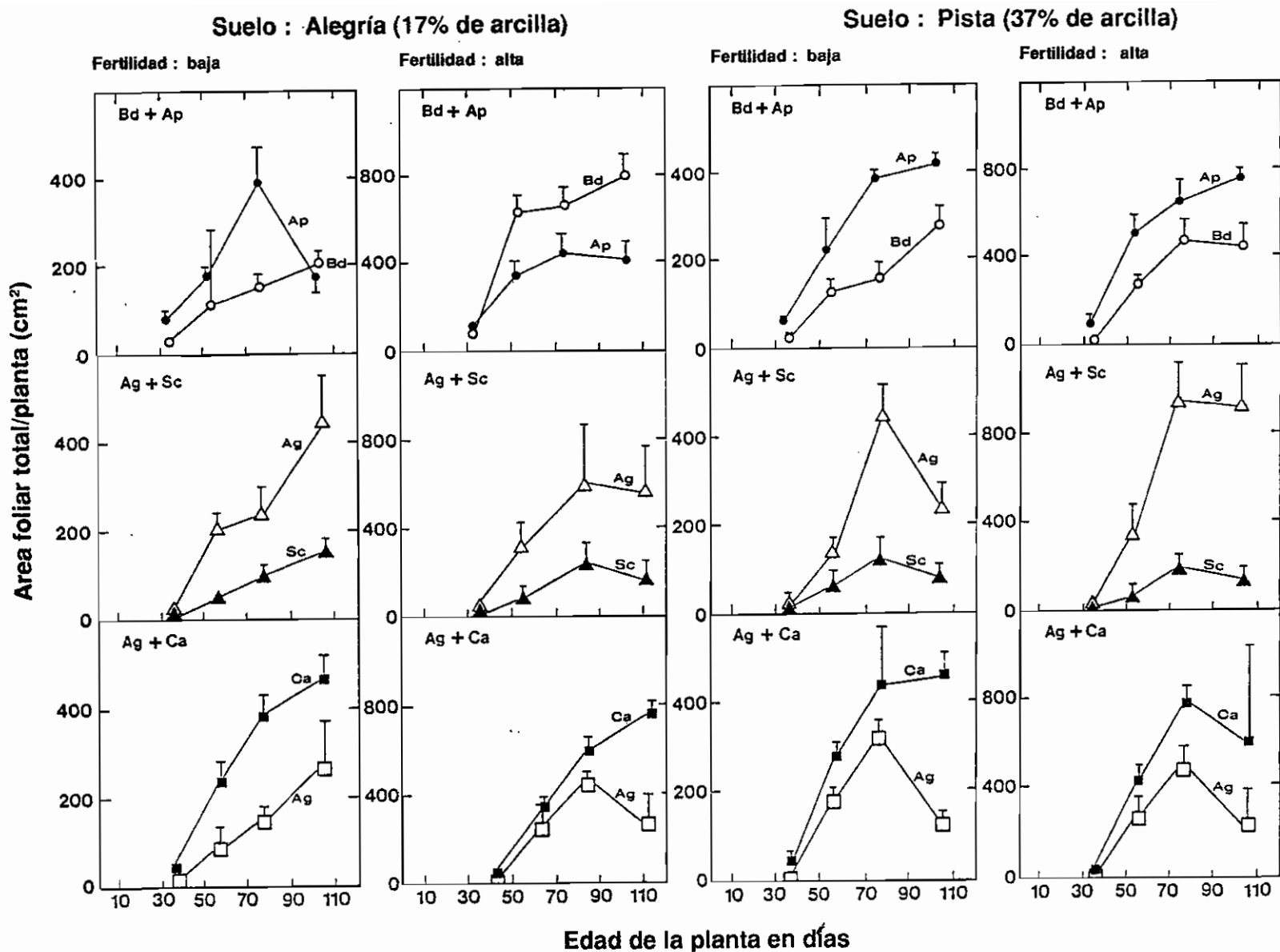
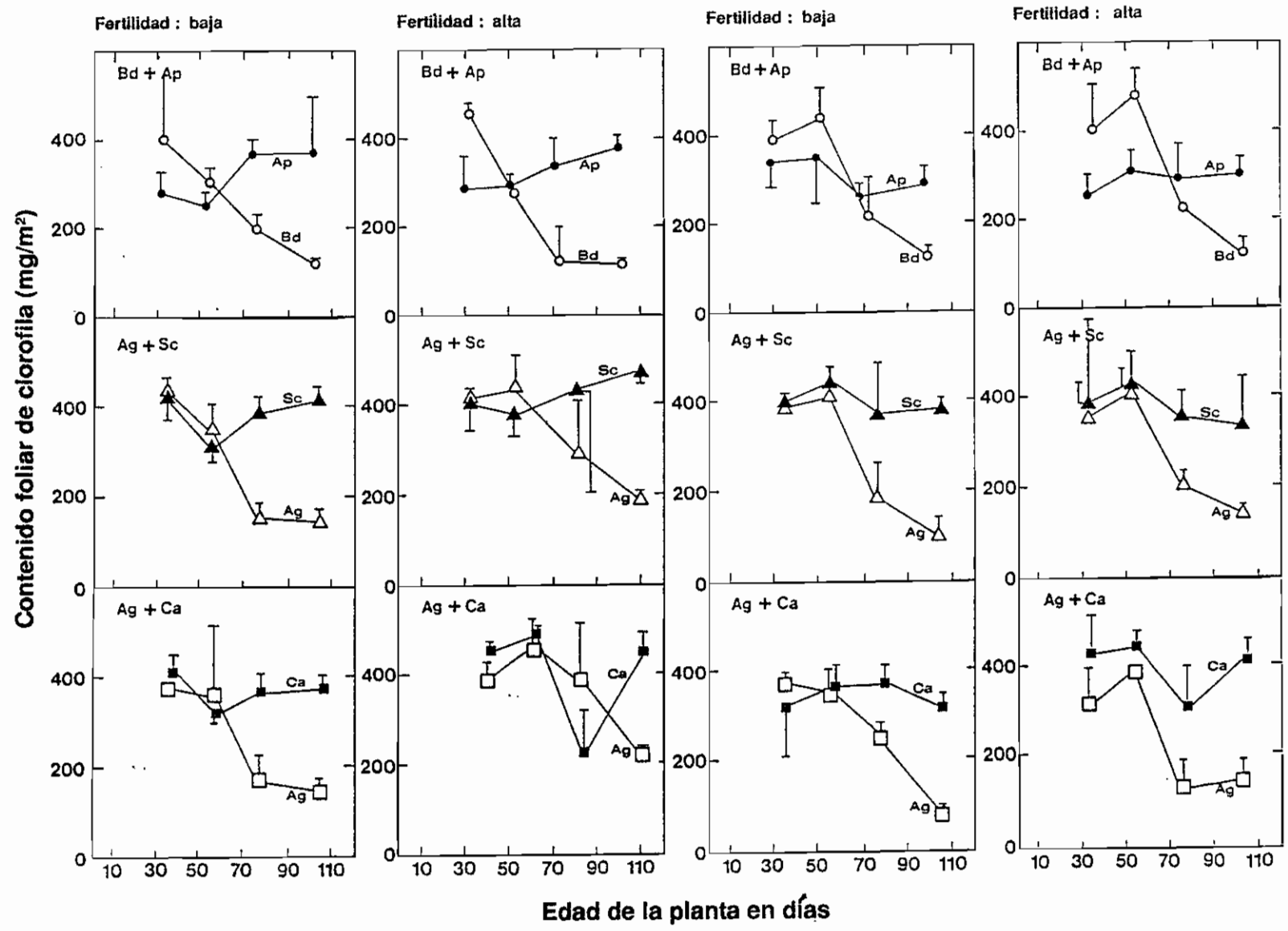


Figura 4. Cambios en el área foliar por planta en relación con la edad de la planta en 3 diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D. E. de 3 repeticiones.

← Suelo : Alegría (17% de arcilla) →      ← Suelo : Pista (37% de arcilla) →



11-11

Figura 5. Cambios en el contenido total de clorofila (a+b) en las hojas en relación con la edad de la planta, en tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

Suelo : Alegría

Suelo : Pista

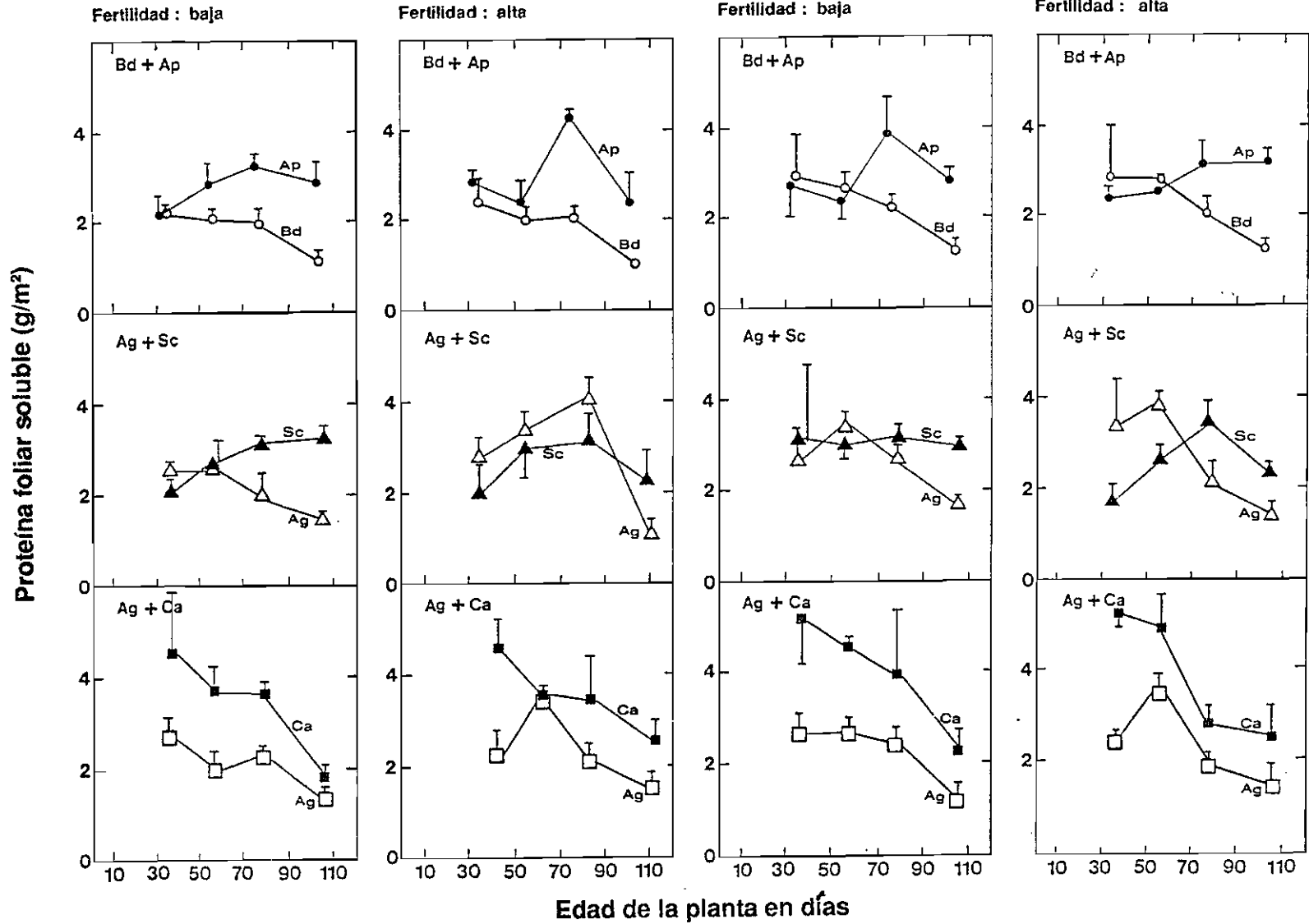


Figura 6. Cambios en el contenido foliar de proteína soluble en relación con la edad de la planta, en tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa. Los pesos foliares específicos medios (g. de peso seco/m<sup>2</sup> de área foliar), para las gramíneas y leguminosas, son: 25 g/m<sup>2</sup> para *B. dictyoneura*, 54 g/m<sup>2</sup> para *A. gayanus*, 41 g/m<sup>2</sup> para *A. pintoi*, 47 g/m<sup>2</sup> para *S. capitata* y 34 g/m<sup>2</sup> para *C. acutifolium*. Los valores equivalen a la media ± la D.E. de 3 repeticiones.

fósforo inorgánico (Pi) por unidad de área foliar, en relación con la edad de la planta, aparecen en la Figura 7. En general, las gramíneas presentaron mayores niveles de Pi en las hojas, especialmente a los 35 días. Los niveles altos de Pi presentes en la etapa inicial de crecimiento, aún en condiciones de baja fertilidad, indican una menor demanda de Pi para la expansión foliar y para el crecimiento de la parte aérea. La leguminosa *C. acutifolium* mantuvo niveles altos de Pi, aún en condiciones de baja fertilidad, en comparación con las otras dos especies de leguminosas.

Los datos presentados en la Figura 2 indican que la tasa de producción en la parte aérea fue, en general, mayor entre la segunda y tercera cosechas (es decir, a una edad entre 55 y 80 días). Un análisis detallado de los datos recolectados en la tercera cosecha podría, por lo tanto, proporcionar una base para comprender las diferencias en la adaptación de las tres asociaciones de gramínea + leguminosa a los cambios en el contenido de arcilla y en el estado de fertilidad del suelo. La distribución de materia seca en la parte aérea y raíces de cada asociación, en la tercera cosecha, aparece en la Figura 8. Como se esperaba, la producción total de biomasa de la planta para cada asociación de gramínea + leguminosa fue inferior en el tratamiento de baja fertilidad. La adaptación de B.d. + A.p. fue similar en ambos tipos de suelo mientras que la adaptación de A.g. + S.c. y de A.g. + C.a. fue mejor en el suelo Pista en comparación con el Alegría. Se registró un efecto contundente del nivel bajo de fertilidad en la distribución de materia seca entre parte aérea y raíces. La proporción de materia seca fraccionada en las raíces en condiciones de baja fertilidad fue mayor que en la parte aérea. La baja fertilidad afectó más el crecimiento de la parte aérea que el de las raíces. En otras palabras, el crecimiento

radical en condiciones de baja fertilidad se mantuvo más o menos a expensas del crecimiento de la parte aérea. Esto se aclara aún más en la Figura 9, que muestra los cambios en la proporción de raíces a parte aérea, en respuesta al tipo de suelo y nivel de fertilidad. La proporción raíces a parte aérea aumentó sustancialmente gracias al tratamiento de baja fertilidad en ambos tipos de suelo. Sin embargo, la proporción alcanzó una cifra de 3.2 en el suelo de Alegría. La proporción de raíces a parte aérea con un valor superior a 2 en el tratamiento de baja fertilidad sugiere que más del 70 por ciento del carbono fijado podría distribuirse hacia el crecimiento radical. Esta estimación aproximada no incluye la pérdida de carbono fijado mediante la respiración y exudación de las raíces. Actualmente, se desconoce qué proporción del carbono distribuido a las raíces es necesaria para lograr los propósitos de mantenimiento y absorción de nutrientes y agua del suelo, y qué tanto carbono adicional se puede necesitar para competir eficazmente por estos recursos con las plantas circundantes.

La densidad de enraizamiento de las tres asociaciones, en función de la profundidad del suelo, en el momento de la tercera cosecha, aparece en la Figura 10. La densidad de enraizamiento (medida como la longitud de las raíces por volumen de unidad de suelo) se afectó con el contenido de arcilla en el suelo. La densidad de las raíces en cada asociación fue mayor en el suelo de Alegría que en el de Pista, a ambos niveles de fertilidad. Cabe anotar que la biomasa radical en el suelo de Alegría fue igual a o menor que la del suelo de Pista. Esta comparación indica que las raíces en el suelo de Pista fueron más gruesas que las del suelo de Alegría y que la producción de raíces finas en Alegría fue mayor que la obtenida en el suelo de Pista. Las asociaciones A.g. + S.c. y A.g. + C.a. presentaron mayor densidad de raíces a una profundidad



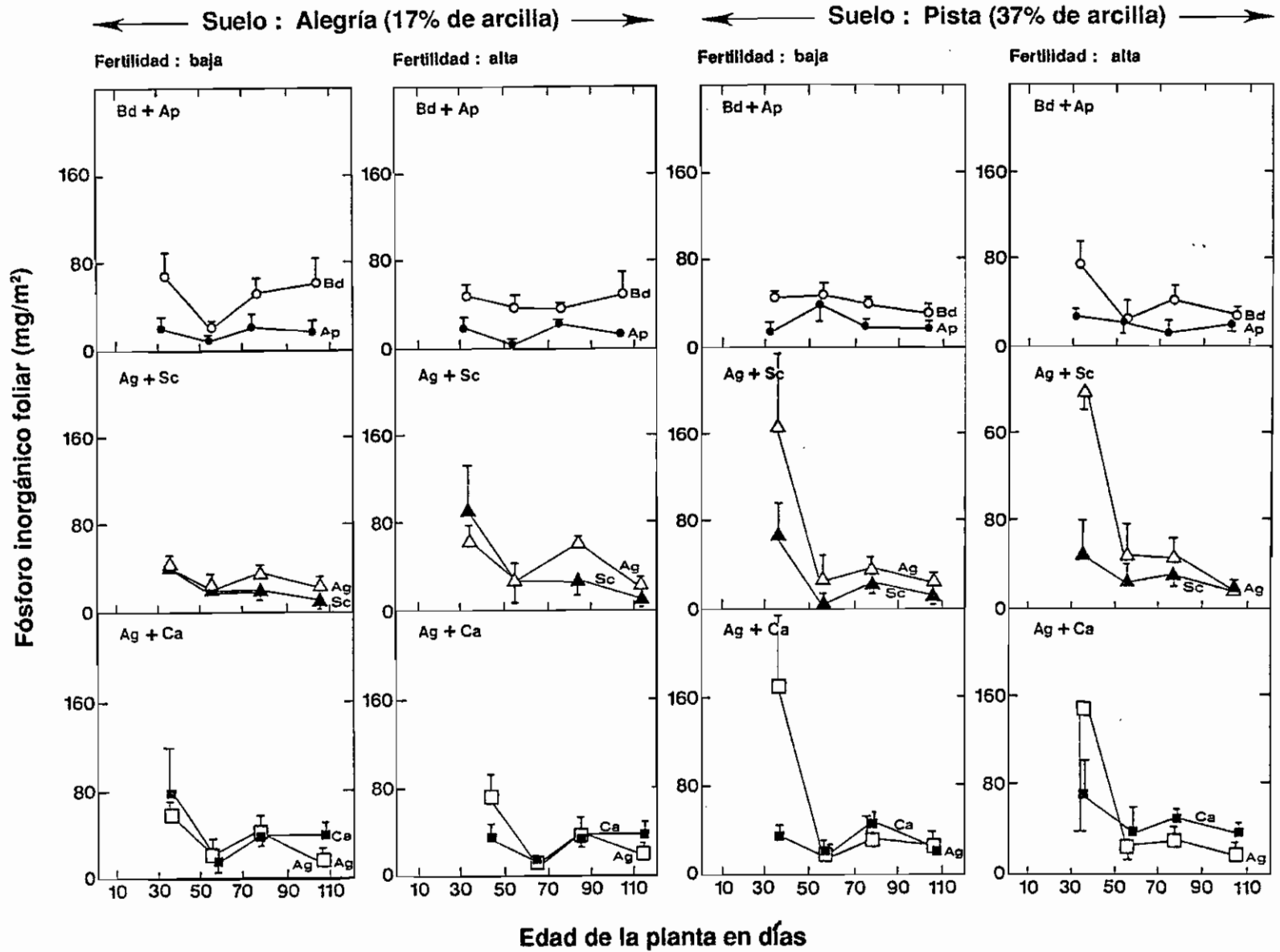


Figura 7. Cambios en los niveles foliares de fosfato inorgánico, en relación con la edad de la planta, de tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa. Los valores corresponden a  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

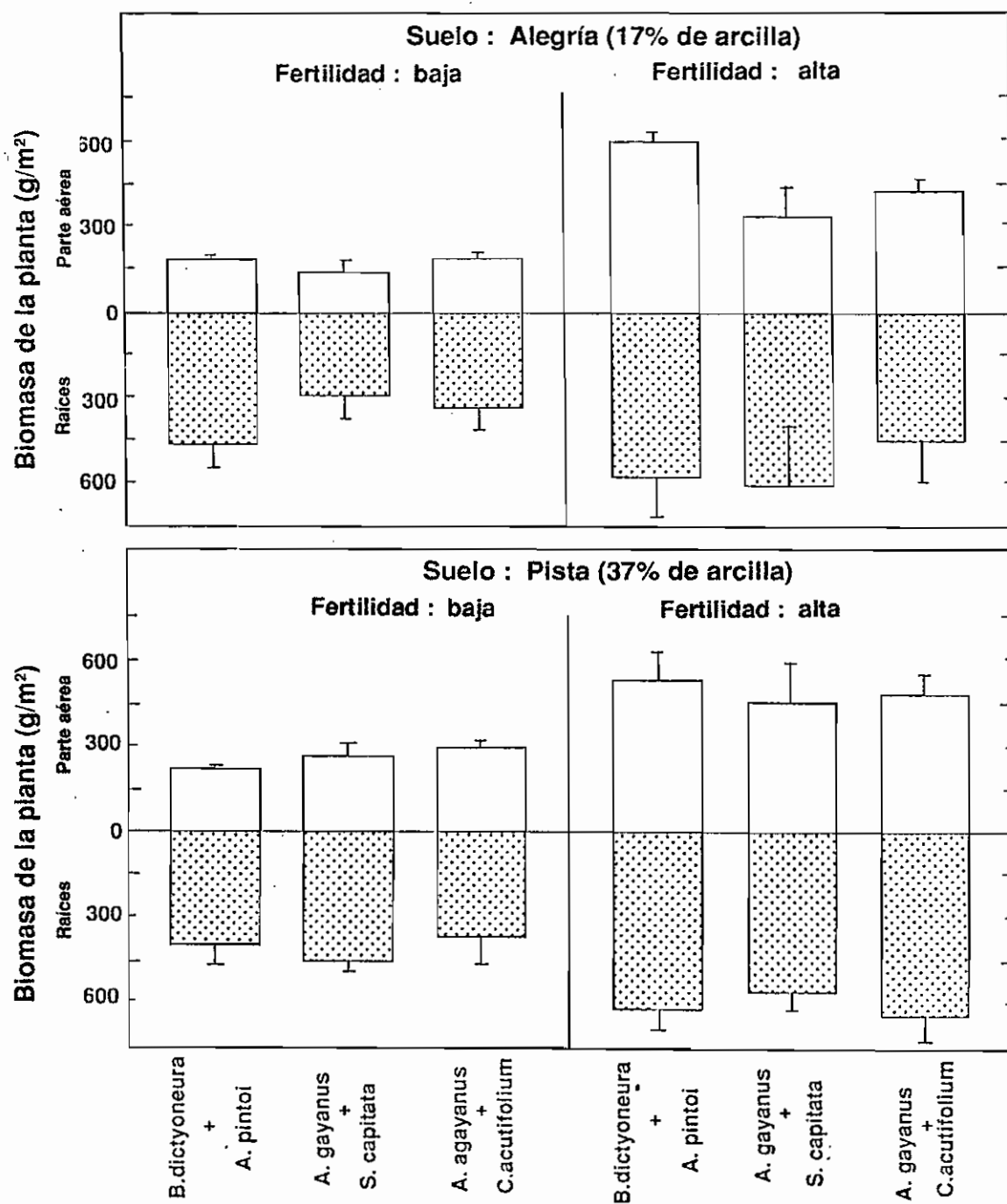


Figura 8. Efecto del contenido de arcilla en el suelo y del nivel de fertilidad en los cambios en la distribución de materia seca entre parte aérea y raíces de las tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa en la tercera cosecha. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D. E. de 3 repeticiones.

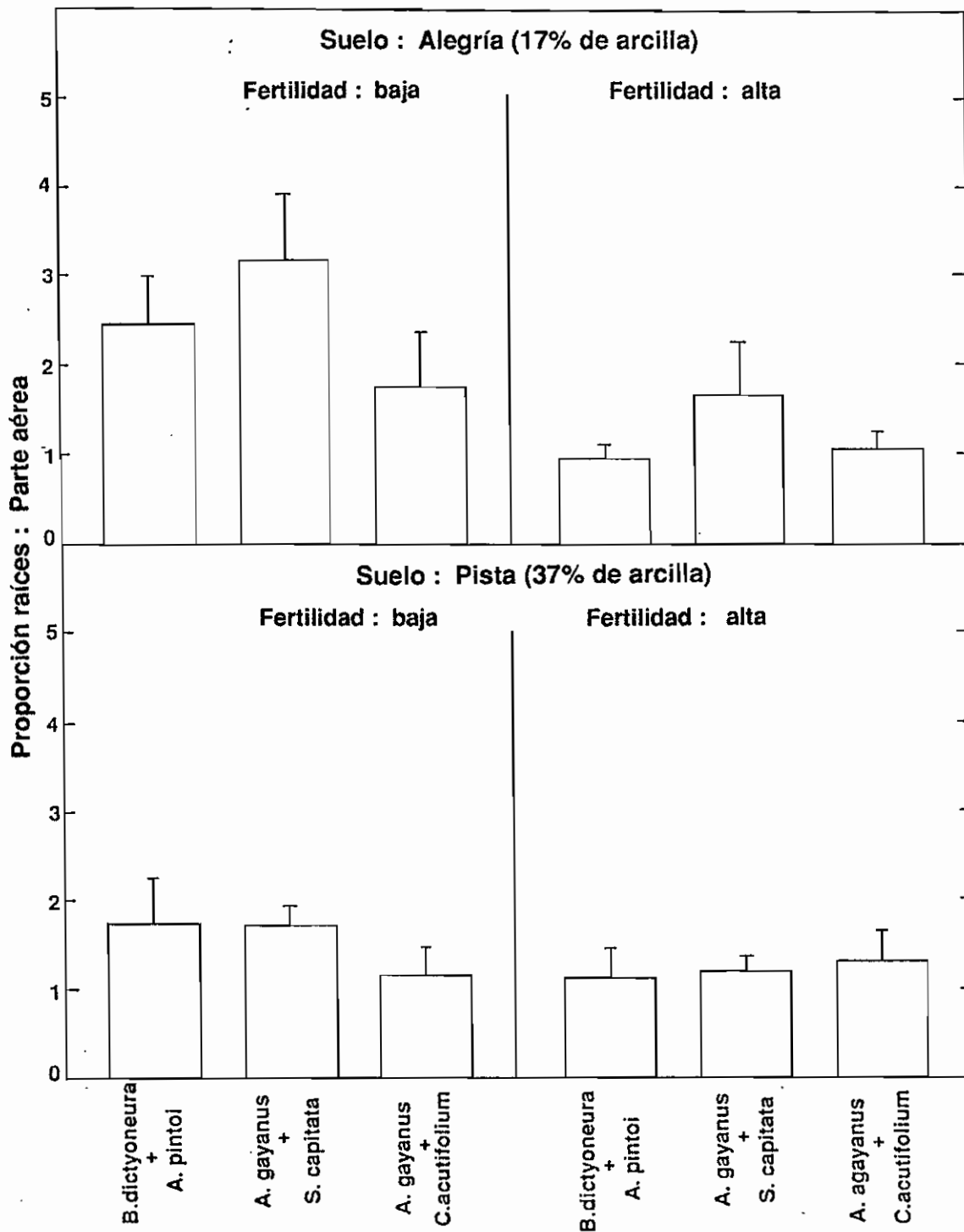


Figura 9. Cambios en la proporción de raíces a parte aérea de tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa en la tercera cosecha. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

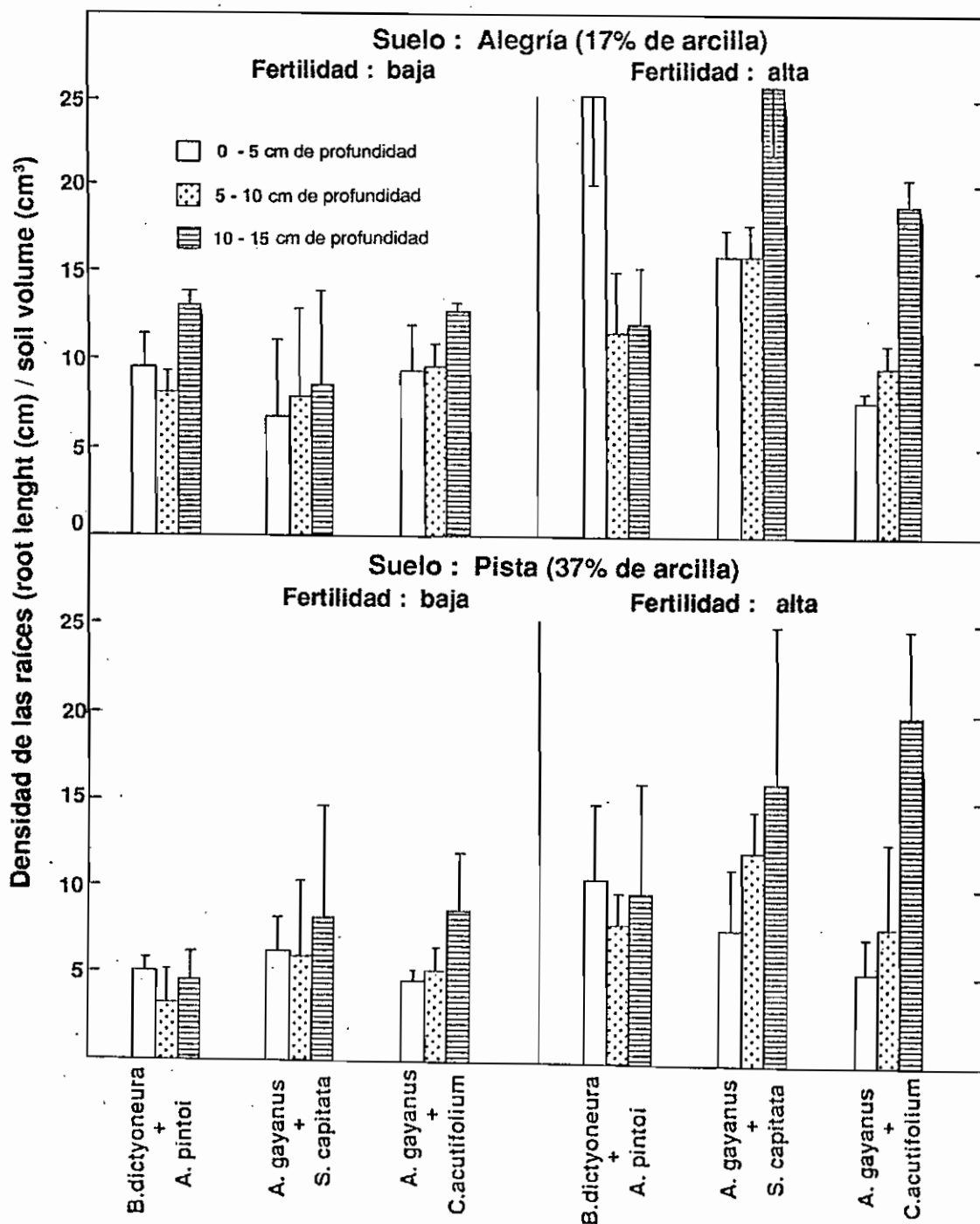


Figura 10. Cambios en la densidad radicular en relación con la profundidad del suelo, de tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa. Cada valor representa el promedio de densidad de enraizamiento en un cilindro de 5.4 cm de diámetro. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones para cada asociación.

del suelo de 10-15 cm, en comparación con la de 0-10 cm. La densidad de las raíces en la asociación B.d. + A.p., en condiciones de alta fertilidad, en el suelo de Alegría, a una profundidad de 0-5 cm, fue de 26 cm/cm<sup>3</sup>. En condiciones de alta fertilidad, la asociación A.g. + C.a. presentó una densidad de raíces mucho mayor a 10-15 cm de profundidad del suelo que a 0-10 cm.

Los datos presentados anteriormente indican que la fertilidad del suelo y el contenido de arcilla afectaron más la producción de área foliar de las asociaciones de gramínea + leguminosa que la producción de raíces. Para lograr una buena producción de raíces a un nivel bajo de fertilidad, estas asociaciones deben mantener la actividad fotosintética de las hojas. Esto se probó en la segunda cosecha midiendo la fotosíntesis neta de las especies de gramíneas y leguminosas a una densidad de flujo de fotones de 2000 micromoles/m/seg y a concentraciones ambientales de CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. El nivel bajo de fertilidad no redujo tanto la tasa fotosintética neta (Figura 11) como el área foliar y el crecimiento de la parte aérea (Figuras 2 y 4). En efecto, la tasa fotosintética de las especies de leguminosas y de B. dictyoneura fue casi similar en ambos tratamientos de fertilidad, mientras que para A. gayanus se disminuyó en condiciones de baja fertilidad en el suelo de Alegría. La tasa fotosintética de las gramíneas fue mayor que la de las leguminosas debido a la vía fotosintética C<sub>4</sub>. Esta medición de la fotosíntesis neta indica que estas especies de gramíneas o de leguminosas se adaptan a suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes, manteniendo la capacidad fotosintética y variando la distribución de carbono fijado hacia la producción de raíces nuevas, a expensas de la producción y expansión foliares.

La mayor producción de raíces en comparación con la parte aérea, en

condiciones de baja fertilidad y en ambos tipos de suelo, podría afectar la eficiencia de absorción, el transporte y el uso de nutrientes de las asociaciones de gramínea + leguminosa. El Cuadro 4 muestra las diferencias entre asociaciones en cuanto a eficiencia de absorción de nutrientes para N, P, K y Ca determinada por la razón de absorción de nutrientes en la biomasa de la parte aérea (mg) por unidad de peso seco radical (g). La eficiencia en la absorción de nitrógeno fue mayor en el suelo de Pista que en el de Alegría para cada asociación de gramínea + leguminosa. La asociación A.g. + S.c. presentó menor eficiencia de absorción de N que las otras dos asociaciones. La asociación A.g. + C.a. presentó la mayor eficiencia de absorción de nitrógeno, 11.52 mg de N/g de raíces en el suelo de Pista, en condiciones de baja fertilidad. La eficiencia de absorción de P de la asociación A.g. + C.a. fue superior a la de las otras dos asociaciones, en condiciones de baja fertilidad. La eficiencia de absorción de P también fue inferior en la asociación A.g. + S.c. en comparación con las otras dos asociaciones. La eficiencia de absorción de potasio fue mayor en la asociación B.d. + A.p. La eficiencia de absorción de calcio de la asociación A.g. + C.a. fue superior a la de las otras dos asociaciones, en condiciones de baja fertilidad. El análisis de las raíces por isótopos estables (proporción de <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C) con un espectrómetro de masas ayudará a determinar la proporción de las raíces de gramíneas en relación con las raíces de leguminosas en la biomasa total de las raíces de una asociación. Esta medición permitiría determinar la eficiencia de absorción de nutrientes de los componentes individuales de una determinada asociación de gramínea + leguminosa.

La eficiencia en el uso de nutrientes (g/g) en respuesta a la fertilidad del suelo y el contenido de arcilla de tres asociaciones aparecen en el Cuadro 5.

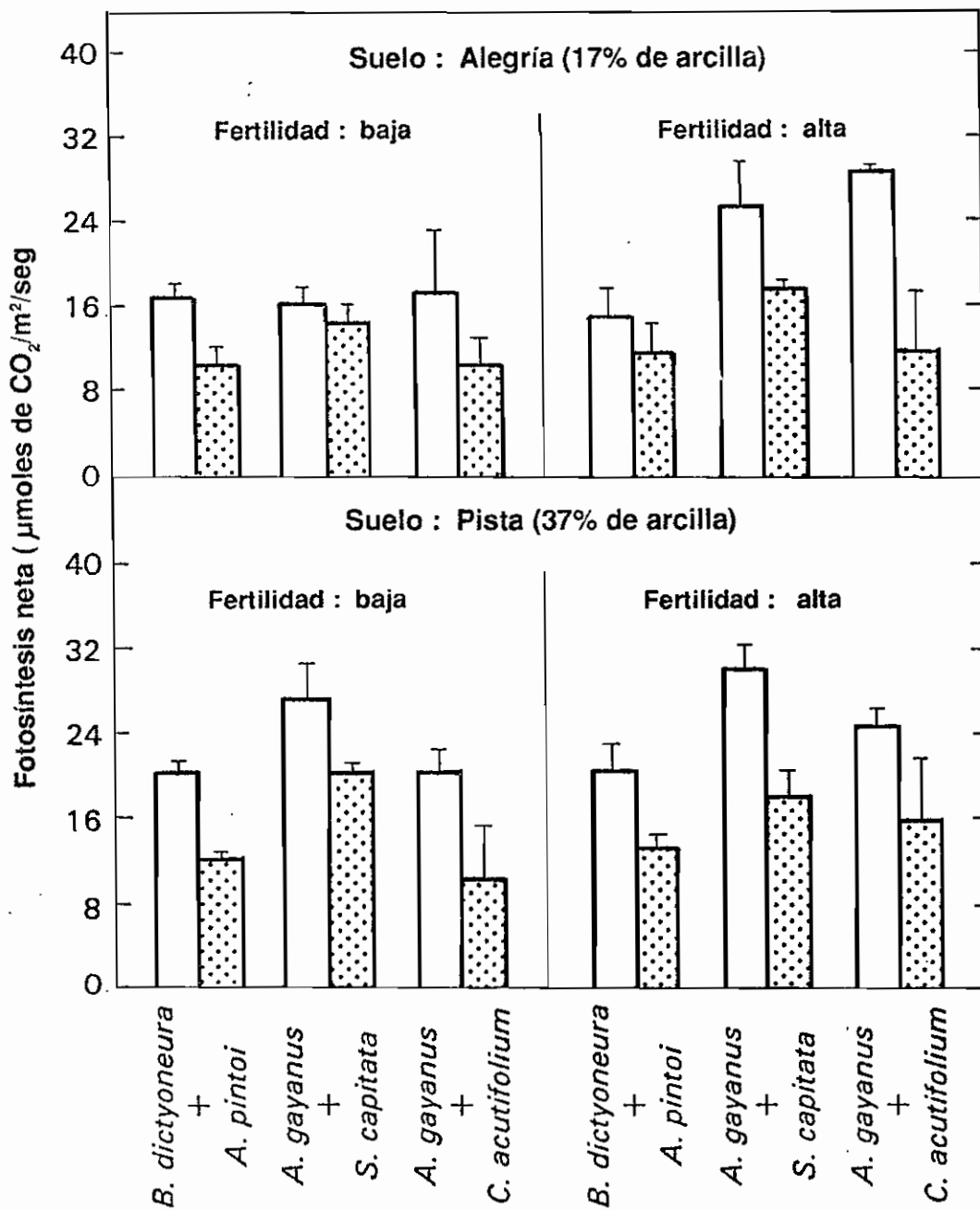


Figura 11. Cambios en la fotosíntesis neta de las hojas en tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa en la segunda cosecha. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

Cuatro 4. Efecto del contenido de arcilla y la fertilidad del suelo en la eficiencia de absorción de varias asociaciones de gramíneas y leguminosas. Los valores son las medias de 3 repeticiones.

Nutriente	Asociaciónn	Tipo de suelo			
		Alegria Fertilidad		Pista Fertilidad	
		Baja	Alta	Baja	Alta
		(mg.g <sup>-1</sup> )*			
Nitrógeno	B.d. + A.p.	6.02	9.92	7.75	11.04
	A.g. + S.c.	4.12	5.2	5.23	9.05
	A.g. + C.a.	8.57	10.67	11.52	10.21
Fósforo	B.d. + A.p.	0.50	1.15	0.67	1.11
	A.g. + S.c.	0.39	0.60	0.46	0.84
	A.g. + C.a.	0.55	1.16	0.87	0.93
Potasio	B.d. + A.p.	4.16	14.82	6.05	12.45
	A.g. + S.c.	4.42	6.01	4.44	11.34
	A.g. + C.a.	3.96	10.66	6.22	9.53
Calcio	B.d. + A.p.	3.66	5.51	4.09	5.7
	A.g. + S.c.	3.2	3.36	2.98	4.09
	A.g. + C.a.	4.57	6.46	5.75	4.28

\* Absorción de nutrientes en la aérea (mg)  
Peso por unidad de raíz (g)

La mayor eficiencia en el uso de N (determinada en términos de g de parte aérea producidos/g de absorción de N en la parte aérea) se observó en la asociación A.g. + S.c. con 114.4 g/g en condiciones de alta fertilidad en el suelo Alegría. La eficiencia en el uso de P y Ca fue máxima en la asociación A.g.+ S.c., mientras que la eficiencia en el uso de K fue baja con la asociación B.d. + A.p. Las diferencias en el índice de transporte de nutrientes (%) entre asociaciones (determinada como el contenido de nutrientes en la parte aérea/absorción total de nutrientes multiplicada por 100) aparecen en el Cuadro 6. El índice de transporte de nutrientes para N y P fue mayor en la asociación A.g. +

C.a., en comparación con las otras dos asociaciones en condiciones de baja fertilidad. El porcentaje de transporte de nutrientes para K y Ca fue mayor que para N y P.

El mayor índice de transporte de P observado en la asociación A.g. + C.a. puede deberse a un aumento de la actividad enzimática de la fosfatasa ácida en el tejido de la planta. Esta posibilidad se evaluó determinando la actividad de la fosfatasa ácida (medida como la hidrólisis del fosfato de p-nitrofenil) en extractos foliares y de raíces (Figuras 12 y 13). La fosfatasa ácida es una enzima hidrolítica que ayuda a liberar Pi de los compuestos orgánicos. La

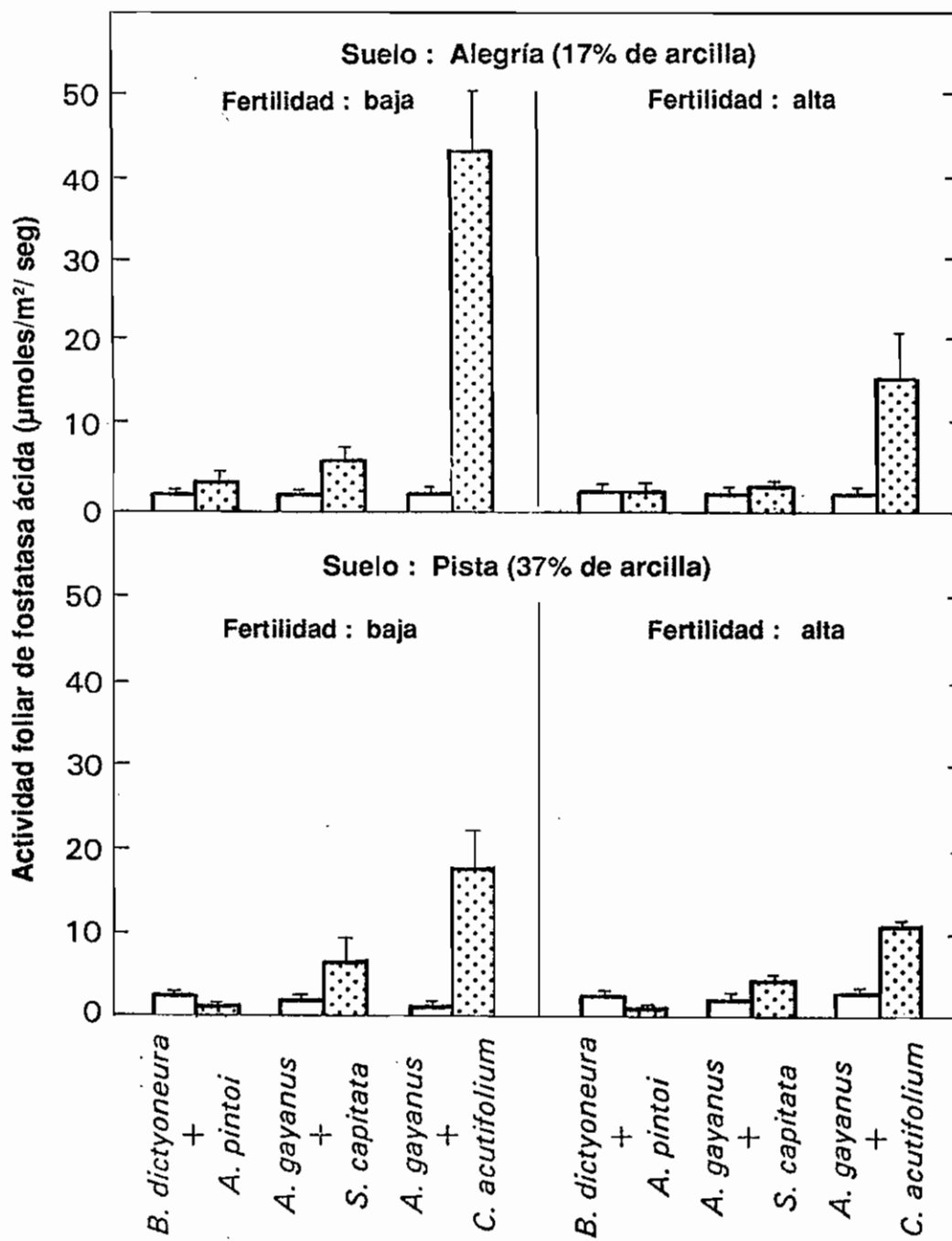


Figura 12. Cambios en la actividad de fosfatasa ácida en extractos foliares de tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa en la tercera cosecha. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.



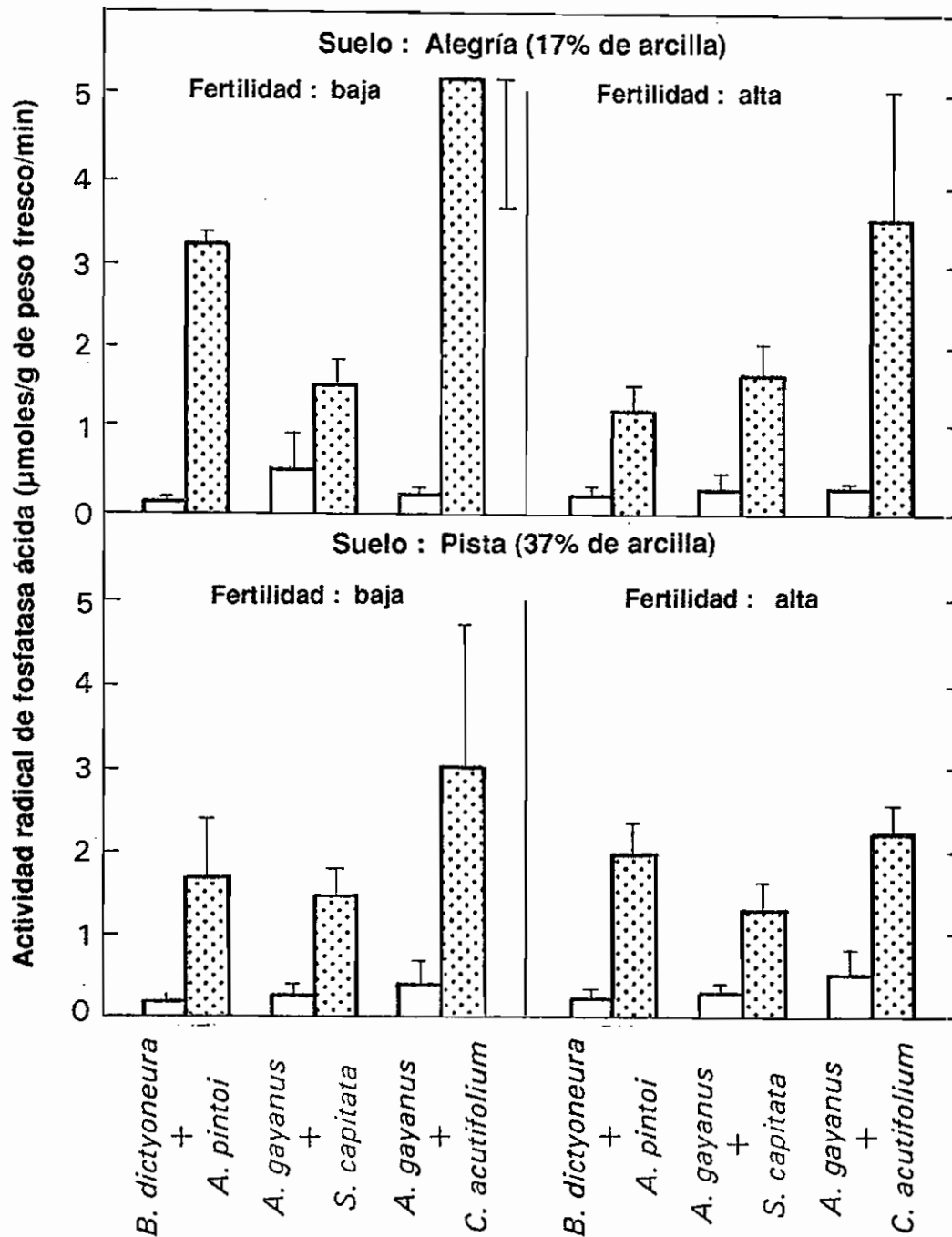


Figura 13. Cambios en la actividad de fosfatasa ácida de extractos de raíces de tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa en la tercera cosecha. Los valores corresponden a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

Cuadro 5. Efecto del contenido de arcilla y la fertilidad del suelo sobre la eficiencia de uso de nutrientes en las asociaciones de gramíneas y leguminosas. Los valores son las medias de tres repeticiones.

Nutriente	Asociación	Tipo de suelo			
		Alegria Fertilidad		Pista Fertilidad	
		Baja	Alta	Baja	Alta
		(g.g <sup>-1</sup> )*			
Nitrógeno	B.d. + A.p.	66	107	72	80
	A.g. + S.c.	114	111	113	96
	A.g. + C.a.	65	88	73	76
Fósforo	B.d. + A.p.	797	926	842	797
	A.g. + S.c.	1215	969	1292	1033
	A.g. + C.a.	1005	814	973	834
Potasio	B.d. + A.p.	96	72	93	71
	A.g. + S.c.	106	96	134	77
	A.g. + C.a.	140	88	136	82
Calcio	B.d. + A.p.	109	193	137	155
	A.g. + S.c.	147	172	199	213
	A.g. + C.a.	121	146	147	182

\* Biomasa aérea (g)  
Peso por unidad de nutriente absorbido

contribución de esta enzima a la movilización de los compuestos insolubles de fósforo en el suelo en condiciones de campo para las especies forrajeras tropicales se desconoce y de hecho puede variar según la especie y las condiciones de suelo predominantes. La actividad de fosfatasa ácida en los extractos foliares, en respuesta a la fertilidad del suelo y al tipo de suelo, en las tres asociaciones de gramínea + leguminosa, aparece en la Figura 12. La actividad foliar de fosfatasa ácida fue mayor en las leguminosas que en las gramíneas. Entre las tres leguminosas, *C. acutifolium* presentó varias veces mayor actividad que las otras dos leguminosas. Esta mayor actividad de fosfatasa ácida en *C. acutifolium* se relacionó con niveles mayores de P<sub>i</sub> en las hojas (véase Figura 7). El bajo nivel de

fertilidad aumentó la actividad de la enzima en las leguminosas. Se sabe que un descenso en la oferta de P a las plantas eleva la actividad de esta enzima en las hojas y en las raíces. ¿Cómo podría este aumento en la actividad foliar de la fosfatasa ácida ayudar a la planta? Podría ayudar a removilizar P de las hojas maduras a las hojas más jóvenes hidrolizando los ésteres intracelulares de P. Además, podría actuar como un sistema de transporte de P, transfiriendo el P a través de las membranas celulares contra un gradiente de concentración. El fosfato liberado en las hojas maduras podría por lo tanto utilizarse en las hojas más jóvenes y permitiría el traslado y el consumo de energía y carbono ganados en la fotosíntesis. Esto facilitaría que las hojas jóvenes de las especies forrajeras adaptadas a

Cuadro 6. Efecto del contenido de arcilla y la fertilidad del suelo sobre los índices de transporte de nutrientes en varias asociaciones de gramíneas y leguminosas.

Nutriente	Asociación	Tipo de suelo			
		Alegria Fertilidad		Pista Fertilidad	
		Baja	Alta	Baja	Alta
		----- (*) -----			
Nitrógeno	B.d. + A.p.	37.4	64.1	38.2	53.0
	A.g. + S.c.	39.2	51.1	48.4	62.7
	A.g. + C.a.	51.1	63.2	58.9	55.9
Fósforo	B.d. + A.p.	28.8	51.4	31.1	47.2
	A.g. + S.c.	28.4	40.5	45.3	55.1
	A.g. + C.a.	34.5	51.5	51.9	47.6
Potasio	B.d. + A.p.	61.9	79.0	62.7	79.6
	A.g. + S.c.	48.5	55.5	57.2	72.7
	A.g. + C.a.	48.4	65.7	67.6	65.3
Calcio	B.d. + A.p.	50.2	73.5	49.6	63.9
	A.g. + S.c.	66.6	75.5	73.7	83.2
	A.g. + C.a.	62.0	89.4	74.3	69.5

\*  $\frac{\text{Contenido de nutrientes parte aérea (g)}}{\text{Absorción total de nutrientes (g)}} \times 100$

suelos ácidos mantuvieran mayores bancos de proteína y clorofila y buenas tasas fotosintéticas.

Se observó una diferencia muy marcada entre las leguminosas y las gramíneas en términos de actividad de fosfatasa ácida (Figura 13). Las raíces de las leguminosas presentaron mayor actividad de fosfatasa ácida que las gramíneas. La baja fertilidad aumentó la actividad de la enzima en las leguminosas pero el aumento fue mayor en el suelo de Alegria. Al igual que en los extractos foliares, se observó la mayor actividad (5.3 micromoles de p-NPP hidrolizado/g de peso fresco/minuto) en las raíces de *C. acutifolium*. La elevada actividad de fosfatasa ácida de las raíces y su excreción a la rizosfera del suelo en

forma de exudados podría ayudar a la planta a i) utilizar el P ligado en el citoplasma, ii) liberar P de formas microbianas, iii) metabolizar P en presencia de alto contenido de Al en las raíces y iv) permitir que las raíces extraigan P de fuentes orgánicas del suelo (como por ejemplo, de parches de estiércol). Estos datos indican que, al parecer, el aumento de la actividad de fosfatasa ácida de las leguminosas puede ser parte del mecanismo de adaptación a suelos ácidos con bajo contenido de P disponible. La adaptación de las gramíneas a niveles bajos de P podría suponer cambios en la morfología (aumento de la superficie de las raíces por las micorrizas) y en la arquitectura de las raíces.

En resumen, los resultados obtenidos en este estudio indican que en estas tres asociaciones de gramínea + leguminosa, adaptadas a suelos ácidos, el carbono fijado se distribuye preferentemente hacia el crecimiento de las raíces a expensas de la expansión (leguminosas) y extensión (gramíneas) foliar y del crecimiento de la parte aérea. Esto se logra manteniendo la actividad fotosintética normal de las hojas verdes. Estas plantas al parecer se adaptan a un descenso en el contenido de arcilla del suelo aumentando la densidad y la biomasa radical. Esta estrategia permite que estas especies adaptadas sean productivas en suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes, mediante una absorción eficiente. Las diferencias notables en la actividad de fosfatasa ácida entre las leguminosas y las gramíneas indican que los mecanismos de adaptación a suelos ácidos de las leguminosas pueden ser diferentes a los de las gramíneas.

#### Experimento 2 (SPR-P-02-90)

#### Diferencias de adaptación entre las gramíneas y las leguminosas

Investigaciones realizadas por el Programa de Pastos Tropicales durante los últimos años indican que existen diferencias sustanciales en la adaptabilidad de varias gramíneas C4 y leguminosas C3 a suelos ácidos con diferente contenido de arcilla y estado de fertilidad. Sin embargo, no es claro cómo el contenido de arcilla y el estado de fertilidad del suelo afectan la adaptación de una determinada especie forrajera. En consecuencia, se realizó un ensayo en invernadero para evaluar el efecto del contenido de arcilla y del estado de fertilidad del suelo en la producción de biomasa vegetal, en la distribución de materia seca entre parte aérea y raíces, y en la absorción, transporte y eficiencia de uso de nutrientes en un rango de especies de gramíneas y leguminosas.

El ensayo se realizó en un invernadero

durante abril-junio de 1990 (temperatura diurna/nocturna máxima y mínima de 37/20 grados C). Las especies forrajeras seleccionadas incluyeron 7 gramíneas y 12 leguminosas:

#### Gramíneas -

Andropogon gayanus CIAT 621;  
Brachiaria brizantha CIAT 6780;  
Brachiaria dictyoneura CIAT 6133;  
Brachiaria humidicola CIAT 6369;  
Brachiaria decumbens CIAT 606;  
Panicum maximum CIAT 604;  
Hyparrhenia rufa CIAT 601.

#### Leguminosas -

Stylosanthes capitata CIAT 10280;  
Stylosanthes capitata CIAT 1315;  
Stylosanthes guianensis CIAT 184;  
Stylosanthes macrocephala CIAT 1281;  
Centrosema acutifolium CIAT 5277;  
Centrosema brasilianum CIAT 5234;  
Centrosema pubescens CIAT 438;  
Centrosema macrocarpum CIAT 5713;  
Arachis pintoi CIAT 17434;  
Desmodium ovalifolium CIAT 13089;  
Pueraria phaseoloides CIAT 9900;  
Macroptilium gracile CIAT 535.

Los dos suelos ácidos y los niveles de fertilidad seleccionados para el ensayo fueron los mismos descritos en el Experimento 1. Aquí, en vez de utilizar recipientes plásticos grandes, se utilizaron pots plásticos pequeños con 4 kg de suelo por pote. Los fertilizantes se aplicaron después de mezclar totalmente el suelo y antes de transplantar las plántulas. Las plántulas se cultivaron en arena y se transfirieron a los recipientes plásticos. Cada recipiente contenía 4 plantas y se inoculó con micorrizas (aisladas de suelo con raíces de B. decumbens) y Rhizobium (para las leguminosas). El ensayo siguió un diseño totalmente al azar con tres repeticiones. El número total de recipientes fue de 228 (2 suelos x 2 niveles de fertilidad x 19 especies x 3 repeticiones). Las plantas se cosecharon a los 80 a 85 días de edad. Al momento de la cosecha, se hicieron las

siguientes mediciones: 1) distribución de materia seca en diferentes partes de la planta, 2) producción de área foliar, 3) proporción de raíces a parte aérea, 4) estado de nutrientes en el suelo y en las partes de la planta y 5) absorción, transporte y eficiencia de uso de nutrientes.

La producción total de biomasa de la planta (parte aérea + raíces) para una variedad de gramíneas y de leguminosas a los 80-85 días de la germinación aparece en la Figura 14. Un aumento en la fertilidad del suelo aumentó la producción de biomasa, aunque el grado de aumento fue mayor en las gramíneas que en las leguminosas. La producción promedio de biomasa (g/pote) de las gramíneas en condiciones de baja fertilidad fue mayor en el suelo Pista que en el de Alegría (Cuadro 7). Este aumento (31 por ciento) podría deberse a una mayor disponibilidad de materia orgánica y nitrógeno en el suelo para las gramíneas en el suelo Pista (Cuadro 1). En el caso de las leguminosas, la producción promedio de biomasa en condiciones de baja fertilidad fue similar en ambos tipos de suelo (Cuadro 7). El nivel alto de fertilidad aumentó la producción promedio de biomasa en las gramíneas en 98 por ciento en el suelo Pista mientras que el aumento fue de 159 por ciento en el suelo de Alegría. El grado de aumento en la producción promedio de biomasa de las leguminosas, debido al nivel alto de fertilidad, fue de 74 por ciento en el suelo Pista y de 68 por ciento en el suelo Alegría. Entre las gramíneas, en condiciones de baja fertilidad, se observó la máxima producción en B. dictyoneura, en ambos tipos de suelo. Las diferencias entre las especies de leguminosas fueron menores entre los tipos de suelo y dentro de los niveles de fertilidad.

El contenido de arcilla del suelo afectó la producción de parte aérea de gramíneas en el tratamiento de baja fertilidad (Figura 15). Un aumento en el contenido de arcilla del suelo, en

condiciones de baja fertilidad, aumentó la producción promedio de parte aérea de gramíneas en 76 por ciento, mientras que para las leguminosas el aumento fue de sólo 8 por ciento (Cuadro 7). La máxima producción de parte aérea, en condiciones de fertilidad alta en ambos tipos de suelo, se observó con la gramínea B. decumbens. Entre las leguminosas, P. phaseoloides y C. brasilianum presentaron la máxima producción de parte aérea, en condiciones de alta fertilidad, en los suelos de Alegría y Pista, respectivamente. En condiciones de baja fertilidad, B. decumbens se comportó mejor en ambos tipos de suelo. El comportamiento de C. macrocarpum fue mejor que el del resto de las leguminosas en condiciones de baja fertilidad. Un aumento en la fertilidad del suelo de Alegría mejoró 3.7 veces la producción promedio de la parte aérea en las gramíneas mientras que para las leguminosas el aumento fue de 2.3 veces. En el suelo Pista, el grado de aumento para las gramíneas y las leguminosas fue de 2.3 y 2.1 veces, respectivamente (Cuadro 7).

La producción de raíces en las gramíneas aumentó con el aumento en la fertilidad del suelo en ambos suelos, pero el aumento fue más notorio en el suelo Alegría que en el Pista (Figura 15). En contraposición a las gramíneas, en las leguminosas se registró un pequeño aumento en la producción de raíces, en condiciones de alta fertilidad. Entre las gramíneas, B. dictyoneura alcanzó la máxima producción de biomasa radical en condiciones de baja fertilidad, en ambos suelos, mientras que lo mismo sucedió entre las leguminosas con A. pintoii. Esas dos especies presentaron la máxima producción de raíces en ambos suelos, aún en el tratamiento de alta fertilidad.

Las diferencias entre las gramíneas y las leguminosas en cuanto a distribución de materia seca entre las raíces y

Cuadro 7. Influencia del contenido de arcilla y la fertilidad del suelo sobre la producción media de biomasa para un rango de varias gramíneas y leguminosas. Los valores corresponden al promedio de siete gramíneas y 12 leguminosas.

Suelo	Fertilidad	Gramínea/ Leguminosa	Biomasa total	Biomasa aérea	Biomasa radical	Propor- ción ra- dical par- te aérea	Area foliar	Peso específico de la hoja
			----- (g.pote <sup>-1</sup> ) -----				(cm <sup>2</sup> .pote <sup>-1</sup> )	(g.m <sup>-2</sup> )
Alegría	Baja	Gramínea	11.8	4.2	7.6	1.81	317	76
		Leguminosa	10.9	4.8	6.1	1.27	692	42
	Alta	Gramínea	30.6	15.6	15.0	0.96	950	71
		Leguminosa	18.3	11.1	7.2	0.65	1533	36
Pista	Baja	Gramínea	15.5	7.4	8.1	1.09	591	70
		Leguminosa	10.1	5.2	4.9	0.94	805	42
	Alta	Gramínea	30.7	17.4	13.3	0.76	1213	67
		Leguminosa	17.6	11.1	6.5	0.59	1735	37

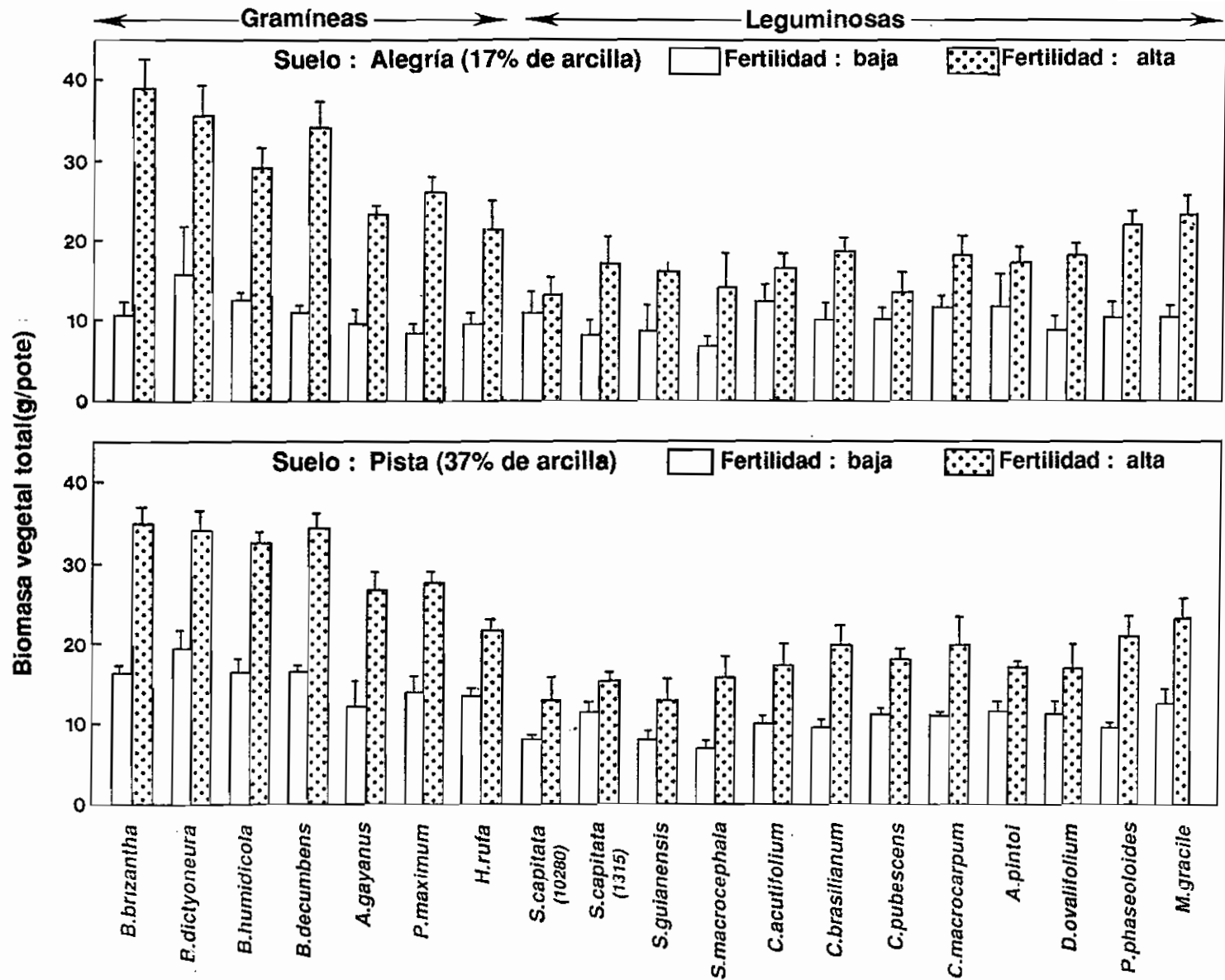


Figura 14. Efecto de la fertilidad y del contenido de arcilla en el suelo en la producción total de biomasa vegetal de varias gramíneas y leguminosas. Los valores corresponden a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

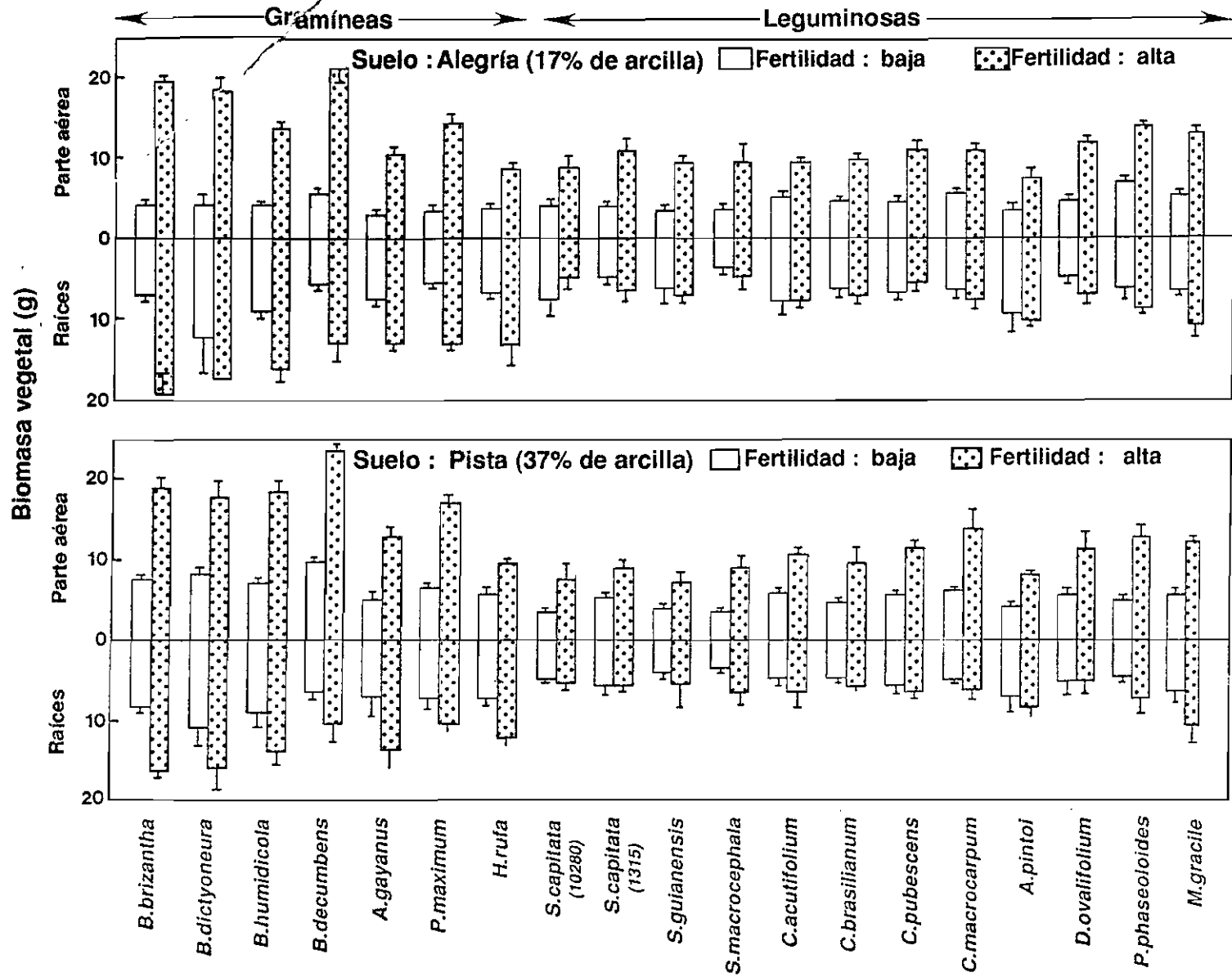


Figura 15. Cambios en la distribución de materia seca en la parte aérea y raíces de varias gramíneas y leguminosas. Los valores corresponden a la media  $\pm$  la D. E. de 3 repeticiones.



la parte aérea aparecen en la Figura 16 como la proporción de raíces a parte aérea. El bajo nivel de fertilidad y el bajo contenido de arcilla en el suelo Alegría afectaron notablemente la proporción de raíces a parte aérea. Esta observación está de acuerdo con los resultados del Expt. 1, con tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa (Figura 9). La relación media de raíces a parte aérea fue mayor para las gramíneas que para las leguminosas (Cuadro 7). Un aumento en la fertilidad del suelo redujo la proporción de raíces a parte aérea. El valor máximo para la razón de raíces a parte aérea, 2.8, se observó en B. dictyoneura, en condiciones de baja fertilidad y en el suelo de Alegría. La proporción de raíces a parte aérea fue mínima en D. ovalifolium, en condiciones de alta fertilidad y en el suelo Pista.

Las mayores proporciones de raíces a parte aérea, en condiciones de baja fertilidad, se asociaron con una menor producción de área foliar (Figura 17). La producción promedio de área foliar para las gramíneas fue marcadamente inferior, en condiciones de baja fertilidad en el suelo Alegría. En consecuencia, el descenso en el contenido de arcilla del suelo al parecer afecta la adaptación de las plantas, reduciendo su producción de área foliar mientras que mejora notablemente su producción de raíces. Un aumento en la fertilidad del suelo mejoró la producción de área foliar en ambos suelos. La producción promedio de área foliar de las gramíneas aumentó 3.0 y 2.1 veces en los suelos Alegría y Pista, respectivamente. El aumento para las leguminosas fue de 2.2 veces para ambos tipos de suelo (Cuadro 7). En condiciones de baja fertilidad, la máxima producción de área foliar entre las gramíneas se logró con B. brizantha y B. decumbens, y entre las leguminosas con C. macrocarpum y P. phaseoloides. Las mismas especies respondieron mejor al nivel alto de fertilidad, en términos de producción de área foliar, que el resto de las especies evaluadas.

La menor producción de área foliar observada en las gramíneas se asoció con mayor peso foliar específico (peso seco por unidad de área foliar), lo cual indica el grosor de las hojas (Cuadro 7). La ocurrencia de tasas fotosintéticas inferiores debido a la vía fotosintética  $C_3$  en las leguminosas, en comparación con la vía fotosintética  $C_4$  de las gramíneas (véase Figura 11),<sup>4</sup> hasta cierto punto se compensó con una mayor producción de área foliar en las leguminosas, lo cual podría conducir a tasas de crecimiento de la parte aérea similares a las de las gramíneas.

Las gramíneas  $C_4$  pueden hacer un uso más eficiente de su nitrógeno que las leguminosas  $C_3$  en condiciones de  $CO_2$  atmosférico.<sup>3</sup> Esto se puede deber en parte al ciclo  $C_4$  y al mecanismo de concentración de  $CO_2$  en la fotosíntesis  $C_4$ . Esta posibilidad se evaluó comparando la eficiencia de uso de nitrógeno de las gramíneas  $C_4$  con la de las leguminosas  $C_3$ , en respuesta al tipo y al estado<sup>3</sup> de fertilidad del suelo. La eficiencia de uso de nitrógeno (determinada como g de parte aérea producidos/g de absorción de N) en las gramíneas fue 3 a 4 veces mayor que en las leguminosas (Figura 18). Se observó una eficiencia muy alta en el uso del nitrógeno en B. decumbens y B. brizantha en condiciones de alta fertilidad en el suelo Alegría. Las diferencias entre las leguminosas fueron muy pequeñas. El aumento en la fertilidad aumentó la eficiencia de uso de N en las gramíneas más que en las leguminosas.

Además de la eficiencia de uso de nitrógeno, la eficiencia de uso de fósforo de las gramíneas también fue mayor que la de las leguminosas (Figura 19). El grado de aumento de la eficiencia en el uso de P en las gramíneas, en condiciones de baja fertilidad, fue menor (29 a 37 por ciento) que en condiciones de alta fertilidad (37 a 77 por ciento) en ambos suelos, cuando se compararon los

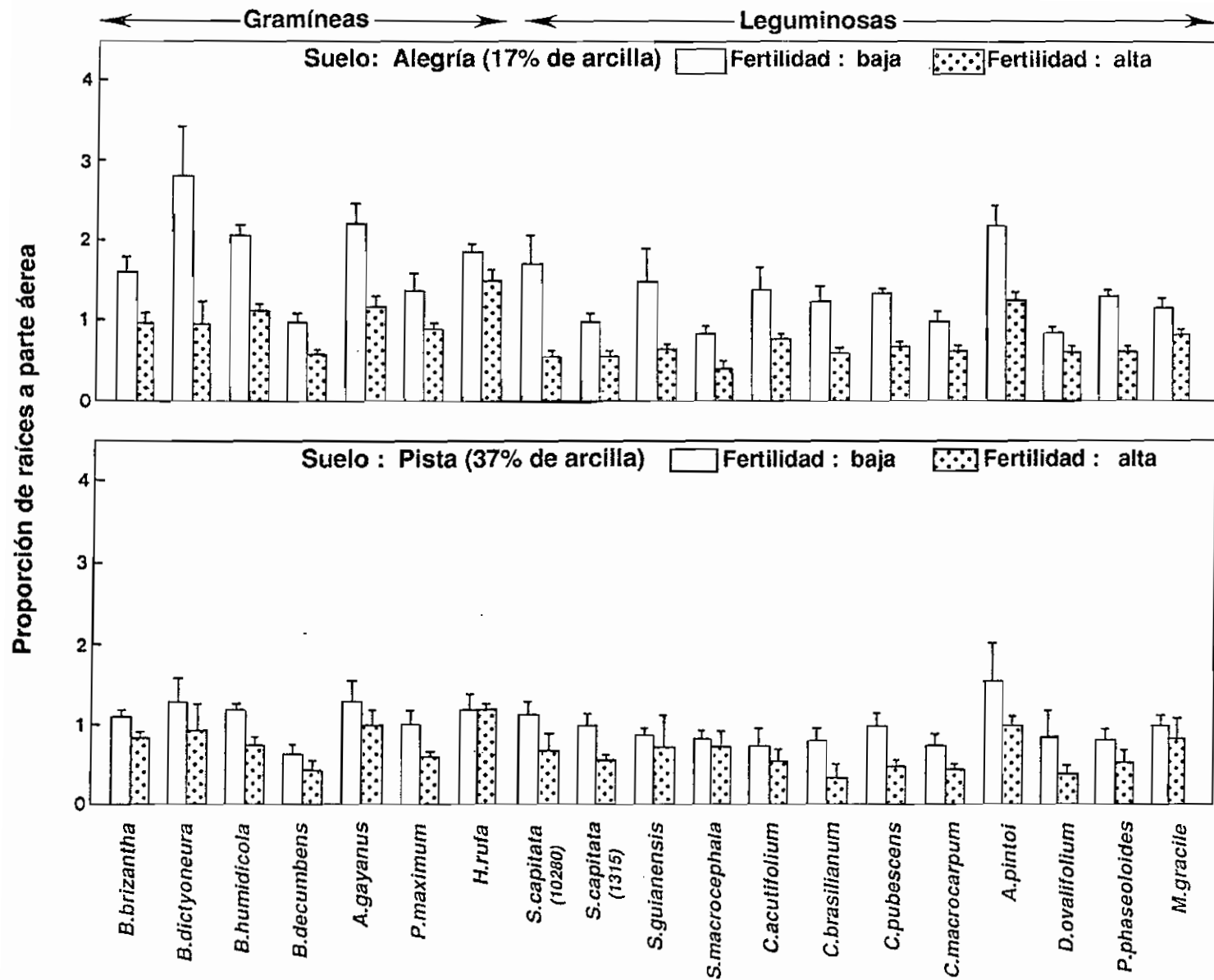


Figura 16. Cambios en la producción de raíces a parte aérea de varias gramíneas y leguminosas. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

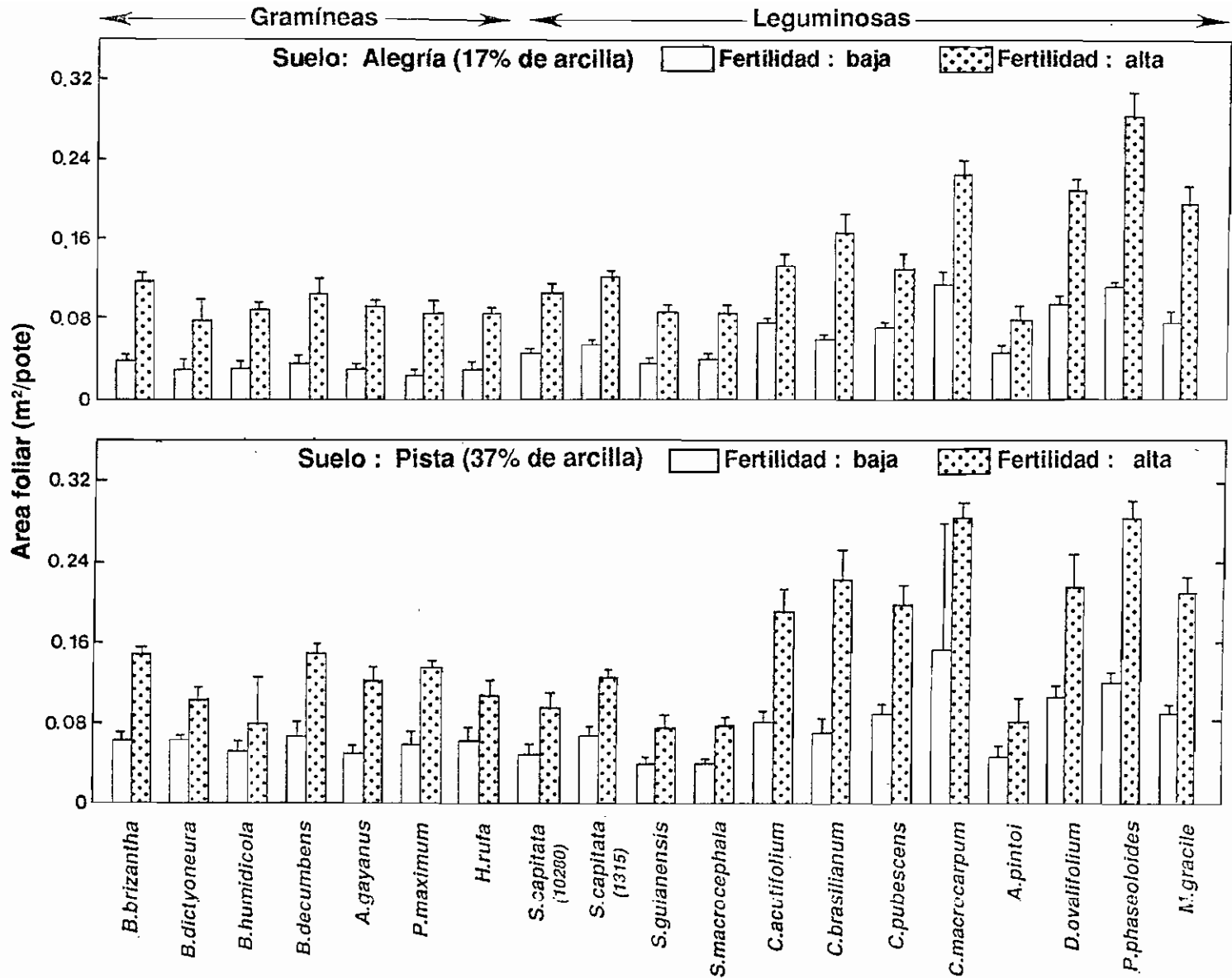


Figura 17. Cambios en la producción de área foliar de varias gramíneas y leguminosas. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

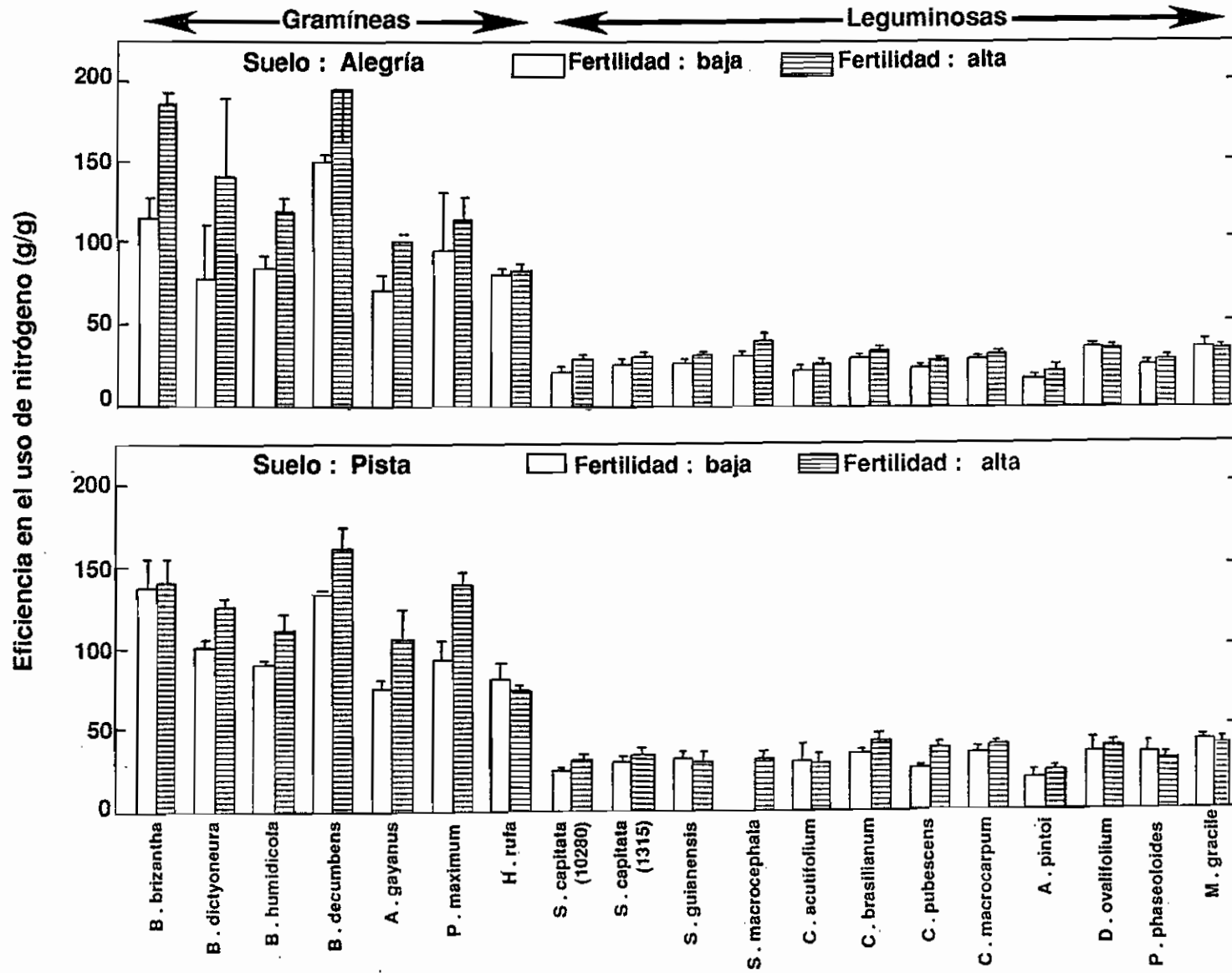


Figura 18. Efecto del estado de fertilidad y del contenido de arcilla del suelo respecto a los cambios en la eficiencia de uso de nitrógeno de varias gramíneas y leguminosas. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

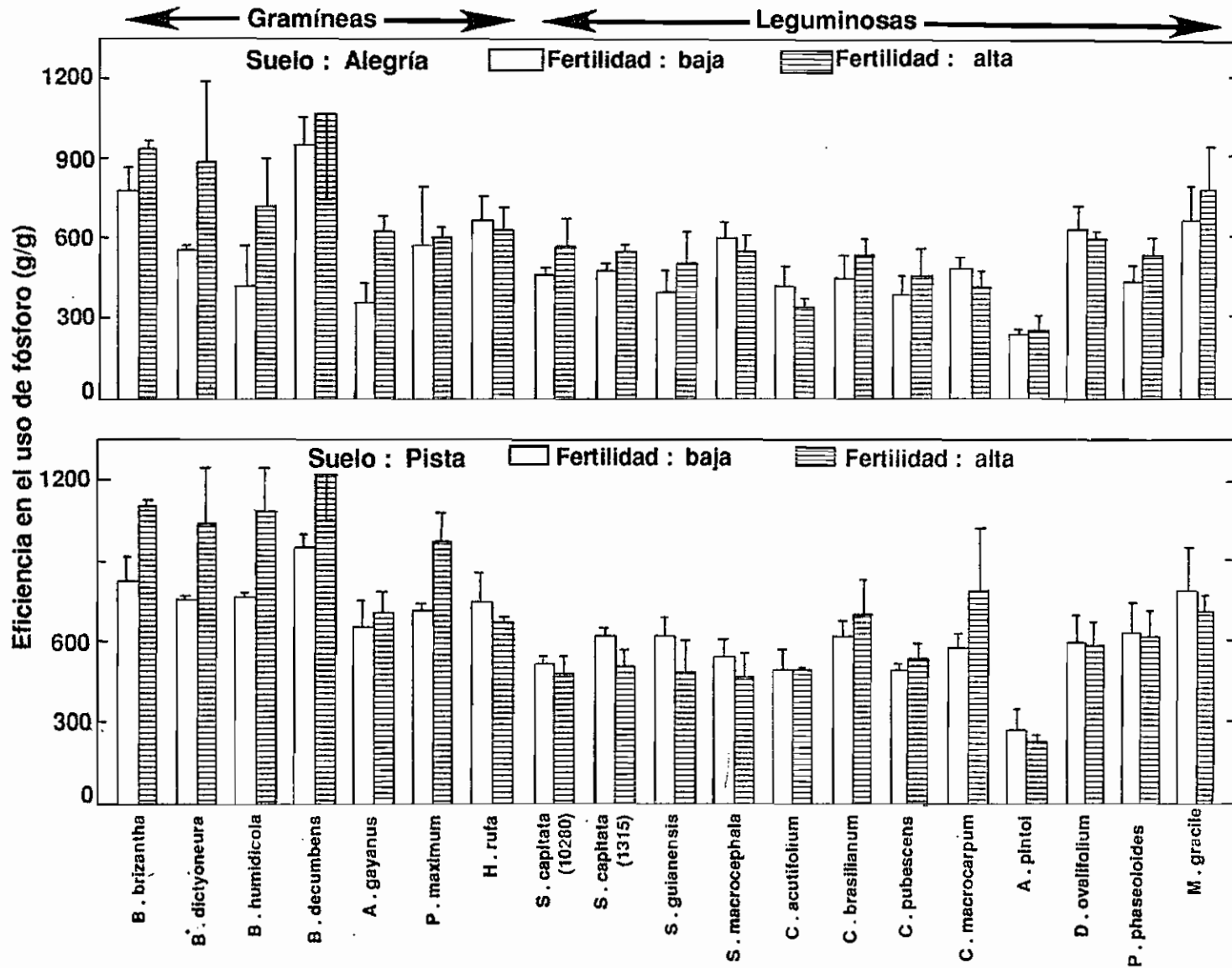


Figura 19. Cambios en la eficiencia en el uso de fósforo de varias gramíneas y leguminosas. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D.E. de 3 repeticiones.

valores medios de 7 gramíneas y 12 leguminosas. La máxima eficiencia en el uso de P entre las gramíneas también se observó en B. decumbens y B. brizantha. Entre las leguminosas, la menor eficiencia en el uso de P se observó en A. pintoi. Esta característica de esta especie debe mejorarse, para aumentar su adaptación a suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes. Esta menor eficiencia en el uso de P en A. pintoi se puede deber a su consumo lujoso y/o localización de P en bancos no metabólicos de la vacuola. Una mayor eficiencia en el uso de P en las gramíneas en comparación con las leguminosas puede resultar de la translocación superior de fotosintatos y de la distribución favorable de P entre las formas orgánicas e inorgánicas.

Aunque la eficiencia en el uso de P fue mayor en las gramíneas que en las leguminosas, la eficiencia de absorción de P (determinada como la proporción de absorción de nutrientes en la biomasa de la parte aérea (mg) en relación con el peso seco por unidad de raíz (g)) de las leguminosas fue de 4 a 5 veces mayor que la de las gramíneas (Figura 20). Esto indica que, ciertamente, las raíces de las leguminosas presentaron una eficiencia de absorción de P mucho mayor que las gramíneas. Esta mayor eficiencia de absorción de P de las leguminosas podría ser el resultado de varios mecanismos: i) cinética superior de la absorción de P; ii) raíces más largas; iii) pelos radicales más largos; iv) micorrizas más eficientes; y v) mayor actividad radical de fosfatasa ácida. El índice de transporte de nutrientes (determinado como el contenido de nutrientes en la parte aérea/absorción total de nutrientes x 100) para N, P y K fue muy similar para las gramíneas y las leguminosas (no se presentan los resultados).

En resumen, este estudio indica que las gramíneas al igual que las leguminosas se adaptan a suelos ácidos con bajo

contenido de nutrientes aumentando la cantidad de materia seca distribuida a las raíces a expensas del crecimiento de la parte aérea. Además, el descenso en el contenido de arcilla del suelo conduce a una mayor distribución de carbono fijado hacia la producción de raíces. La presencia de la vía C4 en las gramíneas podría proporcionar una ventaja sobre las leguminosas en cuanto a uso eficiente de N y P. Sin embargo, las raíces de las leguminosas pueden haber desarrollado mecanismos eficientes para extraer P de los suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes. Resulta tentador especular que la persistencia de determinadas especies de gramíneas o de leguminosas en suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes puede relacionarse con una mayor proporción de raíces a parte aérea, como se manifiesta en B. dictyoneura y A. pintoi. Esta hipótesis se puede evaluar en condiciones de campo tomando muestras de raíces y relacionando la biomasa radical con la producción de la parte aérea.

### Experimento 3 (SPR-P-03-90)

#### Variación somaclonal en la adaptación de las plantas a suelos ácidos

La variación somaclonal supone la capacidad para cambiar uno o varios caracteres de un cultivar considerado sobresaliente sin alterar la parte restante, y a menudo exclusiva, del genotipo. Se ha demostrado que la variación somaclonal es genéticamente heredable para algunas especies. Se analizaron plantas de Stylosanthes guianensis, regeneradas a partir de cultivo de callos de segmentos foliares o de hipocótilo originarios de una planta única de la accesión de germoplasma CIAT 2243 (altamente endogámica y uniforme), por nivel de ploidía y comportamiento agronómico (Informe Anual del PPT, 1987; Unidad de Investigación en Biotecnología, Informe Anual, 1988). Aproximadamente 20 por ciento de las 114 plantas regeneradas eran tetraploides. En la mayoría de

los caracteres agronómicos evaluados, los tetraploides y algunas líneas diploides se comportaron mejor que el genotipo testigo, demostrando la generación de variación genética heredable mediante cultivo in vitro de tejidos. Se realizó un ensayo en invernadero para evaluar la base fisiológica del comportamiento agronómico superior de ciertos somaclones en relación con el genotipo testigo.

Se utilizaron 14 somaclones (clones No. 4, 5(4x), 9, 15, 18, 22, 26, 36, 39, 40, 45, 52, 57, 67) de generación sexual R<sub>4</sub> junto con la línea testigo 74 de Stylosanthes guianensis CIAT 2243, derivados después de tres generaciones de 114 plantas originales regeneradas a partir de cultivos de callo, en un cultivo en potes realizado en un invernadero durante abril-julio de 1990 (temperatura máxima y mínima diurna/nocturna de 36/19 grados C). El comportamiento agronómico (basado en vigor de la planta, producción de materia seca, crecimiento lateral, tolerancia a antracnosis y potencial de producción de semillas) evaluado en condiciones de campo en Quilichao permitió clasificar estos clones como de comportamiento bajo (no. 22, 15, 45), medio (no. 39, 5(4x), 36, 57, 18, 74 (línea testigo), 4, 67), alto (no. 40, 26, 9) y superior (no. 52). Los rasgos característicos de ciertos somaclones incluyen atributos como enano y arbustivo (no. 39), tetraploide (no. 5(4x), clorótico (no. 36) y número variable (1 a 3) de folíolos (no. 22). Además de estas características, tres clones (no. 5(4x), 26 y 52) son altamente tolerante a antracnosis, mientras que los clones no. 22 y 39 son susceptibles a ella. Para el estudio en el invernadero, se seleccionaron dos niveles de fertilidad y un tipo de suelo, Alegría. Los detalles de los tratamientos de fertilidad y las características físicas y químicas del suelo Alegría fueron iguales a los descritos en el Experimento 1 (Cuadro 1). Se utilizaron potes plásticos pequeños con 4 kg de suelo cada uno.

Los fertilizantes se aplicaron después de mezclar minuciosamente el suelo y antes de transplantar las plántulas. Las plántulas R<sub>4</sub> (clones regenerados) de diferentes somaclones se cultivaron en suelo y se transfirieron a potes plásticos. Cada pote contenía 1 planta y se inoculó con micorrizas (aisladas de suelo con raíces de B. decumbens) y Rhizobium. El ensayo se organizó en un diseño totalmente al azar con 3 repeticiones. El número total de potes fue de 90 (15 x 2 niveles de fertilidad x 3 repeticiones). Las plantas se cosecharon a los 170 días de edad.

En el momento de la cosecha se hicieron las siguientes mediciones: altura de la planta, número de hojas por planta, longitud de los entrenudos, número de ramas principales, diámetro del tallo, área foliar por planta, distribución de materia seca entre parte aérea y raíces, niveles de nutrientes en el suelo y en las partes de la planta, absorción, transporte y eficiencia en el uso de nutrientes. Además de las mediciones anteriores, se hicieron otras mediciones fisiológicas (en 5 clones seleccionados) que incluyeron: fotosíntesis neta, clorofila foliar, proteína soluble, Pi, y actividad de fosfatasa ácida en extractos de raíces.

La variación somaclonal de las características morfológicas de la planta en S. guianensis aparece en el Cuadro 8. La altura de la planta en el clon arbustivo enano no. 39 disminuyó 24 y 34 por ciento con los tratamientos de nivel bajo y alto de fertilidad, respectivamente, en comparación con la línea testigo. La máxima altura de la planta entre los clones se observó en el tetraploide no. 5(4X) y en el clon no. 9 con los tratamientos de nivel bajo y alto de fertilidad, respectivamente. El clon enano presentó más del doble de hojas en el tratamiento de alta fertilidad, en comparación con la línea testigo. El número de tallos principales en el tratamiento de baja fertilidad aumentó en 84 por ciento en el clon no. 22. En condiciones de alta

Cuadro 8. Variación morfológica de varios somaclones de *S. guianensis* en respuesta a la fertilidad del suelo. Los valores corresponden a la media de tres repeticiones  $\pm$  de Desviación Estándar.

Clon #	Fertilidad	Altura de planta (cm)	Número de hojas	Número de tallos	Longitud de entrenudos (cm)
4	Baja	84.8 $\pm$ 2.9	848 $\pm$ 42	5.3 $\pm$ 1.5	4.6 $\pm$ 0.4
	Alta	95.7 $\pm$ 2.8	1455 $\pm$ 253	10.7 $\pm$ 1.5	5.0 $\pm$ 0.5
5 (4x)	Baja	9.3 $\pm$ 9.6	518 $\pm$ 178	4.3 $\pm$ 0.6	5.9 $\pm$ 1.2
	Alta	87.7 $\pm$ 16.2	758 $\pm$ 298	8.7 $\pm$ 1.5	7.7 $\pm$ 2.9
9	Baja	86.5 $\pm$ 7.1	820 $\pm$ 24	8.3 $\pm$ 2.1	4.4 $\pm$ 0.2
	Alta	114.3 $\pm$ 4.7	1344 $\pm$ 60	13.7 $\pm$ 2.5	6.3 $\pm$ 0.9
15	Baja	81.8 $\pm$ 2.3	727 $\pm$ 150	9.0 $\pm$ 1.0	3.6 $\pm$ 0.2
	Alta	99.7 $\pm$ 6.5	1426 $\pm$ 121	10.0 $\pm$ 1.0	4.7 $\pm$ 0.7
18	Baja	79.7 $\pm$ 6.7	774 $\pm$ 26	8.3 $\pm$ 1.5	4.0 $\pm$ 0.9
	Alta	91.8 $\pm$ 0.8	1422 $\pm$ 49	12.7 $\pm$ 2.1	4.4 $\pm$ 0.2
22	Baja	67.7 $\pm$ 7.0	700 $\pm$ 131	11.7 $\pm$ 4.2	4.7 $\pm$ 0.9
	Alta	84.8 $\pm$ 12.8	1587 $\pm$ 332	12.0 $\pm$ 3.0	4.4 $\pm$ 1.9
26	Baja	84.8 $\pm$ 3.6	857 $\pm$ 27	7.0 $\pm$ 2.6	4.2 $\pm$ 0.3
	Alta	101.8 $\pm$ 11.5	1277 $\pm$ 59	12.3 $\pm$ 2.5	5.4 $\pm$ 0.9
36	Baja	77.5 $\pm$ 10.3	816 $\pm$ 101	8.7 $\pm$ 0.6	4.2 $\pm$ 0.4
	Alta	94.5 $\pm$ 1.5	1398 $\pm$ 117	12.0 $\pm$ 2.0	5.4 $\pm$ 0.5
39	Baja	60.3 $\pm$ 3.6	978 $\pm$ 16	6.0 $\pm$ 0	2.8 $\pm$ 0.4
	Alta	68.7 $\pm$ 4.7	2460 $\pm$ 205	8.0 $\pm$ 1.0	2.9 $\pm$ 0.1
40	Baja	88.9 $\pm$ 4.3	887 $\pm$ 49	7.0 $\pm$ 1.0	5.3 $\pm$ 0.7
	Alta	100.4 $\pm$ 5.2	1568 $\pm$ 218	12.7 $\pm$ 1.5	4.7 $\pm$ 0.3
45	Baja	90.8 $\pm$ 5.7	888 $\pm$ 108	6.7 $\pm$ 1.1	4.5 $\pm$ 0.3
	Alta	95.9 $\pm$ 2.4	1773 $\pm$ 435	11.0 $\pm$ 1.7	4.5 $\pm$ 0.5
52	Baja	85.6 $\pm$ 2.5	731 $\pm$ 114	9.0 $\pm$ 3.5	4.8 $\pm$ 0.2
	Alta	97.8 $\pm$ 2.4	1436 $\pm$ 78	10.7 $\pm$ 3.8	4.5 $\pm$ 0.7
57	Baja	94.3 $\pm$ 5.4	644 $\pm$ 5	7.0 $\pm$ 2.0	6.4 $\pm$ 0.2
	Alta	103.3 $\pm$ 5.4	1640 $\pm$ 197	10.7 $\pm$ 1.1	7.0 $\pm$ 0.3
67	Baja	89.5 $\pm$ 4.6	811 $\pm$ 88	7.3 $\pm$ 1.5	4.9 $\pm$ 0.6
	Alta	105.5 $\pm$ 7.4	1569 $\pm$ 220	12.3 $\pm$ 2.1	5.7 $\pm$ 0.2
74 (Testigo)	Baja	79.5 $\pm$ 5.6	872 $\pm$ 38	6.3 $\pm$ 0.6	4.9 $\pm$ 0.7
	Alta	103.8 $\pm$ 5.1	1108 $\pm$ 172	10.3 $\pm$ 0.6	7.4 $\pm$ 0.7



fertilidad, la longitud de los entrenudos disminuyó en 61 por ciento en el clon enano no. 39.

Las diferencias en producción total de biomasa (parte aérea + raíces) entre los somaclones, en comparación con la línea testigo (no. 74), fueron menores en condiciones de baja fertilidad (Figura 21). Un aumento en la fertilidad del suelo mejoró la producción de biomasa total en la mayoría de los somaclones, en comparación con la línea testigo. Se observó una producción máxima de biomasa en el clon no. 40, en condiciones de alta fertilidad. La producción de biomasa del clon no. 40 fue 60 por ciento superior a la de la línea testigo, en condiciones de alta fertilidad. El desempeño de todos los clones fue superior al de la línea testigo en el tratamiento de alta fertilidad.

La producción de parte aérea de los somaclones, en condiciones de baja fertilidad, fue similar o levemente inferior a la de la línea testigo (Figura 22). Sin embargo, un aumento en la fertilidad del suelo mejoró la producción de parte aérea mucho más en los somaclones que en la línea testigo. En condiciones de alta fertilidad, varios clones presentaron 30 por ciento más biomasa en la parte aérea que la línea testigo. La variación somaclonal en la producción de área foliar en respuesta a la fertilidad del suelo aparece en la Figura 23. El área foliar por planta aumentó en 36 por ciento en el clon no. 57, en condiciones de baja fertilidad, mientras que el aumento fue de 2.3 veces en el clon no. 39, en condiciones de alta fertilidad, en comparación con la línea testigo. La producción de área foliar no se afectó o mejoró en la mayoría de los clones, a ambos niveles de fertilidad, en comparación con la línea testigo.

En contraposición a la producción de parte aérea, la producción de raíces en algunos de los clones fue superior a

ambos niveles de fertilidad (Figura 24). El aumento de la biomasa de raíces en el clon no. 15, en condiciones de baja fertilidad, fue de 85 por ciento, mientras que fue el triple en el clon no. 40, en condiciones de alta fertilidad, en comparación con la línea testigo. Estos datos indican que la producción de raíces en relación con la oferta de nutrientes en S. guianensis se controla genéticamente. Un análisis genético del clon no. 40, en comparación con la línea testigo, puede proporcionar indicios para comprender la base genética de la producción de raíces en S. guianensis.

Las diferencias entre los clones en cuanto a distribución de materia seca entre parte aérea y raíces aparecen en la Figura 25. El nivel bajo de fertilidad redujo la proporción de brotes a raíces en la mayoría de los clones, pero el descenso fue más notorio en los clones no. 52 y 15. En el caso del nivel alto de fertilidad, hubo un descenso notable en la proporción de brotes a raíces en el clon no. 40 mientras que la proporción mejoró notablemente en el tetraploide no. 5(4X). Estos resultados indican la existencia de diversidad genética en la distribución de carbono fijado entre la parte aérea y raíces de S. guianensis. Una mejor comprensión de la base fisiológica, bioquímica y genética de las diferencias en la distribución del carbono fijado entre parte aérea y raíces, en relación con la oferta de nutrientes, podría ayudar a aumentar la persistencia y la productividad de las especies forrajeras en los suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes.

La variación somaclonal en las relaciones de eficiencia de nutrientes de algunos clones seleccionados aparecen en el Cuadro 9. Las eficiencia de uso y absorción de nutrientes en los somaclones, en comparación con la línea testigo y en condiciones de baja fertilidad, relativamente no se afectaron. Sin

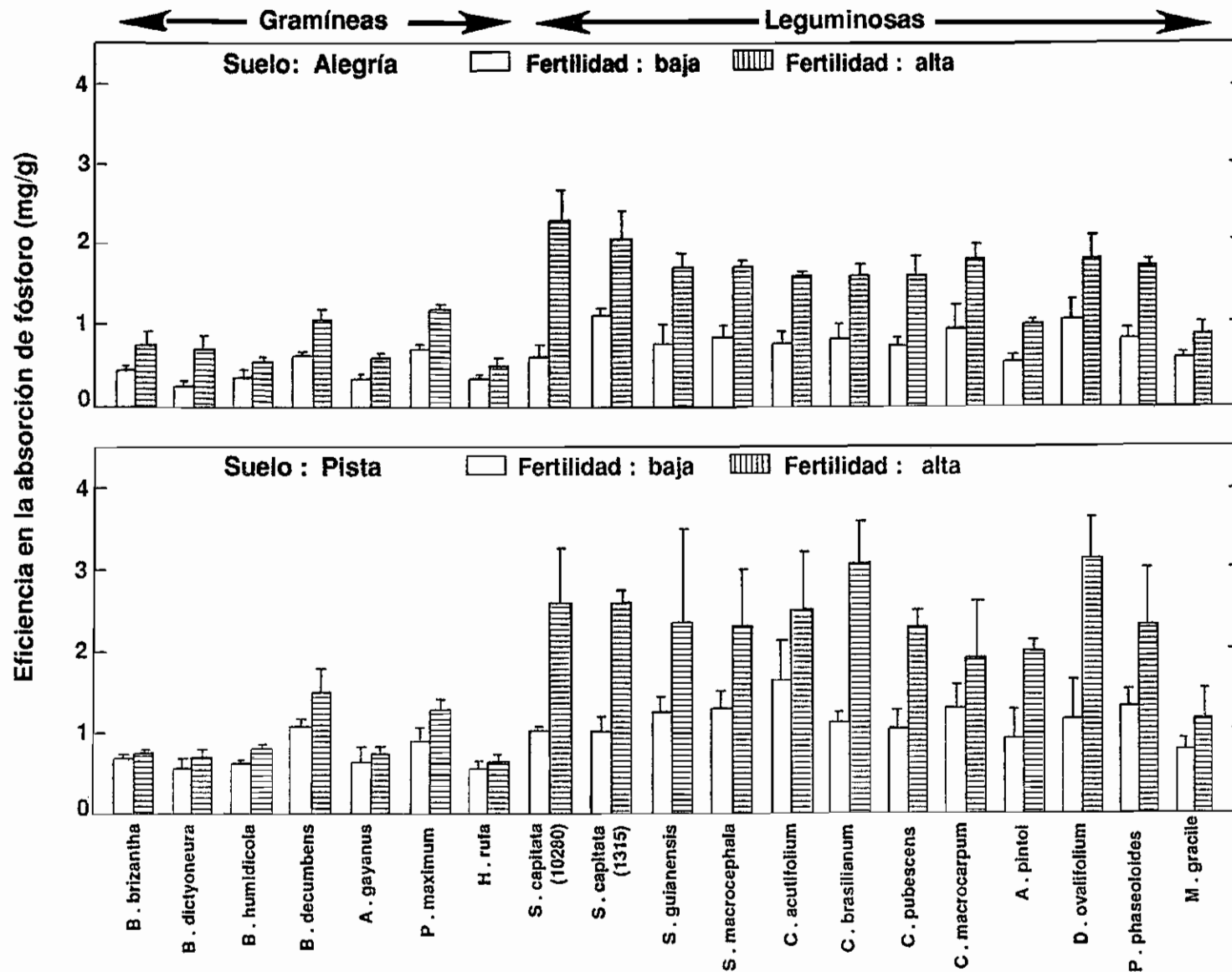


Figura 20. Cambios en la eficiencia en de absorción de fósforo de varias gramíneas y

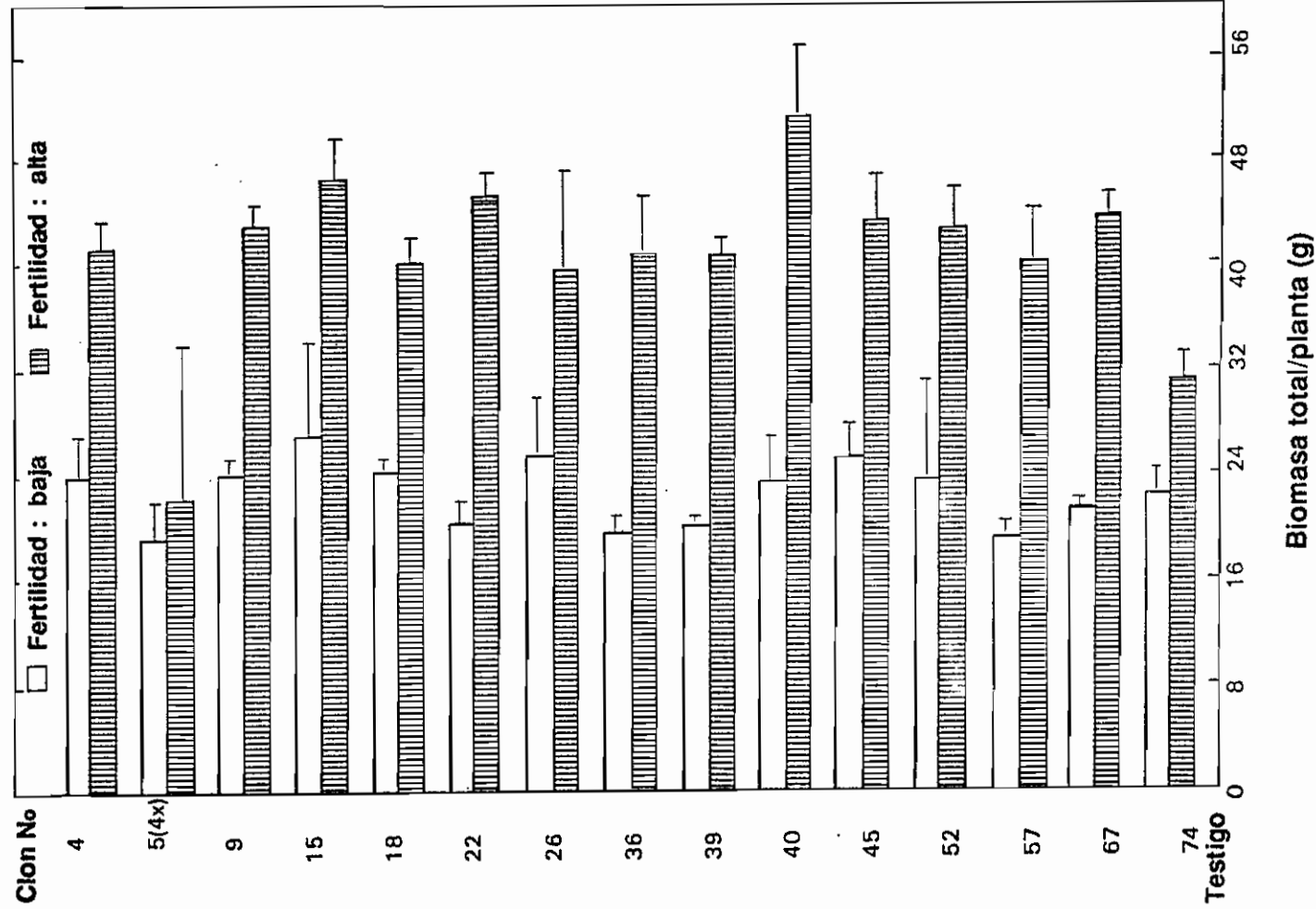


Figura 21. Variación de la producción total de biomasa en varios somaclones en relación a la fertilidad del suelo en *S. guianensis*. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D. E. de 3 repeticiones.

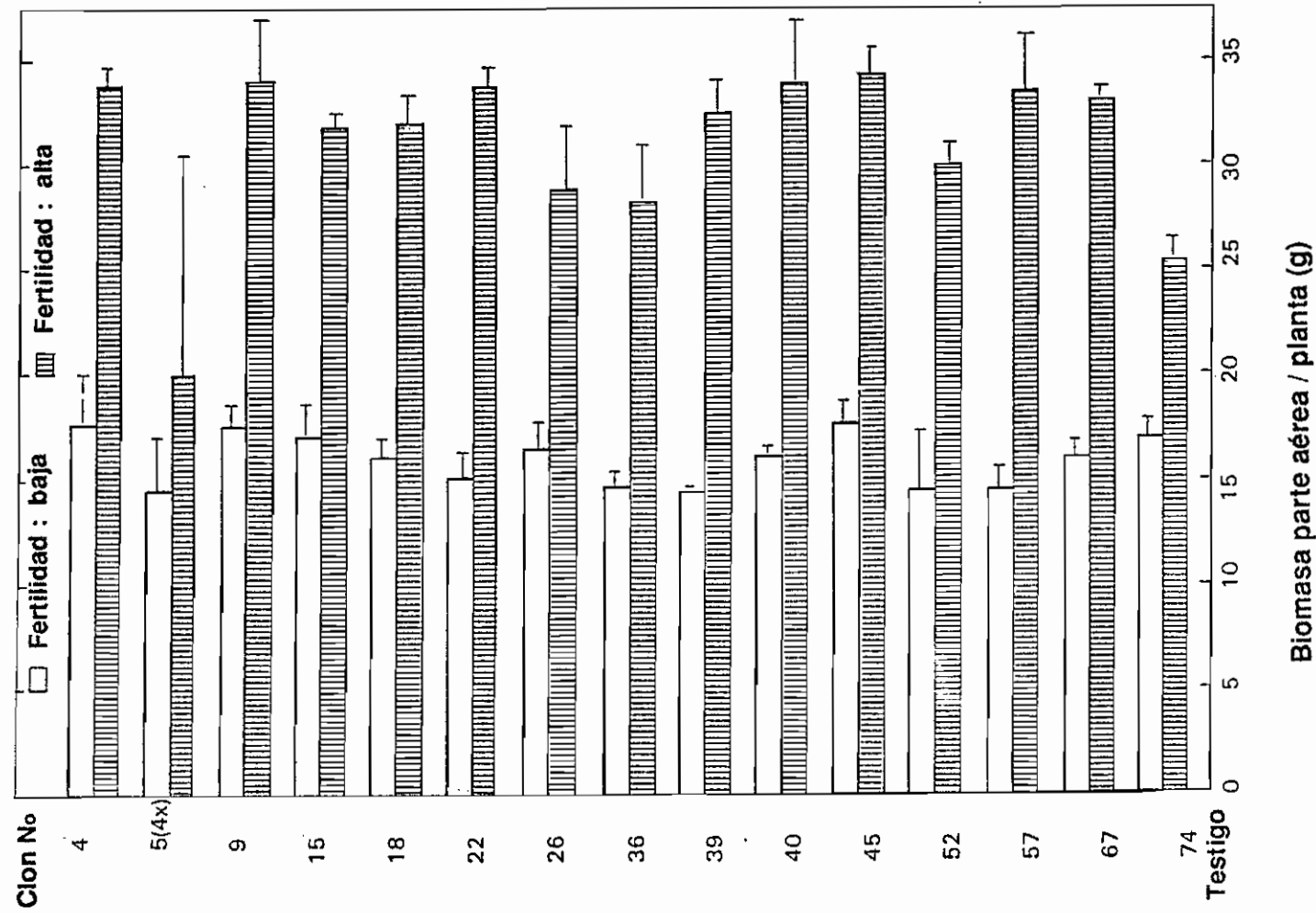


Figura 22. Variación de la producción de la parte aérea de varios somaclones de *S. guianensis*. Los valores equivalen a la media + la D. E. de 3 repeticiones.

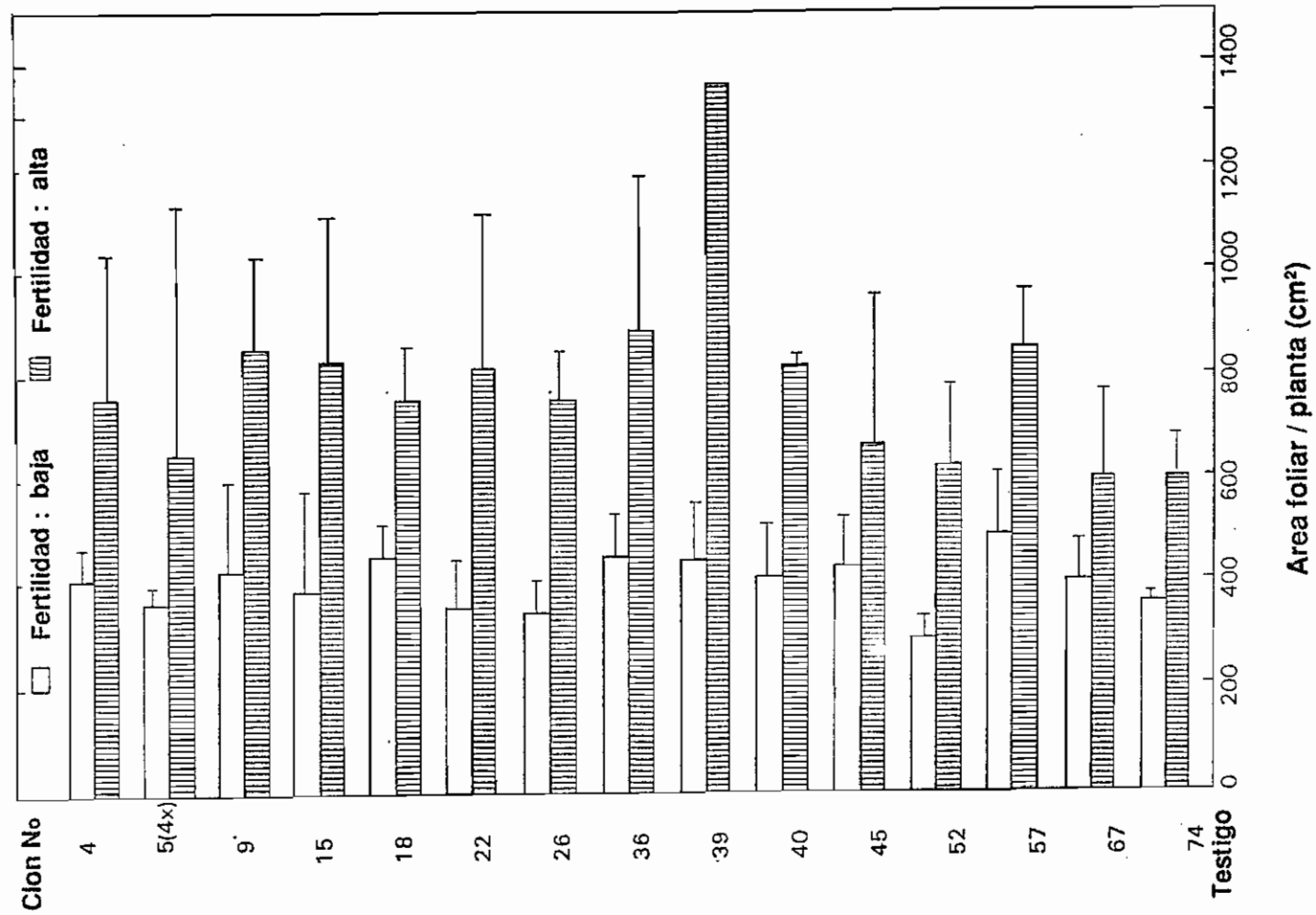


Figura 23. Variación en la producción de área foliar de varios somaclones de *S. guianensis*. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D. E. de 3 repeticiones.

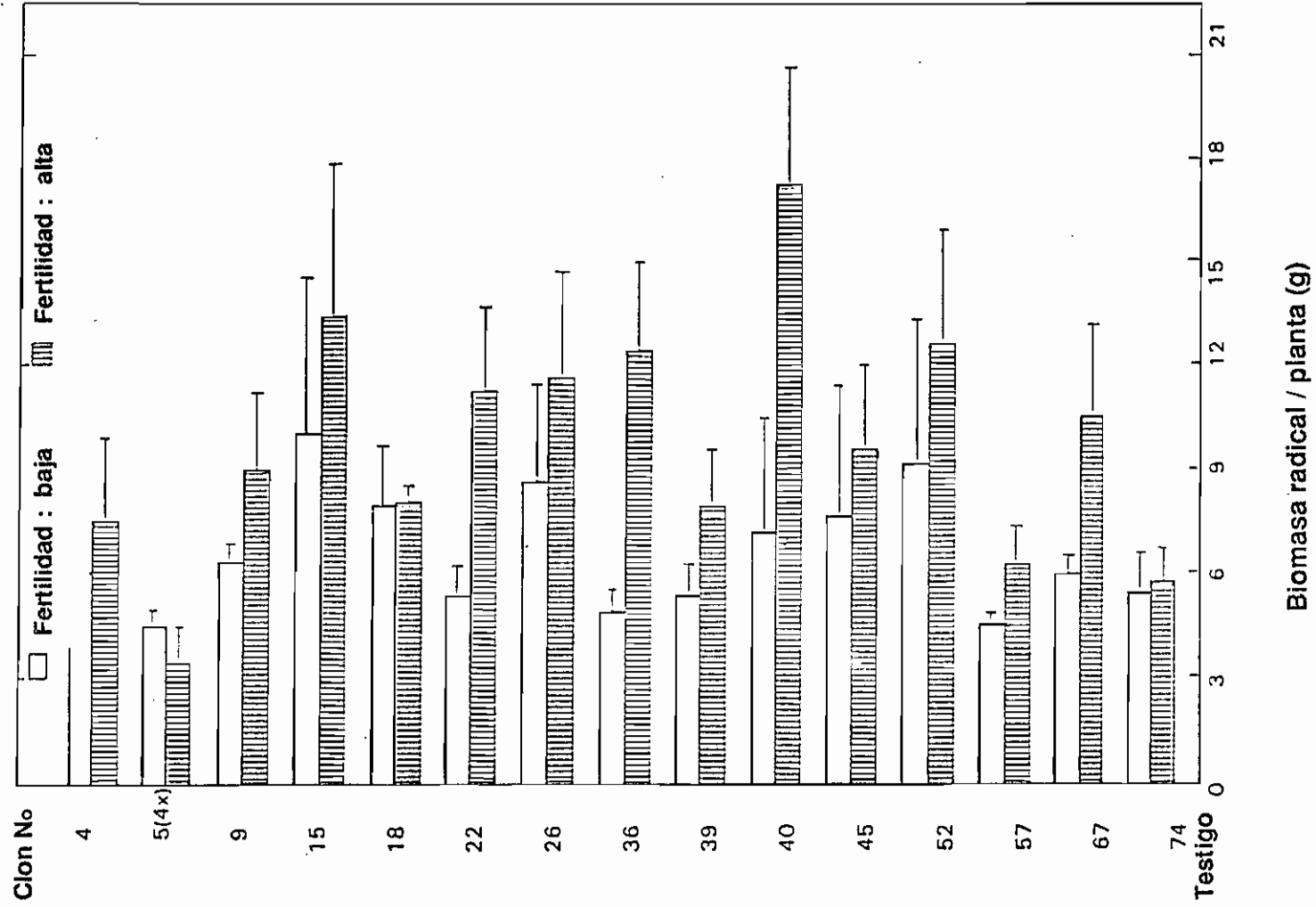


Figura 24. Variación de la producción de raíces en varios somaclones de *S. guianensis*. Los valores equivalen a la media  $\pm$  la D. E. de 3 repeticiones.

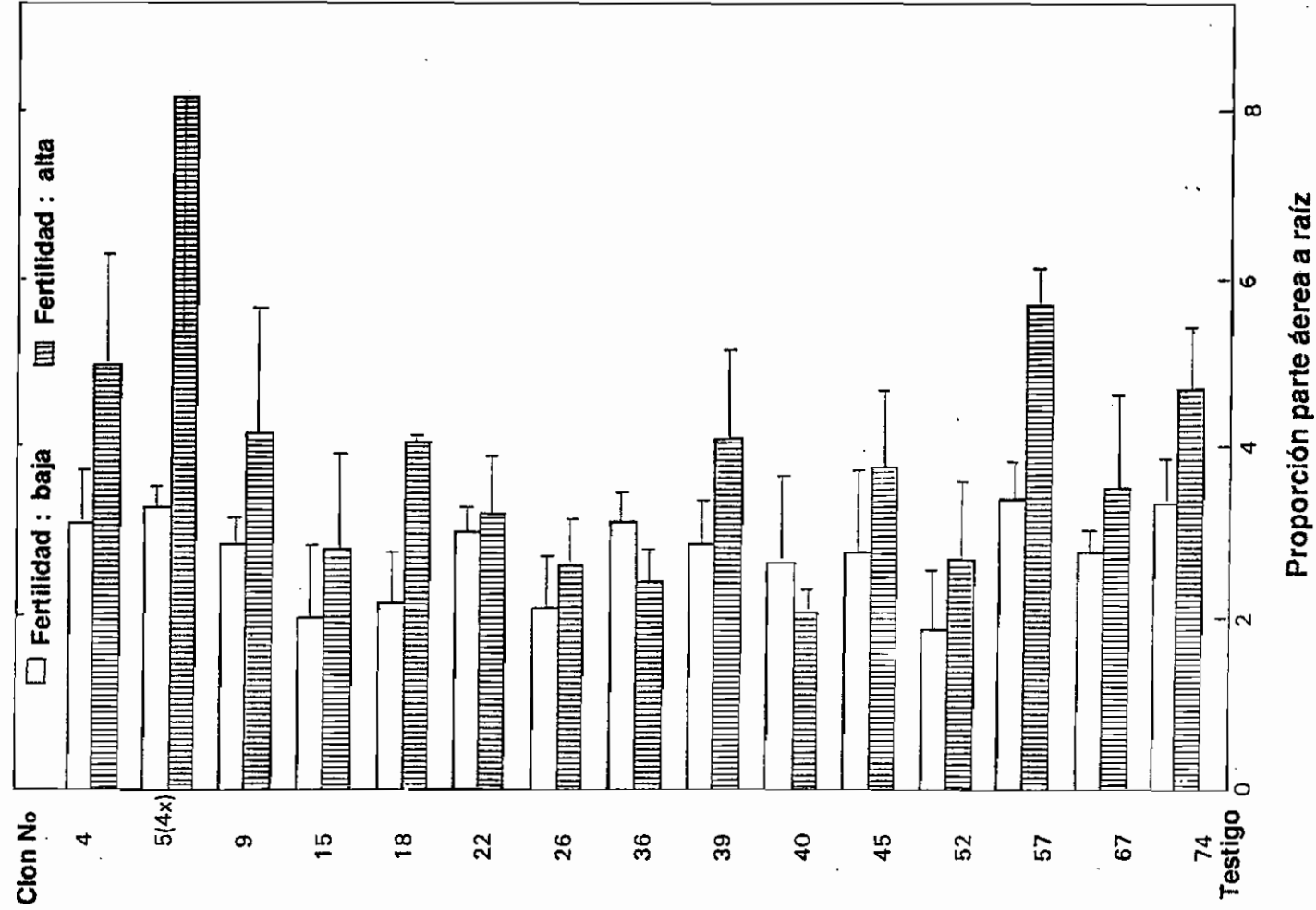


Figura 25. Variación de la proporción de parte aérea a raíz en varios somaclones de *S. guianensis*. Los valores equivalen a la media + la D. E. de 3 repeticiones.

Cuadro 9. Variación en la eficiencia de absorción y uso de varios nutrientes en varios somaclones. Los valores corresponden al promedio de tres repeticiones.

Relación de eficiencia	Nutriente	Fertilidad	No. de Clon				
			74 (testigo)	5 x 4 (tetraploide)	36	40	57
Absorción de nutriente* (mg.g <sup>-1</sup> )	Nitrógeno	Baja	40.2	41.5	34.8	32.5	41.9
		Alta	62.8	114.0	34.2	26.4	78.1
	Fósforo	Baja	1.4	1.62	1.61	1.26	1.41
		Alta	2.69	8.27	1.53	1.1	3.62
	Potasio	Baja	8.79	9.84	8.64	7.27	9.36
		Alta	27.1	75.9	12.2	8.68	27.2
Uso de nutriente** (g.g <sup>-1</sup> )	Nitrógeno	Baja	57.5	56.2	61.0	52.3	56.1
		Alta	56.0	59.9	43.8	45.8	56.7
	Fósforo	Baja	1490	1322	1245	1205	1425
		Alta	854	1328	1093	1000	843
	Potasio	Baja	328	295	319	314	303
		Alta	147	106	164	185	193

\* Absorción de nutriente en biomasa aérea (mg)/peso por unidad de raíz (g).

\*\* Biomasa aérea (g)/absorción por unidad de nutrientes (g).

embargo, se observaron diferencias notables en las razones de eficiencia de nutrientes en los somaclones sometidos al tratamiento de alta fertilidad. Se observó un aumento notable en la eficiencia de absorción de nutrientes en el clon 5 x 4 (tetraploide), en comparación con la línea testigo, en condiciones de alta fertilidad: el aumento fue de 1.8 veces para absorción de nitrógeno, 3.1 veces para absorción de fósforo y 2.8 veces para absorción de potasio. Es necesario evaluar en más detalle la base fisiológica, bioquímica y genética de este aumento en la eficiencia de absorción de nutrientes del clon 5 x 4 (tetraploide). Al parecer, en condiciones de alta fertilidad, este clon tuvo un sistema radical más pequeño

pero fue muy eficiente en cuanto a absorción de nutrientes. La eficiencia de absorción de nutrientes del somaclon clorótico (no. 36) disminuyó marcadamente en comparación con la línea testigo. El aumento en la biomasa radical del clon no. 40 (Figura 24) disminuyó la eficiencia de absorción de nutrientes. El aumento en la biomasa de la parte aérea observado en el clon no. 57 (Figura 22) se asoció con un aumento de 35 por ciento en la eficiencia de absorción de fósforo. Las diferencias entre los clones, en comparación con la línea testigo, para eficiencia en el uso de nutrientes fueron relativamente pequeñas. El aumento de la fertilidad redujo la eficiencia de uso de fósforo y potasio de los somaclones. La eficiencia de



uso de fósforo fue mayor en condiciones de alta fertilidad en el clon 5 x 4 (tetraploide) y en los clones no. 36 y 40, en comparación con la línea testigo.

En resumen, los datos obtenidos de este estudio sugieren lo siguiente: i) existe diversidad genética en la distribución de carbono fijado entre la parte aérea y las raíces de S. guianensis; ii) la producción de raíces en relación con la oferta de nutrientes se puede controlar genéticamente; y iii) el análisis genético de los clones 40 y 5 x 4 (tetraploide), en comparación con la línea testigo, puede proporcionar algunos indicios para comprender la base genética de la producción de raíces y de la eficiencia en la absorción de nutrientes en S. guianensis.

#### RECICLAJE DE NUTRIENTES EN PASTURAS

Los estudios sobre reciclaje de nutrientes en pasturas de gramíneas-leguminosas bajo pastoreo ayudarán a identificar factores de suelo/planta/manejo animal que se pueden manejar para aumentar la efectividad de los nutrientes, estimular el crecimiento de las pasturas y reducir las pérdidas. El tamaño de los diversos "bancos" de nutrientes y las tasas de transferencia (flujos) diferirán en diversas situaciones climáticas, edáficas o de pastoreo. Por lo tanto, el estado general y la tasa de reciclaje de nutrientes serán controlados por factores limitantes. En los suelos ácidos de las sabanas tropicales, los aspectos edáficos (características físicas y químicas del suelo) son más limitantes para la productividad y sostenibilidad de las pasturas que las limitaciones climáticas (temperatura y precipitación). La tasa de disponibilidad de los nutrientes en el suelo determina el grado al cual se realizarán los potenciales de producción estacionales y anuales. En general, la capacidad de diferentes especies forrajeras para recuperar nutrientes de

los suelos ácidos infértiles se afecta notablemente con la arquitectura de las raíces y con los mecanismos que operan en la interfase raíz-suelo para la adquisición de nutrientes limitantes.

Los animales en pastoreo afectan la productividad de la pastura de dos maneras: i) la remoción del forraje supone menos desperdicio de biomasa en la parte aérea, lo cual resulta en una mayor producción total y en una absorción de nutrientes asociada que si la pastura permaneciera sin pastoreo; y ii) más de 80 por ciento de la mayoría de los nutrientes ingeridos son excretados por el animal en pastoreo como formas de nutrientes potencialmente más disponibles que en el material vegetal. Por lo tanto, el animal en pastoreo puede condicionar la pastura para un crecimiento más activo y aumentar la tasa de disponibilidad de nutrientes para las plantas. La 'acumulación' esperada en la fertilidad del suelo en las pasturas de gramíneas-leguminosas en pastoreo puede por lo tanto ser el resultado de un reciclaje más rápido y de una mayor proporción de nutrientes en una forma disponible para la planta. Sin embargo, es importante ser consciente del hecho que un reciclaje más rápido de nutrientes podría proporcionar la oportunidad para mayores pérdidas por lixiviación.

#### Efecto del manejo animal en la distribución espacial de las heces en pasturas de gramíneas-leguminosas

El retorno de nutrientes mediante la excreta animal constituye una vía crítica para el reciclaje de nutrientes en una pastura pastoreada. Más del 80 por ciento del N, P, K y Ca consumidos por el animal regresan a la pastura a través de las heces y la orina. Sin embargo, la efectividad para que el nutriente que regresa en la excreta aumente el rendimiento de la pastura depende de 1) la proporción de la pastura afectada por la excreta, 2) de la tasa de descomposición y liberación de nutrientes de las excreciones, y 3) del grado de recuperación de ese

nutriente por la pastura.

Para determinar la proporción de la pastura afectada por el estiércol bovino y su distribución, se realizó un ensayo de campo en Carimagua utilizando una pastura de gramínea sola (*B. decumbens*) o una de gramínea + leguminosa (*B. decumbens* + *C. acutifolium* cv. Vichada) a dos tasas de carga (1 ó 2 animales/ha). La pastura constaba de cuatro potreros de 0.5 ha (dos de gramínea pura y dos de gramínea + leguminosa) que fueron pastoreados rotacionalmente por dos y cuatro animales en un período de pastoreo y descanso de 7/21 días. El sistema de rotación se diseñó de manera que se pudiera evitar el efecto de diferimiento de los animales que pasan de una pastura de gramínea pura a una asociación de gramínea + leguminosa y vice versa. Después de cada período de pastoreo (dos en total), uno en potrero con gramínea pura y otro potrero con gramínea + leguminosa, se dividieron en mosaicos de 2 x 2 m para levantar en un mapa la posición de los parches de estiércol en el campo, con la mayor precisión posible. Se seleccionaron seis parches frescos de estiércol para observar los cambios en el diámetro de los mismos con el transcurso del tiempo (a los 0, 16 y 30 días de deposición). Cada vez, se registró el contorno de las heces sobre un acetato y luego se midió el área con un medidor de área foliar. Posteriormente, se determinaron para cada tasa de carga el número total de parches de estiércol, su distribución y el área individual.

El número total de parches de estiércol aumentó el doble con la tasa de carga (Figuras 26 a 29). A partir de estos datos se calculó la defecación promedio, que fue de 13.3 por día por animal. La distribución del estiércol en la tasa de carga baja fue mayor en los bordes del potrero. En la tasa de carga alta, los parches de estiércol se distribuyeron en forma más pareja en el potrero.

El área individual de los parches de estiércol aumentó de 310 a 675 cm<sup>2</sup> en un período de dos semanas después de la deposición del animal. Esta propagación lateral fue ocasionada por los escarabajos del estiércol. La distribución de los parches de estiércol también fue vertical (hasta 20 cm) debido a la actividad de los escarabajos. Se observó mayor actividad de los insectos en la asociación que en la pastura pura (35 vs. 17 insectos por parche). Esto se reflejó en una mayor área del parche en la asociación (Cuadro 10).

Cuadro 10. Area individual afectada por un parche de estiércol en dos praderas bajo pastoreo (media de seis observaciones y dos rotaciones).

Pastura	Carga animal (an/ha)	Area (cm <sup>2</sup> )
<u>B. decumbens</u>	1	790
	2	670
	mean	730
<u>B. decumbens + C. acutifolium</u>	1	1070
	2	820
	mean	945

Diferencias entre los valores medios son significativamente diferentes de acuerdo a la prueba de T.

Utilizando el número total de excreciones en la pastura y el área cubierta por una excreción individual, fue posible estimar que después de dos períodos de pastoreo, la proporción del potrero cubierta por los parches de estiércol fue de sólo 0.41 y 0.98 por ciento en las tasas de carga baja y alta, respectivamente. Esto representa una fracción muy pequeña del área

\* Período de pastoreo 1

• Período de pastoreo 2

Número total de parches de estiércol = 326

13-48

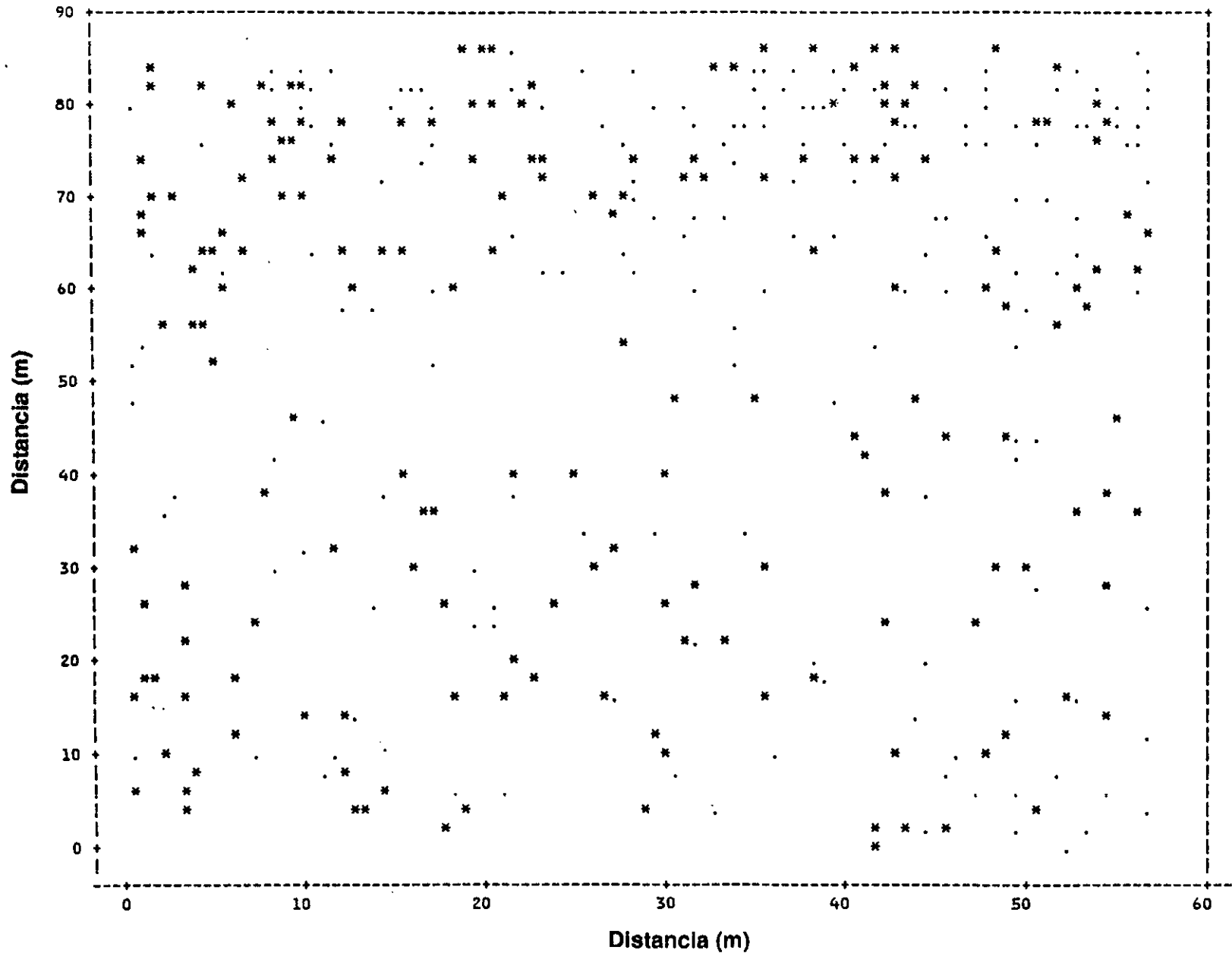


Figura 26. Distribución de parches de estiércol de dos animales de una pradera de *B. decumbens*, durante dos períodos de pastoreo de 7 días (tamaño del potrero = 0.5 ha).

\* Período de pastoreo 1

• Período de pastoreo 2

Número total de parches de estiércol = 770

13-49

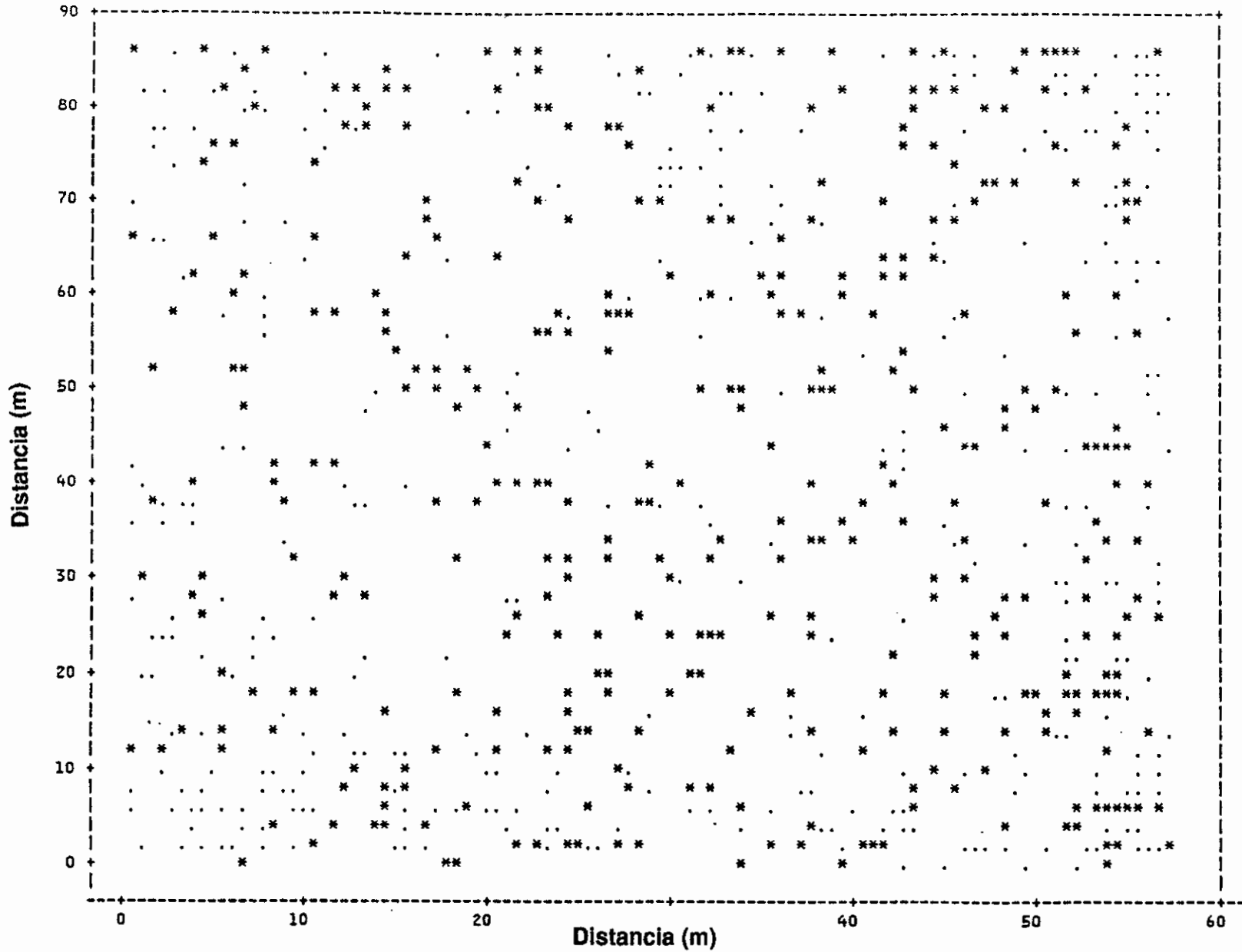


Figura 27. Distribución de los parches de estiércol de cuatro animales en una pastura de *B. dictyoneura*, durante dos períodos de pastoreo de 7 días (tamaño del potrero = 0.5 ha).

\* Período de pastoreo 1

• Período de pastoreo 2

Número total de parches de estiércol = 286

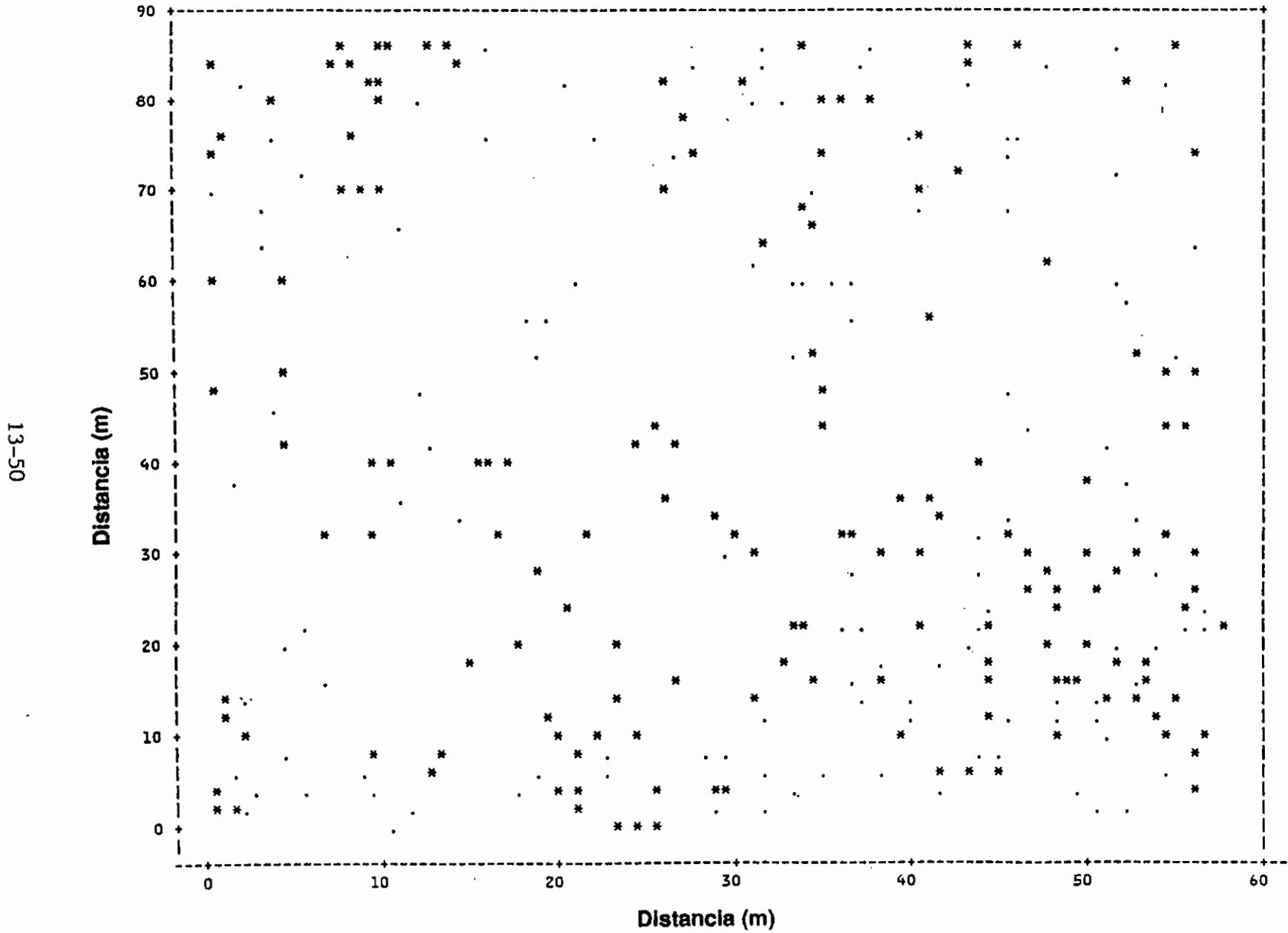


Figura 28. Distribución de parches de estiércol de dos animales en una pastura de *B. decumbens* + *C. acutifolium*, durante dos períodos de pastoreo de 7 días (tamaño del potrero = 0.5 ha).

\* Período de pastoreo 1

• Período de pastoreo 2

Número total de parches de estiércol = 698

13-51

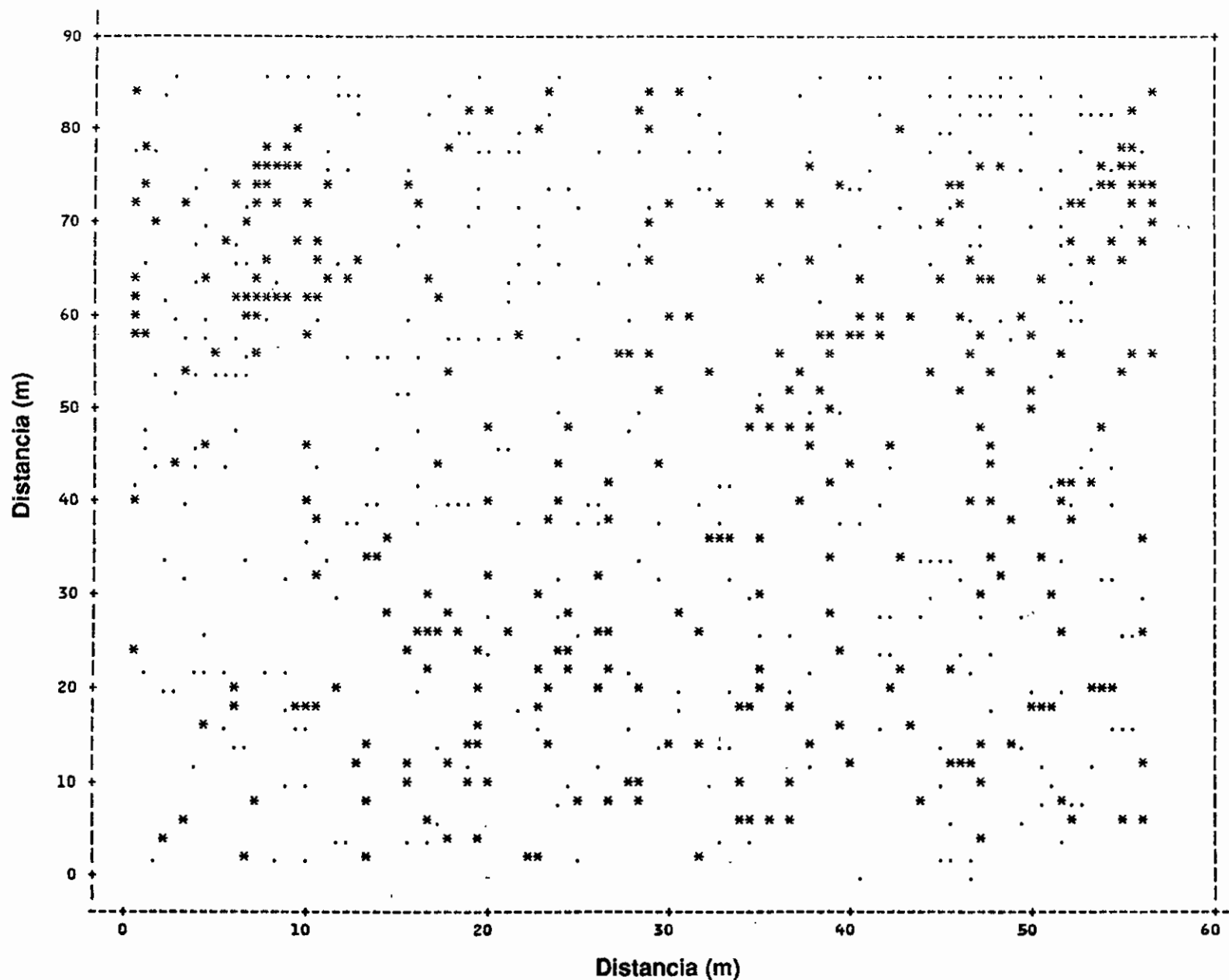


Figura 29. Distribución de parches de estiércol de cuatro animales en una pastura de *B. decumbens* + *C. acutifolium*, durante dos períodos de pastoreo de 7 días (tamaño del potrero = 0.5 ha).

total. Sin embargo, el área total afectada por los parches de estiércol, en términos de crecimiento de la pastura, debe ser más grande. Se está realizando trabajo adicional para determinar el efecto de la distribución

de los parches de estiércol en el crecimiento de las pasturas mediante la liberación y la recuperación de los nutrientes por las plantas de la misma pastura.

### 13. RELACIONES SUELO-PLANTA Y RECICLAJE DE NUTRIENTES

#### RESUMEN

Los principales objetivos de la sección son: i) comprender los mecanismos de adaptación de las gramíneas y de las leguminosas a los suelos ácidos infértiles; ii) determinar los factores en la interfase raíz-suelo que afectan la absorción de nutrientes y la competencia por éstos; iii) evaluar el papel del reciclaje de nutrientes en las pasturas sometidas a pastoreo; y iv) determinar las interacciones suelo-planta que afectan a los sistemas integrados de pasturas-cultivos. Durante 1990, la sección concentró su trabajo de investigación en tres áreas importantes: 1) adaptación de las plantas a suelos ácidos, 2) reciclaje de nutrientes en las pasturas y 3) establecimiento de pasturas y producción de arroz.

Las respuestas de adaptación de las plantas a la acidez del suelo y a la oferta de nutrientes incluyen varios cambios morfológicos, fisiológicos y bioquímicos en la parte aérea y en las raíces. Se realizaron tres experimentos en invernadero para evaluar el efecto del contenido de arcilla en el suelo y de la oferta de nutrientes en el comportamiento de tres diferentes asociaciones de gramínea + leguminosa, de una amplia variedad de gramíneas y leguminosas y de somaclones de Stylosanthes guianensis. Las respuestas de adaptación de las plantas se midieron en términos de producción total de biomasa; distribución de materia seca a las raíces y a la parte aérea; producción de área foliar; contenido foliar de clorofila, proteína soluble y fosfato inorgánico; fotosíntesis neta; actividad de fosfatasa ácida en extractos foliares y de raíces; eficiencia de absorción de nutrientes; eficiencia en el uso de nutrientes y transporte de nutrientes de las raíces a la parte aérea. Los resultados obtenidos a partir de estas

mediciones indican que en las plantas adaptadas a los suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes, el carbono fijado se distribuye preferentemente hacia el crecimiento radical a expensas de la expansión foliar y del crecimiento de la parte aérea. Esto se logra manteniendo una actividad fotosintética normal en las hojas verdes existentes. Estas plantas al parecer se adaptan a un descenso en el contenido de arcilla y a una oferta de nutrientes en el suelo, aumentando la densidad de las raíces y la biomasa radical. Esta estrategia permite que estas especies adaptadas sean productivas en suelos ácidos con bajo contenido de nutrientes, rescatando eficientemente los nutrientes. El aumento notable en la eficiencia de absorción de fósforo y la actividad de fosfatasa ácida de las raíces observada en las leguminosas en comparación con las gramíneas indica que los mecanismos de adquisición y transporte de fósforo en las leguminosas pueden ser diferentes a los de las gramíneas. Una mejor comprensión de la base fisiológica, bioquímica y genética de las diferencias en la distribución de carbono fijado entre parte aérea y raíces, en relación con la oferta de nutrientes, podría ayudar a aumentar la persistencia y la productividad de la especie forrajera.

Para evaluar la contribución de los parches de estiércol animal al reciclaje de nutrientes en pasturas de gramíneas-leguminosas en pastoreo, se realizaron algunas mediciones preliminares este año. Se determinó el efecto de la tasa de carga en la distribución espacial de los parches de estiércol en las pasturas de gramínea sola y en las de gramínea + leguminosa. La distribución de los parches de estiércol fue más pareja en la tasa de carga alta. La actividad de los



escarabajos fue mayor en las pasturas de gramínea + leguminosa que en las pasturas de gramínea sola, lo cual

resultó en un aumento de la distribución lateral y vertical de los parches de estiércol.

40524

## 14. Recuperación de Pastos Trópico Húmedo

A fines de 1989 la mayoría de los ensayos iniciales de este Proyecto habían finalizado. Siempre con la meta del desarrollo de tecnología de bajos insumos para la recuperación de pasturas degradadas usando especies mejoradas, las actividades se concentraron en tres iniciativas:

1. Recuperación de pasturas nativas (Torourco) degradadas sin mecanización.
2. Contribución de N de Desmodium ovalifolium.
3. Recuperación de una pastura degradada de Brachiaria decumbens mediante la introducción de Centrosema macrocarpum.

La Estación Experimental del IVITA, a 59 km de la ciudad de Pucallpa, Perú, continúa como la sede principal de las actividades del Proyecto. La localización, características climáticas, de suelos, y el ecosistema fueron descritas en el informe de 1988.

1. Recuperación de pasturas nativas (Torourco) degradadas sin mecanización.

La baja disponibilidad y el alto costo de la mecanización son las principales limitaciones para la recuperación de una gran extensión de pasturas degradadas, en su mayoría nativas, en el Trópico húmedo. Esto justifica que una parte significativa de las actividades del Proyecto en 1990 estuviesen dedicadas a buscar alternativas al empleo de maquinaria que fuesen física y económicamente accesibles.

Hipotéticamente, la degradación de las pasturas nativas es causada por el deterioro de las propiedades físicas (pobre estructura, compactación, poca infiltración), químicas (bajo contenido de nutrientes, acidificación), y por la proliferación de especies indeseables con mejor adaptación a estas condiciones. El empleo de maquinaria corrige parcialmente estos defectos:

(1) El movimiento del suelo disminuye la resistencia a la penetración y mejora la distribución del espacio aéreo del suelo. (2) Incorpora los residuos vegetales, estimula la mineralización de la materia orgánica aumentando la disponibilidad de nutrientes. (3) El movimiento del suelo constituye un método de control de la vegetación de significativo éxito.

Cualquier alternativa a la mecanización debe emular, con una aproximación razonable, los tres efectos mencionados. Dos alternativas que merecen consideración son el descanso y la introducción de leguminosas forrajeras adaptadas. Durante el descanso el suelo regenera espontáneamente su estructura al cesar el esfuerzo compactante del sobrepastoreo. Igualmente, el descanso genera acumulación de biomasa y, consecuentemente, de nutrientes, los cuales, de una manera u otra pueden ser retornados al suelo. La introducción de especies forrajeras adaptadas acelerarían la regeneración de la estructura del suelo mediante un profuso crecimiento radicular y también acumularían nutrientes en su biomasa.

El éxito relativo de estas alternativas a la mecanización se sustenta en una adecuada información acerca de las propiedades, especialmente físicas, del suelo en los cuales trabajamos; en un conocimiento de la reacción de la vegetación nativa a diferentes operaciones de establecimiento, y a la obtención de metodologías de establecimiento de pasturas adaptadas a condiciones de pasturas degradadas. En los párrafos siguientes se describe nuestra primera aproximación a estos problemas y se discuten resultados preliminares.

### 1.1 Caracterización de las propiedades físicas del suelo en pasturas degradadas (Torourco)

La principal expresión del deterioro de las propiedades físicas del suelo es la compactación. La compactación es la reducción del espacio poroso del suelo producida por esfuerzo mecánico. En nuestro caso, este esfuerzo es el pisoteo del ganado. El principal efecto de la compactación en las pasturas es la restricción del desarrollo radicular, especialmente durante el establecimiento. Por esta razón la medida más conveniente de compactación es la resistencia a la penetración. Esta, cuando es medida con un penetrómetro, se denomina impedancia mecánica (IM). Como la mayoría de las propiedades físicas del suelo la IM presenta una gran variabilidad. La determinación, tanto de la naturaleza como de la extensión de esta variabilidad, es de particular importancia en la evaluación de la compactación del suelo.

1.1.1. Impedancia mecánica. Valores promedios, extensión y patrón de la variabilidad.— Se tomaron medidas (300) de IM a lo largo de un transecto de 86 m de extensión, diagonal a uno de los potreros de Torourco degradado del Fundo El Arriero (20 km de Pucallpa). El distanciamiento entre cada medida fue de 0.29 m. La IM fue medida a profundidades de 0.10, 0.20, 0.30, y 0.40 m. No se tomaron medidas de humedad

del suelo por las limitaciones en equipo y por la naturaleza preliminar de la evaluación. Todas las mediciones se completaron en un día.

Los valores de IM de diferentes profundidades oscilaron alrededor de 0.87 MPa (Cuadro 1). Dos máximos de IM ocurrieron a 0.10 y 0.40 m de profundidad. El coeficiente de variabilidad tuvo un promedio de 38% y pareció aumentar con la profundidad. El máximo de IM a 0.10 m de profundidad es presumiblemente un producto del esfuerzo compactante del sobrepastoreo. El máximo a 0.40 m de profundidad es probablemente debido al cambio textural en el horizonte B, característico de los Ultisoles.

No disponemos de criterios de diagnóstico para los valores de IM encontrados. Los valores de IM a 0.10 m de profundidad (Cuadro 1) parecen ser marginales. Ellos son superiores a valores de IM que restringen el crecimiento radicular de maíz (0.8 MPa) en suelos arcillosos de otras latitudes. Pero son menores que valores de IM (1.2 MPa) que restringieron el crecimiento radicular del mismo cultivo en suelos francos.

Se elaboraron correlogramas (relaciones gráficas entre el coeficiente de correlación entre la IM de pares de puntos en el transecto y la distancia que los separa) para las profundidades mencionadas. La distancia máxima evaluada en el transecto fue de 15 m. Los correlogramas mostraron el mismo patrón de variación para todas las profundidades. En la Figura 1 se muestra el correlograma correspondiente a la profundidad de 0.10 m. La disminución de la correlación con la distancia es lineal. El coeficiente de correlación debería estabilizarse en 0, lo cual es probable que suceda si ampliamos la distancia máxima más allá de 15 m. Por lo pronto, en un rango de 0 a 15 (rango que cubre las dimensiones comunes de nuestras parcelas), la IM es una variable espacialmente correlacionada (regionalizada). Esto sugiere que,

Cuadro 1. Promedios, desviaciones standard y coeficientes de variabilidad de valores de impedancia mecánica encontrados en un transecto lineal. Fundo El Arriero, Pucallpa, Perú.

Profundidad	Promedio	S	C.V.
m	----- MPa -----		%
0.10	1.02	0.29	29
0.20	0.64	0.24	37
0.30	0.79	0.35	44
0.40	1.02	0.42	41

aparte de la intensidad de muestreo, mejores evaluaciones de la IM de parcelas o campos pequeños se lograrían con patrones sistemáticos y/o estratificados de muestreo antes que con muestreos al azar.

1.1.2. Impedancia mecánica. Profundidad de observación.- No tenemos antecedentes que nos sugieran una profundidad adecuada para medir la IM cuando esta es producto de la compactación de pasturas degradadas. Se asume que la máxima compactación no ocurre inmediatamente debajo de la pezuña del animal sino cierta distancia más abajo. La distribución del esfuerzo compactante con la profundidad varía con otras propiedades del suelo (textura, contenido de humedad). Esto indicaría que para un suelo variable en estas propiedades (la regla, más que la excepción) la máxima IM estaría localizada a diferentes profundidades en diferentes puntos de observación. Tal vez la evaluación de la IM a una sola profundidad, a despecho de la intensidad de muestreo, no sea conveniente. Un análisis de los valores de IM del transecto en El Arriero parecen corroborar esto. De la observación de los perfiles de IM se concluyó que en la mayoría de los puntos había un pico

de IM entre 0 y 0.12 m de profundidad. Un análisis de frecuencia (Fig. 2) muestra que los picos de IM no se aglomeraron alrededor de alguna profundidad en especial en el rango de 0 a 0.12 m. Este análisis sugiere que no existe una profundidad particular apropiada para la medición de la IM. Una alternativa conveniente sería integrar los valores de IM hasta una profundidad de 0.10 m.

#### 1.2 Composición botánica del rebrote de Torourco como respuesta a operaciones de establecimiento

Una de las limitaciones en el establecimiento de pasturas mejoradas directamente sobre Torourco es la competencia de la vegetación nativa. La predicción del cambio en composición botánica de Torourco como reacción a diferentes operaciones de establecimiento es útil para ayudar a diseñar medidas efectivas de control de malezas. Si esta reacción está condicionada por el tipo original de Torourco nuestro poder de predicción sería mayor. Con esta finalidad fue diseñado un ensayo de campo en tres fundos en Pucallpa.

El ensayo consistió en la aplicación de

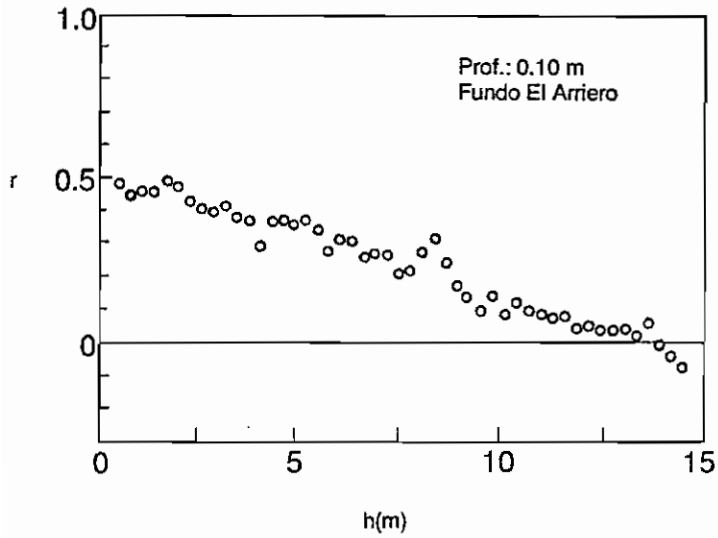


Figura 1. Correlograma muestral para impedancia mecánica del suelo en una pastura nativa degradada (Torourco). Pucallpa, Perú.

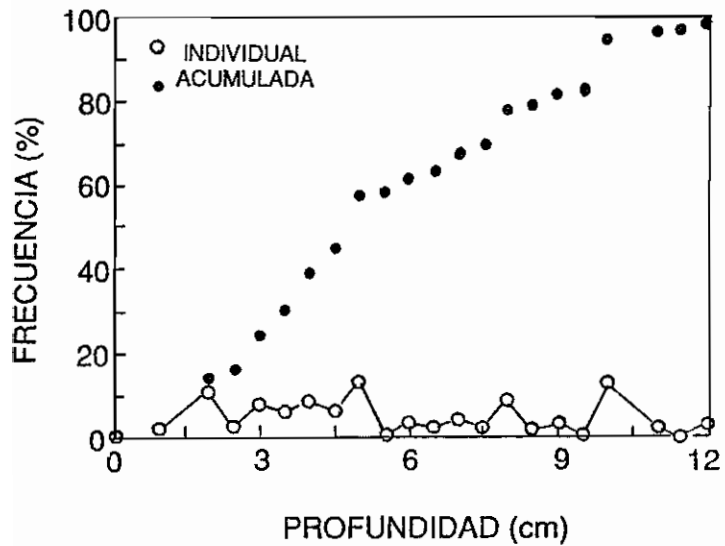


Figura 2. Frecuencia acumulada e individual de la profundidad a la cual ocurre la máxima impedancia mecánica superficial del suelo de una pastura nativa degradada (Torourco). Fundo "El Arriero", Pucallpa, Perú.

las siguientes operaciones de establecimiento:

- (1) Arado: 2 pases consecutivos, cruzados de rastra pesada de discos.
- (2) Fertilización: aplicación de 10, 30, 10, y 10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, y S, respectivamente, a la siembra.
- (3) Aplicación de herbicida sistémico: 1.5 L ha<sup>-1</sup> pc de glyphosato (Round-up) antes de la siembra.
- (4) Aplicación de herbicida de contacto: 1.5 L ha<sup>-1</sup> pc de paraquat (Gramoxone) antes de la siembra.
- (5) Descanso: interrupción del pastoreo.
- (6) Descanso y quema: interrupción del pastoreo por un año y quema de la vegetación acumulada.

Estas operaciones fueron aplicadas a 3 tipos de Torourco en tres fundos: UNU, El Arriero e IVITA, localizados a 6, 20 y 59 km de Pucallpa, respectivamente. UNU y El Arriero representan Torourcos con predominancia de Axonopus compressus, con fuerte presencia de Mimosa pudica en El Arriero, y Paspalum nigrum en UNU. IVITA representa un Torourco con predominancia (>60%) de Homolepis aturensis. En cada una de los fundos las operaciones fueron arregladas en bloques completos al azar con 4 repeticiones. El tamaño de parcela fue de 8 x 16 m. En la mitad de la parcela, e inmediatamente después de la aplicación de los tratamientos, se sembró una mezcla de Brachiaria dictyoneura y Stylosanthes guianensis en hileras distanciadas a 0.50 m. Se evaluó la composición botánica, en términos de cobertura del rebrote de Torourco a los 60, 120 y 180 días después de la aplicación de las operaciones. Debido a que el patrón de respuesta fue básicamente el mismo en UNU y en El Arriero solamente se discuten los resultados de este último fundo y de IVITA.

Las respuestas a las operaciones en cobertura del rebrote son mostrados en las Figuras 3, 4, y 5 para El Arriero y

6, 7, y 8 para IVITA. En general, las operaciones redujeron la biomasa e incrementaron el porcentaje de malezas de hoja ancha a expensas de Axonopus compressus en El Arriero. Los efectos más marcados fueron en respuesta a la aplicación del herbicida sistémico y al arado. En el caso del herbicida sistémico la cobertura total se redujo de 100 a 69% a 60 días después de la aplicación. En este mismo tratamiento la cobertura relativa de malezas de hoja ancha respecto de A. compressus se incrementó de 38 a 59% (Fig. 3). El arado redujo la cobertura total de 100 a 72% a 60 días después del tratamiento. La cobertura relativa de malezas de hoja ancha se incrementó de 38 a 46% (Fig. 4). Comparados con el control, los tratamientos restantes no tuvieron mayor efecto.

En IVITA las operaciones de aplicación de herbicidas, tanto sistémico como de contacto, y el arado redujeron fuertemente la cobertura total de este tipo de Torourco. La aplicación de glyphosato, paraquat, y el pase de rastra redujeron la cobertura total de 80 a 10%, de 77 a 20%, y de 78 a 27%, respectivamente, a los 60 días después de la aplicación de las operaciones. La cobertura de malezas de hoja ancha con respecto a Torourco se incrementó de 13 a 100%, de 19 a 38%, y de 25 a 52% como producto de las aplicaciones de glyphosato, paraquat, y arado, respectivamente. Las operaciones de fertilización y descanso prácticamente no difirieron del control.

Parte de los efectos de los tratamientos en la cobertura total y en la composición botánica del rebrote en IVITA es medioambiental. Esto puede ser apreciado al observar la cobertura total y la composición botánica del control. Este efecto es probablemente debido a la disminución de la humedad del suelo por deficit de precipitación. La comparación directa de los tratamientos discutidos con el control nos permite filtrar este efecto ambiental y concluir que los efectos de los

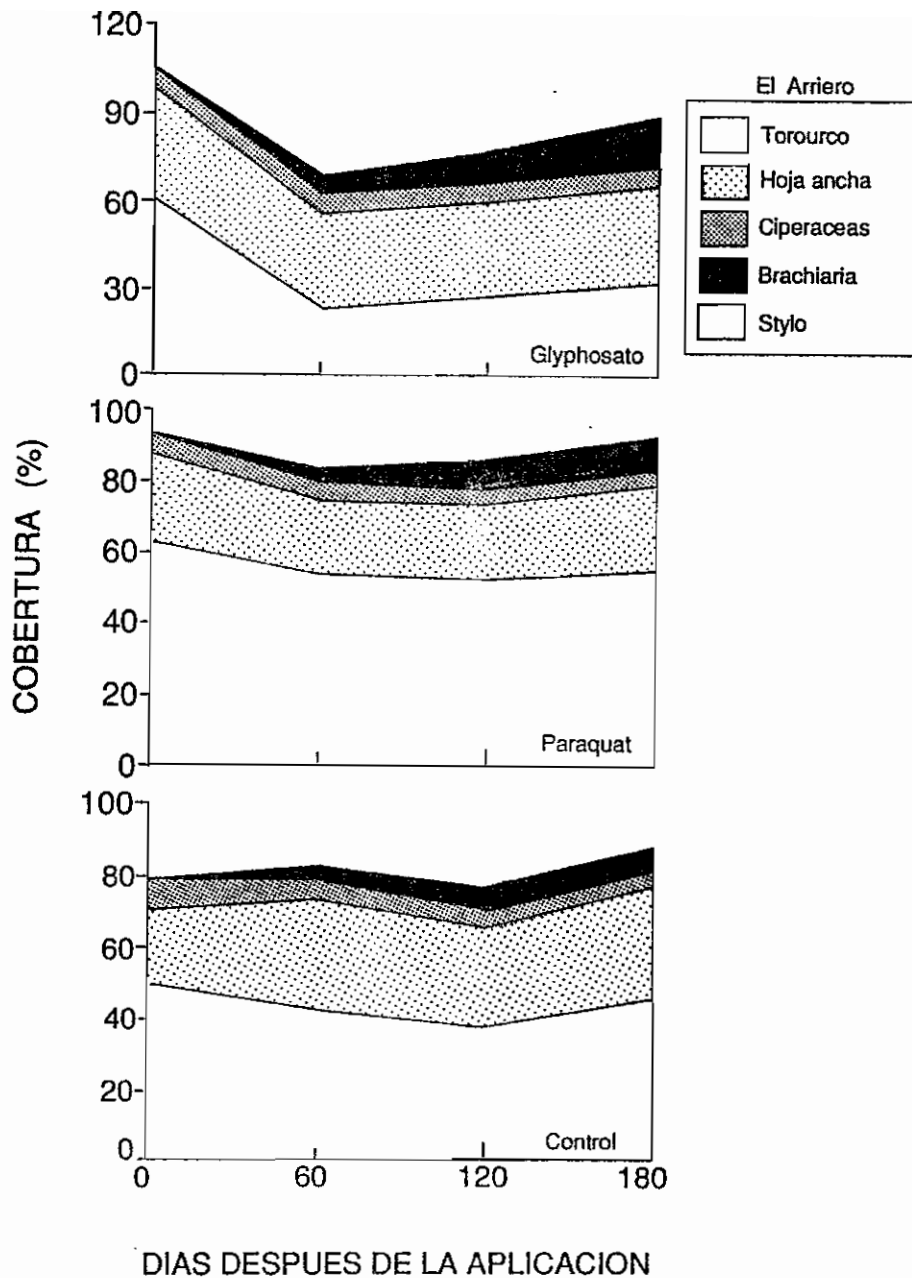


Figura 3. Composición botánica en cobertura del rebrote después de aplicar Glyphosato o Paraquat a una pastura nativa degradada (Torourco) con predominancia de *Axonopus compressus*. Fundo El Arriero, Pucallpa, Perú.

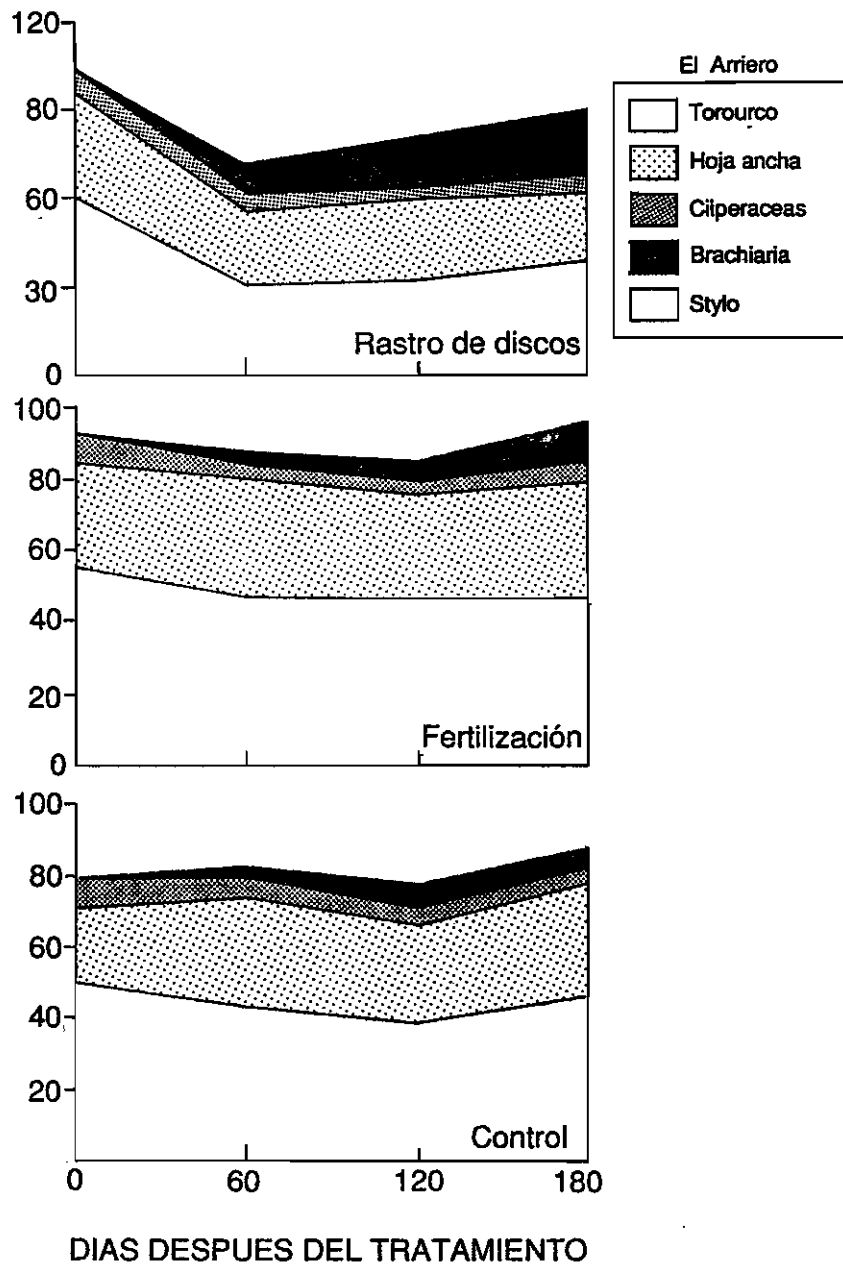


Figura 4. Composición botánica del rebrote, en cobertura, después de dar dos pases de rastra pesada o de fertilizar una pastura nativa degradada (Torourco) con predominancia de *Axonopus compressus*. Fundo El Arriero, Pucallpa, Perú.



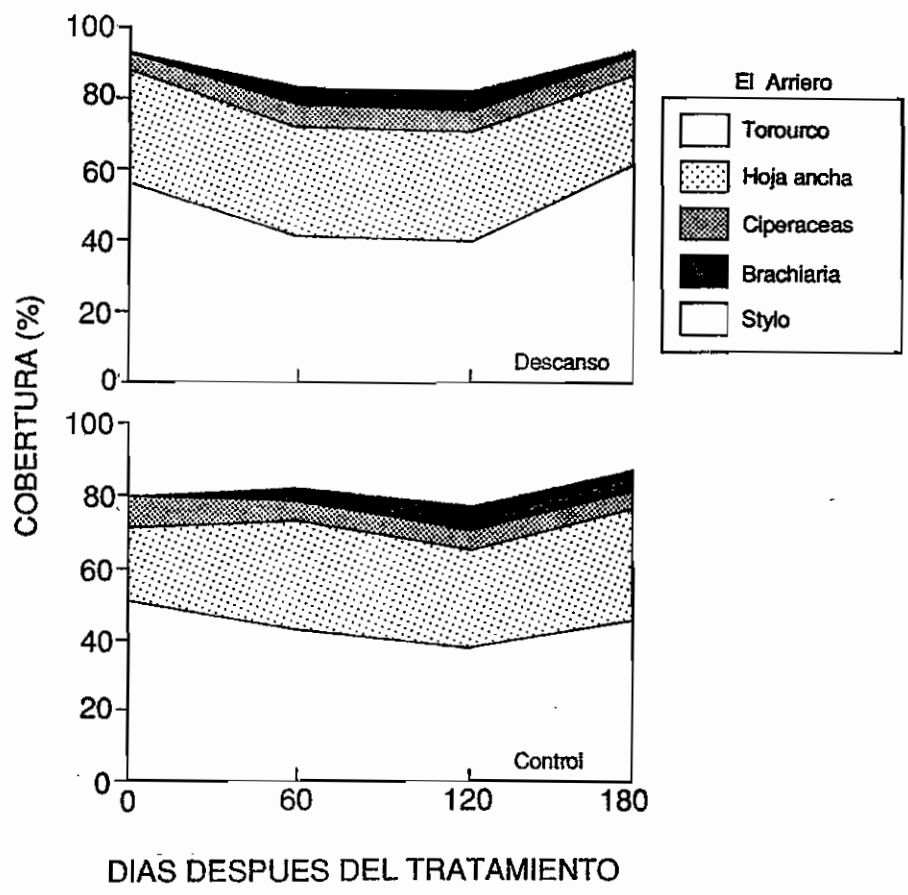


Figura 5. Composición botánica del rebrote, en cobertura, después de someter a descanso una pastura nativa degradada (Torourco) con predominancia de *Axonopus compressus*. Fundo El Arriero, Pucallpa, Perú.

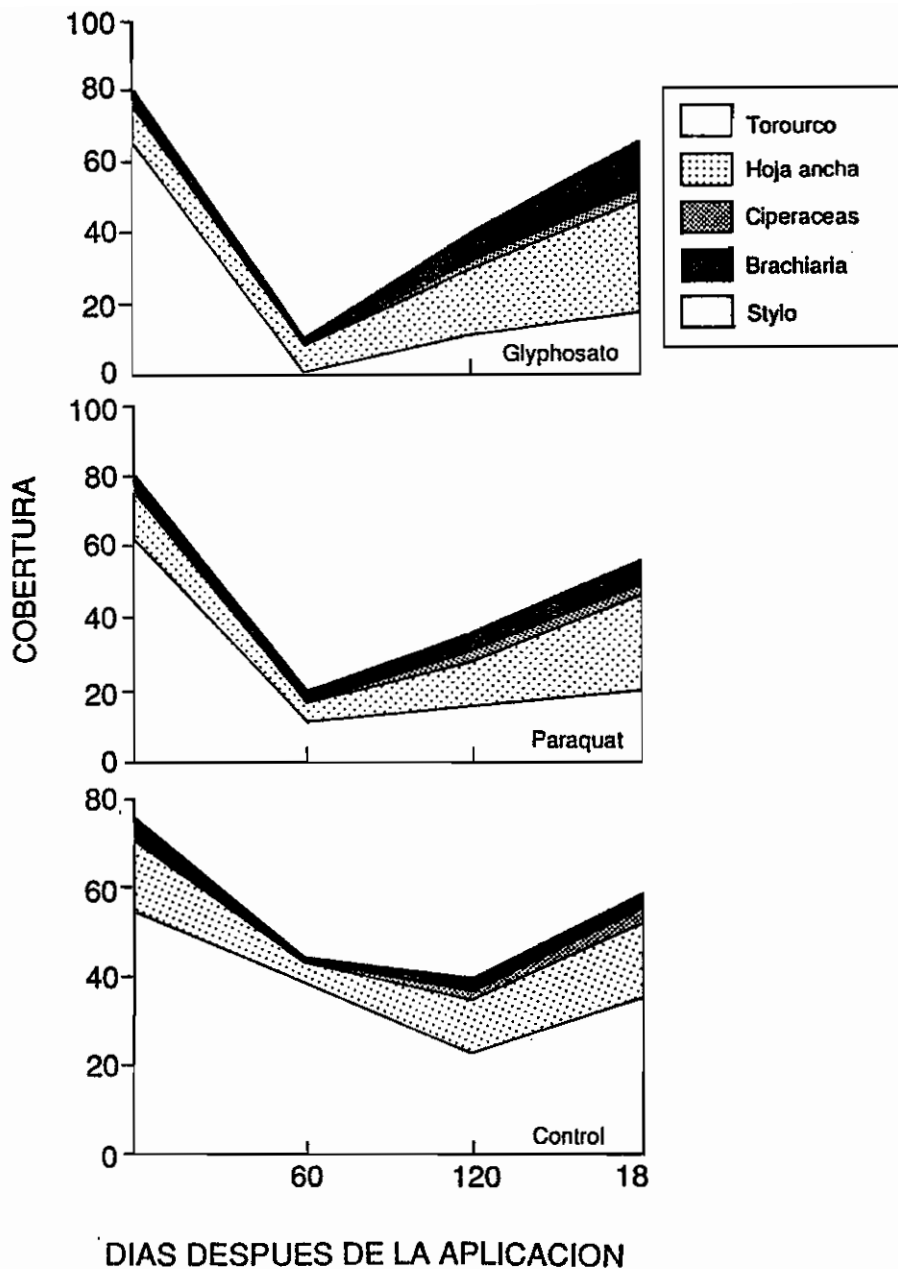


Figura 6. Composición botánica del rebrote, en cobertura, después de aplicar Glyphosato o Paraquat a una pastura nativa degradada (Torourco) con predominancia de *Homolepis aturensis*. Estación IVITA, Pucallpa, Perú.

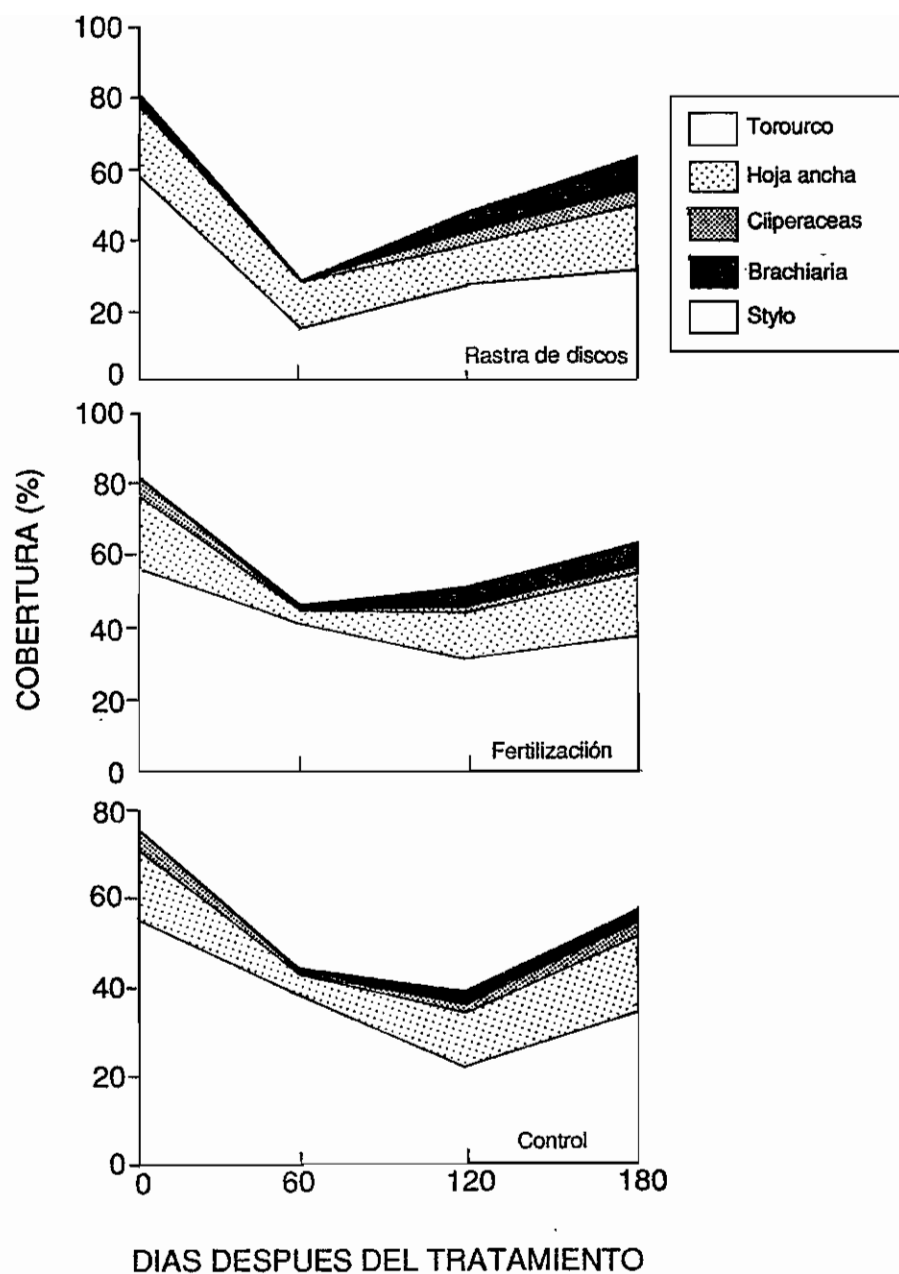


Figura 7. Composición botánica del rebrote, en cobertura, después de dar 2 pases de rastra pesada o de fertilizar una cobertura nativa degradada (Torourco) con predominancia de *Homolepis aturensis*. Estación IVITA, Pucallpa, Perú.

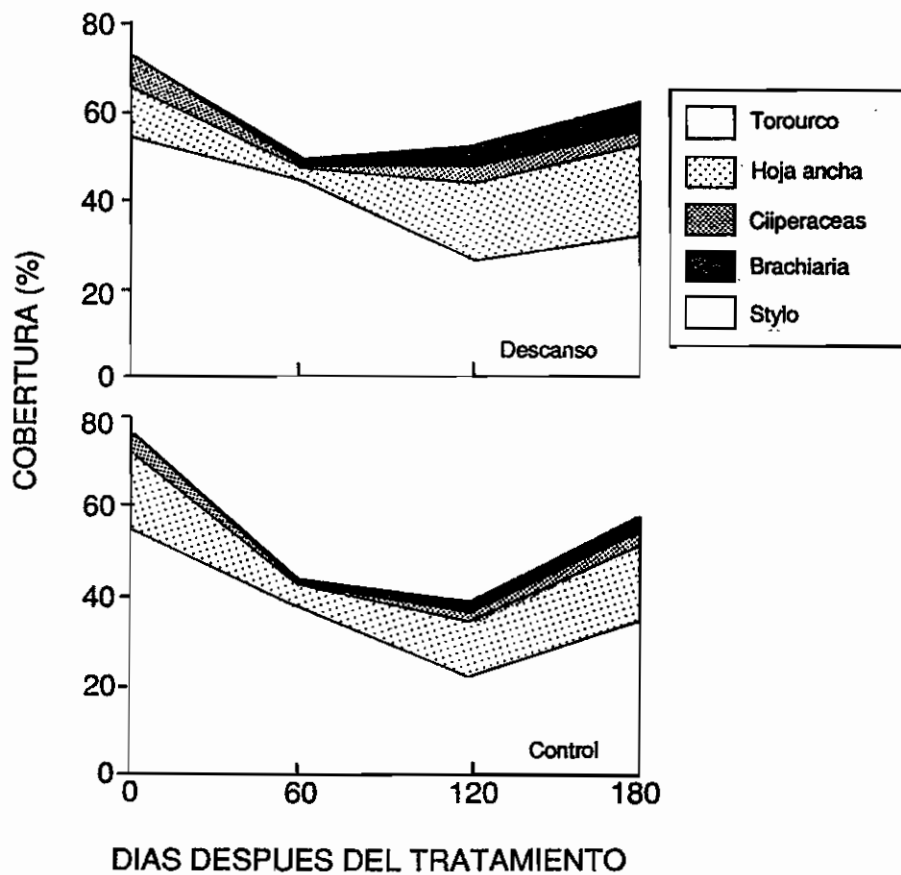


Figura 8. Composición botánica del rebrote, en cobertura, después de someter a descanso una pastura nativa degradada (Torourco) con predominancia de *Homolepis aturensis*. Estación IVITA, Pucallpa, Perú.

tratamientos fueron reales.

Preliminarmente se concluye que el efecto global de las operaciones de aplicación de herbicidas y maquinaria es una reducción en la cobertura total de la biomasa y un cambio en la composición botánica hacia el predominio de malezas de hoja ancha. En el Torourco con predominio de H. aturensis este efecto es más marcado, aún con el uso de herbicida de contacto. Este efecto diferencial es probablemente debido a una mayor susceptibilidad de H. aturensis a la aplicación de herbicidas o al arado, y a una menor capacidad de recuperar su cobertura.

La ausencia de efecto del descanso y la fertilización en la composición botánica nos sugiere, que el balance entre Torourco y malezas de hoja ancha no está gobernado por el pastoreo selectivo o por la disponibilidad de nutrientes, sino más bien por la competencia por espacio.

### 1.3 Agresividad de pasturas mejoradas sembradas directamente sobre Torourco. Efecto de la fertilización

El éxito en el establecimiento de pasturas mejoradas sembradas directamente sobre Torourco depende parcialmente de la capacidad de competir con la vegetación nativa. Asumiendo que las pasturas mejoradas tienen una mayor capacidad de respuesta a la disponibilidad de nutrientes. La hipótesis es que incrementando la disponibilidad de nutrientes se aumentará la capacidad de competencia de las pasturas mejoradas. Con la finalidad de examinar esta hipótesis, cuatro leguminosas y una gramínea fueron fertilizadas con dos dosis de nutrientes en un experimento de campo en El Arriero.

El ensayo consistió en aplicar dos niveles de fertilización: medio y alto. El nivel medio consistió en 10, 30, 10, d y 10 kg ha<sup>-1</sup>. El nivel alto

consistió en 20, 40, 20, y 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, y S, respectivamente. Se incluyó también un testigo sin fertilización. Los tres tratamientos se aplicaron a la gramínea Brachiaria dictyoneura, y a las leguminosas Arachis pintoi, Centrosema macrocarpum, Stylosanthes guianensis, y Desmodium ovalifolium. Los doce tratamientos generados fueron arreglados en un diseño de bloques completos al azar con cuatro repeticiones. El tamaño de parcelas fue de 3 x 6 m. Las pasturas mejoradas fueron sembradas directamente sobre Torourco, en líneas de 0.10 m de ancho, las cuales fueron previamente tratadas con 1.5 L ha<sup>-1</sup> pc de glyphosato. La disturbación del suelo fue mínima, lo suficiente para enterrar la semilla. El efecto de los tratamientos se evaluó mediante el porcentaje de cobertura de las pasturas mejoradas a los 60, 120, y 180 días después de la siembra.

Desde el inicio del experimento se tuvo problemas con B. dictyoneura debido a la pobre calidad de la semilla, y con D. ovalifolium debido a su pobre vigor de plántula. Esta última fue rápidamente dominada por la vegetación nativa. Ninguna de estas especies se incluye en la discusión. La fertilización aumentó lineal y significativamente ( $p < 0.009$ ) la capacidad de cobertura de las especies mejoradas, pero únicamente a los 180 días (Fig. 9). No hubo interacción especies x fertilización aunque, aparentemente, A. pintoi mostró menor capacidad de respuesta al fertilizante. Las comparaciones entre especies sugieren que S. guianensis muestra mayor capacidad de cobertura ( $p < 0.0004$ ) que C. macrocarpum y A. pintoi.

Los resultados preliminares sugieren que la utilización de aún pequeñas cantidades de fertilizantes pueden contribuir a la agresividad de las pasturas mejoradas cuando son sembradas directamente sobre Torourco.

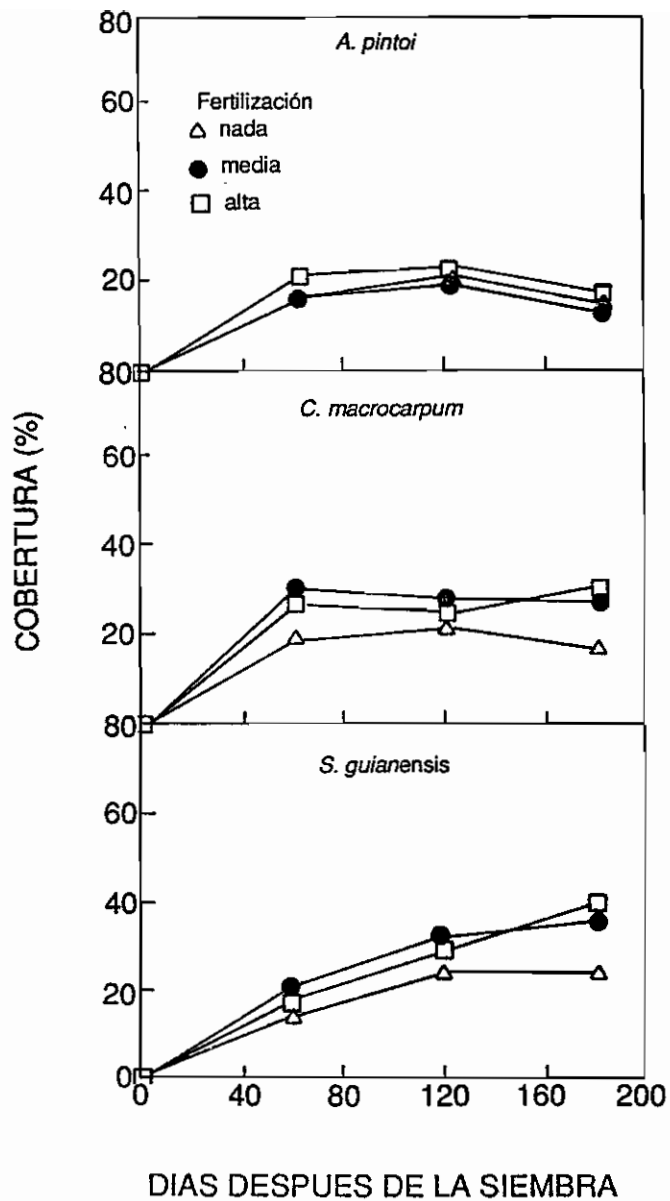


Figura 9. Cobertura al establecimiento de *Arachis pintoi*, *Centrosema macrocarpum*, y *Stylosanthes guianensis* como resultado de tres niveles de fertilización. El nivel de fertilización medio es igual a 10, 30, 10, y 10 kg ha<sup>-1</sup>, y el alto es igual a 20, 40, 20, y 20 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, y 6, respectivamente, promedio de 4 repeticiones. Pucallpa, Perú.

#### 1.4 Control de Torourco al establecimiento

Uno de los problemas asociados con la siembra de pasturas mejoradas, sin mecanización, sobre Torourco es la competencia de la vegetación nativa. Alternativas para este control son los herbicidas, el pastoreo intenso antes de la siembra, o el descanso y quema. Las tres alternativas, junto con el control mecanizado, se ensayaron durante el establecimiento de Brachiaria dictyoneura, Arachis pintoii, Centrosema pubescens, y Stylosanthes guianensis.

El ensayo fue llevado a cabo en el fundo El Arriero. Los diferentes tratamientos fueron distribuidos de acuerdo a un diseño de bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas con cuatro repeticiones. Los métodos de control se colocaron en las parcelas principales y las diferentes pasturas mejoradas en las subparcelas. El tamaño de las subparcelas fue de 3 x 6 m. El herbicida usado fue glyphosato a 1.5 L ha<sup>-1</sup> pc. El pastoreo intenso se aplicó mediante la introducción de vacunos a una carga estimada de 100 animales ha<sup>-1</sup> por 24 horas acumuladas (3 días, 8 h por día). El descanso y quema consistió en dejar descansar la pastura por un año, quemarla y sembrar. El control mecanizado se hizo con dos pases cruzados de rastra pesada de discos. La siembra de las especies mejoradas se realizó en línea, con un distanciamiento de 0.50 m entre líneas. Las pasturas fueron fertilizadas con 10, 30, 10, y 10 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, y S, respectivamente. Se midió la cobertura de las especies sembradas a 60, 120, y 180 días después de la siembra.

El tratamiento de descanso y quema aún se sembrará el año próximo. Solamente se discuten los efectos del uso de herbicidas y del pastoreo intenso. No hubo interacción métodos de control x especies. Los efectos están expresados

en promedio de las especies. El control mecanizado produjo una cobertura de las especies mejoradas mayor que la obtenida con el uso de pastoreo intenso pero no superó la cobertura obtenida con uso del herbicida (Fig. 10). Esto sugiere que de las dos alternativas hasta ahora evaluadas, el uso de glyphosato a 1.5 L ha<sup>-1</sup> pc se muestra como la más viable.

#### 1.5 Agresividad de pasturas mejoradas sembradas directamente sobre Torourco. Efecto de la tasa y densidad de siembra

Una mejora de la capacidad de competencia de las pasturas mejoradas puede ser lograda aumentando el número de plantas, ya sea con una mayor densidad de siembra (distanciamiento entre hileras) o una mayor cantidad de semilla por ha.

En este ensayo se sembraron Arachis pintoii, Centrosema macrocarpum, y Stylosanthes guianensis con tres densidades de siembra: 0.25, 0.50 y 1.00 m entre líneas y con tres tasas de siembra: media, una, y dos veces la tasa de siembra recomendada. Ambos factores fueron combinados factorialmente. Los 27 tratamientos generales fueron arreglados en bloques completos al azar con tres repeticiones. El tamaño de parcela usado fue de 3 x 6 m. La metodología para sembrar las especies mejoradas fue la misma que en el ensayo de efecto de la fertilización. Se evaluó el rendimiento de forraje a los 60, 120 y 180 días después de la siembra.

Tanto el distanciamiento como la tasa de siembra incrementaron el rendimiento de forraje de las tres especies evaluadas. Solamente el efecto de la tasa de siembra en el rendimiento de forraje a los 180 días es discutido aquí. La tasa de siembra aumentó lineal y significativamente ( $p < 0.014$ ) el rendimiento de forraje (Fig. 11). Las diferencias en rendimiento entre especies fueron marcadas ( $p < 0.0001$ ).

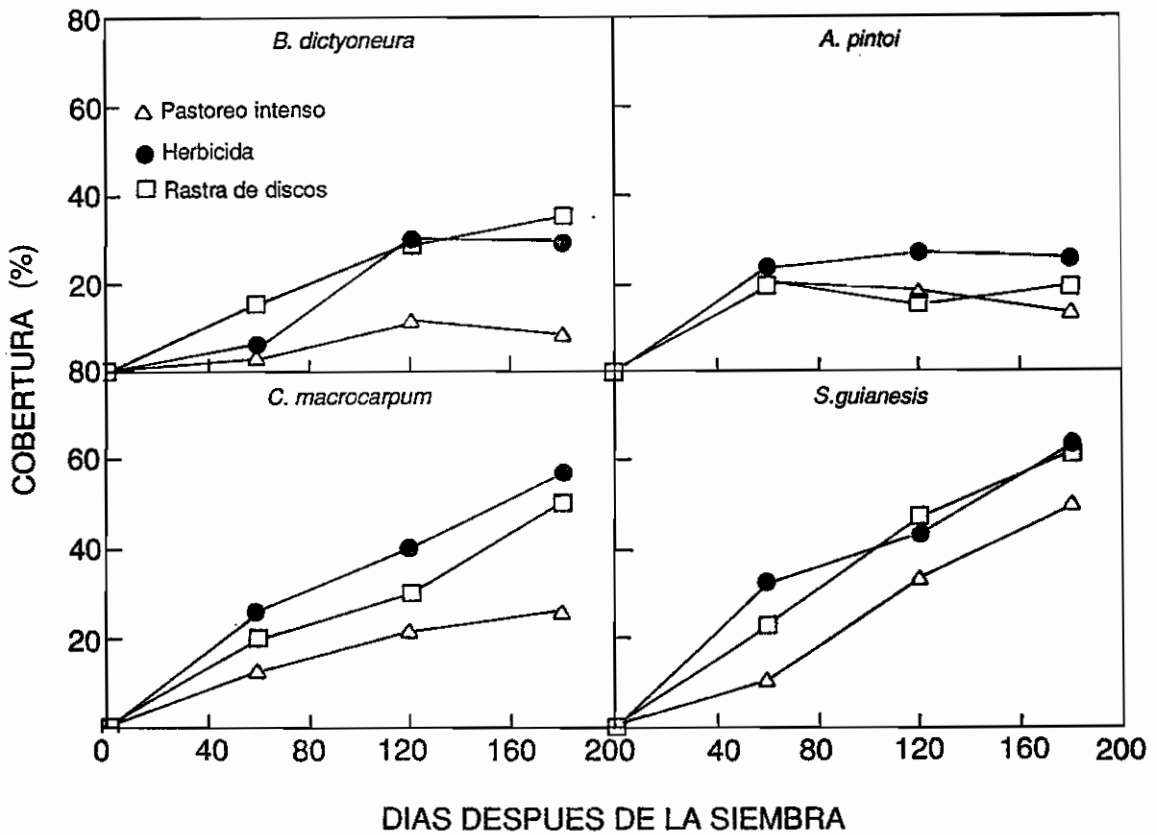
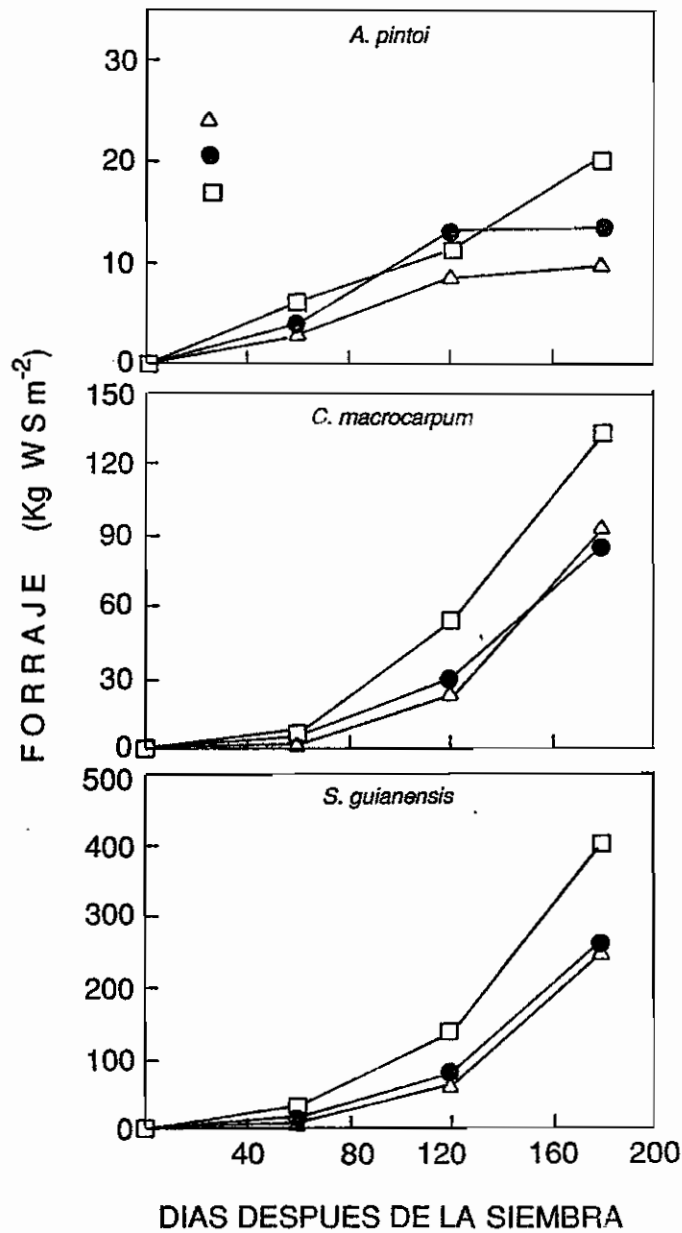


Fig. 10. Cobertura al establecimiento de *Brachiaria dictyoneura*, *Arachis pintoii*, *Centrosema macrocarpum*, y *Stylosanthes guianensis* como resultado de tres métodos de control de la vegetación nativa (Torourco). Herbicida = Glyphosato,  $1.5 \text{ L ha}^{-1}$  Pastoreo intenso = aproximadamente  $100 \text{ animales ha}^{-1} 24 \text{ h}^{-1}$ . El laboreo se hizo con dos pases de rastra pesada. Promedio de cuatro repeticiones. Pucallpa, Perú.





**Fig. 11.** Rendimiento de forraje de *Acharis pintoi*, *Centrosema macrocarpum*, y *Stylosanthes guianensis* 3 tasas de siembra baja = mitad de la tasa de siembra recomendada, media = igual que la tasa recomendada, alta = doble de la tasa recomendada. Promedio de cuatro repeticiones. Pucallpa , Perú.

En este sentido S. guianensis superó largamente a C. macrocarpum, y ésta, a su vez, obtuvo un rendimiento casi diez veces superior al de A. pintoí. No hubo interacción especies x tasa de siembra.

El incremento del número de plantas, ya sea por intermedio de un aumento en la densidad o en la tasa de siembra, parece ser una manera efectiva de aumentar la capacidad de competencia de especies mejoradas cuando son sembradas directamente sobre Torourco. Sin embargo, el alto costo de la semilla en estas condiciones sugiere que un análisis económico debe ser hecho antes de obtener conclusiones definitivas.

#### 1.6 Impedancia mecánica y crecimiento radicular

El principal efecto de la resistencia a la penetración del suelo es la restricción del crecimiento radicular. Se asume la existencia de valores críticos de impedancia mecánica (IM) por encima de los cuales el crecimiento radicular se ve severamente restringido. Estos valores sirven de criterio de probabilidad de respuesta, en términos de crecimiento radicular, a la disminución de la IM por arado, regeneración espontánea de la estructura, o crecimiento radicular profuso. Los diferentes tratamientos de los experimentos descritos, agrupados convenientemente, proveen una aproximación exploratoria a la relación que existe entre los diferentes valores de IM y el crecimiento radicular.

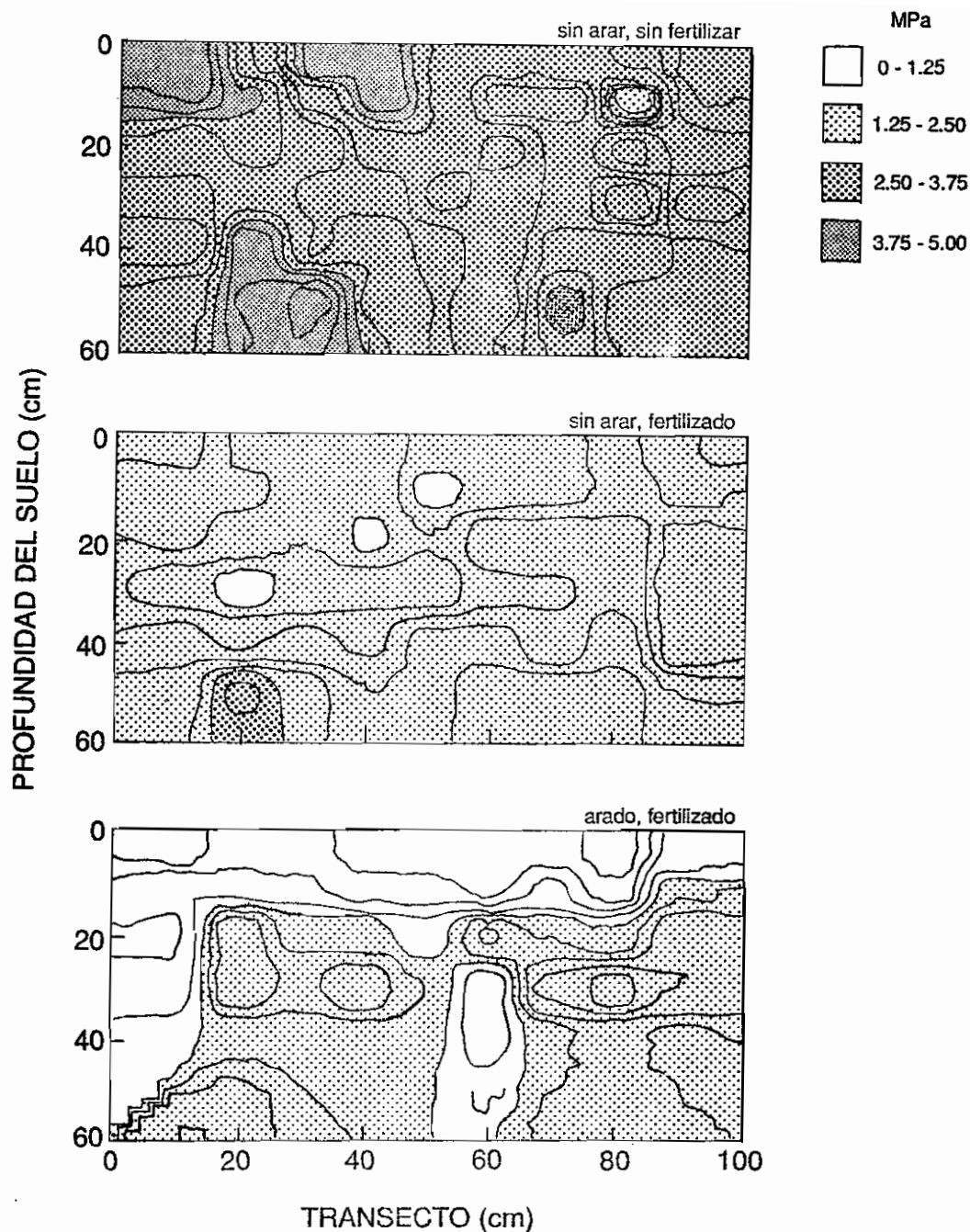
Se seleccionaron tratamientos de los diferentes experimentos descritos para obtener tres grupos experimentales: (1) Sin arar, sin fertilizar, (2) Sin arar, fertilizado, y (3) Arado y fertilizado. Estos grupos se combinaron factorialmente con las especies Stylosanthes guianensis, Centrosema macrocarpum, y Arachis pintoí. Las nueve combinaciones así generadas fueron repetidas cuatro veces en un diseño completamente al azar. En cada

una de las parcelas se seleccionaron dos hileras de plantas, paralelas y adyacentes, de 1 m de longitud cada una. Entre estas dos hileras se trazó un transecto perpendicular a las hileras con intervalos cada 0.10 m. Tanto las hileras de plantas, como los intervalos del transecto fueron fijados con pequeños banderines. En cada uno de los intervalos del transecto se midió la IM a profundidades de 0.05, 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, y 0.50 m.

En hileras simples, adyacentes a las hileras dobles, y también fijadas con banderines, se midió la longitud radicular de las especies sembradas a una distancia de 0.10 m, perpendicular a la hilera, y a las mismas profundidades que la IM, en las mismas fechas en que se midió la IM. La longitud radicular fue medida extrayendo cilindros del suelo, separando las raíces por lavado y determinando su longitud indirectamente, mediante la intercepción de las raíces con líneas de una cuadrícula. Previamente se tineron las raíces con rojo Congo para diferenciar raíces vivas y muertas.

La Figura 12 muestra la distribución de la IM, a diferentes intervalos y a diferentes profundidades, en el transecto entre hileras de S. guianensis, a 180 días después de la siembra. Debido a su naturaleza regional, la distribución de la IM se hizo en forma continua, usando líneas de contorno. Podemos observar en la Figura 12 que el arado efectivamente modificó la distribución de la IM, disminuyéndola de un rango de 1.25 a 3.75, hasta un rango de 0 a 1.25 MPa, a una profundidad de aproximadamente 0.15 m.

En la Figura 13 se muestra la distribución de la longitud radicular de S. guianensis a diferentes profundidades para cada uno de los tratamientos descritos en la Figura 12. En ningún caso hubo diferencias en la longitud radicular para los tres tratamientos en cualquier profundidad. Los rangos de



**Fig. 12.** Distribución de la impedancia mecánica del suelo a diferentes profundidades y a diferentes posiciones entre dos hileras de plantas de *Stylosanthes guianensis* (posiciones 0 y 100 cm en el transecto). A 180 días después de sembradas. Pucallpa, Perú.

IM encontrados en los dos tratamientos sin arar son considerados suficientes para inhibir el desarrollo radicular de maíz en suelos arcillosos o francos. Si los valores de IM del tratamiento arado a una profundidad de 0 a 0.15 m son lo suficientemente bajos para permitir un crecimiento radicular normal, estos resultados sugieren que las raíces de S. guianensis son capaces de crecer normalmente aún a valores de IM tan altos como 3.75 MPa.

La naturaleza preliminar, y más bien puntual de estos resultados limitan la extensión de nuestras conclusiones. Ellos, sin embargo, sugieren fuertemente que los criterios de diagnóstico de la IM para nuestras especies forrajeras y para nuestros suelos serían diferentes que los normalmente encontrados en la literatura.

## 2. CONTRIBUCION DE N DE Desmodium ovalifolium

Una de las ventajas de la inclusión de leguminosas en pasturas de gramíneas es la introducción de N al sistema como producto de la fijación simbiótica de la leguminosa. Esta contribución se refleja en un incremento en la productividad de la biomasa de la mezcla y en un aumento de su contenido de N, tanto por transferencia a la gramínea como por la misma presencia de la leguminosa. La consecuencia de esta contribución es un aumento en la productividad animal del sistema. Este aumento es tanto más notorio cuanto más deficiente es el balance de N del sistema original.

El experimento que se describe es continuación de uno originalmente establecido en 1985. En el experimento original el objetivo principal era cuantificar la contribución de Desmodium ovalifolium a una mezcla con Brachiaria decumbens, en términos de incremento en la productividad de la pastura, aumento de la concentración de N de B. decumbens, aumento del contenido de N de la biomasa, así como

tratar de identificar y cuantificar algunas de las principales avenidas de esta contribución. A partir de 1988 este experimento fue modificado y conducido por el Proyecto de Pasturas Tropicales de INIAA. A fines de 1989 el Proyecto de Recuperación de Pasturas en Trópico Húmedo del CIAT tomó a su cargo este ensayo, siempre con los mismos objetivos. El diseño experimental refleja las modificaciones hechas por INIAA.

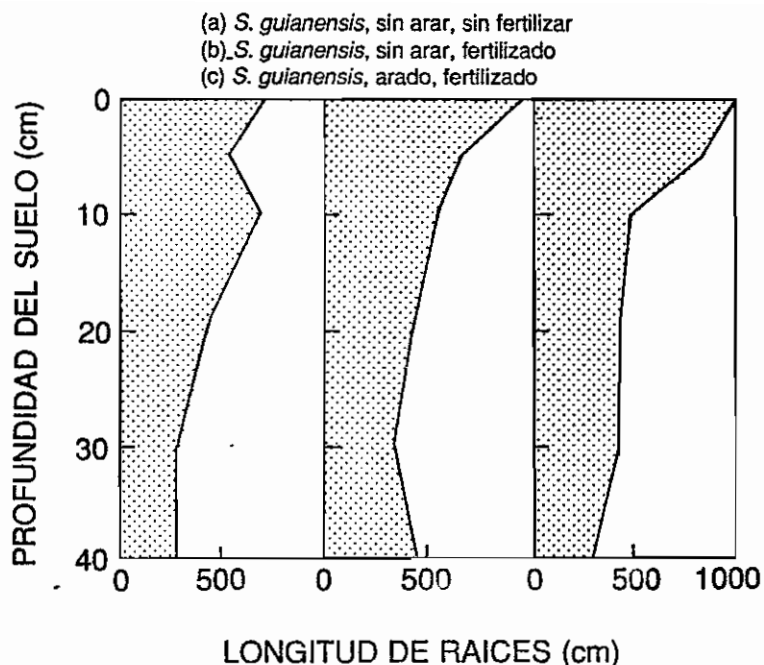
El experimento consiste de los siguientes tratamientos:

- (1) Brachiaria decumbens con 0 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- (2) Brachiaria decumbens con 150 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- (3) Brachiaria decumbens con 300 kg N ha<sup>-1</sup> año<sup>-1</sup>
- (4) Brachiaria decumbens-Desmodium ovalifolium

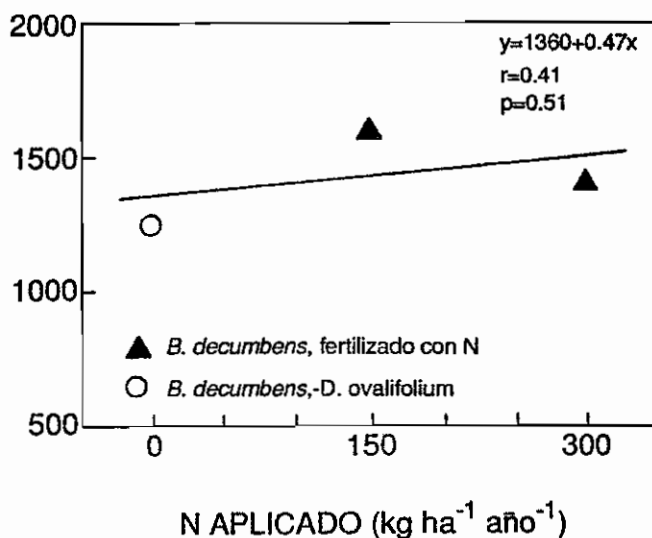
Estos cuatro tratamientos están arreglados en un diseño de bloques completos al azar con dos repeticiones. El tamaño de parcelas es de 0.66 ha. Cada parcela consiste en dos potreros de 0.33 ha cada uno, no adyacentes. El sistema de pastoreo es alterno, con períodos de alternancia que varían entre 14 y 28 días. La carga es fija e igual para todos los tratamientos, y es de aproximadamente 1200 kg PV ha<sup>-1</sup>. Los animales usados son tanto cruzados Cebú-Brown Swiss, como Cebú puro, convenientemente balanceados en cada tratamiento.

Las principales variables evaluadas fueron productividad de la biomasa, composición botánica y productividad animal. Los resultados que se describen corresponden a 140 días de pastoreo.

La Figura 14 muestra la respuesta en productividad de B. decumbens tanto a la aplicación de N como a la inclusión de D. ovalifolium. En general, ni la aplicación de N, ni la inclusión de D. ovalifolium lograron incrementar significativamente la productividad de la



**Fig. 13.** Distribución de la longitud radicular de *Stylosanthes guianensis* en diferentes profundidades del suelo como producto de tres diferentes tratamientos de arado y fertilización. A 180 días después de la siembra. Promedio de 4 repeticiones. Pucallpa, Perú.



**Fig. 14.** Rendimiento de *Brachiaria decumbens* fertilizado con N o en asociación con *Desmodium ovalifolium*, bajo pastoreo. Promedio de 2 repeticiones por corte durante un período de 140 días. Pucallpa, Perú.

biomasa durante estos 140 días de evaluación. Numerosas causas pueden haber contribuido a esta falta de respuesta. La mayor parte de este período inicial de evaluación ha sido caracterizado por severos déficits de precipitación los cuales pueden haber prevenido una respuesta. Otra causa puede haber sido el cambio de sistema de pastoreo. Inicialmente este ensayo se maneja con carga variable tratando de mantener una presión de pastoreo constante. Este sistema pudo haber provocado subutilización de la pastura. Esperamos que este nuevo sistema de pastoreo ponga real presión sobre la pastura y permita expresar la respuesta a los tratamientos.

La Figura 15 muestra la evolución del contenido de D. ovalifolium desde que se inició el experimento. El contenido de D. ovalifolium a través del tiempo parece ajustarse bien a un modelo de incremento y estabilización planteado por los investigadores de Productividad y Calidad de Pasturas en 1987. El contenido de D. ovalifolium parece haberse estabilizado alrededor de 50%. Estos resultados son interesantes si tomamos en cuenta que existe la tendencia a considerar a D. ovalifolium una leguminosa inestable y con tendencias a dominar y hacer desaparecer a cualquier gramínea asociada.

La fertilización con N o la inclusión de D. ovalifolium no tuvieron ningún efecto en la productividad animal (Fig. 16). Aunque la respuesta de B. decumbens a N es algo más marcada que en el caso de la productividad de la biomasa, es poco significativa ( $p < 0.16$ ). La productividad de la mezcla, por otro lado, fue prácticamente la misma que la de B. decumbens solo sin N. La falta de productividad animal de los tratamientos de B. decumbens fertilizado con N es un reflejo de la ausencia de respuesta en productividad de la biomasa. En el caso de la mezcla existe otro factor

que es la baja palatabilidad de D. ovalifolium.

Reiteramos la naturaleza preliminar de los resultados y se está a la espera de datos accesorios, especialmente de concentración de N de los componentes de la biomasa, de selectividad animal y de selectividad animal que nos ayuden a interpretar mejor nuestros resultados.

### 3. RECUPERACION DE UNA PASTURA DEGRADADA DE Brachiaria decumbens MEDIANTE LA INTRODUCCION DE Centrosema macrocarpum

Los preliminares de este ensayo fueron presentados en el informe anual de 1988. Básicamente este es un ensayo con dos tratamientos: B. decumbens solo y B. decumbens con la inclusión de D. ovalifolium. El diseño es de bloques completos al azar con dos repeticiones. El sistema de pastoreo es alterno, la carga es fija e igual para ambos tratamientos: 4 animales ha<sup>-1</sup>. Este ensayo se viene pastoreando desde Abril de 1989, sin embargo la disponibilidad de datos es irregular debido a que muchos de ellos se perdieron en el incendio de la Estación de IVITA.

Los datos disponibles (Cuadros 2, 3, y 4) indican que la inclusión de C. macrocarpum no incrementó la productividad de la biomasa de la pastura, ni la digestibilidad del forraje disponible, ni la concentración de N del forraje seleccionado. Desafortunadamente no disponemos de datos accesorios como contenido de N de los componentes de la mezcla o composición botánica del forraje seleccionado, los cuales podrían ayudarnos a explicar esta falta de respuesta. Muchos de estos datos se han perdido y otros aún no están disponibles. El bajo contenido de C. macrocarpum en la pastura (Fig. 17) podría explicar parcialmente esta ausencia de efecto. Después de 24 meses de pastoreo el porcentaje de la leguminosa en la pastura parece haberse estabilizado entre 15 a 20%.

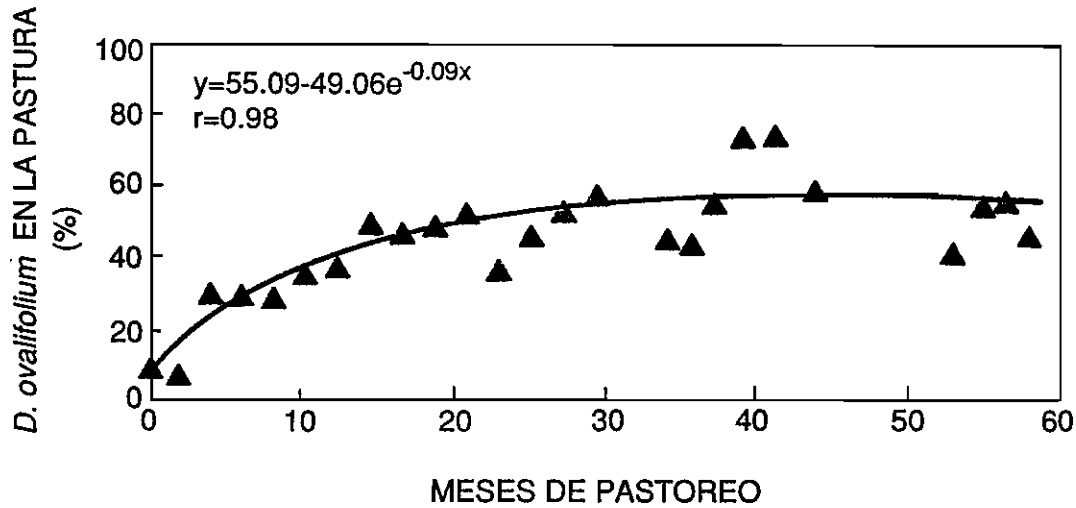


Fig. 15. Evolución del contenido de *Desmodium ovalifolium* en una mezcla con *Brachiaria decumbens* durante 60 meses de pastoreo. Pucallpa, Perú.

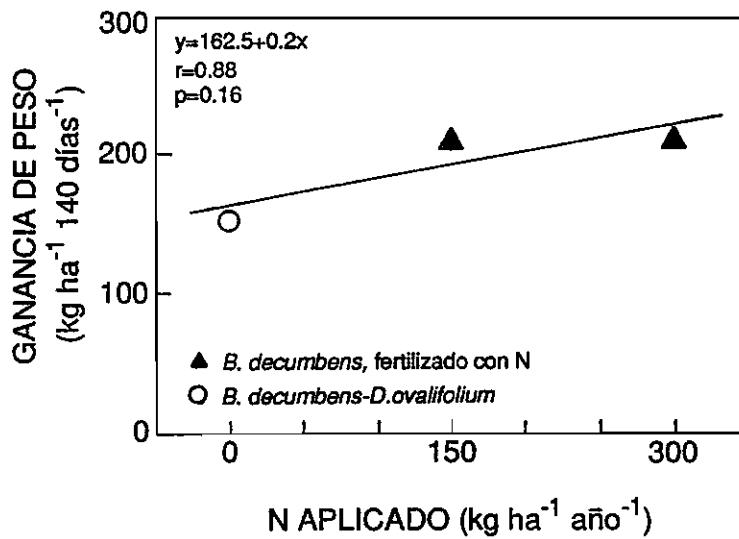


Fig. 16. Ganancias de peso de animales pastoreando *Brachiaria decumbens* fertilizado con N o en asociación con *Desmodium ovalifolium*. Promedio de 2 repeticiones.

Cuadro 2. Productividad de la biomasa para Brachiara decumbens solo y su mezcla con Centrosema macrocarpum a diferentes ciclos de pastoreo. Promedio de dos repeticiones. IVITA, Pucallpa, Perú.

Ciclo de Pastoreo	Fecha	<u>B. decumbens</u>	<u>B. decumbens-C. macrocarpum</u>
		----- Biomasa (kg ha <sup>-1</sup> ) -----	
7	29 Diciembre 1989	1478	954
8	23 Febrero 1990	1365	1290
9	13 Abril 1990	1000	1063
10	15 Junio 1990	1736	1417
11	10 Agosto 1990	1763	1226
12	16 Noviembre 1990	2758	3457 <sup>1</sup>

1. p < 0.04.

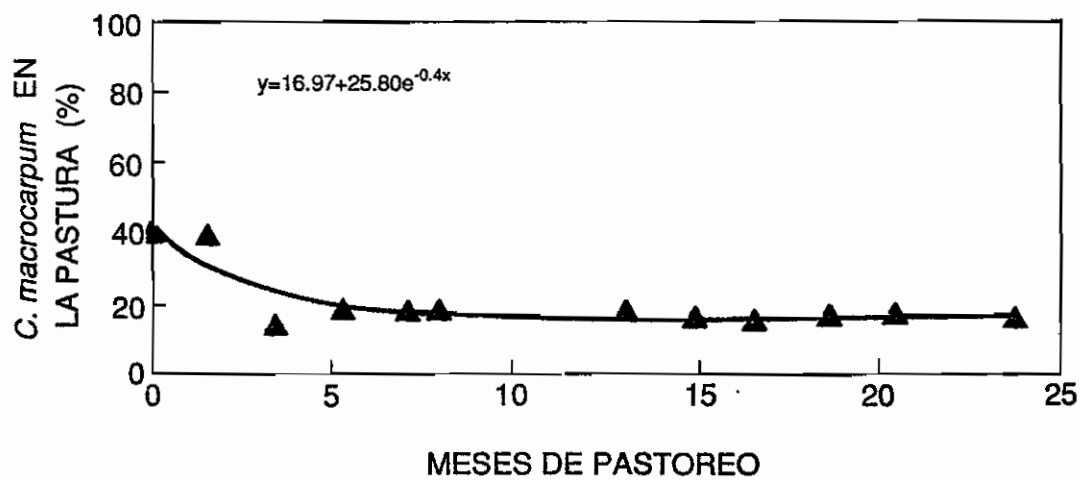


Cuadro 3. Digestibilidad del forraje disponible de Brachiaria decumbens y su mezcla con Centrosema macrocarpum. Promedio de dos repeticiones. IVITA, Pucallpa, Perú.

Ciclo de Pastoreo	Fecha	<u>B. decumbens</u>	<u>B. decumbens-C. macrocarpum</u>
2	23 Abril 1989	71.0	70.4
3	2 Junio 1989	66.2	65.5
4	7 Julio 1989	67.9	66.6
5	14 Octubre 1989	66.5	63.6

Cuadro 4. Concentración de N del forraje seleccionado de una pastura de Brachiaria decumbens solo y de su mezcla con Centrosema macrocarpum. Promedio de dos repeticiones. IVITA, Pucallpa, Perú.

Ciclo de Pastoreo	Fecha	<u>B. decumbens</u>	<u>B. decumbens-C. macrocarpum</u>
2	23 Abril 1989	12.3	9.6
3	2 Junio 1989	11.4	10.9
4	7 Julio 1989	10.4	11.5
5	14 Octubre 1989	9.6	9.7



**Fig. 17.** Evolución del contenido de *Centrosema macrocarpum* en una mezcla con *Brachiaria decumbes* durante 25 meses de pastoreo. Pucallpa, Perú.

## 14. RECUPERACION DE PASTURAS - TROPICO HUMEDO

### RESUMEN

Con el objeto de desarrollar tecnología de bajos insumos para la recuperación de pasturas degradadas en el trópico húmedo, las actividades en esta sección se concentraron durante 1990 en tres iniciativas: 1) recuperación de pasturas nativas (Torourco) degradadas sin mecanización; 2) contribución de N de Desmodium ovalifolium a una asociación con Brachiaria decumbens, y 3) recuperación de una pastura degradada de B. decumbens mediante la introducción de Centrosema macrocarpum. Todos los trabajos de investigación se realizan dentro de un convenio cooperativo con INIAA e IVITA en la zona de Pucallpa, Perú.

Teniendo en cuenta que la baja disponibilidad y el alto costo de la mecanización son las principales limitaciones para la recuperación de una gran extensión de pasturas degradadas, en su mayoría nativas, en el trópico húmedo, se considera muy importante buscar alternativas al empleo de maquinaria que fueran física y económicamente accesibles.

El éxito relativo de las alternativas a la mecanización se sustenta, entre otros factores, en una adecuada información acerca de las propiedades, especialmente físicas, del suelo. La principal expresión del deterioro de las propiedades físicas del suelo es la compactación. Esta, cuando es medida con un penetrómetro, se denomina impedancia mecánica (IM). Los valores de IM medidos en un Torourco degradado a profundidades de 0.10, 0.20, 0.30 y 0.40 m oscilaron alrededor de 0.87 MPaa, registrándose 2 máximos a 0.10 y 0.40 m de profundidad. Los valores de IM a 0.10 m de profundidad (1.02 MPaa) parecen ser marginales.

Una de las limitaciones en el establecimiento de pasturas mejoradas directamente sobre Torourco es la competencia de la vegetación nativa. La predicción del cambio en la composición botánica de Torourco como reacción a diferentes operaciones de establecimiento es útil para ayudar a diseñar medidas efectivas de control de malezas. En este contexto se efectuó un ensayo en 3 fincas de Pucallpa con 3 tipos de Torourco, con predominancia de 1) Axonopus compressus + Mimosa pudica, 2) A. compressus + Paspalum vignum, y 3) Homolepis aturensis. El ensayo consistió en la aplicación de las siguientes operaciones de establecimiento: arado, fertilización, herbicida sistémico, herbicida de contacto, interrupción del pastoreo, interrupción del pastoreo por un año y quema. En forma preliminar se concluye que los efectos más marcados fueron en respuesta a la aplicación del herbicida sistémico y el empleo de maquinaria, resultando en una reducción de la cobertura total de la biomasa y un cambio en la composición botánica hacia el predominio de malezas de hoja ancha. En el Torourco con predominio de H. aturensis este efecto fue más marcado, aún con el uso de herbicida de contacto.

Para lograr un establecimiento exitoso de pasturas mejoradas sembradas directamente sobre Torourco, es sumamente importante que éstas tengan alta capacidad de competencia con las especies nativas. Asumiendo que las pasturas mejoradas tienen una mayor capacidad de respuesta a la disponibilidad de nutrientes, se estudió el efecto de la fertilización en el establecimiento de varias especies mejoradas. Los resultados preliminares sugieren que la utilización de aún pequeñas cantidades de fertilizantes pueden contribuir a la agresividad de

especies promisorias para la región tales como Arachis pintoii, Centrosema macrocarpum y Stylosanthes guianensis cuando éstas son sembradas sin mecanización sobre Torourco. Igualmente, la capacidad de competencia de estas 3 especies se pudo aumentar al incrementar el número de plantas, ya sea mediante una mayor tasa o una mayor densidad de siembra.

Uno de los problemas asociados con la siembra de pasturas mejoradas, sin el empleo de maquinaria, sobre Torourco es el control de la vegetación nativa. Alternativas para el control mecanizado son los herbicidas, el pastoreo intenso antes de la siembra, o el descanso y quema, las cuales se ensayaron durante el establecimiento de Brachiaria dictyoneura, A. pintoii, C. pubescens y S. guianensis. El control mecanizado produjo una cobertura de las 4 especies mayor que la obtenida con el uso de pastoreo intenso, pero no superó la cobertura obtenida con el uso de herbicida sistémico. El tratamiento de descanso y quema se sembrará el año próximo.

En un ensayo originalmente establecido en 1985, se están evaluando actualmente el efecto de la inclusión de Desmodium ovalifolium en una pastura de Brachiaria decumbens en comparación con una pastura de B. decumbens sola

fertilizada con 0, 150 y 300 kg N/ha/año, en cuanto a productividad de la biomasa y productividad animal. Los datos preliminares muestran que ni la aplicación de N, ni la inclusión de D. ovalifolium lograron incrementar significativamente la productividad de la biomasa durante los 140 días de evaluación. Igualmente, la fertilización con N o la inclusión de la leguminosa no tuvieron ningún efecto en la productividad animal.

El contenido de D. ovalifolium parece haberse estabilizado alrededor del 50%. Se está en espera de datos adicionales, especialmente de concentración de N de la biomasa y de selectividad animal que ayuden a interpretar los datos.

En la estación de IVITA se recuperó una pastura degradada de B. decumbens mediante la introducción en franjas de C. macrocarpum. Desde hace 2 años se viene evaluando bajo pastoreo esta asociación, en comparación con la pastura de B. decumbens solo. Los datos indican que la inclusión de C. macrocarpum no incrementó la productividad de la biomasa de la pastura, ni la digestibilidad del forraje disponible, ni la concentración de N del forraje seleccionado. El bajo contenido de la leguminosa en la pastura podría explicar parcialmente esta ausencia de efecto. Después de 24 meses de pastoreo, la proporción de C. macrocarpum en la pastura parece haberse estabilizado entre 15 y 20%.

40525

## 15. Desarrollo de Pastos Cerrados

### PANORAMA ACTUAL DE LA INVESTIGACION EN PASTURAS

A manera de introducción al informe anual de este año sobre el desarrollo de pasturas en los Cerrados de Brasil, se presenta una revisión breve y muy personal del panorama actual de la investigación en pasturas en la región de los Cerrados. Aunque el autor asume total responsabilidad por los criterios expresados, se considera que éstos representan un consenso amplio entre los investigadores en pasturas de CPAC.

En el Cuadro 1 se presenta un resumen

Cuadro 1. Panorama actual de la investigación en pasturas - Cerrados.

Area	Puntaje <sup>1</sup>	Prioridades <sup>1</sup>
Germoplasma		
gramíneas	8	2
leguminosas	4	1
Establecimiento de Pasturas	9	3
Manejo de Pasturas		
manejo del pastoreo	6	1
mantenimiento de la fertilidad	5	2
Renovación de pasturas	7	1
Integración de cultivos/pasturas	3	1

1/ Los puntajes van de 1 (menor avance) a 10 (mayor avance). Las prioridades van de 1 (mayor) a 3 (menor).

de los puntajes actuales de avance de las diferentes áreas de interés, al igual que las prioridades sugeridas para investigación futura.

### GERMOPLASMA

Las gramíneas reciben un puntaje más bien alto y una prioridad relativamente baja, debido a que ya existen varias opciones para los productores, aunque cada opción tenga serias limitaciones. Además, los programas activos de investigación de varios centros, que poseen por lo menos tres géneros promisorios, deben generar nuevas opciones que superen las limitaciones actuales durante la próxima década. Especialmente promisorios son los programas de fitomejoramiento con el género Brachiaria, que posee excelentes perspectivas para superar la susceptibilidad al salivazo a la vez que mantiene una excelente adaptación a los suelos ácidos de baja fertilidad, mejora la calidad y elimina los problemas de fotosensibilización. El género Panicum, y especialmente la especie Panicum maximum, está representado por una vasta colección de material que se está estudiando en varios centros de investigación, con buenas perspectivas para obtener a corto plazo líneas más productivas, mejor adaptadas y de alta calidad. El género Paspalum se ha ignorado durante mucho tiempo aunque América tropical es el centro de origen de muchas especies que se adaptan bien a condiciones edáficas y climáticas adversas y que poseen un gran potencial de producción.

Actualmente se está evaluando en CPAC un amplio rango de materiales nativos con excelentes perspectivas para obtener líneas bien adaptadas y altamente productivas para las áreas bajas mal drenadas y para los suelos altos, con buen drenaje.

Las especies de gramíneas más ampliamente sembradas presentan en su totalidad limitaciones severas. Del estimado de 40 millones de hectáreas de pasturas sembradas en la región de los Cerrados, 70 a 80 por ciento está sembrado de Brachiaria decumbens. La limitación más grave de esta especie es su extrema susceptibilidad al salivazo. Como consecuencia, en las áreas donde el insecto es endémico y el daño es severo, B. decumbens está siendo reemplazada por otras especies, principalmente Brachiaria brizantha cv. Marandú, Andropogon gayanus cv. Planaltina y, en mejores suelos, por varios cultivares de Panicum maximum. Marandú es muy resistente al salivazo pero se adapta bastante mal a los suelos de baja fertilidad y tiene la reputación de ser muy productivo durante el primero y quizás el segundo año, pero disminuyendo muy rápidamente después. Observaciones recientes en Brasil y Colombia indican que la alelopatía puede constituir un problema para las leguminosas asociadas en pasturas de Marandú.

Andropogon se adapta bien a las condiciones edáficas y climáticas de los cerrados y es altamente apreciada por los productores, debido a su recuperación rápida y crecimiento inicial durante la estación lluviosa, contrastando con las Brachiarias en este aspecto. Desafortunadamente, es una de las gramíneas más difíciles de establecer, principalmente debido a su depredación severa por insectos durante la fase de plántula. Las plántulas son de poco vigor y de establecimiento lento, muy susceptibles al barrenador del tallo Elasmopalpus lignocellus, a las hormigas cortadoras de hojas y a una amplia gama de otros insectos

comedores de hojas.

Las leguminosas reciben un puntaje bastante bajo y una prioridad muy alta. El puntaje bajo se debe a las pocas opciones disponibles para los productores, al futuro incierto de las leguminosas en la región de los cerrados y a la poca credibilidad entre productores e investigadores del enfoque sobre las pasturas a base de leguminosas. La mayor prioridad asignada a la investigación en esta área refleja la convicción, con base en la experiencia, de que las leguminosas forrajeras son un ingrediente esencial para la sostenibilidad de la pastura. El primer factor limitante de la productividad de las pasturas en regiones tropicales bajas es casi siempre el nitrógeno. La única leguminosa comercial disponible para los productores de los cerrados es Calopogonium mucunoides. Se comporta esencialmente como un cultivo anual y en su función primaria se la ve como cultivo de abono verde, a menudo en asociación con el arroz. A nivel de investigación, existen pocas leguminosas promisorias que han alcanzado el estado avanzado de evaluación bajo pastoreo. En el género Stylosanthes las especies más promisorias son S. guianensis var. pauciflora y var. vulgaris, S. capitata y S. macrocephala. S. capitata y S. macrocephala son rústicas y extremadamente persistentes en términos de mantenimiento de la población, aunque los materiales actualmente en evaluación son líneas de floración temprana que se defolían antes de comenzar la estación seca, contribuyendo poco en términos de biomasa en las pasturas pastoreadas durante la estación seca. S. guianensis var. pauciflora y var. vulgaris son leguminosas vigorosas, agresivas, de floración muy tardía, capaces de crecer y retener follaje verde durante la estación seca, contribuyendo sustancialmente al desempeño animal. Desgraciadamente, ambas se caracterizan por poseer un bajo potencial de semillas y porque su semilla es difícil de cosechar. La línea pauciflora evaluada

no fue tan persistente como S. capitata y S. macrocephala en ensayos de pastoreo realizados previamente en CPAC. Los ensayos actuales, reportados en este documento indican que con un manejo de pastoreo apropiado S. guianensis cv. Bandeirante es altamente persistente y productiva hasta el tercer año de pastoreo.

#### ESTABLECIMIENTO DE PASTURAS

A esta área se le da un puntaje relativamente alto y baja prioridad. Gran parte de la investigación se ha concentrado en el establecimiento de pasturas en varios centros durante las dos últimas décadas y se han definido relativamente bien la mayoría de los componentes de establecimiento de las pasturas como la preparación de camas de semilla, el patrón y la profundidad de siembra, la tasa y la ubicación del fertilizante, y las tasas de siembra. La investigación reciente en CPAC indica que los insectos constituyen a menudo la principal barrera para el establecimiento eficiente de las pasturas en sabanas, suponiendo que la "agronomía" es adecuada. El uso de insecticidas en el surco es bastante eficiente para proteger las plántulas de las pasturas y puede justificarse para siembra experimental donde la semilla y el tiempo son las principales limitaciones. Sin embargo, se requieren urgentemente otras soluciones para la siembra en escala comercial. Algunas especies son especialmente susceptibles a la depredación de insectos durante el establecimiento (como A. gayanus) mientras que otras parecen ser prácticamente inmunes (como B. brizantha cv. Marandú). Es necesario trabajar mucho más para identificar las fuentes de resistencia y/o otros mecanismos de protección de las plántulas contra el daño por insectos.

#### MANEJO DE PASTURAS

Con un germoplasma bien adaptado y con un establecimiento exitoso de las pasturas, varios componentes del manejo

de las pasturas se convierten en los principales determinantes de la estabilidad y de la productividad. Tanto el manejo del pastoreo como el mantenimiento de la fertilidad reciben puntajes intermedios, recibiendo el manejo del pastoreo la mayor prioridad y el mantenimiento de la pastura una prioridad intermedia. El efecto de las estrategias de manejo del pastoreo y de la fertilidad en el comportamiento de las especies y en la interacción especie x especie es objeto de investigación actual por parte de esta sección y sus resultados se presentan en este informe. La importancia de la interacción fertilidad x especie es obvia en el ambiente de los cerrados brasileños donde muchas pasturas se están sembrando actualmente después de ciclos de cultivos anuales durante los cuales la fertilidad de los suelos y la saturación de bases mejoran sustancialmente.

Aunque se está logrando un avance razonable en la comprensión de los efectos del manejo del pastoreo en la estabilidad y en la productividad de las pasturas, hasta ahora se sabe poco de los principios subyacentes. Lo que falta es una base fisiológica y ecológica sensata para hacer recomendaciones sobre manejo del pastoreo. Es ésta el área a la cual se debe dar mayor prioridad.

#### RENOVACION DE PASTURAS

Durante los últimos 15 años se ha hecho abundante y excelente trabajo en renovación de pasturas en los cerrados y actualmente se encuentran en curso investigaciones para refinar el conocimiento sobre técnicas de renovación, especialmente las que involucran cultivos anuales. Por lo tanto, el puntaje para esta área es relativamente alto. No obstante, se le asigna una prioridad muy alta debido al gran porcentaje de pasturas degradadas en la región de los cerrados. Con base en una encuesta rural rápida, realizada recientemente, se estimó que 90 por

ciento del área total en pasturas en las regiones visitadas al sur de Goiás, Minas Gerais y Mato Grosso estaban en estado avanzado de degradación, con niveles muy bajos de producción. La mayoría del trabajo requerido en esta área probablemente debe hacerse directamente en las fincas para que sirva como validación y como transferencia de tecnología.

#### INTEGRACION DE CULTIVOS Y PASTURAS

A esta área se le asigna el menor puntaje y la mayor prioridad. Prácticamente no se ha realizado ningún trabajo sistemático para documentar las ventajas y las limitaciones del cultivo continuo o de las pasturas continuas, ni las ventajas potenciales de las rotaciones de cultivos anuales con pasturas perennes. Existe una necesidad obvia de estudiar los efectos de los componentes de los sistemas integrados en los factores edáficos y bióticos, en la conservación de los recursos y en la productividad de los sistemas. También deberían evaluarse, a corto y a largo plazo, el impacto económico de la integración y sus beneficios sociales potenciales, negativos o positivos.

#### AVANCES DE LA INVESTIGACION

##### Investigación en curso

Los ensayos sobre establecimiento de pasturas, establecidos por la sección durante la estación de 1989/1990 se protegieron en su totalidad con la aplicación en surcos de insecticidas sistémicos. El resultado fue el establecimiento excelente de todos los ensayos. Al parecer, la investigación futura sobre el establecimiento de pasturas debería concentrarse en la protección de las plántulas contra el daño por insectos durante la fase de establecimiento. Aunque la protección química es costosa, es mucho más económica que el costo resultante del fracaso del establecimiento seguido por la resiembra, aún sin garantía de que el establecimiento tendrá éxito. El

nivel de daño por insectos experimentado durante los últimos tres años ha dependido mucho del clima. Un período de clima seco después de la emergencia de las plántulas casi inevitablemente condena la siembra a pérdidas severas. Esto es especialmente cierto para las gramíneas A. gayanus y P. maximum.

#### MANEJO DE PASTURAS

El ensayo sobre estrategias de manejo de pastoreo iniciado en 1987 proporciona evidencia contundente sobre la importancia del manejo del pastoreo en la productividad, en la persistencia y en la estabilidad de la pastura. Las pasturas de A. gayanus asociadas con Stylosanthes spp. continúan siendo muy productivas (180 kg/animal/año y 250 kg/ha/año) y persistentes como lo muestran las Figuras 1 y 2. En condiciones de pastoreo continuo o con rotaciones que permiten tres a cuatro semanas de descanso, el contenido de leguminosa al final del segundo año de pastoreo sigue estando en el rango de 40 a 50 por ciento. Con un período de descanso largo de 6 semanas, el contenido de leguminosa ha descendido drásticamente a 15-20 por ciento como lo muestra la Figura 3. En todos los tratamientos, las tasas de carga se ajustan periódicamente para mantener una presión de pastoreo moderada de 4 a 6 por ciento de la disponibilidad de forraje estimada.

Los resultados de este ensayo contrastan notablemente con los de un ensayo realizado a comienzos de los 80 en un terreno colindante y con las mismas gramíneas y leguminosas manejadas en pastoreo continuo con tres tasas de carga fijas. En las pasturas dominaron rápidamente las gramíneas y la producción animal equivalió a aproximadamente la mitad de la del nuevo ensayo. Las leguminosas S. capitata y S. macrocephala fueron muy persistentes en términos de mantenimiento de la población pero contribuyeron muy poco a la biomasa del forraje durante todo el año. Las diferencias considerables observadas en



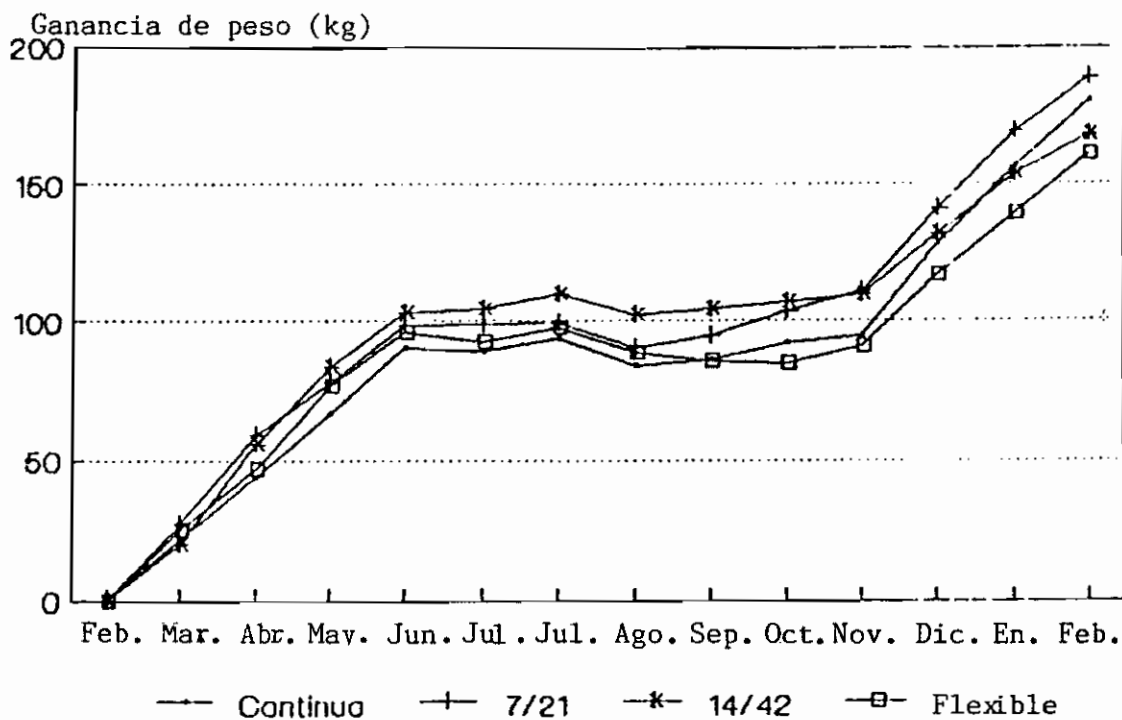


Figura 1. Efecto de los sistemas de pastoreo sobre la ganancia de peso acumulada por animal en pasturas de Andropogon gayanus y Stylosanthes spp. CPAC 1989-90.

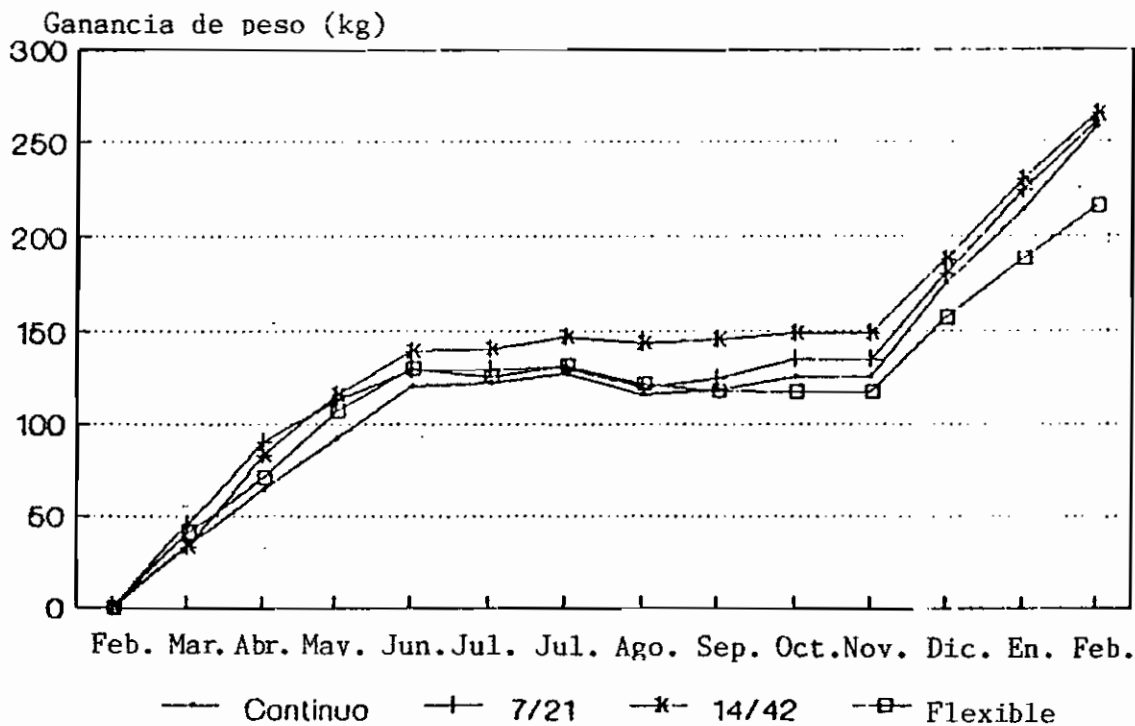


Figura 2. Efecto de los sistemas de pastoreo sobre ganancia de peso acumulada por hectárea en pasturas de A. gayanus v Stylosanthes spp. CPAC 1989-90.

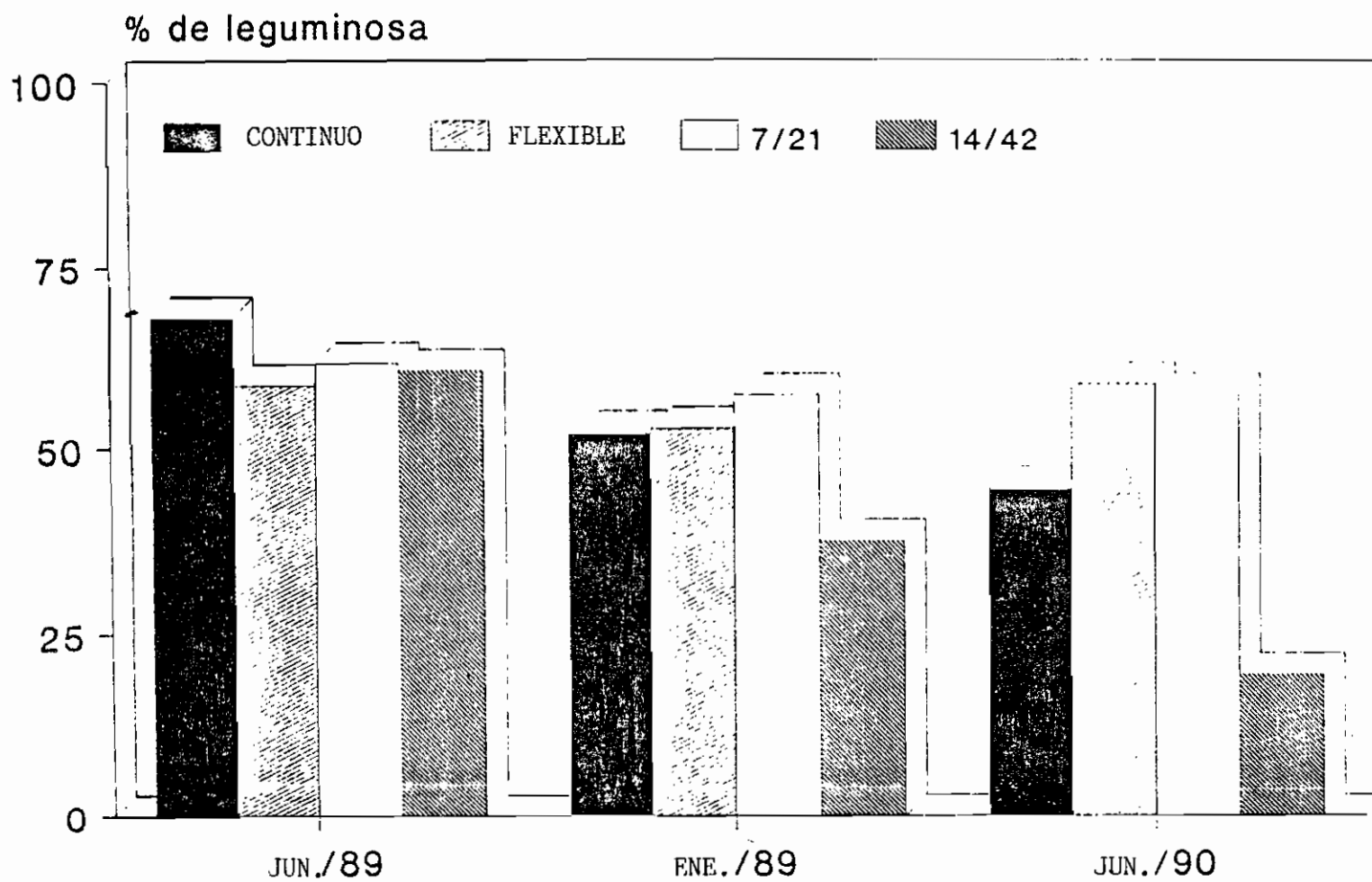


Figure 3. Efecto de los sistemas de pastoreo sobre el porcentaje de leguminosa en pasturas de *A. gayanus* y *Stylosanthes* spp. CPAC 1989-1990.

la estabilidad de la pastura (persistencia y participación de la leguminosa en la producción de biomasa) y en el comportamiento animal probablemente se deban principalmente al uso de tasas de carga variables, para mantener la presión de pastoreo más o menos constante, en vez de al uso de tasas de carga fijas. La última estrategia es claramente más fácil de manejar pero no puede responder a la naturaleza dinámica de las asociaciones de pasturas en los ecosistemas tropicales de sabana. La repetición II de este experimento ha completado actualmente su tercer año de siembra y su segundo año de pastoreo experimental. La repetición I se retrasó un año, y por lo tanto sólo terminó su primer año de pastoreo experimental, a los dos años de la siembra.

FERTILIDAD POR INTERACCION  
ENTRE ESPECIES

En octubre se inició el pastoreo experimental de un nuevo ensayo

sobre compatibilidad de gramíneas-leguminosas, a diferentes niveles de fertilidad. Es ya evidente que la gramínea acompañante ejerce un gran efecto en el establecimiento de la leguminosa. Esto se puede ver claramente en el Cuadro 2, que muestra que el número total de plantas de leguminosa/m<sup>2</sup> varía de casi 30 plantas para Brachiaria decumbens y Andropogon gayanus a sólo 15 plantas para Panicum maximum cv. Centenario. En todos los casos, la mezcla contiene muchas más plántulas de Stylosanthes capitata que de cualquiera de las otras leguminosas. Esto se debe principalmente a la decisión de sembrar un kilo de cada una de las 5 especies que forman el coctel y al hecho de que las semillas de S. capitata son mucho más pequeñas que las de cualquiera de las otras cuatro leguminosas.

EVALUACION EN LA ETAPA "1.5"

Se incluyeron diez gramíneas y diez leguminosas en la primera ronda de

Cuadro 2. Efecto de la gramínea acompañante en el establecimiento de las leguminosas CPAC 1989-1990.

Gramínea	<u>Stylosanthes capitata</u>	<u>Calopogonium mucunoides</u>	<u>Neonotonia wightii</u>	<u>Centrosema brasilianum</u>	<u>Centrosema pubescens</u>	Total
	----- Plantas de la leguminosa/m <sup>2</sup> (23-08-90) -----					
<u>Brachiaria decumbens</u> var. Basilisk	25.0	2.7	1.3	1.3	1.1	31.4
<u>Andropogon gayanus</u> var. Planaltina	22.7	2.5	2.4	1.6	1.1	30.3
<u>Panicum maximum</u> var. Vencedor	16.2	1.7	2.1	1.6	1.2	22.8
<u>Brachiaria brizantha</u> var. Marandú	16.2	2.5	0.9	1.3	0.7	21.6
<u>Panicum maximum</u> var. Centenario	11.4	1.2	0.8	1.0	0.7	15.1
Promedio	18.3	2.1	1.5	1.4	1.0	

selección por adaptación a un rango de condiciones de fertilidad del suelo. Las parcelas principales se componían de una combinación factorial de 3 niveles de fósforo (50, 100 y 200 kg de P2O5 por hectárea) y 2 niveles de cal, lo cual resultaba en una saturación de bases de 15 y de 40 por ciento. Se utilizan dos ensayos separados, uno para las gramíneas y otro para las leguminosas, en parcelas contiguas. En cada parcela principal hay 10 subparcelas para cada una de las diez introducciones. La Figura 4 muestra la respuesta promedio de las 10 gramíneas y leguminosas al fósforo y a la cal. Las gramíneas respondieron más al fósforo que las leguminosas, a ambos niveles de cal, siendo la diferencia considerable al mayor nivel de P. Las Figuras 5 y 6 muestran la respuesta de cinco leguminosas y de cinco gramíneas al fósforo y a la cal. Las introducciones de Stylosanthes guianensis fueron las de mayor rendimiento, siendo S. guianensis var. vulgaris selección Minerao la más sobresaliente en producción de forraje a todos los niveles de fósforo y cal, a excepción de la cal Pl 1. En la mayoría de los casos, las accesiones que se adaptan bien a las condiciones de baja fertilidad también pueden responder a una mejor fertilidad y a una mejor producción, igualmente o mejor, que accesiones más exigentes en condiciones de alta fertilidad. La capacidad para responder a una mayor fertilidad y a la vez producir bien en condiciones de baja fertilidad es especialmente relevante para la región de los cerrados de Brasil, donde las pasturas se siembran más comúnmente después de cultivos anuales en condiciones de mayor fertilidad que en otras regiones de sabana neotropical. Entre las gramíneas, las introducciones de mayor rendimiento fueron Brachiaria brizantha

(2) y Brachiaria decumbens, especialmente a niveles de fertilidad inferiores. Con niveles de 40 por ciento de saturación de aluminio y niveles altos de fósforo, Panicum maximum se eleva a los rangos de los mayores productores, como se puede apreciar en la Figura 5.

#### NUEVA INVESTIGACION

Como parte de un esfuerzo coordinado (con CNPAF), se estableció un nuevo ensayo sobre renovación de pasturas mediante cultivos anuales. CPAC enfatizará el uso de cultivos diferentes al arroz para la renovación de pasturas, dado que CNPAF se concentra principalmente en la renovación vía arroz.

Se inició un proyecto de reciclaje de nitrógeno que aprovecha las pasturas a base de leguminosas vigorosas y productivas en el ensayo de estrategias de manejo. Los objetivos incluyen cuantificar el aporte del componente leguminosa (FBN) y hacer seguimiento al flujo de nitrógeno en el sistema. La investigación se realizará en colaboración con CPAC, CNPBS (Centro Nacional de Investigación Biológica del Suelo) en el km 47, con fondos procedentes principalmente de la Comunidad Económica Europea.

#### PLANES FUTUROS

CPAC ha aprobado tentativamente un proyecto a largo plazo para la integración de cultivos y pasturas, después de mucho estudio y discusión. El proyecto involucrará a investigadores de las áreas de suelos, pasturas y producción agrícola. Los principales objetivos son cuantificar el aporte de los ciclos de cultivo y pasturas sobre las condiciones físicas, biológicas y químicas del suelo y a la productividad de las pasturas y de los cultivos.

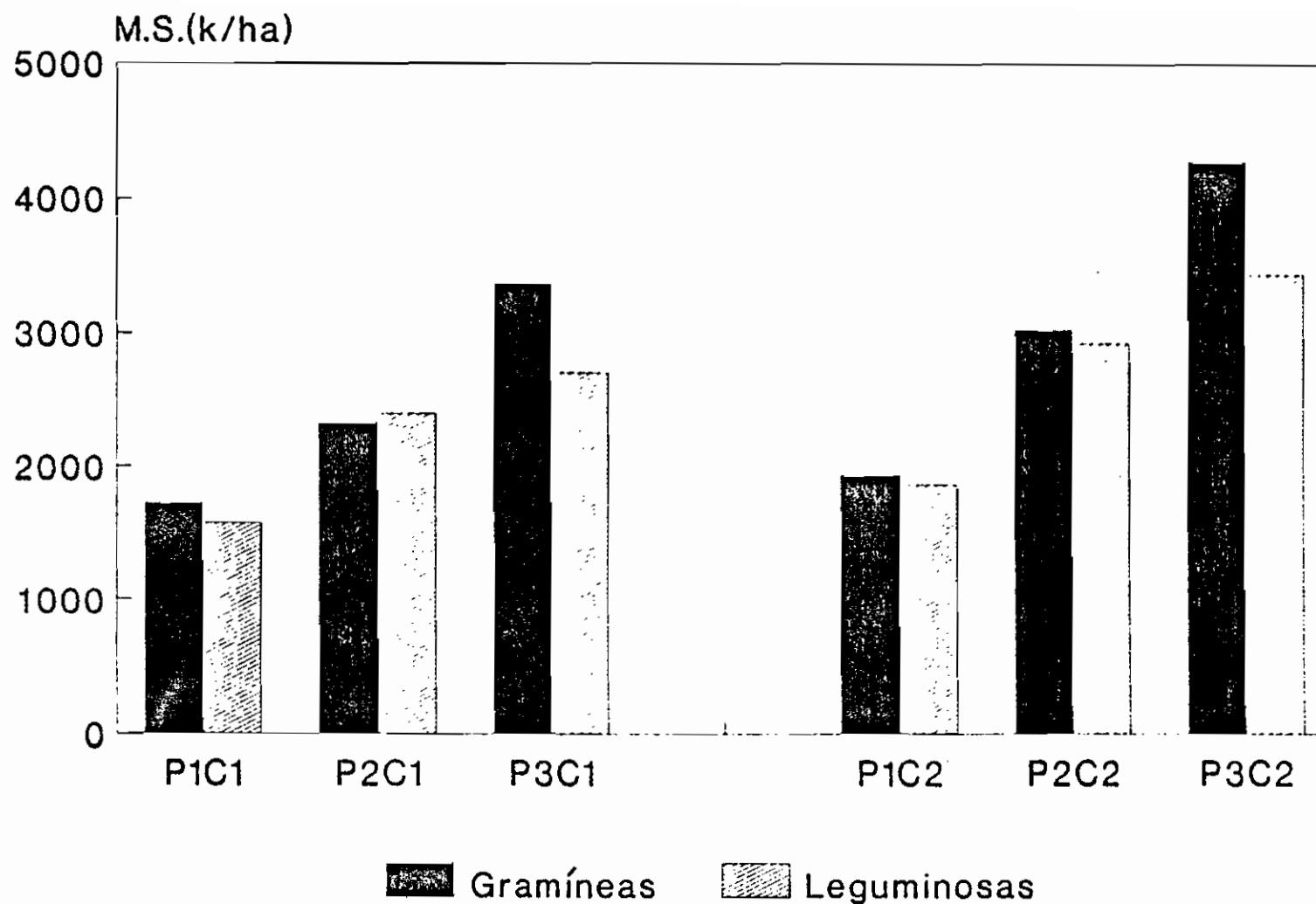


Figura 4. Respuesta promedio de diez leguminosas y diez gramíneas a aplicaciones de cal y fósforo durante la fase posterior al establecimiento en el ensayo "Período 1.5". Los niveles de fósforo, expresados como  $P_2O_5$ , son  $P_1 = 50$ ,  $P_2 = 100$ ,  $P_3 = 200$ . Los niveles de cal expresados en % de saturación de bases son C-1 - 15%, C-2 = 40%. CPAC, 1990.

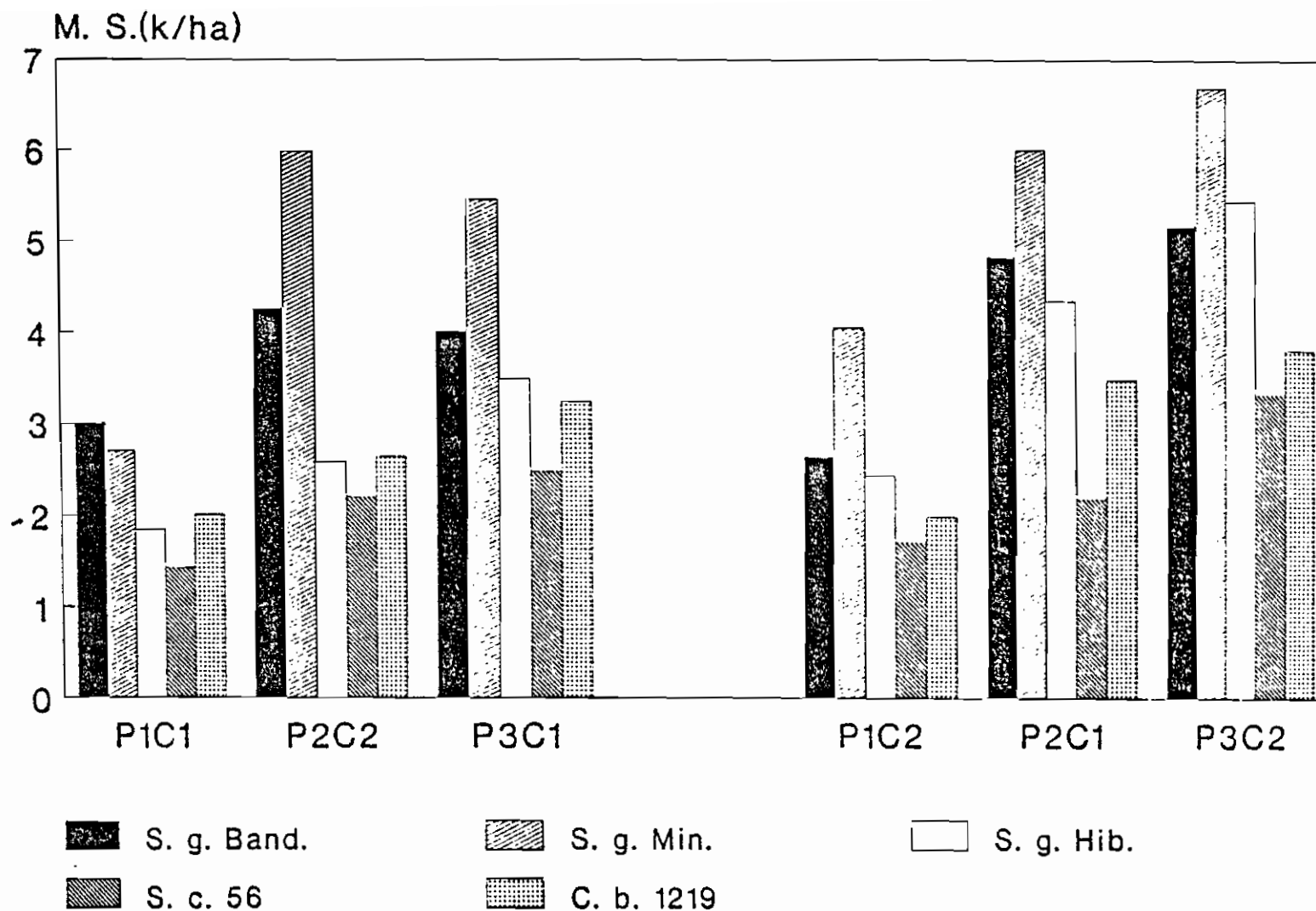


Figura 5. Respuesta de cinco leguminosas a cal y fósforo durante las primeras 26 semanas después de la siembra. Las leguminosas son:

- S.g. Band = *S. guianensis* var. pauciflora cv. Bandeirante  
 S.g. Min = *S. guianensis* var. vulgaris "Minerao"  
 S.g. Hib. = *S. guianensis* hybrid 6-4, F6  
 S.c. 56 = *S. capitata* CPAC 1925  
 C.b. = *Centrosema brasilianum* CPAC 1219

(ver la leyenda de la Figura 4 para los niveles de cal y P)

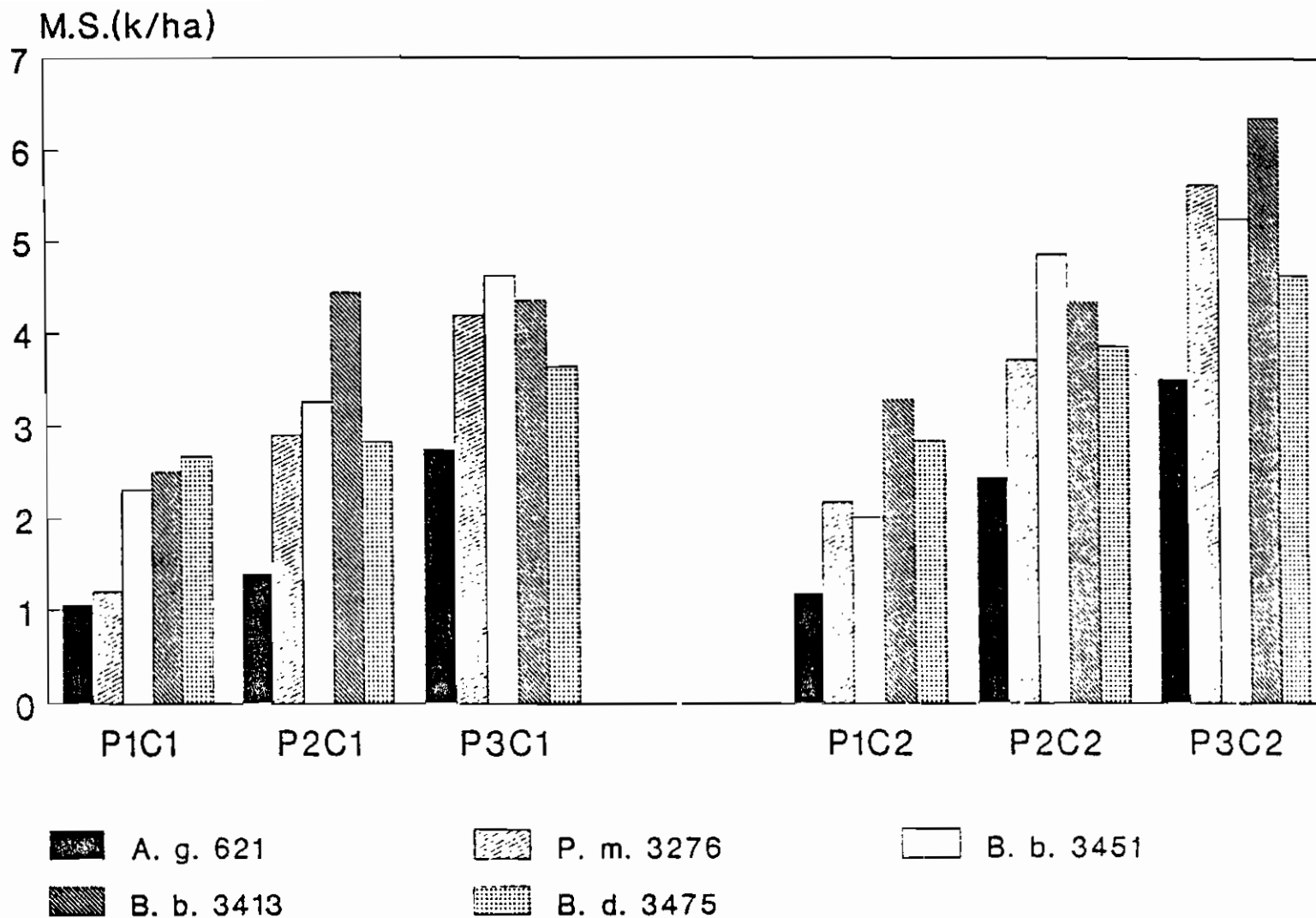


Figura 6. Respuesta de cinco gramíneas a cal y fósforo durante las primeras 19 semanas después de la siembra. Las gramíneas son:

A.g. 621 = Andropogon gavanus cv. Planaltina  
 P.m. 3273 = Panicum maximum CPAC 3273  
 B.b. 3451 = Brachiaria brizantha CPAC 3451  
 B.b. 3413 = Brachiaria brizantha CPAC 3413  
 B.d. 3475 = brachiaria decumbens CPAC 3475

(ver la leyenda de la Figura 4 para los niveles de cal y P)

## 15. DESARROLLO DE PASTURAS EN LOS CERRADOS

### RESUMEN

#### Establecimiento de Pasturas

La investigación reciente ha demostrado que los insectos constituyen a menudo la principal barrera para el establecimiento eficiente de pasturas en las sabanas, suponiendo que la "agronomía" esté en lo correcto. Los ensayos establecidos por la sección durante el período 1989-90 estuvieron protegidos por aplicación en hileras de insecticidas sistémicos. El resultado fue el establecimiento excelente de todos los ensayos. El uso de insecticidas puede estar justificado por siembras experimentales en donde la semilla y el tiempo son factores limitantes. Sin embargo, se necesitan otras soluciones para siembras comerciales en escala. Algunas especies son especialmente susceptibles a la predación de los insectos durante el establecimiento (ej. A. gayanus) mientras que otras parecen ser casi inmunes (ej. B. brizantha cv. Marandú). Queda mucho más trabajo para hacer en la identificación de las fuentes de resistencia y/u otros mecanismos de protección de los semilleros contra el daño por insectos.

Se estableció un nuevo ensayo para selección de rutina de accesiones de gramíneas y leguminosas promisorias para adaptarlas a un rango de condiciones de fertilidad de suelo. Se incluyeron diez gramíneas y diez leguminosas en la primera etapa de selección. En la mayoría de los casos, las accesiones que se adaptan bien a las condiciones bajas de fertilidad también son capaces de responder a fertilidad mejorada, lo mismo que a los niveles encontrados después de los cultivos anuales, y producir tan bien o mejor que las accesiones más exigentes.

#### Manejo de pasturas

El ensayo sobre estrategias de manejo de pastoreo iniciado en 1987 suministra evidencia dramática de la importancia del manejo del pastoreo para la productividad, persistencia y estabilidad de la pastura. Pasturas de A. gayanus asociadas con Stylosanthes spp. continúan siendo altamente productivas (180 kg/animal/año y 260 kg/ha/año) y persistentes. Bajo pastoreo continuo o con rotaciones que permiten 3-4 semanas de descanso, el contenido de leguminosa al final del segundo año de pastoreo está todavía en el rango de 40-50%. Con un período más largo de descanso de 6 semanas, el contenido de leguminosa ha disminuído severamente a 15-20%. Las cargas se ajustan periódicamente para mantener una presión moderada de pastoreo de 4-6%.

Los resultados de estos ensayos contrastan severamente con los de un ensayo llevado a cabo a principios de la década en un terreno vecino y con la misma gramínea y leguminosa manejada bajo pastoreo continuo con tres clases de cargas. Las pasturas se convirtieron rápidamente en gramíneas dominantes y la producción animal fue aproximadamente la mitad de la del nuevo ensayo. Las grandes diferencias en la estabilidad de la pastura (persistencia de la leguminosa) y el desempeño animal pueden deberse principalmente al uso de cargas variables para mantener la presión de pastoreo más o menos constante en lugar del uso de cargas fijas. Claramente, la última estrategia es más fácil de manejar pero falla en la respuesta a la naturaleza dinámica de las asociaciones de pasturas en los ecosistemas de sabana tropical.



En Octubre se empezó un pastoreo experimental de un nuevo ensayo sobre compatibilidad de gramínea-leguminosa a diferentes niveles de fertilidad.

#### Nueva investigación

Se ha establecido un nuevo ensayo de renovación de pasturas por un cultivo anual de un ciclo como parte de un esfuerzo coordinado (con CNPAF) en el uso de cultivos como medios de recuperación de la productividad de la pastura.

#### Planes futuros

Tentativamente se ha aprobado un proyecto de reciclaje de nitrógeno que se aprovecha de las pasturas con base en leguminosas en el ensayo de estrategias de manejo. Los objetivos incluyen cuantificar la contribución

del componente de la leguminosa (BFN) y seguir el flujo de nitrógeno en el sistema. La investigación se llevará a cabo en colaboración con CPAC, CNPBS (Centro Nacional de Biología del Suelo) en el km 47 cerca a Río, CIAT, con mayor aporte de la Comunidad Económica Europea.

Un proyecto a largo plazo sobre la integración de cultivos y pasturas ha sido aprobado tentativamente por CPAC después de un proceso largo de estudio y discusión. El proyecto incluirá investigadores en suelos, pasturas y en las áreas de producción de cultivos. Los objetivos principales son cuantificar la contribución en los ciclos de cultivo y pasturas en las condiciones físicas, biológicas y químicas del suelo y en la productividad de pasturas y cultivos.

40526

## 16. Establecimiento de Pastos, Llanos

En 1989, el trabajo se concentró en la siembra directa de Desmodium ovalifolium con macropelets, en sabana quemada.

En 1990, se intentó de nuevo investigar la posibilidad de sembrar leguminosas directamente en sabanas quemadas, sin el uso de pelets o sin la aplicación de fertilizante. La posibilidad de éxito se calculó con base en los resultados de experimentos preliminares. En este experimento, se seleccionaron el tipo de suelo y la especie de leguminosa apropiados. Hasta ahora, el suelo fértil, como el de Yopare o el de "La L", luce más apropiado que el suelo pobre, como el de Alegría. Entre las especies de leguminosas, Stylosanthes guianensis es al parecer la que mejor se adapta a la siembra directa.

Para la siembra con pelets, la selección de especies apropiadas de leguminosas comenzó este año. Hasta el momento, S. capitata, Centrosema acutifolium, D. ovalifolium y S. guianensis lucen apropiadas para la siembra con pelets.

Sin embargo, S. capitata y C. acutifolium mostraron síntomas de deficiencia de microelementos, posiblemente de cinc. Ya que resulta fácil mezclar microelementos en los pelets, vale la pena intentarlo.

Continuó la investigación sobre el crecimiento de D. ovalifolium sembrada con pelets en 1989. D. ovalifolium está creciendo rápidamente en esta

estación lluviosa (1990). Sin embargo, la tasa de plantas sobrevivientes disminuyó a 50 por ciento en los sitios de siembra. Este descenso parece aceptable, siempre y cuando no se acentúe.

### SIEMBRA DIRECTA DE LEGUMINOSAS EN SABANA QUEMADA SIN CULTIVO Y SIN FERTILIZANTE

#### 1. Ensayo preliminar

Se realizó un pequeño ensayo en 1988 para tener una idea de la posibilidad de sembrar semilla únicamente en sabana, sin la aplicación de fertilizante.

#### Métodos experimentales

- 1) Especies sembradas: Desmodium ovalifolium CIAT 13089.
- 2) Método de siembra y tamaño de la parcela:
  - a. Sólo semillas después de someter la sabana a corte; 20 x 22 m.
  - b. Con pelets después de someter la sabana a corte; 20 x 8 m.
  - c. Con pelets después de labranza mínima; 20 x 8 m. La labranza mínima se efectuó con arado de cincel, con el cual se hicieron franjas de 50 cm de ancho x 2 m de largo. Los pelets se colocaron en estas franjas.
- 3) Densidad de siembra: 2 x 2 m;

aproximadamente 20 semillas por sitio.

- 4) Sitio: Yopare, suelo arenoso limoso.
- 5) Fecha de siembra: 20 de septiembre de 1988.
- 6) Manejo posterior a la siembra: el ganado bovino tuvo acceso libre al sitio experimental.

crecimiento entre la leguminosa sembrada con pelets y el tratamiento de "semilla únicamente" aumentó, aunque el tratamiento de "semilla únicamente" siguió sobreviviendo bien.

Estos resultados sugirieron la posibilidad de sembrar leguminosas en sabana, sin cultivo y sin fertilizante.

Los resultados a los dos años de la siembra sugieren la necesidad de aplicar fertilizante de mantenimiento después del establecimiento.

### Resultados

Como lo muestra la Cuadro 1, el crecimiento inicial (febrero de 1989) del tratamiento de "semilla únicamente" fue más lento que el del tratamiento con pelets. Sin embargo, un año después (septiembre de 1989), el tratamiento de "semilla únicamente" crecía bien, aunque el tamaño de la leguminosa en la siembra con pelets de D. ovalifolium fue mayor que el del tratamiento de "semilla únicamente." A los dos años (julio de 1990), la diferencia en

### 2. Siembra al voleo de siete especies de leguminosa en tres sitios en 1990

Para seleccionar especies y condiciones edáficas apropiadas para la siembra directa, se compararon siete especies de leguminosas y tres sitios con diferente fertilidad del suelo.

Cuadro 1. Ensayo preliminar de siembra directa de D. ovalifolium en sabana (sembrado en Septiembre de 1988).

Métodos de Siembra	Característica	Fecha de la investigación			
		1988 25 Nov.	1989 3 Feb.	1989 14 Sept.	1990 3 July
Semilla únicamente, sin aplicación de fertilizante, después del corte de la sabana	Sitios de crecimiento (%)	99	70	65	61
	Diámetro de la leguminosa (cm)			52	37
	Altura de la leguminosa (cm)		3.7		
Con pelets después del corte de la sabana	Sitios de crecimiento (%)	37	26	27	30
	Diámetro de la leguminosa (cm)			75	83
	Altura de la leguminosa (cm)		8.6		
Con pelets después de labranza mínima	Sitios de crecimiento (%)	53	37	30	32
	Diámetro de la leguminosa (cm)			64	64
	Altura de la leguminosa (cm)		11.0		

## Métodos experimentales

- 1) Especies:  
Stylosanthes capitata "Capica"  
Centrosema acutifolium "Vichada"  
Flemingia macrophylla CIAT 17403  
Desmodium ovalifolium CIAT 13089  
Stylosanthes macrocephala  
CIAT 1643  
Pueraria phaseoloides CIAT 9900  
Stylosanthes guianensis  
"Pauciflora"
- 2) Método de siembra: Aplicación a voleo de 2 kg/ha de semilla de cada especie en sabana quemada.
- 3) Sitios: Alegría (20 por ciento de arcilla), Yopare (25 por ciento de arcilla), "La L" (35 por ciento de arcilla).
- 4) Fecha de siembra: 6 de julio de 1990.
- 5) Tamaño de la parcela: 20 x 40 m para cada especie, sin repeticiones.
- 6) Manejo posterior a la siembra: el ganado bovino tuvo acceso libre a los sitios experimentales.

## Resultados

El Cuadro 2 muestra que en el suelo pobre (Alegría) toda la germinación desapareció a los cuatro meses de la siembra, excepto en un número reducido de plantas de S. guianensis.

S. guianensis está creciendo bien en Yopare y en "La L," mientras que S. capitata y D. ovalifolium están creciendo bien sólo en Yopare.

C. acutifolium y S. macrocephala muestran algo de crecimiento en Yopare y en "La L," pero sus cifras no son suficientes.

Según estos resultados, el suelo pobre demostró ser inapropiado para la siembra directa. En relación con las especies, S. guianensis mostró gran capacidad de establecimiento, seguida por D. ovalifolium y S. capitata.

Al parecer, F. macrophylla y P. phaseoloides no son apropiadas para este método de siembra.

Cuadro 2. Siembra de leguminosas al boleto en sabana quemada, sin aplicación de fertilizante<sup>a</sup>.

Especies	Alegría		Yopare		"La L"	
	No. de leguminosas/ m <sup>2</sup>	Diámetro de la legum. (cm)	No. de leguminosas/ m <sup>2</sup>	Diámetro de la legum. (cm)	No. de leguminosas/ m <sup>2</sup>	Diámetro de la legum. (cm)
<u>S. capitata</u>	0	--	9.6	5.2	2.8	1.7
<u>C. acutifolium</u>	0	--	0.8	15.0	0.6	30.0
<u>F. macrophylla</u>	0	--	0	--	0	--
<u>P. phaseoloides</u>	0	--	0	--	0	--
<u>S. macrocephala</u>	0	--	1.8	5.0	1.0	2.3
<u>D. ovalifolium</u>	0	--	8.4	6.3	3.6	1.7
<u>S. guianensis</u>	0.8	1.7	6.6	9.6	5.4	17.5

a/ Fecha de siembra: julio 6 de 1990; fecha de la investigación: octubre 25 de 1990.

SELECCION DE ESPECIES DE LEGUMINOSAS  
PARA SIEMBRA CON PELETS

La capacidad para sobrevivir y crecer en ausencia de cultivo y bajo la supresión de gramíneas nativas puede variar entre especies.

Se compararon siete especies de leguminosas y tres sitios para encontrar las leguminosas y sitios apropiados para la siembra con pelets.

Métodos experimentales

- 1) Especies:  
Stylosanthes capitata "Capica"  
Centrosema acutifolium "Vichada"  
Flemingia macrophylla CIAT 17403  
Desmodium ovalifolium CIAT 13089  
Stylosanthes macrocephala  
CIAT 1643  
Pueraria phaseoloides CIAT 9900  
Stylosanthes guianensis  
"Pauciflora"
- 2) Método de siembra: las semillas se sembraron con pelets en sabana quemada, en sitios de 1 x 1 m.
- 3) Sitios: Alegría (20 por ciento de arcilla), Yopare (25 por ciento de arcilla), "La L" (35 por ciento de arcilla).
- 4) Fecha de siembra: 21 de mayo-8 de junio de 1990.
- 5) Tamaño de la parcela: 20 x 40 m para cada especie, sin repeticiones.

- 6) Composición de los pelets y preparación para la siembra: se colocaron de dos a treinta semillas, dependiendo del tamaño de la semilla, en una bolsa de papel pequeña (10 x 5 cm), después de la inoculación. Sólo se colocó un pelet en cada bolsa de papel. La tasa de siembra para cada especie fue de aproximadamente 0.5 kg/ha.

El Cuadro 3 muestra el tamaño y la composición del fertilizante de los macropelets.

- 7) Manejo posterior a la siembra: el ganado bovino tuvo acceso libre a los sitios experimentales.

Resultados

El Cuadro 4 muestra que D. ovalifolium y S. guianensis están creciendo bien en los tres sitios.

S. capitata está creciendo bien en "La L," pero en Alegría y Yopare, el crecimiento no es suficiente y muestra deficiencia nutricional.

C. acutifolium está creciendo bien en Alegría y en "La L," pero no en Yopare. Esta leguminosa también mostró síntomas de deficiencia de microelementos, posiblemente de zinc.

P. phaseoloides demostró un buen crecimiento en "La L," pero también mostró síntomas de deficiencia de microelementos.

Cuadro 3. Tamaño y composición del fertilizante de los macropelets.

Diámetro (cm)	Peso seco (g)	Composición del fertilizante (%)					
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	Mg	Ca	S
3 x 1.5	8.8	0.2	7.8	4.1	2.1	13.9	4.0

Tabla 4. Selección de especies de leguminosas para siembra con pelets.<sup>a</sup>

Especies de leguminosa	Fecha de investigación		
	9 de Julio 1990	23 de Octubre 1990	
	Sitios de crecimiento (%)	Sitios de crecimiento (%)	Diámetro de la leguminosa (cm)
Sitio del experimento: Alegría			
<u>S. capitata</u>	42	28	3.8
<u>C. acutifolium</u>	56	56	27.3
<u>F. macrophylla</u>	24	0	--
<u>P. phaseoloides</u>	53	35	16.3
<u>S. macrocephala</u>	11	0	--
<u>D. ovalifolium</u>	80	79	16.5
<u>S. guianensis</u>	36	29	13.9
Sitio del experimento: Yopare			
<u>S. capitata</u>	60	33	11.8
<u>C. acutifolium</u>	53	19	18.3
<u>F. macrophylla</u>	10	0	--
<u>P. phaseoloides</u>	28	0	--
<u>S. macrocephala</u>	27	10	8.6
<u>D. ovalifolium</u>	87	44	21.6
<u>S. guianensis</u>	45	36	26.4
Sitio del experimento: "La L"			
<u>S. capitata</u>	67	21	31.9
<u>C. acutifolium</u>	30	39	52.1
<u>F. macrophylla</u>	6	0	--
<u>P. phaseoloides</u>	34	25	45.0
<u>S. macrocephala</u>	23	0	--
<u>D. ovalifolium</u>	58	21	44.8
<u>S. guianensis</u>	28	36	40.5

a/ Fecha de siembra: 21 de mayo-8 de junio de 1990.

La parcela experimental de Yopare se pastorea intensamente después de la siembra. Al parecer, C. acutifolium y P. phaseoloides no son tolerantes en dichas condiciones.

Según estos resultados, D. ovalifolium y S. guianensis demostraron ser leguminosas adecuadas para la siembra con pelets.

Para tener éxito en la siembra con pelets de S. capitata, C. acutifolium y P. phaseoloides, se debe agregar algún micronutriente a los pelets.

Además, para lograr el establecimiento exitoso de C. acutifolium y P. phaseoloides, se debe suspender el pastoreo después de la siembra durante varios meses.

F. macrophylla y S. macrocephala no resultaron apropiadas para este método de siembra.

#### CRECIMIENTO DE D. ovalifolium SEMBRADA CON PELETS EN 1989

En 1989, se sembró D. ovalifolium en sabana quemada, en dos localidades (Alegoría y Yopare), en sitios de 2 x 2 m, con pelets. En cada sitio experimental, el ganado bovino tuvo acceso libre a los sitios, después de la siembra. D. ovalifolium está creciendo bien en Alegoría (Cuadro 5). El crecimiento en el tratamiento de labranza mínima es mejor que en otros tratamientos, aunque la diferencia no es tan significativa.

D. ovalifolium también está creciendo bien en otro experimento realizado en Alegoría (Cuadro 6), aunque su crecimiento durante el primer año (1989) fue muy lento.

En Yopare (Cuadro 7), el crecimiento de D. ovalifolium es lento debido al pastoreo intenso, continuo en el sitio. Sin embargo, D. ovalifolium sobrevive y crece de manera consistente en estas condiciones.

Cuadro 5. Crecimiento de D. ovalifolium sembrada con pelets en diferentes condiciones de preparación de la tierra, en Alegoría, durante mayo de 1990.

Métodos de siembra	Característica	Fecha de investigación				
		1989		1990		
		15 Sept.	8 Nov.	9 Mayo	12 Jul.	20 Nov.
Siembra inmediata después de la quema	Sitios de crecim. (%)	83	82	63	69	77
	Diámetro de la leg. (cm)	11	19	44	87	132
Siembra 1 mes después de la quema	Sitios de crecim. (%)	82	77	59	63	69
	Diámetro de la leg. (cm)	10	15	34	73	122
Siembra después del corte	Sitios de crecim. (%)	63	46	26	30	36
	Diámetro de la leg. (cm)	8	12	39	80	106
Siembra después de labranza mínima	Sitios de crecim. (%)	63	46	36	39	41
	Diámetro de la leg. (cm)	9	22	47	100	115

Cuadro 6. Growth of D. ovalifolium sown with pellets at Alegría in August 1989.

Característica	Fecha de investigación		
	1989	1990	
	12 Oct.	28 Jun	20 Nov
Growing spots (%)	55	39	41
Legume diameter (cm)	3	41	116

Cuadro 7. Crecimiento de D. ovalifolium sembrada con pelets en Yopare Agosto de 1989.

Característica	Date of investigation	
	11 Oct/89	19 Nov/90
Sitios de crecimiento (%)	89	65
Diámetro de la leguminosa (cm)	6	61

En otro experimento en Yopare (Cuadro 8) la mayor parte de D. ovalifolium desapareció, debido probablemente a un efecto tóxico del suelo que al parecer no es adecuado para la siembra directa.

Cuadro 8. Crecimiento de D. ovalifolium sembrado con pelets en diferentes condiciones de preparación de la tierra, en Yopare, durante Agosto de 1989.

Métodos de siembra	Característica	Fecha de la investigación	
		13 Oct. 1989	29 Jun. 1990
Siembra a los 2.5 meses de la quema	Sitios de crecimiento (%)	77	14
	Diámetro de la legum. (cm)	5	54
Siembra a los 3.5 meses de labranza mínima	Sitios de crecimiento (%)	76	12
	Diámetro de la legum. (cm)	5	39

En todos los experimentos sembrados en 1989, el porcentaje de plántulas sobrevivientes disminuyó al año a aproximadamente cincuenta por ciento, en los sitios sembrados originalmente. Sin embargo, las plántulas sobrevivientes crecieron bien. Se puede esperar que este porcentaje continúe en el futuro.

En algunos sitios experimentales, las gramíneas nativas crecieron hasta el punto de necesitar quema. Por lo tanto, es necesario investigar la tolerancia de D. ovalifolium al fuego.

A partir de los resultados de los experimentos sembrados en 1989, se recomienda la siembra directa con pelets de D. ovalifolium en sabana quemada.

#### SELECCION DE METODOS DE ESTABLECIMIENTO

En los suelos pobres, en donde la siembra a voleo no es factible, se recomienda la siembra con pelets de D. ovalifolium o de S. guianensis. En los suelos más fértiles, es posible tener éxito con la siembra a voleo de S. guianensis.



## 16. ESTABLECIMIENTO DE PASTURAS EN LOS LLANOS

### RESUMEN

#### 1. Este año se inició un nuevo experimento con la siembra a voleo de leguminosas en sabana quemada

Se sembraron a voleo siete especies de leguminosas, en tres sitios con diferente fertilidad del suelo, en ausencia de cultivo y sin la aplicación de fertilizante.

#### Resultados:

- 1) El suelo pobre (Alegría) resultó inapropiado para este método de siembra.
  - 2) S. guianensis resultó más adecuada para este método, seguida por D. ovalifolium y S. capitata.
- #### 2. Se inició este año la selección de especies de leguminosas para siembra con pelets

#### Resultados:

- 1) S. guianensis y D. ovalifolium

- 2) fueron las especies que mejor se adaptaron a la siembra con pelets. Para lograr éxito en la siembra con pelets de S. capitata, C. acutifolium y P. phaseoloides, se debe agregar algún micronutriente a los pelets.
  - 3) Además, para lograr el establecimiento exitoso de C. acutifolium y P. phaseoloides, se debe suspender el pastoreo después de la siembra, durante varios meses.
  - 4) F. macrophylla y S. macrocephala no resultaron apropiadas para la siembra con pelets.
- #### 3. D. ovalifolium, sembrada con pelets en 1989, creció bien durante este año. Por lo tanto, se recomienda la siembra directa con pelets de esta leguminosa en sabana quemada

Hasta la fecha no se han comparado el establecimiento mediante cultivo y mediante siembra directa. Sin embargo, resulta fácil suponer que el establecimiento mediante cultivo es más rápido y más completo que el que se logra mediante siembra directa.

La selección de los métodos de establecimiento debe depender del tipo de suelo y de los factores económicos, entre otros.

#### MANEJO POSTERIOR A LA SIEMBRA DIRECTA

El manejo de las pasturas después de la siembra directa no se ha investigado suficientemente hasta el momento. En el caso de C. acutifolium y P.

phaseoloides, se debe evitar el pastoreo intenso después de la siembra.

Aún no hay claridad sobre la necesidad de aplicar fertilizante de mantenimiento después del establecimiento. La tolerancia de las leguminosas al fuego constituirá un factor importante en el mantenimiento de las pasturas mixtas de gramíneas nativas y leguminosas introducidas.

#### DEFICIENCIA DE MICROELEMENTOS

La adición de algún microelemento a los pelets para la siembra de S. capitata, C. acutifolium y P. phaseoloides será un ensayo interesante en experimentos futuros.

40527

# 17. Manejo de Sabanas Nativas Mejoradas

## ESTUDIO DE LAS PASTURAS NATURALES DE LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

### OBJETIVO GENERAL

Mantener, mejorar y, si es necesario, regenerar el ecosistema de pasturas de las Llanos Orientales de Colombia, con el fin de intensificar la introducción de nuevas tecnologías, especialmente para forrajes.

### INTRODUCCION

Los Llanos Orientales de Colombia están ubicados entre las montañas de los Andes al oeste, la selva tropical Amazónica al oriente y al sur, y Venezuela al norte. Estas pasturas se denominan sabanas "tropófilas", sabanas "limpias" o sin árboles, intersectadas por bosques de galería en una franja angosta a lo largo de los ríos.

En los Llanos Orientales de Colombia, las sabanas ocupan aproximadamente 10 millones de ha (3.5 millones de las cuales están en el Departamento del Meta, que a su vez posee 1.2 millones de cabezas de ganado, lo que equivale a una tasa de carga de 1 animal/3 ha). De doce a trece por ciento de esta área son pasturas mejoradas (leguminosas y gramíneas) y área que está aumentando regularmente.

Estas pasturas nativas tienen baja productividad (3-4 t de MS/ha/año) y calidad baja, debido a la poca fertilidad de los suelos y a la presencia de especies con palatabilidad deficiente y bajo valor forrajero.

Dada la importancia del ganado y de las tasas de carga bajas, y dadas las grandes áreas de pasturas nativas y su pobreza, es esencial mantener o mejorar estas sabanas naturales y, si fuera necesario, regenerarlas ya que toda esta área no se puede convertir en cultivos forrajeros

### HIPOTESIS DEL TRABAJO

Normalmente, las condiciones climáticas (Cuadro 1) de los Llanos Orientales de Colombia (precipitación anual de > 2000 mm, con una estación lluviosa de 8 meses o más, temperatura media anual de 24°C, humedad relativa de 80% en la estación lluviosa y de 50-60% en la estación seca, suelos relativamente bien drenados) conducirían a una forma fisionómica de sabana de arbustos (y/o sabana de árboles) o a un bosque.

Sin embargo, actualmente se pueden apreciar una sabana limpia (o una sabana de arbustos muy limitada) y un bosque de galería.

Esta fisionomía puede explicarse dadas las condiciones naturales (fertilidad y condiciones hídricas del suelo) y dada la acción de las pasturas y, especialmente, del hombre y de los animales (deforestación, quema, forraje).

### OBJETIVOS

En este contexto, nuestros objetivos serán:

1. Ampliar el conocimiento básico de la sabana nativa de los Llanos

Cuadro 1. Precipitación y temperatura en Carimagua (1977-1989 y 1990).

Mes	Precipitación (mm) (promedio)		Temperatura (°C) (promedio)	
	1977-1989	1990	1977-1989	1990
Enero	10	31.2	26.9	27.2
Febrero	25	37.3	28.0	25.7
Marzo	76	157.0	28.1	26.6
Abril	236	371.0	27.1	26.0
Mayo	292	424.2	26.2	25.3
Junio	368	537.4	25.4	24.6
Julio	274	249.5	25.2	24.7
Agosto	260	225.2	25.7	25.0
Septiembre	292	141.4	26.1	25.5
Octubre	203	216.3	26.5	26.3
Noviembre	116	88.4	26.9	23.9
Diciembre	50	58.3	26.4	23.5
Total	2202	2537.2		
Promedio			26.5	25.4

Orientales de Colombia:

- Completar el inventario de la flora.
  - Establecer la tipología de la sabana y las bases para el levantamiento de mapas.
  - Determinar la palatabilidad, la calidad y la productividad de las especies locales y el valor de pastoreo de las sabanas.
2. Comprender y explicar mejor las razones de la actual forma fisiológica (clímax de quemas) y la composición botánica de la vegetación de estas llanuras para evitar mayor degradación y, en lo posible, mejorar la fertilidad del suelo, la productividad y calidad de las pasturas.
3. Estudiar la productividad, la calidad y especialmente la dinámica (o la estabilidad) de diferentes tipos de vegetación manejada con quema y/o intensificación (fertilizantes, introducción de especies mejoradas, bancos de forraje).
4. Proponer nuevos sistemas de manejo de pasturas nativas y mejoradas, adaptados a condiciones naturales y mejoradas, que permitan el mejoramiento o por lo menos la

estabilidad de las mismas. Estos sistemas evitarán la degradación de las pasturas (descenso de las mejores especies locales y exóticas, erosión, etc.).

#### PROYECTOS

1. Estudio de la tipología y de la dinámica de las pasturas nativas de los Llanos Orientales de Colombia (en Carimagua y fuera de la estación experimental)

Duración: Tipología, 2 años (1990-1991)  
Dinámica de un área protegida (5-6 años, 1990-1995).

2. Inventario de la palatabilidad, calidad y productividad de las especies locales y el valor de pastoreo de las sabanas

Duración: 2 años (1990-1991).

3. Estudio de la productividad, calidad y dinámica de las pasturas nativas después de diferentes tipos de quema, corte y descanso

Duración: 2-3 años (1990-1992).

4. Estudio de la productividad y dinámica de las pasturas nativas de los Llanos Orientales de Colombia, explotadas con ganado bovino

- a) Con o sin quema
- b) Con o sin descanso
- c) Con o sin rotación
- d) Con o sin corte o siega
- e) Con diferentes tasas de carga

Duración: 4-5 años (1991-1995).

5. Productividad y dinámica de las pasturas nativas mejoradas de los Llanos Orientales de Colombia

Ensayos en curso:

- Pasturas en Carimagua mejoradas con Centrosema acutifolium cv. Vichada
- Pasturas en Carimagua mejoradas con Flemingia macrophylla
- Productividad y dinámica de la vegetación de las pasturas nativas complementada con bancos de forraje (energía y/o protefna).

Duración (en y fuera de la estación): 3-4 años (1990-1993).

6. Dinámica de las pasturas degradadas mejoradas en vía de renovación con insumos variados (fertilizantes, resiembra, sobresiembra y otras prácticas culturales)

Duración: 2-3 años (1991-1993).

7. Aspectos de la dinámica de la vegetación en el estudio y en el entendimiento básico del procesamiento y trabajo con pasturas tropicales en pastoreo, en los suelos ácidos de las tierras tropicales bajas (estudio multidisciplinario): (entre Carimagua y Villavicencio)

Duración: 3-4 años (1990-1993).

8. Estudio de la vegetación de los Llanos Orientales de Colombia con la ayuda de fotografías de satélite

Duración: 2-3 años (1991-1993).

RESULTADOS INICIALES DE LOS ESTUDIOS  
EN CURSO

Carimagua; la encuesta está en proceso de análisis.

1. Estudio de la tipología y caracterización de las pasturas naturales en el Centro de Investigaciones ICA/CIAT, Carimagua (Llanos) y en sus alrededores inmediatos

- a. Se continuó y terminó el estudio de la vegetación de Carimagua, realizado por J. M. Toledo, E. Escobar y J. Belalcázar, corrigiendo los datos y analizando y comparando los análisis de suelos (humedad y análisis químicos). El análisis de los datos se encuentra actualmente en curso.
- b. Observaciones sobre la vegetación. Se estableció una clave para determinar las principales especies en estado vegetativo (sin inflorescencia) para hacer observaciones sobre la vegetación nativa (descripciones y diseños de las 35 especies más frecuentes o más importantes).
- c. Recolección y determinación de especies (Cuadro 2). E. Escobar y J. Belalcázar recolectaron más de 200 especies (pertenecientes a 43 familias diferentes). Se recolectaron y determinaron otras 100 especies.

Por otra parte, se encuentra en curso un herbario de referencia y se está instalando un herbario en Carimagua.

2. Inventario de la palatabilidad, calidad y productividad de las especies locales

Además de analizar la literatura, se encuestó a los vaqueros del centro de investigaciones de

3. Estudio de la productividad, calidad y dinámica de las pasturas nativas después de diferentes tipos de quema, descanso y frecuencias de explotación en diferentes suelos (simulaciones con corte).

- a. Producción y productividad. Los Cuadros 3 y 4 muestran los primeros resultados parciales después de cuatro meses de observaciones (mayo-septiembre de 1990).

Se comparó la producción (MS/ha/4 meses) y la productividad (MS/ha/día) de las pasturas nativas en dos tipos de suelo (suelo arcilloso, La Vitrina, y suelo arenoso, La Alegría).

La producción y la productividad son el resultado de los cortes regulares a 5 cm del suelo, con diferentes períodos de descanso entre dos cortes (1, 2, 4 y 8 semanas).

OBSERVACIONES

La producción y la productividad (Cuadros 2 a 6) son bajas con la mayor frecuencia de corte (1 semana de descanso) pero buenas con las frecuencias de 2 y 4 semanas de descanso en los suelos arcillosos, y de 4 semanas de descanso en los suelos arenosos.

Aunque aún no tenemos los resultados sobre la calidad del rebrote, ya podemos decir que las frecuencias de 1 semana (y probablemente de 2 semanas) son una calamidad para la estabilidad de las pasturas (véase Cuadros 9 y 10).

La productividad es muy baja (3.7 kg de MS/ha/día) con la mayor frecuencia de corte en los suelos arcillosos y baja

Cuadro 2. Caracterización de la sabana nativa en Carimagua (Llanos).

Familia	Frecuencia de presencia	%	Frecuencia acumulada	Porcentaje acumulado
Gramineae	886	39.3	886	39.3
Leguminosae	307	13.6	1193	52.9
Cyperaceae	204	9.0	1397	61.9
Labiatae	129	5.5	1521	67.4
Rubiaceae	106	4.7	1627	72.1
Melastomataceae	56	2.5	1683	74.6
Euphorbiaceae	54	2.4	1737	79.2
Compositae (Asteraceae)	50	2.2	1787	79.2
Scrophulariaceae	37	1.6	1824	80.9
Sterculiaceae	36	1.6	1860	82.4
Lythraceae	33	1.5	1893	83.9
Acanthaceae	31	1.4	1924	85.3
Xyridaceae	25	1.1	1949	86.4
Polygalaceae	23	1.0	1972	87.4
Turneraceae	23	1.0	1972	87.4
Apocynaceae	20	0.9	2015	89.3
Convolvulaceae	20	0.9	2035	90.2
Gentianaceae	20	0.9	2055	91.1
Malvaceae	20	0.9	2075	92.0
Eriocaulaceae	19	0.8	2094	92.8
Myrtaceae	16	0.7	2110	93.5
Flacourtiaceae	14	0.6	2124	94.1
Orchidaceae	13	0.6	2137	94.7
Araceae	12	0.5	2149	95.3
Malpighiaceae	12	0.5	2161	95.8
Burmanniaceae	11	0.5	2172	96.3
Menispermaceae	11	0.5	2183	96.8
Iridaceae	10	0.4	2193	97.2
Amaranthaceae	6	0.3	2199	97.5
Clusiaceae	6	0.3	2205	97.7
Lobeliaceae	5	0.2	2210	98.0
Onagraceae	5	0.2	2215	98.2
Dilleniaceae	4	0.2	2219	98.4
Filicineae	4	0.2	2223	98.5
Haemodoraceae	4	0.2	2227	98.7
Lycopodiaceae	4	0.2	2231	98.9
Sapindaceae	4	0.2	2235	99.1
Verbenaceae	4	0.2	2239	99.2
Aristolochiaceae	3	0.1	2242	99.4
Asclepiadaceae	3	0.1	2245	99.5
Gentianaceae	2	0.1	2247	99.6
Ochnaceae	2	0.1	2253	99.9
Utriculariaceae	2	0.1	2255	100.0

Cuadro 3. Producción y productividad de las pasturas nativas de Carimagua (Llanos) en suelos arcillosos\* (La Vitrina) a los cuatro meses del corte.

En suelo arcilloso (La Vitrina)		
Descanso entre dos cortes (semanas)	kg de MS/ha/4 meses	kg de MS/ha/día
1	376 a	3.7 c
2	1115 b	11.0 a
4	1248 a	12.8 a
8	958 b	9.9 b

\* Principales especies al comienzo (porcentaje de frecuencia relativa):

<u>Anoxopus purpusii</u>	25%	<u>Paspalum pectinatum</u>	16%
<u>Andropogon bicornis</u>	6%	<u>Schizachyrium hirtiflorum</u>	16%
<u>Andropogon selloanus</u>	9%	<u>Trachypogon vestitus</u>	5%
<u>Dichromena ciliata</u>	5%		

Cuadro 4. Producción y productividad de cuatro pasturas nativas en Carimagua (Llanos) en suelos arenosos\* (La Alegría) a cuatro meses del corte.

En suelo arenoso (La Alegría)		
Descanso entre dos cortes (semanas)	kg de MS/ha/4 meses	kg de MS/ha/día
1	425 d	4.1 d
2	614 c	5.3 c
4	1123 a	11.5 a
8	808 b	8.6 b

\* Principales especies al comienzo (porcentaje de frecuencia relativa):

<u>Andropogon selloanus</u>	20%	<u>Wedelia sp.</u>	7%
<u>Paspalum clavuliferum</u>	15%	<u>Schizachyrium hirtiflorum</u>	5%
<u>Rhynchospora puberta</u>	14%	<u>Trachypogon vestitus</u>	5%
<u>Paspalum pectinatum</u>	7%		



Cuadro 5. Ejemplos de la evolución de la productividad en el tiempo con diferentes frecuencias de corte (kg de MS/ha/día) en suelos arcillosos.

No. del corte	En suelos arcillosos				
	Descanso (semanas)				
	1	2	4	8	16
1	10.9	27.2	24.7	10.2	14.5
2	6.2	11.0	7.1	12.5	
3	5.9	11.5	9.8		
4	3.5	5.8	7.6		
5	3.3	8.3			
6	2.0	5.8			
7	2.3	6.0			
8	1.6	6.1			
9	2.8				
10	2.6				
11	2.3				
12	1.7				
13	2.2				
14	2.3				
15	1.6				
16	1.8				
Promedio	3.3	10.3	12.3	11.3	14.5
Capacidad de carga (ha/animal de 300 kg de PV)	3.4	1.1	0.9	1.0	0.8

Cuadro 6. Ejemplos de la evolución de la productividad en el tiempo, con diferentes frecuencias de corte (kg MS/ha/día) en suelos arenosos.

No. del corte	En suelos arenosos				
	Descanso (semanas)				
	1	2	4	8	16
1	5.0	5.2	18.4	8.0	13.2
2	11.1	7.3	8.6	6.1	
3	3.0	3.3	8.8		
4	5.4	5.3	8.5		
5	5.8	5.8			
6	3.7	6.4			
7	3.0	4.6			
8	2.9	6.4			
9	4.3	3.1			
10	3.6				
11	3.4				
12	2.5				
13	7.3				
14	2.9				
15	4.0				
16	3.0				
Promedio	4.5	5.3	11.1	7.1	13.2
Capacidad de carga (ha/animal de 300 kg de PV)	2.5	2.1	1.0	1.6	0.9

en los suelos arenosos con 1 y 2 semanas de descanso (4.1 y 5.3 kg de MS/ha/día, respectivamente).

La producción y la productividad disminuyen con una frecuencia de corte alta.

Si se considera que un animal necesita 2.5 kg de MS/día/100 kg de peso vivo y que se utilizan dos terceras partes de la producción, la capacidad de carga teórica (sin tener en cuenta la calidad de las pasturas sino la productividad únicamente) sería de aproximadamente 3.5 ha/animal con 1 semana de descanso y de 1 ha/animal con 2, 4, 8 y 16 semanas de descanso en los suelos arcillosos y de 2.5, 2.1, 1.0, 1.6 y 0.9 ha/animal, con 1, 2, 4, 8 y 16 semanas de descanso, en suelo arenoso, respectivamente.

- b. Respuesta de las pasturas nativas de los Llanos a los fertilizantes, en suelos arcillosos y arenosos (Cuadros 7 y 8).

Este experimento busca revelar la productividad máxima de diferentes tipos de sabana nativa en los Llanos Orientales de Colombia y su respuesta a los fertilizantes (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, B).

#### Tratamientos

##### A. Fertilización (kg/ha):

1. Cero
2. 50 N (urea)
3. 100 N
4. 200 N
5. 400 N
6. 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 66 K<sub>2</sub>O
7. 100 N + 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 66 K<sub>2</sub>O
8. 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 66 K<sub>2</sub>O + 100 Ca
9. 100 N + 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 66 K<sub>2</sub>O + 100 Ca
10. 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 66 K<sub>2</sub>O + 100 Ca + 24 Mg + 20 S + microelementos

11. 100 N + 100 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 66 K<sub>2</sub>O + 100 Ca + 24 Mg + 20 S + microelementos

- B. Descanso entre dos cortes: 3 y 6 semanas.

#### OBSERVACIONES

Se ha obtenido buena respuesta con una pequeña cantidad de nitrógeno (50 kg de N/ha) en los suelos arcillosos, pero no así en los arenosos (quizás debido a la lixiviación; esta parte del experimento se realizó durante la parte más húmeda de la estación lluviosa). No se observaron diferencias entre las dosis de 50 y 400 kg de N, en ambos sitios.

Podemos apreciar que la producción es limitada por el Ca en los suelos arcillosos, pero no hay evidencia de esto en los suelos arenosos.

La producción es mayor con 3 semanas de descanso en los suelos arcillosos pero con 6 semanas de descanso en los suelos arenosos. Esto se debe probablemente a las diferencias en la composición de los dos tipos de sabana.

Se registra a continuación el potencial máximo de estas dos pasturas nativas durante cuatro meses de observación:

- En los suelos arcillosos: 16.6 + 2.5 kg de MS/ha/día, con 6 semanas de descanso y fertilización con todos los elementos.

El potencial máximo es más de tres veces la menor productividad (50 kg de N) (la prueba con cero N muestra resultados aberrantes).

- En suelos arenosos: 14.6 + 0.3 kg de MS/ha/día, con 6 semanas de descanso y fertilización de 100 N + 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> + 66 kg K<sub>2</sub>O + 100 kg Ca.

El potencial máximo es de más de 2.5 veces que el testigo.

Cuadro 7. Respuesta de las pasturas nativas de los Llanos a los fertilizantes. Producción y productividad a los cuatro meses, en suelos arcillosos (La Vitrina).

Tratamientos	Suelos arcillosos (La Vitrina)			
	Descanso entre dos cortes			
	kg MS/ha	kg MS/ha	kg MS/ha	kg MS/ha
	/4 meses	/día	/4 meses	/día
	3 semanas		6 semanas	
0 N	933	7.4	1453*	11.5*
50 N	1462	11.6	651	5.2
100 N	1039	8.2	962	7.6
200 N	1115	8.8	753	6.0
400 N	1418	11.3	713	5.7
100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O	1068	8.5	1117	8.9
100 N <sup>2</sup> +100 P + 66 K <sub>2</sub> O	1233	9.8	1126	8.9
100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca	1706	19.5	903	7.2
100 N <sup>2</sup> +100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca	1853	14.7	1436	11.4
100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca + Mg + S + microelementos	1466	11.6	1039	8.2
100 N + 100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca + Mg + S + microelementos	1706	13.5	2094	16.6

\* Resultados aberrantes.

Cuadro 8. Respuesta de las pasturas nativas de los Llanos a los fertilizantes. Producción y productividad a los tres meses en suelos arenosos (La Alegría).

Tratamientos	Suelos arenosos (La Alegría)			
	Descanso entre dos cortes			
	kg MS/ha	kg MS/ha	kg MS/ha	kg MS/ha
	/4 meses	/día	/4 meses	/día
	3 semanas		6 semanas	
0 N	522	5.0	485	5.8
50 N	556	5.2	638	7.6
100 N	558	5.3	483	6.9
200 N	574	5.4	583	6.9
400 N	628	6.0	538	6.9
100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O	560	5.3	705	7.6
100 N <sup>2</sup> +100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O	814	7.7	1101	13.1
100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca	609	8.5	713	8.5
100 N <sup>2</sup> +100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca	926	8.8	1225	14.6
100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca + Mg + S + microelementos	632	6.0	731	8.7
100 N + 100 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> + 66 K <sub>2</sub> O + 100 Ca + Mg + S + microelementos	816	7.8	1067	12.7

4. Estudio de la dinámica de pasturas  
nativas mejoradas en el Centro de  
Investigaciones de Carimagua

- Dinámica de la vegetación  
(Cuadros 9 y 10).

Las primeras observaciones en las parcelas después de cuatro meses de rebrote del corte a 5 cm fueron:

Se puede observar lo si-

guiente en las parcelas de suelo arcilloso con cortes de alta frecuencia: la desaparición de muchas especies (71%) la gran frecuencia de especies diferentes al género Gramineae l (no palatables) y un aumento considerable de suelo descubierto. Se pueden hacer las mismas observaciones para los suelos arenosos (La Alegría).

## 17. MANEJO DE SABANAS NATIVAS MEJORADAS

### RESUMEN

Después de un año de investigaciones en las sabanas de los Llanos Orientales de Colombia (principalmente en el centro de Carimagua), tenemos actualmente:

1. Buenos instrumentos para describir las pasturas nativas claves para identificar especies, con base en inflorescencias y partes vegetativas de la planta, recolección de especies, herbario).
2. Los primeros resultados de la descripción de la vegetación.
3. Los resultados parciales sobre manejo de sabanas muestran que las frecuencias altas de utilización de las pasturas, después de la quema, reducen drásticamente el
4. número de especies, la producción y la productividad, es decir, la pastura muestra sensibilidad a la explotación inadecuada.
4. Información sobre la productividad potencial de las pasturas en diferentes tipos de suelo (con fertilizantes).
5. La primera información para iniciar ensayos con animales, para mejorar el manejo de las pasturas nativas.
6. Buena información para comenzar una evaluación con el satélite SPOT, para un inventario de pasturas de grandes superficies.

## 18. Ecofisiología

Las principales actividades de la sección de Ecofisiología durante el último año se concentraron en:

- la integración de cultivos con pasturas. Aunque esta fue la parte más importante del trabajo de la sección, se reporta en la sección de Integración de Arroz y Pasturas;
- la definición de los planes para estudiar la interfase planta-animal y la iniciación de un importante ensayo de campo que sirva como medio para que estudios colaborativos la investiguen; este trabajo se incluye en el Capítulo 25; y
- la investigación detallada del comportamiento fisiológico de la leguminosa Arachis pintoii, la cual se reporta aquí.

### Estudios detallados con Arachis pintoii

La leguminosa Arachis pintoii tiene varias características que se ajustan al ideotipo ideal de una leguminosa de pastoreo. Específicamente, es resistente al pastoreo gracias a sus estolones postrados, lo cual protege sus puntos de crecimiento del pastoreo a la vez que eleva sus hojas en pecíolos largos, lo que a su vez permite ofrecer competencia a las gramíneas que la acompañan y deja las hojas accesibles al pastoreo. Es supremamente estolonífera, de manera que si los estolones sufren daño por animales en pastoreo, frecuentemente se convierten en individuos independientes. Entierra su semilla, de modo que la

semilla está en gran medida protegida de la depredación. En muchas de sus principales características es similar al trébol blanco.

Sin embargo, existen algunas deficiencias. La semilla subterránea es difícil y costosa de cosechar, así que, frecuentemente, el material vegetativo se utiliza para establecer nuevas pasturas. El establecimiento es a menudo lento, especialmente el de material vegetativo. Al parecer, la planta pierde gran parte de su follaje durante la sequía y por lo tanto no es tolerante a ella. Durante períodos de precipitación prolongados, cuando los suelos se tornan anegadizos, se torna muy amarilla, lo cual se asocia con niveles altos de hierro en los tejidos.

Para investigar algunas de estas limitaciones, se realizaron dos experimentos durante el año, uno para investigar el crecimiento de plantas establecidas a partir de semilla o de material vegetativo, y otro para determinar los efectos de la sequía y de la inundación.

### Establecimiento de semilla y de material vegetativo

Las plantas se cultivaron en uno de dos suelos de Carimagua, un suelo arenoso de Alegría y uno franco arcilloso de La Reserva. Se colocaron seis kilos de suelo en cilindros de 10 cm de diámetro y 50 cm de alto y se sembraron en cada uno semilla o estolones (que consistían en 2 nódulos con raíces y 10 cm de estolón). Se hicieron cosechas

secuenciales para medir el crecimiento vegetativo, la extensión de las raíces y el área foliar durante un período de catorce semanas.

Los datos muestran claramente las tasas superiores de producción de materia seca, crecimiento radical y área foliar (Figuras 1 y 2). Al final del período de crecimiento, las plantas procedentes de las semillas habían producido más del doble de materia seca, área foliar y extensión radical. Las plantas procedentes de las semillas no se afectaron mucho con los diferentes tipos de suelo, pero las plantas establecidas a partir de estolones tendieron a comportarse mejor en el suelo arenoso.

#### Efectos de la sequía y de la inundación

Las plantas se establecieron en cilindros de 25 cm de diámetro y de 1.2 m de alto, que contenían 70 kg de suelo de Carimagua (La Reserva). Se aplicó fertilizante completo a razón equivalente a (kg/ha) P 40, K 10, Ca 200, Mg 20, S 20, Zn 5, Cu 2, B 1, Mo 0.5, Mn 3, Fe 3. La semilla (CIAT 17484) se inoculó y sembró el 23 de noviembre de 1989. En Palmira el experimento se protegió del clima con un techo simple de plástico. Cuando las plantas llegaron a la madurez, se impusieron tres tratamientos:

- un testigo bien regado,
- sin riego adicional hasta el 10 de abril de 1990,
- riego libre en la superficie del suelo en todo momento, hasta el 10 de abril de 1990.

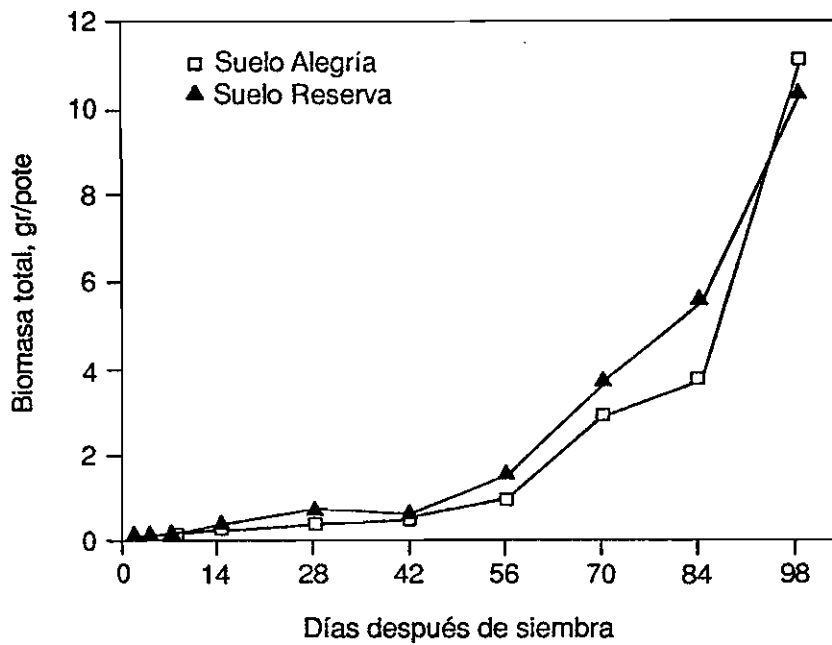
Se hizo seguimiento al crecimiento de las plantas midiendo el área foliar de cada planta una vez por semana, utilizando estándares de área foliar desarrollados mediante la selección de hojas de forma típica y agrandándolas y reduciéndolas fotográficamente para obtener una escala logarítmica de áreas foliares (Williams, 1953). Al final del experimento se cosecharon las plantas y se separaron en hojas, tallos, flores, espigas, semilla y raíces.

Las principales características de los datos demuestran que A. pintoí en verdad sí pierde sus hojas en respuesta a la sequía y a la inundación (Figuras 3 y 4). Sin embargo, después de los efectos iniciales de la escasez de agua, la planta puede mantener la producción de área foliar y aunque las hojas aparecen marchitas, el área foliar real difiere poco de la de los testigos con buen riego. La inundación restringe severamente el crecimiento de la planta, mostrando las hojas manchas típicamente cloróticas y severas. Cabe anotar que el recambio de hojas es sustancial en las plantas testigo, lo cual comúnmente no se tiene en cuenta en el campo, por la rapidez con la cual las hojas se pudren o se desprenden.

A. pintoí puede mantener una buena porción de sus partes aéreas a pesar del tratamiento de sequía, pero a expensas de las raíces en los niveles superiores del suelo (Figure 5a). La especie tiende a poner relativamente más énfasis en las raíces a mayor profundidad en el perfil del suelo (Figura 5b).



*Arachis pinto*, cultivado en dos suelos  
sembrado por semilla



*Arachis pinto*, cultivado en dos suelos  
sembrado por esquejes

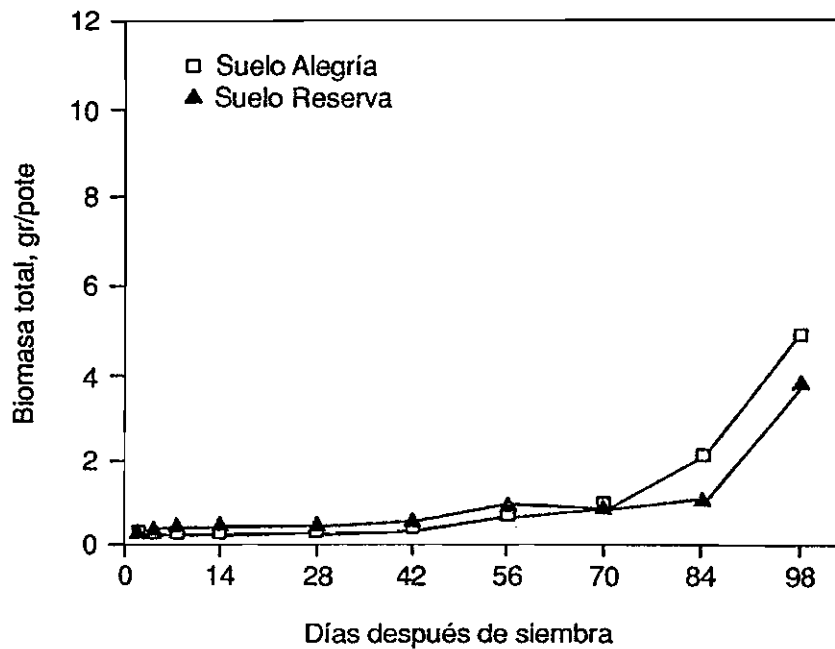
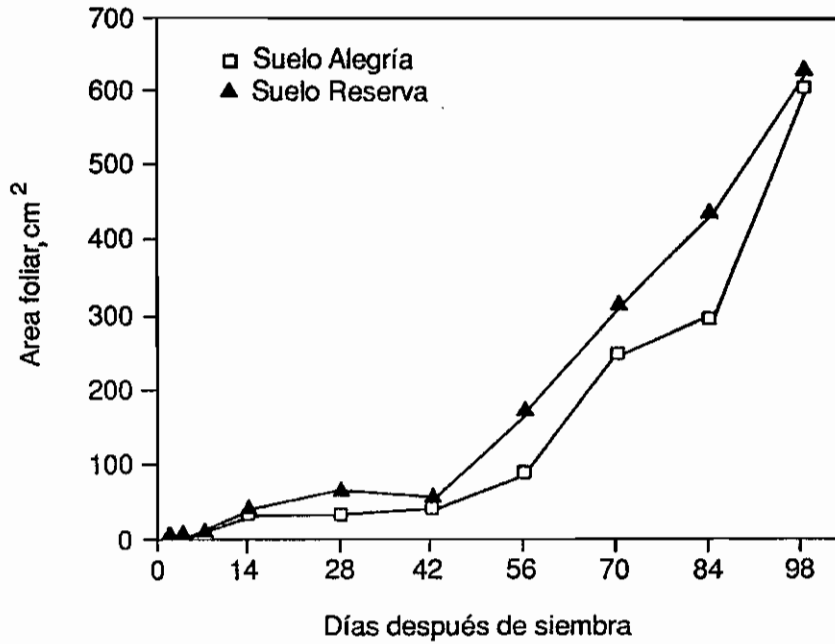
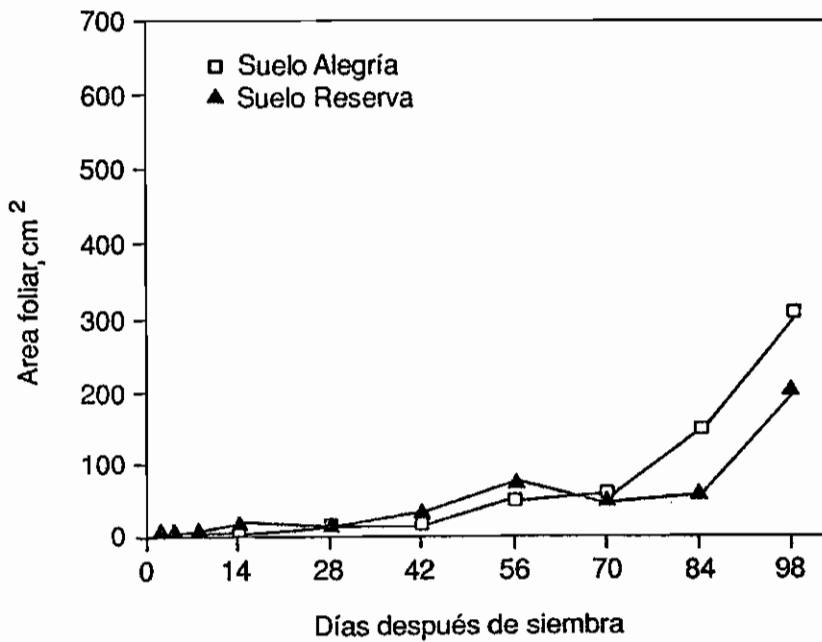


Figura 1. La influencia de diferentes materiales de siembra sobre el crecimiento de *Arachis pinto* recientemente sembrada.

*Arachis pinto*, cultivado en dos suelos sembrado por semilla

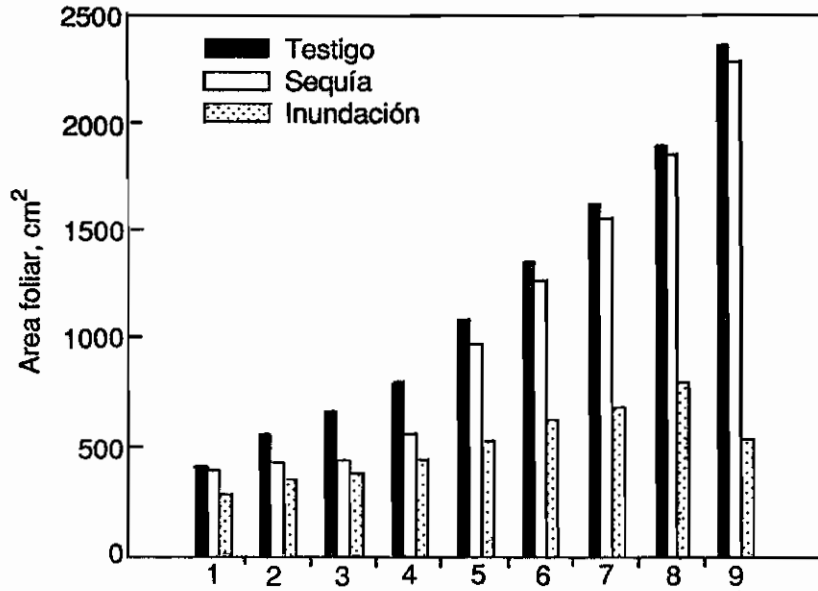


*Arachis pinto*, cultivado en dos suelos sembrado por esquejes

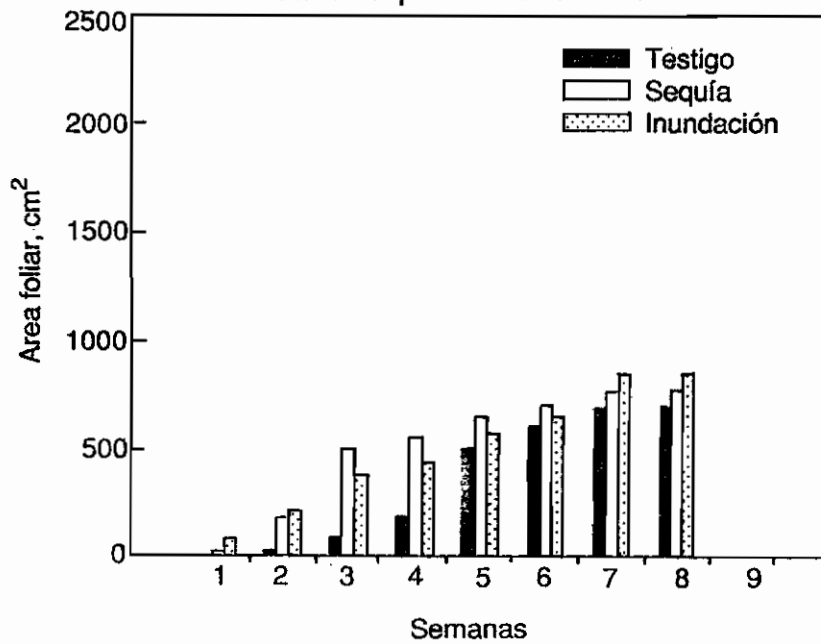


**Figura 2.** La influencia de diferentes materiales de siembra sobre la acumulación de área foliar de *Arachis pinto* recientemente sembrada.

**ARACHIS PINTOI BAJO SEQUIA E INUNDACION**  
**Area foliar acumulada**

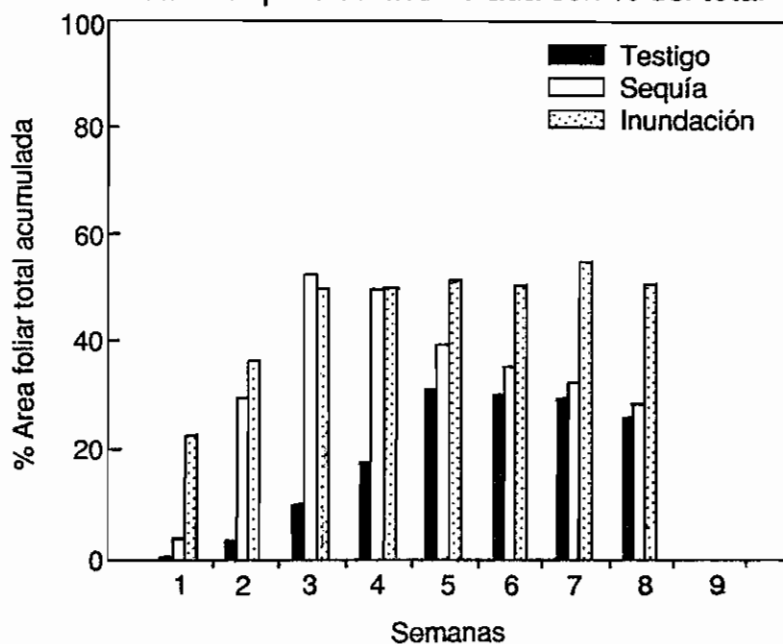


**ARACHIS PINTOI BAJO SEQUIA E INUNDACION**  
**Area foliar perdida acumulada**



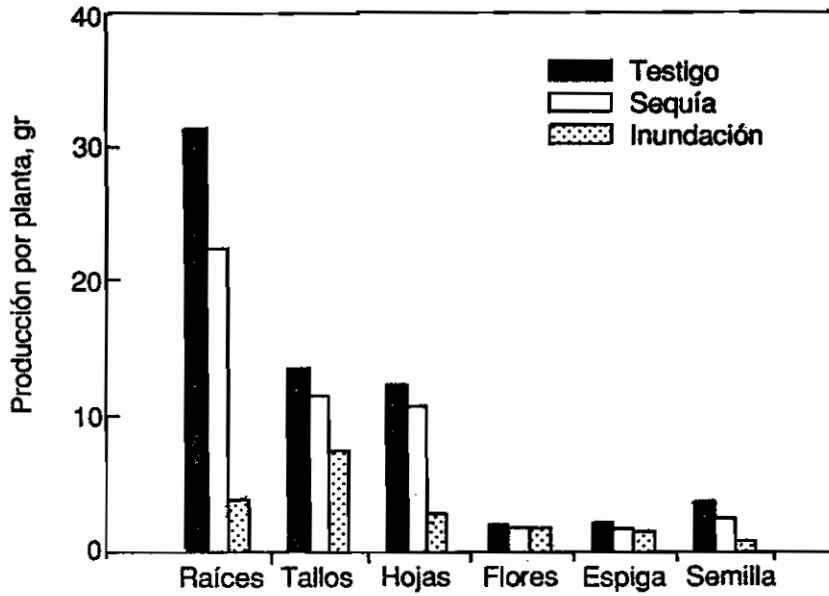
**Figura 3.** La influencia de la sequía y la inundación sobre el área foliar acumulada y perdida de Arachis pintoii.

**ARACHIS PINTOI BAJO SEQUIA E INUNDACION**  
**Area foliar perdida acumulada con % del total**

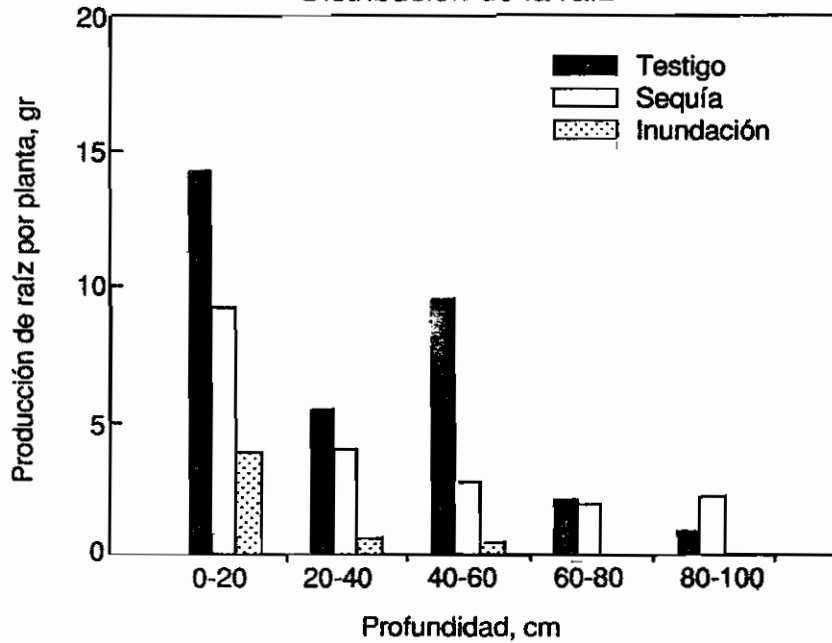


**Figura 4.** La influencia de la sequía y la inundación sobre la pérdida relativa de área foliar en Arachis pintoii.

**ARACHIS PINTOI BAJO SEQUIA E INUNDACION**  
**Repartición de materia seca**



**ARACHIS PINTOI BAJO SEQUIA E INUNDACION**  
**Distribución de la raíz**



**Figura 5.** La influencia de la sequía y la inundación sobre la repartición de la materia seca y la distribución de la raíz en Arachis pintoi.

## 18. ECOFISIOLOGIA

### RESUMEN

Las principales actividades se concentraron en la integración de cultivos y pasturas, la definición de planes para estudiar la interfase suelo-planta-animal las cuales se reportan en otra parte del informe, y en algo de investigación detallada sobre el comportamiento fisiológico de la leguminosa Arachis pintoí.

En experimentos detallados, las plantas de semilla de Arachis pintoí produjeron más del doble de materia seca, área foliar y extensión de raíces que las

plantas procedentes de estolones. Las plantas procedentes de semilla no se afectaron con los diferentes suelos, pero las plantas de estolones crecieron mejor en suelo arenoso. A. pintoí pierde sus hojas en condiciones de sequía e inundación. Sin embargo, pudo mantener su producción de hojas en condiciones de sequía, siendo su área foliar acumulada similar a la de los testigos con buen riego. La inundación restringió sustancialmente el crecimiento vegetativo y causó clorosis severa en las hojas.

40529

## 19. Calidad y Productividad de Pasturas

Durante 1990, la Sección de Calidad y Productividad de Pasturas continuó evaluando la persistencia y la productividad de las pasturas, en experimentos de pastoreo realizados en la subestación de Quilichao y en Carimagua. Las actividades previas sobre evaluación de pasturas en fincas en los Llanos se transfirieron a la Sección de Sistemas de Producción.

La Sección participó activamente en la planificación y en la siembra de un experimento de pastoreo en gran escala en Carimagua, que servirá de modelo físico para un estudio multidisciplinario de reciclaje de nutrimentos.

### EXPERIMENTOS DE PASTOREO EN QUILICHAO

Como se ha indicado en informes anuales anteriores, los experimentos de pastoreo se realizan en Quilichao para evaluar metodologías relevantes para la RIEPT. El siguiente es un informe sobre el efecto del pastoreo en la persistencia de las leguminosas y en la producción animal, tanto en términos de ganancia de peso como en rendimiento de leche.

### Persistencia y productividad de pasturas de B. dictyoneura/C. macrocarpum

Concluyeron tres años de pastoreo en una pastura de B. dictyoneura cv. Llanero en asociación con C. macrocarpum (CIAT 5713), manejada con un sistema de pastoreo alterno flexible. Como se informó el año pasado, la proporción de leguminosa en la pastura descendió a

menos de 20% hacia el final del segundo año. Durante el tercer año de pastoreo, la leguminosa continuó descendiendo y prácticamente desapareció de la pastura (Figura 1). No fue posible evitar la pérdida de la leguminosa mediante cambios en frecuencia de pastoreo. Como se esperaba, la leguminosa seleccionada por los animales con fístula esofágica siguió un patrón similar a la proporción de leguminosa en el forraje en oferta (Figura 2).

En este experimento ha sido interesante observar que, a pesar del descenso considerable de la leguminosa en el forraje en oferta y en la dieta seleccionada, las ganancias de peso vivo fueron similares en los tres años (Figura 3). La ganancia promedio de peso vivo durante los tres años fue de 160 kg/animal/año. Estos resultados contrastan con los obtenidos en una asociación de B. dictyoneura/D. ovalifolium en Quilichao, pastoreada con una carga similar (3.6 UA/ha). En la asociación con D. ovalifolium, las ganancias de peso vivo descendieron a menos de 300 g/animal/día durante el tercer año, lo cual se asoció con una pérdida de la leguminosa y con una reducción en el contenido de proteína de la gramínea y de la dieta seleccionada (véase Informe Anual 1988). En la pastura a base de C. macrocarpum, el nivel proteínico de la dieta seleccionada durante el tercer año de pastoreo promedió en 7.2%, mientras que en la pastura a base de D. ovalifolium, la proteína de la dieta fue de sólo 6%. Es posible que el

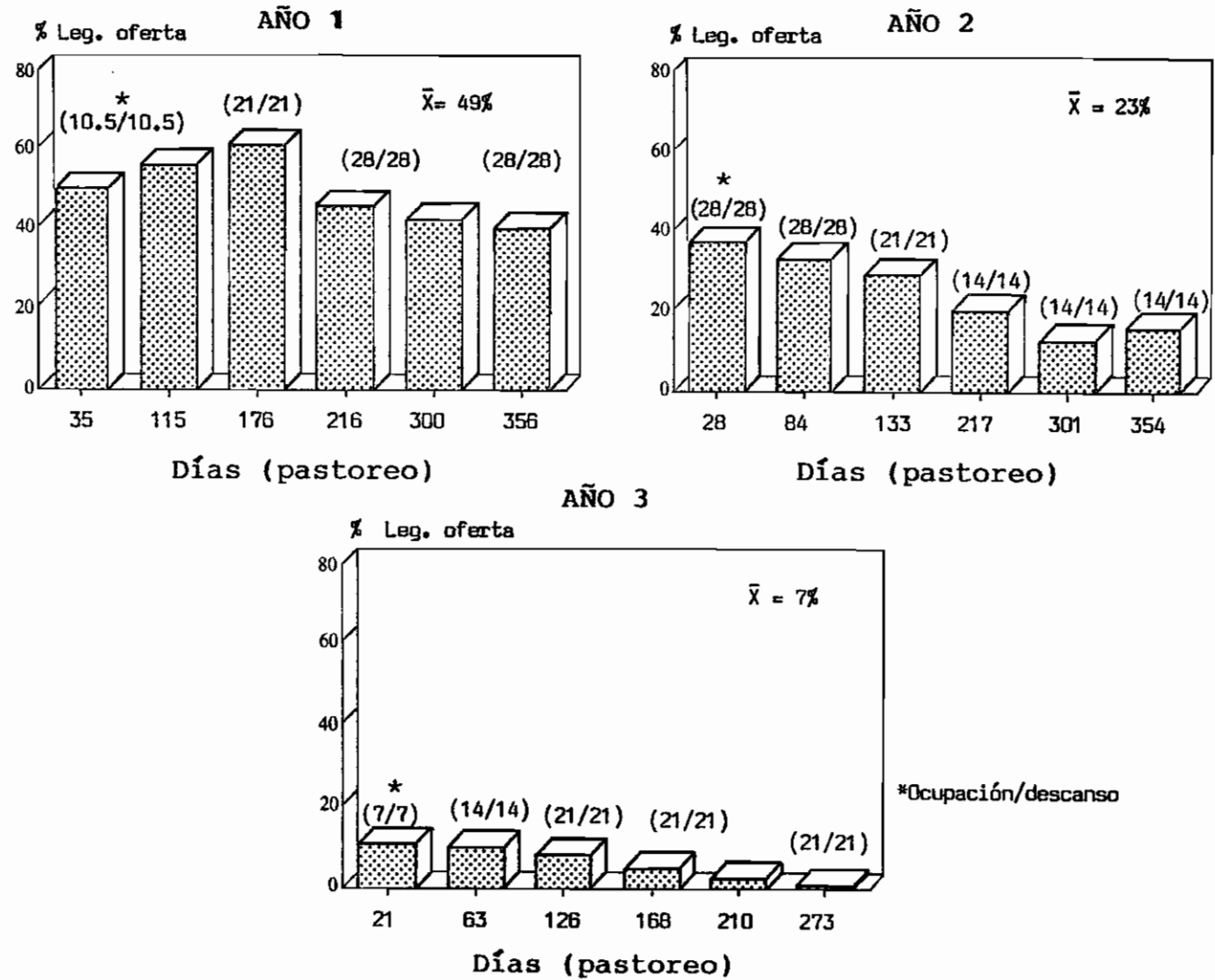


Figura 1. Proporción de leguminosa en una pastura de *B. dictyoneura*/*C. macrocarpum* 5713 bajo pastoreo alterno flexible (Quilichao, 1990)



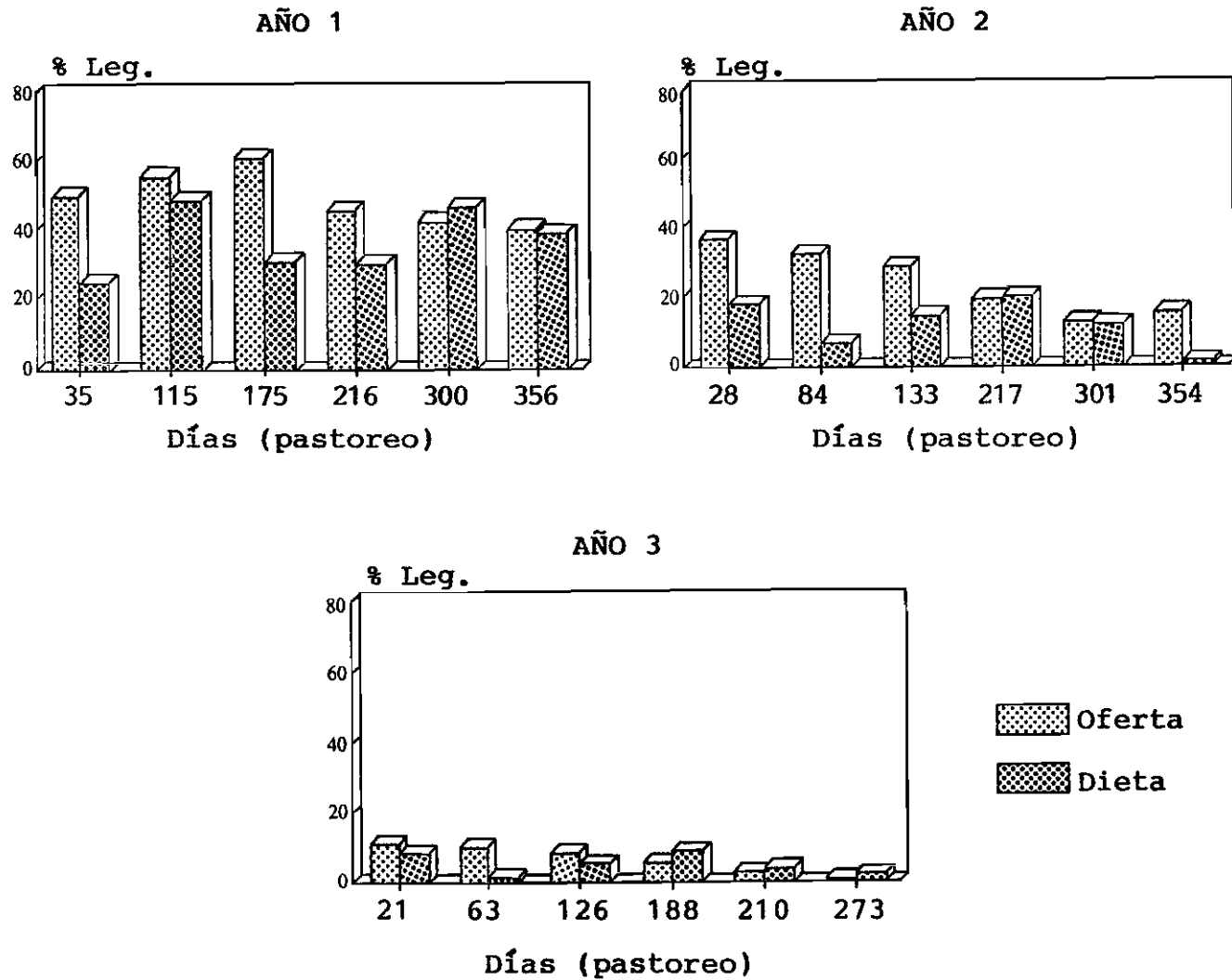


Figura 2. Proporción de leguminosa en oferta y dieta seleccionada por fistulados del esófago en una pastura de *B. dictyonera*/*C. macrocarpum* 5317 bajo pastoreo alterno flexible (Quilichao, 1990)

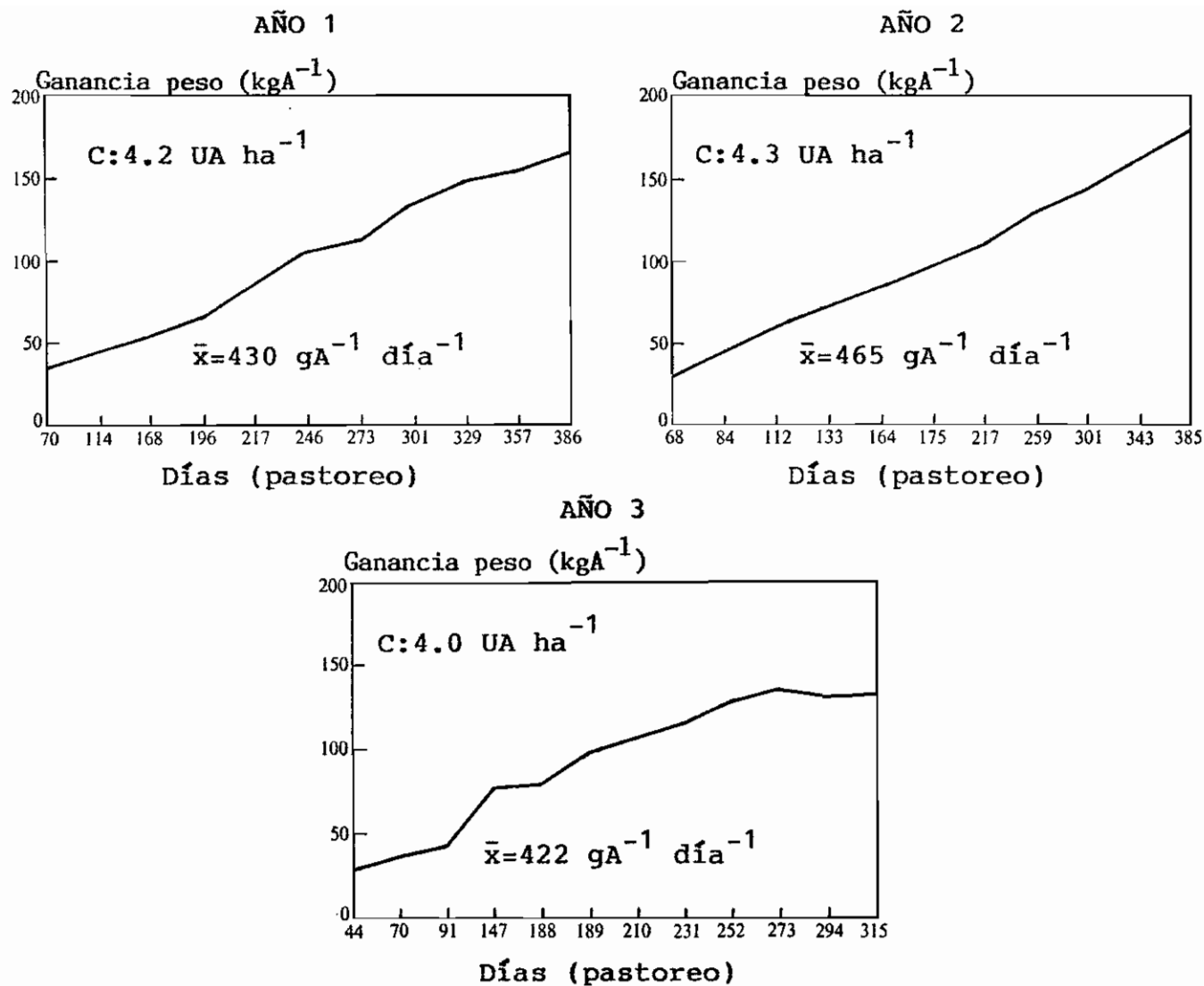


Figura 3. Ganancia de peso de novillos en *B. dictyoneura*/*C. macrocarpum* 5713 bajo pastoreo alterno flexible (Quilichao, 1990)

reciclaje nitrógeno en la pastura sea mucho más efectivo con C. macrocarpum que con D. ovalifolium, leguminosa que posee un contenido alto de taninos.

En general, la asociación B. dictyoneura/C. macrocarpum ha sido productiva, aunque la leguminosa no persistió con la carga tan alta utilizada (4.0 UA/ha). Es evidente que un problema con C. macrocarpum CIAT 5713 es que no produce suficiente semilla bajo pastoreo para asegurar el reclutamiento de nuevas plántulas.

#### Ensayo Regional D (Prototipo)

Durante 1990 se inició en Quilichao un nuevo ensayo de pastoreo para comparar la productividad de B. dictyoneura cv. Llanero solo y en asociación con C. macrocarpum CIAT 5713. Las pasturas se manejan con un sistema de pastoreo alterno flexible. Las ganancias peso vivo obtenidas durante el primer año de pastoreo fueron 20% mayores en la pastura a base de leguminosas en comparación con la pastura con sólo gramínea, pastoreadas ambas con cargas similares (Figura 4). Se espera que esta diferencia sea mayor a medida que el nivel de proteína de la pastura con sólo gramínea se vuelva limitante. La proporción de leguminosa en el forraje en oferta promedió 32%, lo cual es similar a lo registrado en la dieta de novillos con fístula esofágica (29%). En este experimento de pastoreo, se marcaron plantas de C. macrocarpum para determinar la tasa de mortalidad de esta leguminosa en condiciones de pastoreo relativamente intenso.

#### Sistema de pastoreo y productividad de pasturas

Se ha sugerido que la composición botánica de las pasturas a base de leguminosas se puede controlar mediante el sistema de pastoreo. En este sentido, se podría postular que un sistema rotacional de cuatro potreros permitiría más flexibilidad que un sistema de 2 potreros, para controlar

la proporción de leguminosa en una pastura. Para probar esta hipótesis, se estableció un ensayo de pastoreo en Quilichao, que incluye una pastura de B. dictyoneura cv. Llanero en asociación con C. macrocarpum (CIAT 5713) y D. ovalifolium (CIAT 350). La carga utilizada es relativamente alta y similar en los dos sistemas de pastoreo.

El pastoreo inició en 1989 y los resultados de composición botánica y ganancias de peso vivo después de 1.5 años, se resumen en las Figuras 5 y 6. Cuando se inició el pastoreo, la pastura en el sistema alterno tenía una mayor proporción de D. ovalifolium (> 60%) que la pastura con una rotación de cuatro potreros (> 40%). La proporción de C. macrocarpum fue similar en ambos tratamientos (> 10%). Para favorecer la gramínea, en el sistema alterno se realizó una rotación de 35/35, mientras que el sistema de cuatro potreros se utilizó con una rotación de 7/21. Los resultados de composición botánica muestran que el sistema de pastoreo alterno de 35/35 favoreció a la gramínea, como lo indica la reducción de D. ovalifolium (Figura 5). Al final de la cuarta evaluación (560 días de pastoreo), la proporción de D. ovalifolium fue similar en los dos tratamientos pastoreo. Por otra parte, la proporción de C. macrocarpum no se afectó con el sistema de pastoreo. En forma similar, las ganancias peso tampoco fueron afectados por el sistema de pastoreo utilizado (Figura 6).

Estos resultados sugieren que en el corto plazo no hay ventajas de un sistema de pastoreo rotacional de 4 potreros sobre un sistema alterno en términos de balance de gramínea + leguminosa y producción animal en pasturas asociadas.

#### Contribución de leguminosa a la producción de leche

Como se informó el año pasado, se

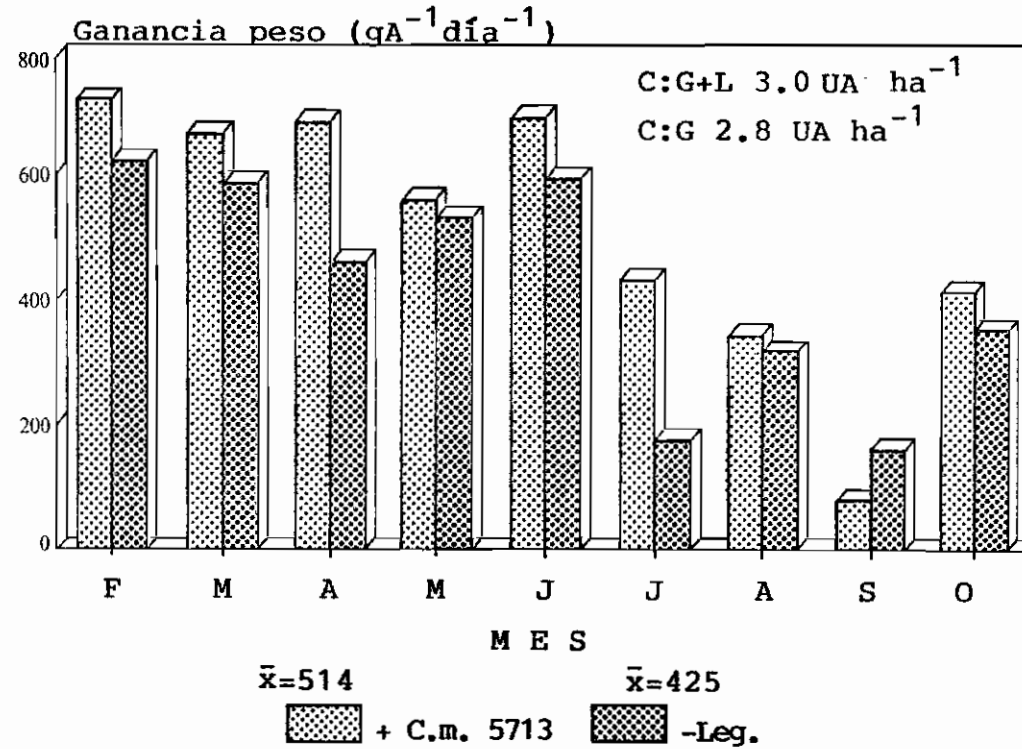


Figura 4. Ganancia de peso en *B. dictyoneura* sola (G) y asociada (G+L) con *C. macrocarpum* 5713 bajo pastoreo flexible (Quilichao, 1990)

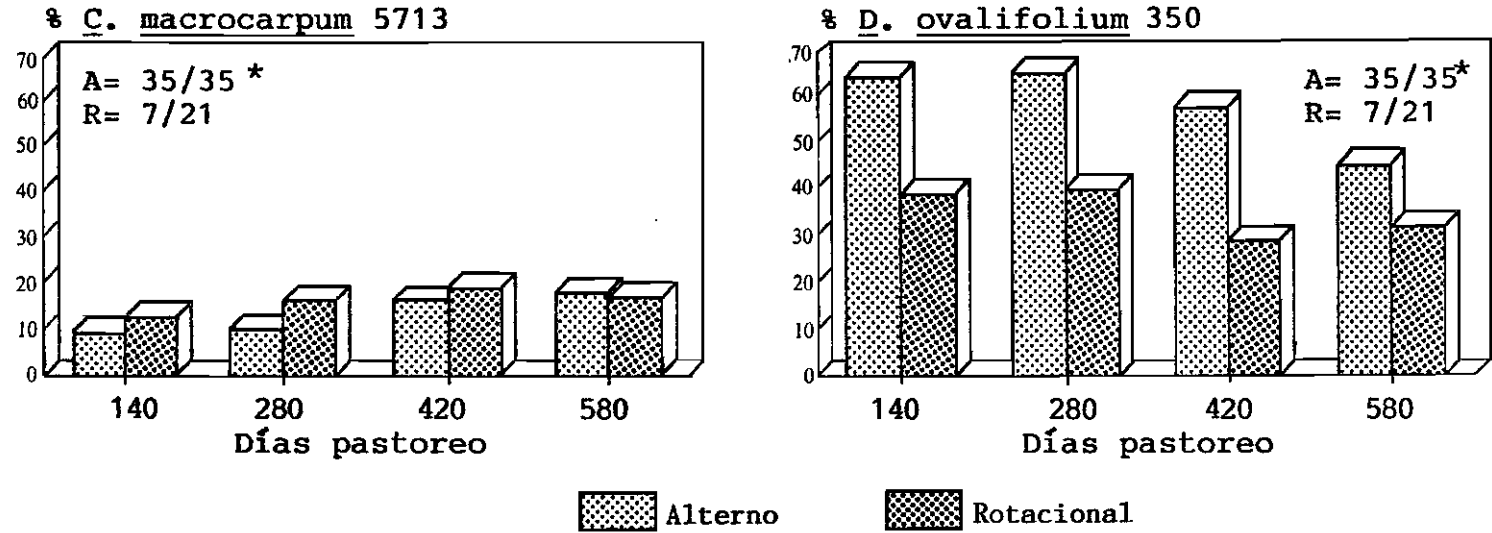


Figura 5. Proporción de leguminosa en pasturas de *B. dictyoneura*/*C. macrocarpum* 5713/*D. ovalifolium* 350 bajo pastoreo alterno y rotacional (Quilichao, 1990)

\*Sistema de pastoreo (ocupación/descanso)

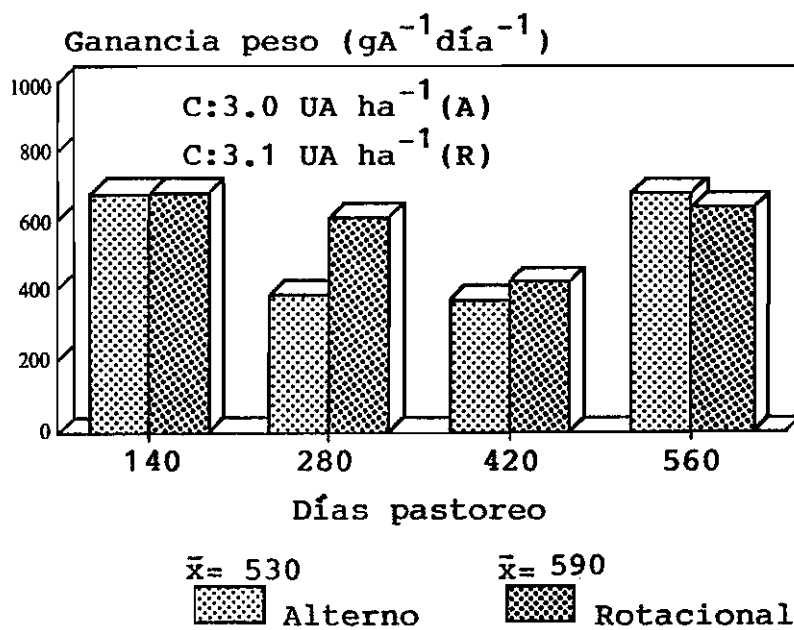


Figura 6. Ganancia de peso en pasturas de B. dictyoneura/C. macrocarpum 5713/D. ovalifolium 350 bajo pastoreo alterno (A) y rotacional (R) (Quilichao, 1990)

inició en Quilichao un experimento de pastoreo durante 1989 para determinar el efecto de leguminosas adaptadas a suelos ácidos en producción de leche. El diseño inicial incluyó nueve pasturas que resultaron de la combinación de tres gramíneas (A. gayanus, B. dictyoneura y B. decumbens) solas y en asociación con dos leguminosas (C. acutifolium CIAT 5568 y C. macrocarpum CIAT 5713). Debido a que el componente de leguminosa de las pasturas con B. decumbens se perdió hacia el final del primer año, el experimento continuó durante 1990 con sólo seis pasturas, dispuestas en dos cuadrados latinos de 3 x 3.

Los resultados de producción de leche para tres diferentes estaciones del año se resumen en la Figura 7. La producción de leche de vacas Holstein fue sistemáticamente mayor ( $P < .05$  -  $P < .10$ ) en las pasturas de B. dictyoneura más leguminosa, en comparación con la de gramínea sola, siendo la ventaja del orden de 16% en época de lluvia y de 40% en época seca. En el caso de la pastura de A. gayanus, hubo una tendencia de mayor producción de leche (1 litro por día) en la pastura con leguminosas. Sin embargo, con el número de vacas utilizado (3 por cuadrado latino), no fue posible detectar diferencias estadísticas.

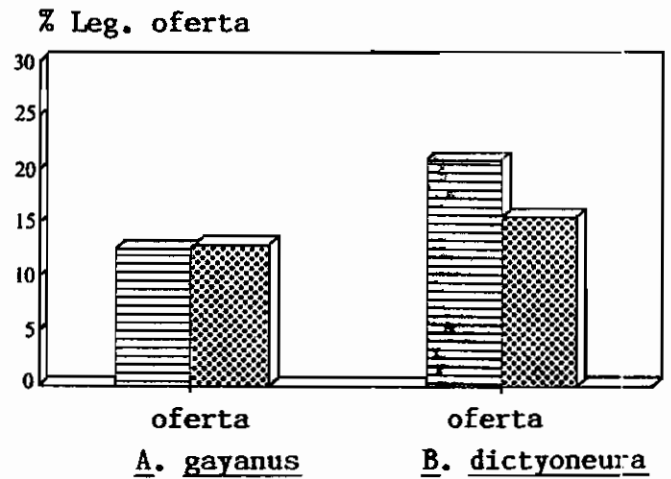
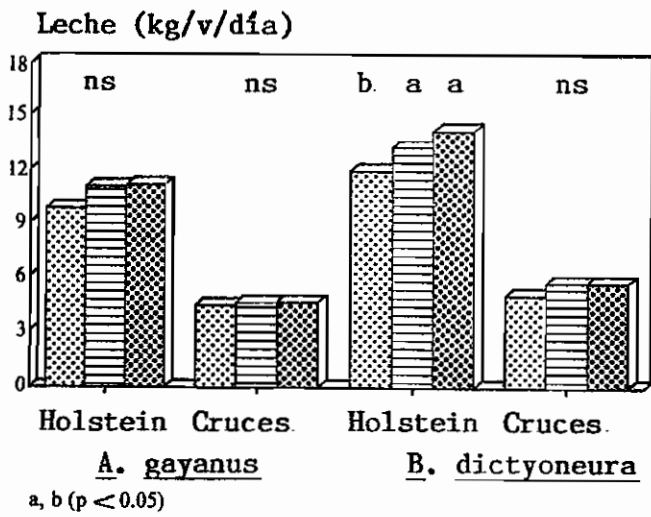
En este experimento, resultó interesante determinar si las leguminosas aumentarían la producción de leche de vacas con cruce Cebú (menor potencial genético para producción de leche). Durante dos períodos de evaluación (lluvioso y de transición lluvia/seca), vacas Holstein mejoradas se agruparon con vacas cruce Cebú. Los resultados muestran que las vacas Holstein produjeron 15% más leche en promedio en las pasturas de gramínea-leguminosa en comparación con la gramínea sola. En contraste, los cruces Cebú sólo produjeron 8% más de leche debido a la leguminosa (véase Figura 7). Estos resultados sugieren que para lograr que una tecnología de

pasturas de leguminosas cause impacto, por lo menos en cuanto a producción de leche, en los sistemas actuales de doble propósito, sería aconsejable mejorar el potencial genético de las vacas.

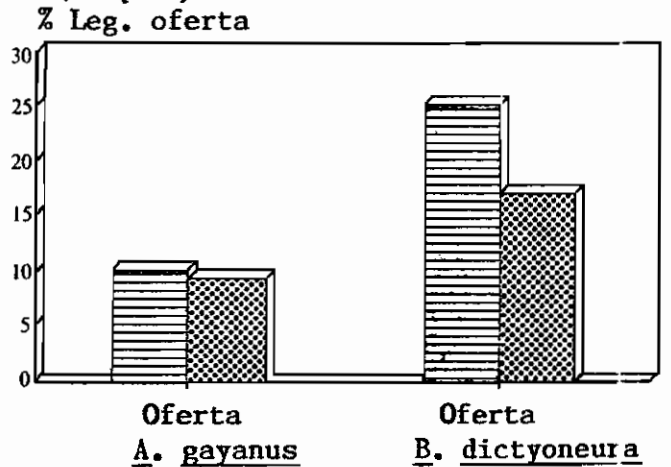
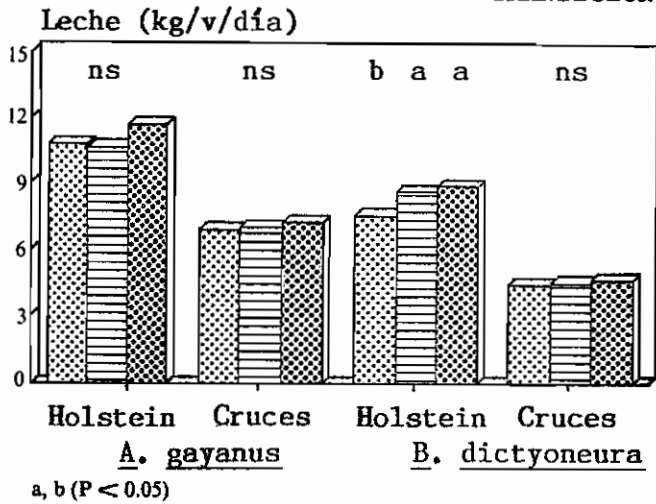
A partir de los datos recolectados hasta el momento, resulta evidente que la mayor respuesta en producción de leche en asociación con B. dictyoneura, en comparación con A. gayanus, se relaciona en parte con mayor proporción de leguminosa en el forraje en oferta (véase Figura 7). Por otra parte, también es evidente que dentro de las pasturas de B. dictyoneura la respuesta en producción de leche debido a leguminosas ha sido mayor con C. acutifolium que con C. macrocarpum, aunque ésta se encuentra en menor proporción en el forraje en oferta. Podría postularse que esta diferencia en producción de leche debida a especie de leguminosas se relaciona con palatabilidad o consumo, como lo sugieren los niveles de urea en la leche (Figura 8). Tanto con A. gayanus como con B. dictyoneura, los niveles de urea en la leche fueron mayores en las pasturas a base de C. acutifolium en comparación con las de C. macrocarpum o con pasturas con gramíneas solas.

En general, un alto contenido de urea en la leche (25-50 mg %) se ha relacionado con sobrealimentación de proteína o con desequilibrio de energía-proteína en la dieta. Los mayores niveles de urea en la leche registrados en las pasturas de gramínea-leguminosa en comparación con la gramínea sola, podrían indicar que la energía proveniente de la gramínea fue insuficiente para equilibrar en el rumen un mayor nivel de amonio proveniente de la leguminosa. Estudios futuros intentarán verificar si hay o no deficiencia de energía en las pasturas asociadas con leguminosas y si el nivel de urea en la leche es un buen marcador del consumo de leguminosas de vacas en pastoreo.

LLUVIA



TRANSICION (LLUVIA/SEQUIA)



SEQUIA

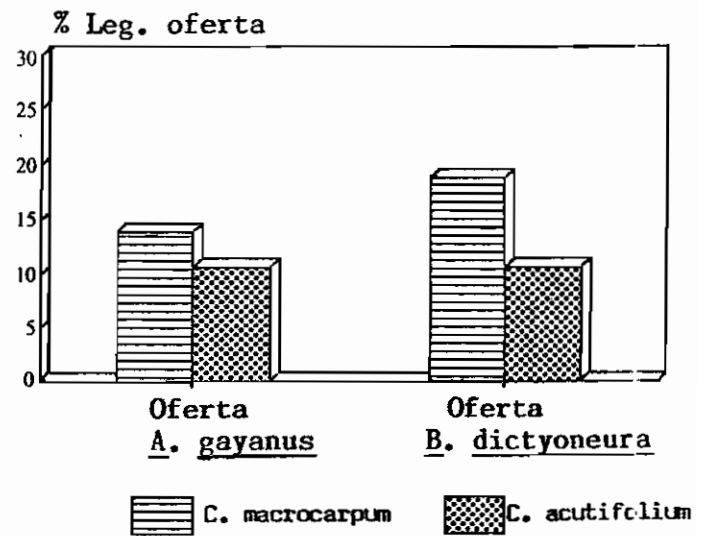
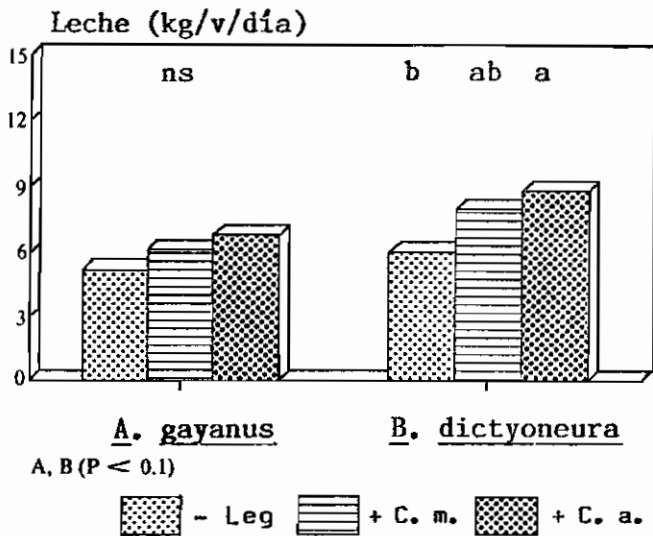


Figura 7. Producción de leche en gramíneas solas y asociadas en diferentes épocas del año (Quilichao, 1990)



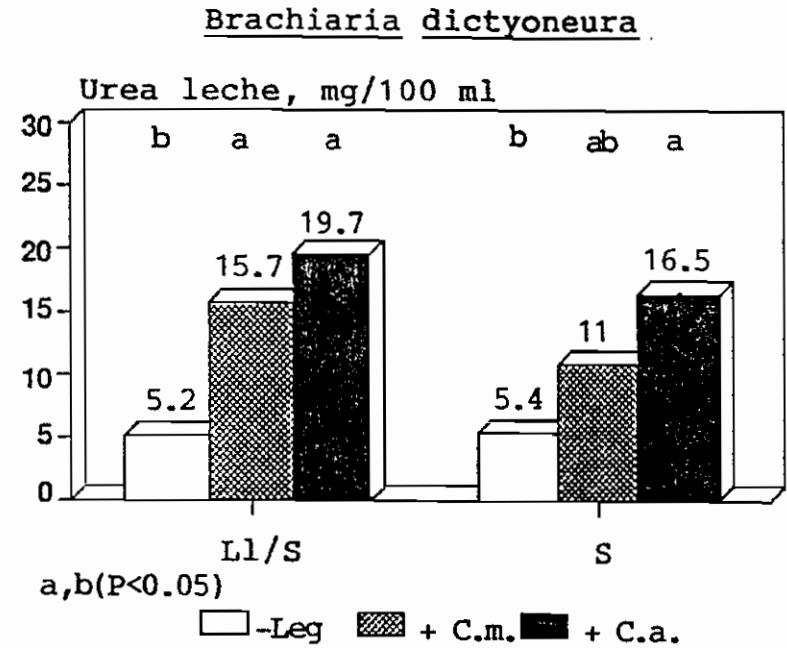
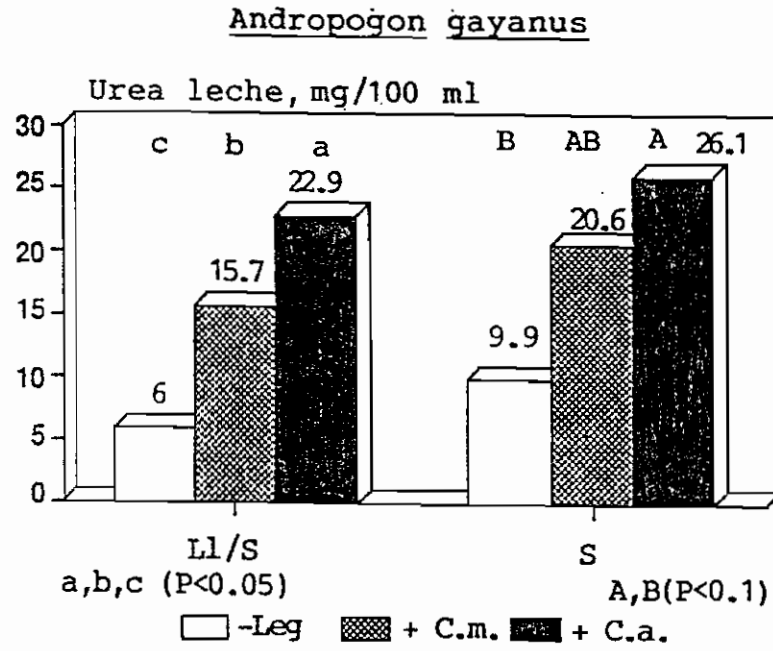


Figura 8. Nivel de úrea en la leche de vaca en gramínea pura y con leguminosas (Quilichao)

## EXPERIMENTOS DE PASTOREO EN CARIMAGUA

Durante 1990 se continuaron varios estudios de pastoreo en Carimagua con énfasis en los que incluían Arachis pintoí (CIAT 17434).

### Productividad de pasturas de B. dictyoneura/A. pintoí

En 1985, se estableció en Carimagua una pastura de 2 ha de B. dictyoneura/A. pintoí, como parte de un experimento para evaluar diferentes pasturas con terneros de destete precoz. A partir de 1988, la pastura se ha pastoreado rotacionalmente (7/21) con novillos y se han registrado las ganancias peso vivo (Figura 9). Las ganancias de los animales durante 1990 fueron altas (600 g/animal/día), y 37% superiores a las registradas en 1989, a pesar de mayor carga (¼ del potrero se utilizó para sembrar arroz). Cabe anotar que

durante la estación lluviosa de 1990, B. dictyoneura se infestó de salivazo y, en consecuencia, durante dos meses, una gran proporción de la dieta de los animales fue A. pintoí.

Dada la gran productividad potencial de pasturas a base de A. pintoí, se estableció en 1987, en Carimagua, un experimento de pastoreo que incluye B. dictyoneura solo y en asociación con A. pintoí y una comparación de sistema de pastoreo (alterno y rotacional) y dos cargas (2 y 3 A/ha) en un arreglo factorial.

Debido a problemas de establecimiento y al ataque de salivazo en la gramínea durante 1988, el pastoreo experimental sólo empezó este año. Las ganancias de peso promediadas entre tratamientos fueron mayores en las pasturas con A. pintoí, tanto en la estación lluviosa como en la seca (Cuadro 1). La

Cuadro 1. Ganancias de peso de novillos en pasturas de B. dictyoneura solo y en asociación con A. pintoí (Carimagua, 1990).

Pastura con <u>B. dictyoneura</u>	Sistema de pastoreo	Carga (A ha <sup>-1</sup> )	Ganancia de peso	
			Est. Seca (g A <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )	Est. Húmeda (g A <sup>-1</sup> day <sup>-1</sup> )
- Leguminosas	2-P <sup>1</sup>	3.0	367	362
	4-P <sup>2</sup>	3.0	397	530
	2-P	2.0	385	318
Promedio			383	403 <sup>b</sup>
+ <u>A. pintoí</u>	2-P	3.0	321	383
	4-P	3.0	507	525
	2-P	2.0	469	525
Promedio			432	478 <sup>a</sup>

1. Sistema de 2 cuadrados: 7/7 estación seca; 21/21 estación húmeda.

2. Sistema de 4 cuadrados: 7/21 estación seca y húmeda.

a, b Medias en la misma columna sin una letra en común en sus exponenciales, difieren al nivel (P < 0.10).

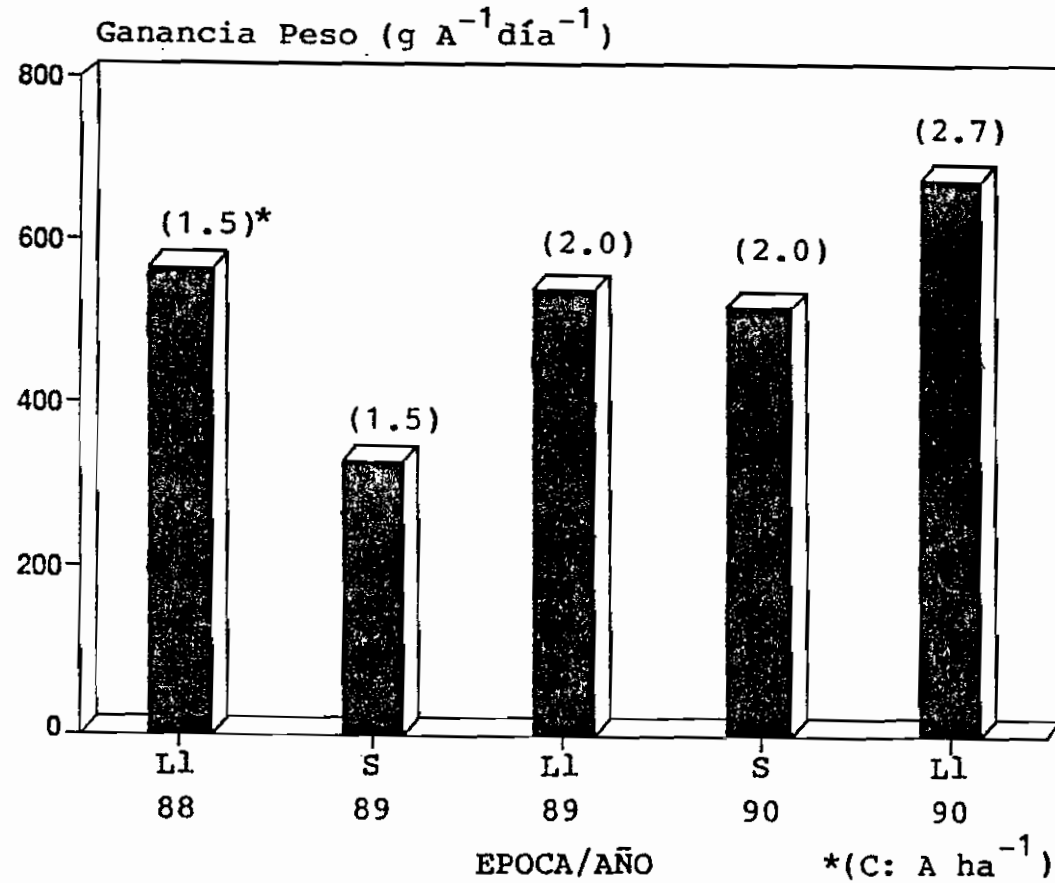


Figura 9. Ganancia de peso en una pastura de *B. dictyoneura*/*A. pintoi* en diferentes épocas y años (Carimagua, 1990)

proporción de leguminosa en estas pasturas varió entre 13% en la carga alta y 35% en la carga baja.

En general, los resultados de 1990 indican que la productividad animal potencial de pasturas bien establecidas de B. dictyoneura/A. pintoí puede ser del orden de 200 kg/animal/año y 600 kg/ha/año, lo cual es un récord para Carimagua.

#### Productividad de pasturas de B. humidicola/A. pintoí

La gramínea B. humidicola posee varios atributos positivos como bajos requerimientos de fertilidad, facilidad de establecimiento y alta capacidad de carga. Sin embargo, también se ha documentado que B. humidicola posee baja calidad ya que se vuelve deficiente en proteína y, en consecuencia, el comportamiento animal individual es bajo.

En 1987, se introdujo A. pintoí me-

diante siembra vegetativa en una pastura de B. humidicola que había estado en asociación con D. ovalifolium (CIAT 350). El experimento incluye la comparación de B. humidicola solo y en asociación con A. pintoí y 3 cargas animales (3, 4 y 5 A/ha en 1988-1989 y 2, 3 y 4 A/ha en 1990).

El pastoreo empezó en 1988, utilizando un sistema alterno flexible. Las ganancias promedio de peso vivo registradas durante tres años se resumen en la Figura 10. Durante los primeros dos años, las ganancias de los animales en la asociación fueron similares a las del tratamiento con gramíneas. Sin embargo, durante la estación lluviosa de 1990, la asociación produjo 40% más ganancia de peso que la gramínea sola. La ventaja de la gramínea asociada con leguminosa sobre la gramínea sola durante la estación lluviosa de 1990 ha sido evidente en los tres tratamientos de carga, como se muestra en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Ganancia de peso de novillos en pasturas de B. humidicola sola y en asociación con A. pintoí (Carimagua, 1990).

<u>Pastura de B. humidicola</u>	Carga (A ha <sup>-1</sup> )	<u>Ganancia de peso</u>	
		Estac. seca	Estac. húmeda
		(g A <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	
- Leguminosas	2	255	411
	3	169	276
	4	- 16	260
	Promedio	136	316 <sup>b</sup>
+ <u>A. pintoí</u>	2	272	572
	3	186	406
	4	- 11	355
	Promedio	149	444 <sup>a</sup>

a, b Medias en la misma columna sin una letra en común en sus exponenciales difieren al nivel de P < 0.05.

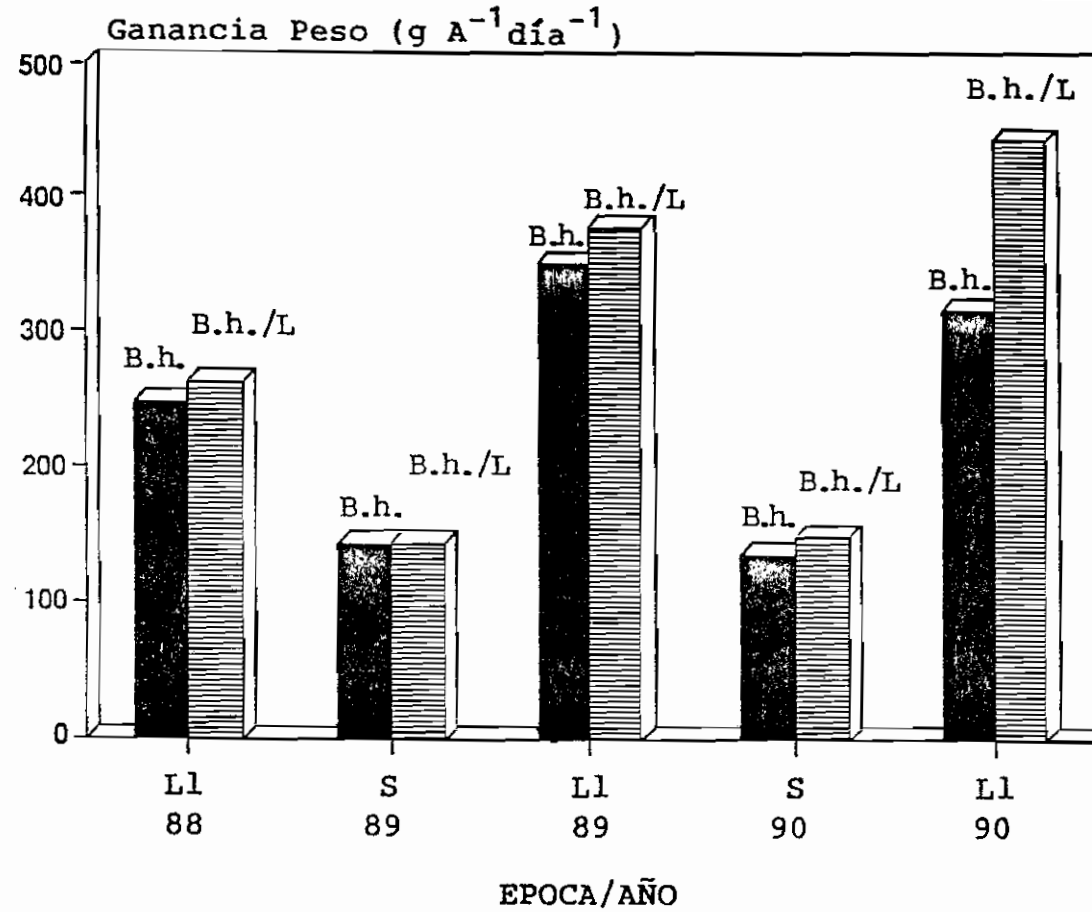


Figura 10. Ganancia diaria de peso en pasturas de B. humidicola solo y asociado con A. pintoi (Carimagua, 1990)

Las mayores ganancias de peso vivo en las pasturas a base de leguminosas en 1990 se explican por cambios en la composición botánica (Figura 11). Durante los dos primeros años, la proporción de A. pintoi en las pasturas fue baja (3-7%) aún durante la estación lluviosa. Sin embargo, durante la estación lluviosa de 1990, la contribución de A. pintoi a la pastura aumentó considerablemente, independientemente de la carga. Cabe señalar que durante los primeros dos años todos los tratamientos del experimento tuvieron una gran proporción de D. ovalifolium proveniente de semilla en suelo.

Estos resultados son muy alentadores ya que indican que A. pintoi puede mejorar considerablemente la productividad de B. humidicola en un amplio rango de cargas. Además, es claro que a diferencia de otras leguminosas sin problemas de palatabilidad, A. pintoi aumenta en la pastura con el tiempo y puede aún dar lugar a dominancia de la leguminosa si no se maneja adecuadamente.

#### Productividad de pasturas de B. humidicola/D. ovalifolium

El año pasado se informó (véase Informe Anual 1989) que en un sitio con suelos livianos (Yopare), pasturas de B. humidicola en asociación con D. ovalifolium (CIAT 13089) fueron dominadas por la leguminosa. El pastoreo se continuó durante 1990 en el sitio con suelo pesado (LA L), donde el balance gramínea-leguminosa fue mejor. Las ganancias de peso vivo de los animales no han sido nada mejores que las registradas en años anteriores (Cuadro 3). Durante la estación seca, los animales perdieron peso en la gramínea sola y asociada con leguminosa y carga de 3 A/ha, pero mantuvieron su peso en la pastura asociada con carga de 2 A/ha. La ganancia de peso durante la estación lluviosa varió de 164 g/animal/día, en una pastura dominada por leguminosa, a 381 g/animal/día, en pasturas con mejor balance de gramínea-leguminosa.

Cuadro 3. Ganancias de peso (GP) de novillos en pasturas de B. humidicola sola y en asociación con D. ovalifolium CIAT 13089 (lugar: "La L", Carimagua, 1990).

Especies	Carga (A ha <sup>-1</sup> )	GP (g A <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	
		Est. seca (105 días)	Est. húmeda (201 días)
<u>B. humidicola</u>	3.0	- 138 <sup>b</sup>	207 <sup>b</sup>
<u>B. humidicola</u> <u>/D. ovalifolium</u>	3.0	- 126 <sup>b</sup> (77) <sup>1</sup>	164 <sup>b</sup> (97)
<u>B. humidicola</u> <u>/D. ovalifolium</u>	2.0	48 <sup>a</sup> (57)	381 <sup>a</sup> (46)

1. Números en paréntesis = % de leguminosa en forraje en oferta.

a, b Medias en la misma columna sin una letra en común difieren al nivel de P < 0.05.

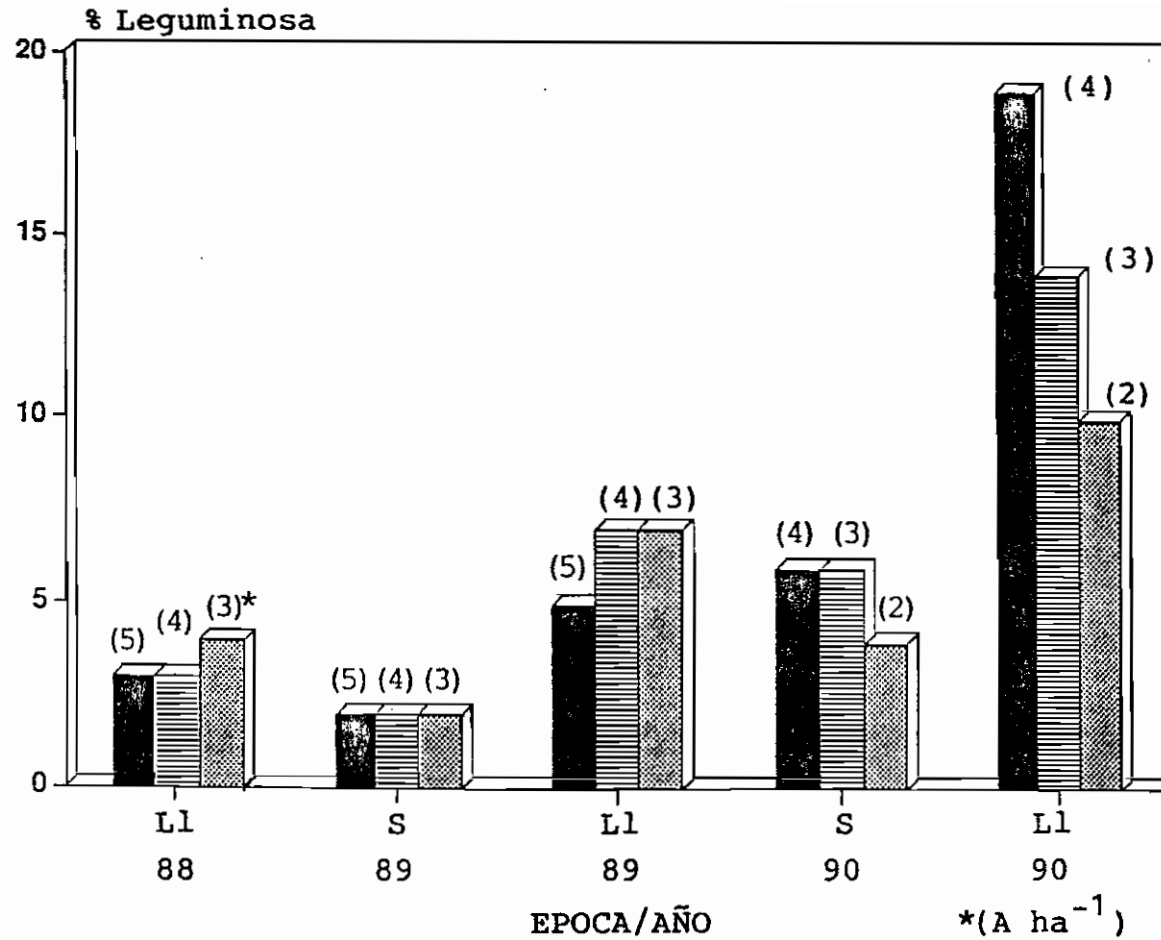


Figura 11. Proporción de leguminosa en el forraje en oferta en una asociación de *B. humidicola*/*A. pintoi* (Carimagua, 1990)

Los resultados de ganancia de peso con D. ovalifolium (CIAT 13089) contrastan con los obtenidos con A. pintoii (CIAT 1743). La baja calidad y palatabilidad de D. ovalifolium son responsables de las bajas ganancias de peso y de las dificultades en el manejo de pasturas con esta leguminosa. Por lo tanto, es improbable que los productores adopten el D. ovalifolium (CIAT 13089), por lo menos en los Llanos de Colombia.

#### BANCOS DE PROTEINA Y DE ENERGIA EN LA SABANA

Resultados de años anteriores indicaron claramente que las ganancias de peso del ganado que pastoreaba sabana manejada con quema se podrían aumentar significativamente mediante el uso de áreas pequeñas de una pastura de gramínea/leguminosa (véase Informe Anual 1989). Sin embargo, se postuló que se podrían obtener respuestas aún mayores en ganancia de peso de los animales, suplementando la sabana con

un área de leguminosa (banco de proteína) durante la estación seca y con una pastura de gramínea/leguminosa (banco de energía) durante la estación lluviosa. Esta idea se evaluó en 1990 con algunas modificaciones y los resultados de ganancias de peso se resumen en el Cuadro 4. Los animales que pastorearon la sabana y que tuvieron acceso libre al banco de proteína (kudzú) durante la estación seca y al banco de proteína + energía (A. gayanus/S. capitata) durante la estación lluviosa presentaron ganancias diarias promedio de 496 g/animal. Esta ganancia de peso fue similar a la obtenida con animales que tuvieron acceso a un banco de energía todo el año. Sin embargo, es de notar que durante la estación seca los animales con acceso al banco de energía ganaron 31% más peso que los que tuvieron acceso al banco de proteína. Sin embargo, esta ventaja se perdió, posiblemente por la ganancia compensatoria, cuando los animales que

Cuadro 4. Ganancias de peso (GP) de novillos en pastoreo sabana complementada con un banco de energía o un banco de energía-proteína (Carimagua, 1990).

Sabana + Banco	Carga (A ha <sup>-1</sup> )	GP (g A <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> )	
		Est. seca (106 días)	Est. húmeda (196 días)
Energía <sup>1</sup> (todo el año)	0.25	411	556
	0.50	472	495
Promedio		442 <sup>a</sup>	526 <sup>a</sup>
Proteína (est.seca) <sup>2</sup>	0.25	354	587
	0.50	312	582
Proteína + Energía (est.húmeda)			
Promedio		333 <sup>b</sup>	584 <sup>a</sup>

1. Banco de energía: 2000 m<sup>2</sup>/A de A. gayanus/S. capitata.

2. Banco de proteína: 2000 m<sup>2</sup>/A de P. phaseoloides.

a, b = Medias en la misma columna sin una letra en común en sus exponenciales, difieren al nivel de P < .05.



tuvieron acceso al banco de proteína en la época seca también tuvieron acceso al banco de energía durante la estación lluviosa. La falta de respuesta en ganancia de peso en el banco de proteína durante la época seca de este año fue similar a lo observado durante 1989 (véase Informe Anual 1989), a pesar de que la precipitación durante la estación seca de 1990 (88 mm) fue menor que durante la estación seca de 1989 (144 mm).

El comportamiento de pastoreo de los animales que tuvieron acceso a los bancos de proteína o de energía se resume en la Figura 12. Como se registró en años anteriores, los

animales pasaron más tiempo pastoreando el banco de energía que el de proteína, tanto en la estación seca como lluviosa en ambas cargas. Por otra parte, los animales con acceso al banco de proteína durante la estación seca pasaron más tiempo pastoreando el banco de energía durante la estación lluviosa siguiente en comparación con los que tuvieron acceso al banco de energía durante todo el año.

En resumen, estos resultados sugieren que el banco de proteína ofrece poca ventaja sobre el banco de energía como suplemento para la sabana durante la estación seca en los Llanos de Colombia.

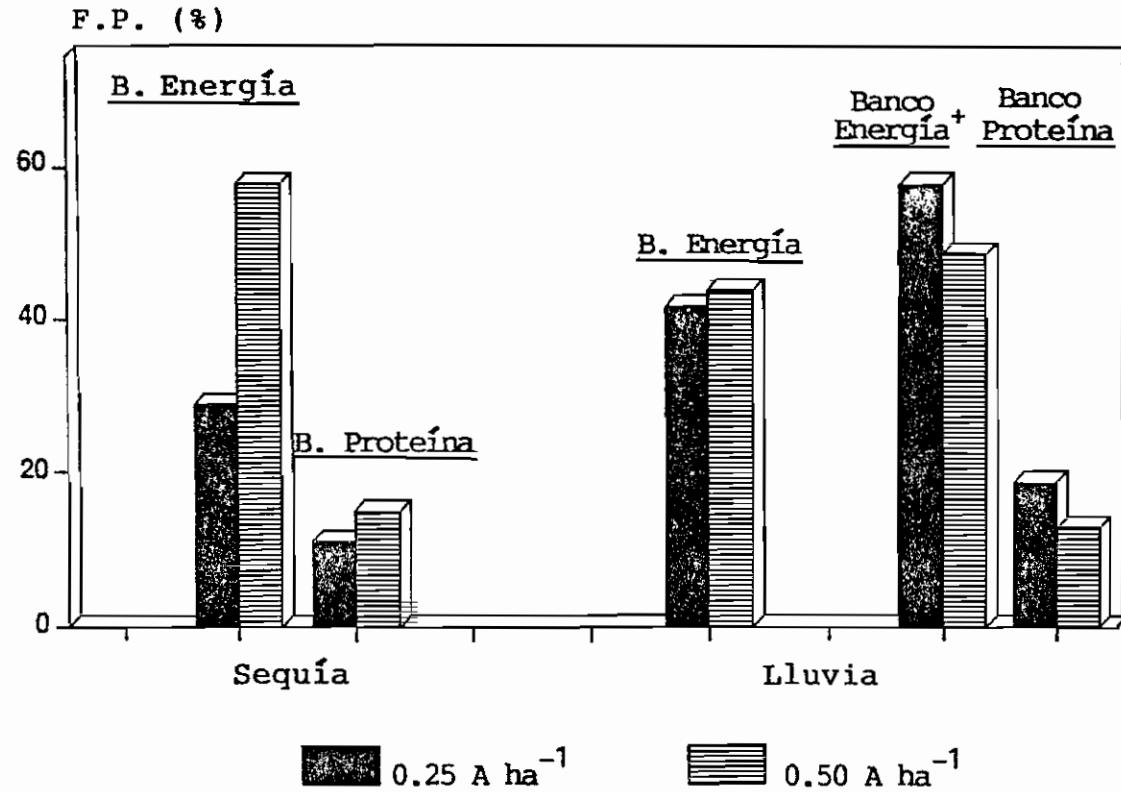


Figura 12. Frecuencia de pastoreo (FP) de novillos en sabana complementada con banco de proteína o energía (Carimagua, 1990)

## 19. CALIDAD Y PRODUCTIVIDAD DE PASTURAS

### RESUMEN

Durante 1990, la principal actividad de investigación de la Sección fue evaluar pasturas a base de leguminosas, en términos de producción animal, en ensayos de pastoreo realizados en Quilichao y en Carimagua.

La producción de leche de vacas Holstein mejoradas fue consistentemente mayor (16% en la estación lluviosa y 40% en la estación seca) en las pasturas de B. dictyoneura + leguminosa, en comparación con las gramíneas solas. Sin embargo, la producción de leche debido a la leguminosa no aumentó en la misma proporción con vacas cruzadas con Cebú. La disponibilidad de leguminosa en la pastura y su grado de palatabilidad parecen afectar la producción de leche en pasturas asociadas. Se encontró que la concentración de urea en la leche aumentó en vacas que

pastoreaban pasturas de gramínea + leguminosa, posiblemente asociado con deficiencia de energía. Se sugiere que el nivel de urea en la leche podría ser un marcador apropiado para determinar selectividad de leguminosas por vacas en pastoreo.

Las ganancias de peso vivo (200 kg/animal/año y 600 kg/ha/año) de los animales en pasturas bien establecidas de B. dictyoneura/A. pintoí en Carimagua fueron las más altas que se hayan registrado hasta el momento. Además, A. pintoí aumentó la productividad de B. humidicola, la cual es una gramínea de baja calidad, pero que posee varios atributos positivos. A diferencia de otras leguminosas sin factores de anticalidad, la proporción de A. pintoí se ha incrementado en la pastura con el tiempo, en un amplio rango de cargas.

40530

## 20. Producción de Semillas

### INTRODUCCION

El objetivo principal de la Sección de Producción de Semillas es el de contribuir al desarrollo de sistemas efectivos de suministro de semillas de especies y de cultivares forrajeros en el trópico latinoamericano.

Los objetivos operativos para lograr esta meta son:

- a) Realizar y promover investigación sobre las principales limitaciones en tecnología de producción de especies claves (tanto para el Programa de Pastos Tropicales como para la RIEPT), y de nuevos cultivares liberados por las instituciones nacionales.
- b) Realizar multiplicación de semilla de accesiones promisorias, para generar semilla básica y semilla para fines experimentales para las actividades de los Programas.
- c) Ofrecer capacitación y colaboración técnica a personal seleccionado, y a proyectos, instituciones y empresas.

Durante 1990, las principales actividades de la Sección fueron: 1) Investigación, que incluyó ensayos de campo y varias actividades de documentación, como contribuciones de colaboración técnica, realizadas como parte de los proyectos de semillas existentes o en evolución; 2) talleres de capacitación y orientación; 3) multiplicación de

semillas, realizada principalmente por multiplicadores colaboradores, y 4) servicios de distribución de semillas. Este informe describe los avances logrados en un rango de actividades muy diverso y dinámico desarrollado en un área de actuación geográficamente amplio. Se enfatizan los avances logrados en el último año, con sólo algunos intentos ocasionales de mayor asimilación o interpretación.

### INVESTIGACION Y COLABORACION TECNICA

#### 1. Proyectos de Desarrollo de Suministro de Semillas

##### a) Colombia

En los Llanos Orientales de Colombia, el Programa está colaborando con ICA-CRECED-Altillanura en un proyecto en fincas sobre promoción de pasturas mejoradas. Un componente de esta colaboración es un proyecto de producción de semillas para generar y entregar semilla al proyecto de desarrollo de pasturas y para promover la participación de empresas y la expansión de la producción de semilla a nivel comercial.

Los materiales utilizados incluyen los cultivares Stylosanthes capitata 'Capica', Centrosema acutifolium 'Vichada' y Brachiaria dictyoneura 'Llanero', liberados recientemente y otras accesiones de leguminosas promisorias.

Los mecanismos de obtención de semilla son la producción de semillas

en compañía con ganaderos seleccionados y/o organizaciones de ganaderos y los contratos de producción y compra con empresas productoras de semillas.

Durante 1989-90, un total de 17 multiplicadores, distribuidos en cuatro regiones geográficas de Colombia, participaron en el proyecto. Cinco empresas productoras de semillas, con alguna capacidad previa de producción en el campo, establecieron contratos de producción y compra con CIAT. El contrato especifica una cantidad máxima (kg) de un determinado material en un área (ha) específica en el campo, a un valor definido y con un conjunto definido de normas de calidad. El contrato define las responsabilidades del multiplicador y del CIAT y proporciona además un resumen de las prácticas agronómicas utilizadas en el manejo de cultivos para producción de semilla.

El multiplicador asume todos los costos de producción, los riesgos y la implementación. CIAT proporciona semilla básica y asistencia técnica, y se encarga de comprar la semilla que reuna las especificaciones del contrato.

La cantidad total de semilla generada por el proyecto y la distribución final entre CIAT y los multiplicadores se resumen en el Cuadro 1. Del total de 20 toneladas de semilla producida, 55% quedó en poder de los multiplicadores, para auto abastecimiento, intercambio o comercialización.

En 1988 y 1989, CRECED-Altilanura utilizó semilla esencialmente para el establecimiento de pasturas mejoradas. En 1990, se modificó sustancialmente la estrategia y CRECED utilizó aproximadamente 30% de la semilla disponible de 'Capica' y 'Llanero' para el establecimiento de campos de multiplicación de

Cuadro 1. Resumen de la semilla producida en Colombia por contrato y producción en compañía, entre Octubre de 1989 y Octubre de 1990.

Especies/Accesiones o cultivar	Total semilla producida (kg)	Semilla Distribuida	
		Al CIAT (kg)	Al Multi- plicador (kg)
A) Leguminosas <sup>1</sup>			
<u>S. capitata</u> cv. Capica	13169	5812	7357
<u>C. acutifolium</u> cv. Vichada	1061	311	750
<u>C. macrocarpum</u> CIAT 5713	1498	1418	80
<u>D. ovalifolium</u> CIAT 13089	18.6	9.3	9.3
<u>A. pintoii</u> CIAT 17434	27	19	8
Subtotal	15773.6	7569.3	8204.3
B) Gramíneas <sup>2</sup>			
<u>B. dictyoneura</u> cv. Llanero	4265	1478	2787
Subtotal	4265	1478	2787
C) Gran total	20038.6	9047.3	10991.3

1/ Semilla clasificada con un contenido de semilla pura, mínima del 90%.

2/ Semilla clasificada con un contenido de semilla pura, mínima del 70%.

semillas. En estos casos, CRECED-Altillanura se encargó de prestar asistencia técnica directamente al ganadero seleccionado, mientras que la Sección proporcionó colaboración técnica a CRECED. Así, el proyecto de desarrollo de pasturas se convirtió en un proyecto más integral de desarrollo de semillas y pasturas. Con este aporte, el total de multiplicadores de semilla aumentó a 17, debido principalmente a una mayor participación de los ganaderos (Cuadro 2). Esta doble actividad de los ganaderos que participan en la producción de semillas y en el desarrollo de pasturas es supremamente lógica y provechosa. Sin embargo, en el caso de *C. acutifolium* 'Vichada', no es factible, ya que su potencial de producción de semilla es mayor fuera de su área de utilización como forraje (Cuadro 3).

En el caso de *S. capitata* 'Capica', se produjo un total de aproximadamente 13 toneladas, esencialmente dentro de la misma región en donde se utiliza como forraje. Los rendimientos de semilla (vainas), cosechadas con combinada, de 13 campos con un promedio de 11 ha cada uno varió de 23 a 298 kg/ha, con un promedio de 94 kg/ha. Como semillero, 'Capica' es relativamente fácil de manejar y cosechar y proporciona un alto rendimiento con un nivel mínimo

de riesgos. Los ganaderos pueden producir las semillas en fincas, pero su principal limitación es la capacidad de cosecha. Los futuros niveles de producción de semillas estarían limitados únicamente por una fuerte demanda basada en la reacción que los ganaderos tengan respecto a 'Capica' como pastura.

En el caso de *C. acutifolium* 'Vichada', la producción total fue de aproximadamente 1 tonelada, y esencialmente lograda fuera de la región donde se utiliza como forraje. Los rendimientos de semilla de 6 campos con un promedio de 1.6 ha cada uno variaron de 39 a 350 kg/ha y el promedio fue 106 kg/ha. Nuevamente se registraron pérdidas económicas como consecuencia del síndrome de muerte descendente. El semillero de 'Vichada' requiere manejo intensivo y cosecha manual, es un cultivo de alto riesgo, con un rendimiento de semilla variable. Actualmente, los ganaderos con fincas localizadas en la Altillanura tienen al parecer poca oportunidad de producción, mientras que los multiplicadores especializados requieren de un sistema de producción que cuente con un sistema de soporte de menor costo. Sólo una demanda alta y sostenida de

Cuadro 2. Resumen de los multiplicadores que han participado en el proyecto de desarrollo de suministros de semilla en Colombia, durante 1988-1990.

	Año			Total <sup>1</sup> (No)
	1988 (No)	1989 (No)	1990 (No)	
Multiplicadores				
Empresas productoras de semillas	5	6	5	7
Ganaderos seleccionados	3	4	10	14
Otros	1	2	2	3
TOTAL	9	12	17	24

1/ Se refiere al total de los diversos multiplicadores

Cuadro 3. Comparación de algunos (factores) determinantes de la producción de semilla comercial en dos tipos de leguminosas pioneras en Colombia

Descriptor	<u>Stylosanthes</u>	<u>Centrosema</u>
	<u>capitata</u> 'Capica'	<u>acutifolium</u> 'Vichada'
1. Liberación (año)	1982	1988
2. Semillas producidas 1988-1989 (ton/año)	13	1.5
3. Requerimientos de manejo	mínimos	altos
4. Requerimiento potencial de semilla en la RUF * (Altilanura)	alto	bajo
5. Nivel de riesgo como cultivo de semilla dentro de la RFPS**	mínimo	alto
6. Rendimiento de semillas - rango (kg/ha)	75-125	39-350
- promedio (kg/ha)	125	106
7. Tasa de multiplicación (kg/ha/gr)	25	50
8. Costo de producción (\$/kg)	1200-2020	4-6.000
9. Valor en el mercado en 1989 (\$/kg)	4-5.000	6.000
10. Costo de la semilla para el establecimiento de pasturas (\$/ha)	8-10.000	15-18.000

\* RUF = región de utilización como forraje.

\*\* RFPS = región favorable para la producción de semillas.

esta especie, por parte de los ganaderos, permitirá resolver estas limitaciones para la producción de semillas.

En el caso de B. dictyoneura 'Llanero', se produjeron en los Llanos Orientales y en la Costa aproximadamente 4.3 toneladas de semilla clasificada. Los rendimientos de semilla pura variaron de 3 a 122 kg/ha, con promedios de 79, 7 y 60 para las cosechas manual, con máquina golpeadora y con combinada, respectivamente. El semillero de 'Llanero' requiere manejo intensivo para intensificar la floración y una capacidad de cosecha rápida. Los ganaderos pueden producir semillas en

fincas con el beneficio adicional de un período largo de utilización del semillero como pastura. La demanda de semilla es alta, el material se distribuye ampliamente y la producción continuará aumentando. La reducción de la latencia de la semilla sigue siendo problemática.

#### b) Trópico Húmedo, Perú

En 1986 se inició un proyecto de semillas de especies de forrajeras, con la participación de INIAA, IVITA y CIAT. Se establecieron núcleos del proyecto tanto en Pucallpa como en Tarapoto.

El último año durante la reunión de revisión hubo gran dificultad en el contexto social, económico e institucional. De nuevo, el sólo hecho de haber podido continuar funcionando en el ambiente predominante fue de por sí un logro significativo.

Actualmente, los principales clientes para las semillas en la región son los proyectos de investigación y los de desarrollo de pasturas en fincas. Para que el proyecto de semillas generara un suministro inicial se requirieron criterios de selección de los nuevos multiplicadores de semilla (especialmente con recursos financieros y agrícolas y planes para ampliar sus propias áreas de pasturas mejoradas). Durante 1990, se logró un crecimiento significativo del número de multiplica-

dores, los cuales variaron de pequeños a medianos agricultores/ganaderos, en las áreas sembradas para campos de semillas, en las áreas cosechadas y en el total de semilla producida (Cuadro 4). Además, el proyecto logró establecer su primer contrato de producción de semillas con un multiplicador de B. dictyoneura de Tarapoto. Se mejoró la capacidad operativa del proyecto mediante el establecimiento de un Fondo Rotatorio para la Producción y Promoción de Semillas. Esto permitirá aumentar el uso del mecanismo de producción por contrato en la medida que los nuevos multiplicadores adquieran experiencia, y se facilite el alquiler de maquinaria de cosecha, contribuirá a establecer un mercado de semillas de especies de forrajeras y mantendrá el esfuerzo de producción de semillas.

Cuadro 4. Resumen de la participación expansiva y en la producción de semillas de especies forrajeras en el Proyecto de Perú.

Descriptor	Años a/			
	1987	1988	1989	1990
1. Multiplicadores (No)	1	5	15	29
2. Area para la producción de semillas (ha)	19	54	47	89
3. Area cosechada (ha)	11	40	41	59
4. Contratos (No):				
a) Iniciados	0	0	2	2
b) Terminados	0	0	0	1
5. Semilla producida (kg):				
a) <u>S. guianensis</u>	86	449	237	420
b) <u>B. dictyoneura</u>	22	0	50	195
c) Otras (accesiones)	2.178	903	1.064	1.569
Gran total	2.286	1.352	1.351	2.184

a/ Año Proyecto, desde Noviembre 1 a Octubre 30.



En Pucallpa se construyó una máquina golpeadora para cosechar semillas de *Brachiaria*, con base en la experiencia de Colombia y con la colaboración de la Unidad de Semillas. La máquina se evaluó en el campo durante la última parte de la campaña de cosecha y funcionó satisfactoriamente. Dos agrónomos del núcleo del proyecto de Pucallpa visitaron una empresa de producción de semilla de especies forrajeras (SEFO) en Santa Cruz, Bolivia, en una gira de estudio de tres semanas. Se desarrolló una cartelera para fines demostrativos, el cual ha sido utilizado por el proyecto en reuniones de varios tipos.

En Agosto, el proyecto realizó su revisión interna anual en Pucallpa y decidió buscar mejor representación y apoyo dentro del Perú y establecer vínculos con otras organizaciones y proyectos relevantes (como Fundeagro). Posteriormente, se realizó una reunión para iniciar estos contactos.

Actualmente, el proyecto se encuentra en una etapa que no le permite incrementar el número de nuevos multiplicadores. Por ahora, se debe buscar una deseable congruencia entre los participantes en proyectos de desarrollo de pasturas y esperar a que la demanda de semillas aumente, una vez que mejoren las condiciones económicas generales. En ese momento, algunos de los multiplicadores con más experiencia y con recursos adecuados podrán ampliar la producción comercial.

## 2. Arachis pintoii

El gran potencial de esta especie para utilización como forraje y para mejoramiento de suelos ha estimulado un mayor esfuerzo de generación de tecnología de producción de semillas y un aumento del suministro de semilla.

Todas las áreas puras de A. pintoii existentes en Colombia se muestrearon para rendimiento y calidad de semilla, para proporcionar algunos datos básicos (Cuadro 5). Los rendimientos de semilla

variaron de 230 a 15,000 kg/ha. Al parecer, los mayores rendimientos se asocian con un aumento en los niveles de edad del campo (como el período entre el establecimiento y la cosecha), con la fertilidad del suelo y con la disponibilidad de humedad en el suelo. La facilidad de recuperación y el rendimiento de semilla se favorecieron con una textura liviana del suelo y con niveles altos de materia orgánica. Aparentemente, el rendimiento no excedió 1 t/ha hasta que la edad del campo era de por lo menos 12 meses, aproximadamente. La calidad fisiológica de la semilla, determinada mediante la prueba de viabilidad en tetrazolio en el momento de la cosecha, varió de 65% a 90%. El peso unidad promedio de las vainas y de las semillas descascaradas fue 14.8 y 10.6 g/100, respectivamente.

En Mayo se iniciaron ensayos de campo para estudiar el efecto de la localidad, el nivel de fertilización y el uso de caballones en el rendimiento y en la recuperación de las semillas. Estos ensayos se ubicaron en Cenicafé, Caldas (región cafetera; 1800 m.s.n.m.), y en Puerto López, Meta (región ganadera; 250 m.s.n.m.). También se inició en Cenicafé una evaluación comparativa del rendimiento de semillas de las accesiones CIAT No. 17434, 18748 y 18744.

Basado en un prototipo desarrollado por el Queensland Department of Primary Industries (QDPI) de Australia, se construyó en CIAT una zaranda rotativa (Figura 1), y se está utilizando durante las cosechas de este año (Noviembre de 1990).

El Ing. Agr. Carlos Iván Cardozo, Asistente de Investigación de la Sección, recibió una beca de capacitación del Crawford Fund for International Agricultural Research de Australia. La beca se utilizó para una gira de estudio de seis semanas sobre actividades de investigación en semillas de especies forrajeras tropicales en el QDPI, Australia, con énfasis en A. pintoii. Como parte de la gira, se visitaron,

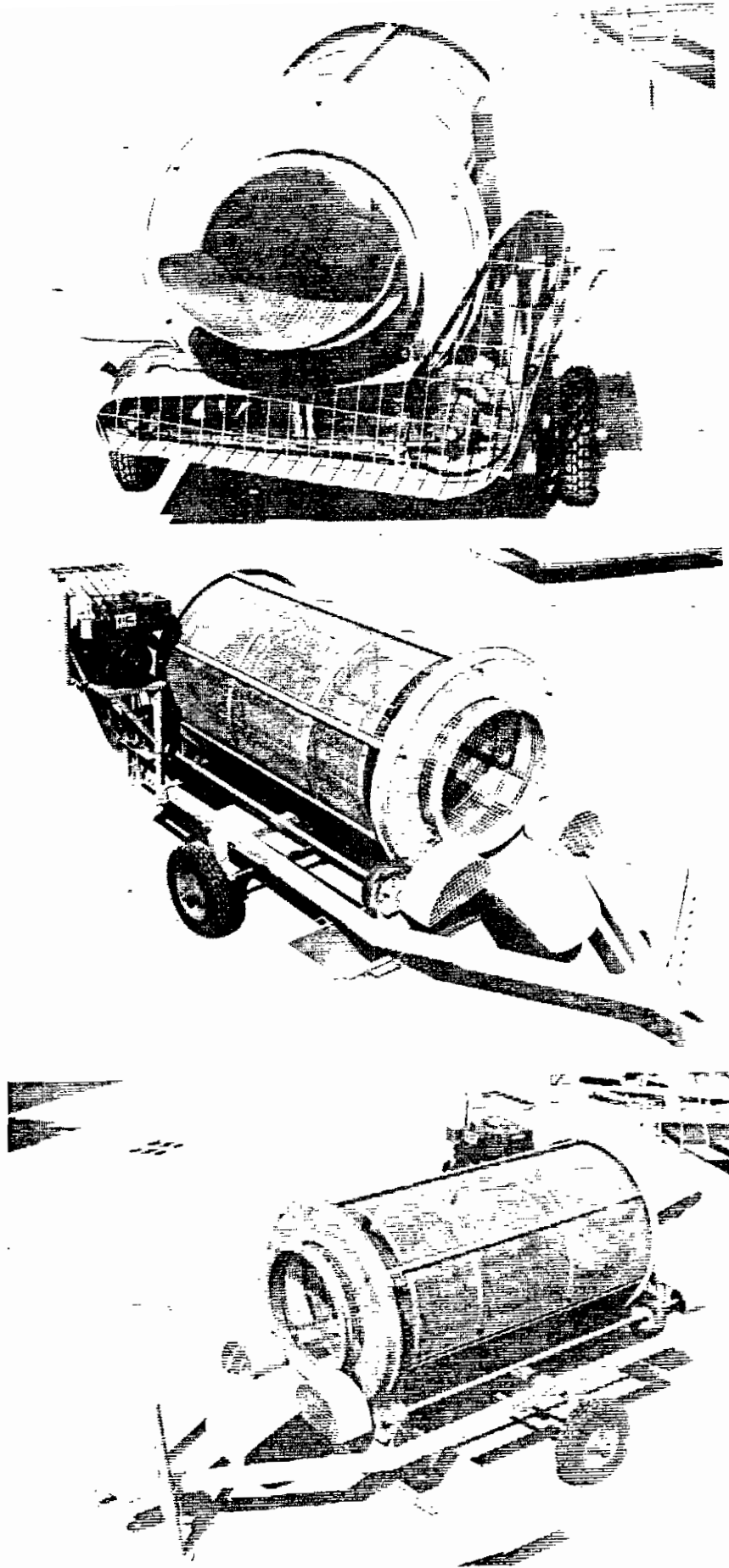


Figura 1. Zaranda rotativa para uso en la cosecha y en el acondicionamiento de semilla de Arachis pintoi.

Cuadro 5. Perfil exploratorio del rendimiento y de la calidad de la semilla de A. pintoi en Colombia.

Lote de semillas	Región	Procedencia	Edad (meses)	Rendimiento de semillas vainas (kg/ha)	Viabilidad TZ (%)	Tamaño de las	
						vainas (g/100)	semillas (g/100)
89-087	Meta	Carimagua P	72	758	84	12.5	3.4
89-101	Valle	Miravalle A	24	5.304	88	17.4	13.4
89-154	Caldas	Cenicafé R	37	230			
90-004	Caldas	Cenicafé N	37	2.800	64	13.5	10.2
90-020	Meta	Carimagua Y	108	1.506			
90-021	Meta	Carimagua A	72	1.040			
90-042	Valle	Miravalle B	36	15.400	69	20.6	12.0
90-071	Caldas	Cenicafé N	44	1191	83	18.5	11.6
90-074	Caldas	Cenicafé R	6	688	63	14.2	10.3
90-075	Caldas	Cenicafé N	46	1815	39	15.4	11.9
90-076	Meta	Mataazul	16	790*	79	16.4	11.6

\* Rendimiento cosechado con arranque mecánico y separación mecánica. Los otros rendimientos se refieren a arranque mecánico y separación manual.

durante Octubre de 1990, sitios en Brisbane, Gympie y Mareeba, en donde se realizan actividades de investigación con los agricultores.

El primer contrato de producción de semillas de A. pintoi se inició con SEFO-SAM en Santa Cruz, Bolivia, en Noviembre de 1989. En Septiembre de 1990, el área se cosechó manualmente y se obtuvo un rendimiento de 500 kg de vainas/ha, a una edad del campo de 10 meses. Durante 1990, se iniciaron contratos en Colombia con cuatro empresas productoras de semillas, en cuatro regiones geográficas diferentes. Estos esfuerzos exploratorios no sólo generarán semilla y una mejor comprensión del desempeño del cultivo, sino que también servirá para exponer el cultivo a las habilidades de la empresa privada.

### 3. Perfiles de suministro de semillas en el trópico latinoamericano

El suministro de semillas de especies forrajeras tropicales en América Latina

varía mucho de un país a otro en lo referente a especies y cultivares relevantes y con el estado de la investigación y desarrollo. Actualmente se carece de información al respecto. Se inició una evaluación exploratoria para contribuir a la definición del problema, la asignación de recursos y promover un refinamiento gradual de dicho análisis.

En el Cuadro 6 se presenta una primera aproximación de los materiales y las cantidades de semilla de gramíneas comercializadas por cada país. No se evaluaron ni el trueque entre los agricultores ni el uso de material vegetativo. En el período evaluado, las especies de Brachiaria fueron el producto de mayor impacto en todos los países. Gracias a estas especies, las empresas productoras de semillas han desarrollado su propia capacidad de producción de pasturas, su infraestructura y su clientela, y han podido agregar posteriormente otras especies a su rango de materiales, como es el caso de A. gayanus en Brasil. Este país es

Cuadro 6. Rango de materiales comerciales y niveles de producción de semillas de gramíneas tropicales por país.

		Niveles de Producción Anual 1984-1989 <sup>a/</sup>						
Materiales comerciales		Bolivia	Brasil	Colombia	Cuba	Perú	México	Venezuela
<u>A. gayanus</u>	Planaltina <sup>b/</sup>	0	5	2	1	1	1	2
<u>B. decumbens</u>	Basilisk	1	5	2	1	1	0	2-3
	Ipean	0	1-2	0	0	0	0	0
<u>B. brizantha</u>	Marandú	1	5	0	0	0	0	2-3
	La Libertad	0	0	0	0	0	0	0
<u>B. humidicola</u>	común	0	5	0	0	0	0	3
<u>B. ruziziensis</u>	Kennedy	0	4	0	0	0	0	0
<u>B. dictyoneura</u>	Llanero	0	0	1	0	0	0	0
<u>P. maximun</u>	Green Panic	1	3	0	0	0	0	0
	común	1	5	2	1	0	1-2	0
	Coloniao	0	5	0	0	0	0	0
	Nueva c/	0	2-3	0	1-2	0	0	0
<u>H. rufa</u>	común	0	5	2	0	0	1-2	1
<u>M. minutiflora</u>	común	0	4	2	0	0	0	1

a/ 0 = de cero a vestigios ocasionales  
 1 = de 10 a 20 tons  
 2 = de 20 a 50 tons  
 3 = de 50 a 100 tons  
 4 = de 100 a 400 tons  
 5 = más de 500 tons

b/ También conocida como Carimagua I, San Martín, Sabanero, etc.  
 c/ Se refiere al número de nuevos cultivares, Tobiata, Likoni, etc.

el líder de esta industria, seguido por Venezuela, Colombia, Bolivia y Cuba.

En el Cuadro 7 se presenta una primera aproximación de los materiales y las cantidades comercializadas de semilla de leguminosas. En comparación con las gramíneas, la producción ocurre en una escala muy pequeña. El rango de materiales y las cantidades de éstos son mayores en Brasil, en donde algunas leguminosas cumplen con una función de expansión de los cultivos y en el aumento de la producción animal, en forma de abono verde, cobertura del suelo y forraje. En Brasil, Calopogonium mucunoides se produce en asociación con arroz y se cosecha con combinada. El Kudzu es un producto ampliamente distribuido, pero se considera en general un subproducto de

la producción agrícola en gran escala. Una excepción a esto es Bolivia, en donde los pequeños agricultores multiplican el Kudzú, bajo contrato, como cultivo de rotación. Algunos esfuerzos incipientes de producción se realizan con S. capitata 'Capica' y C. acutifolium 'Vichada' en Colombia, S. guianensis 'Pucallpa' en Perú y Clitoria ternatea 'Tehuana' en México.

El Cuadro 8 presenta una clasificación cualitativa por país de la capacidad de investigación, la etapa de desarrollo y el estado general de la industria de semillas de especies tropicales de pastoreo. En un contexto más amplio, Brasil posee el liderazgo de esta industria, seguido por Colombia, Venezuela, Bolivia, Cuba y otros países.

Cuadro 7. Rango de materiales comerciales y niveles de producción de semillas de leguminosas tropicales por país.

		Niveles de Producción Anual 1984-1989 a/						
Materiales comerciales		Bolivia	Brasil	Colombia	Cuba	Perú	México	Venezuela
<u>C. pubescens</u>	común	0	2	0	0	0	0	C
<u>C. acutifolium</u>	Vichada	0	0	1	0	0	0	C
<u>C. mucunoides</u>	común	0	5	0	0	0	0	C
<u>C. ternatea</u>	-	0	0	0	0	0	2	C
<u>D. ovalifolium</u>	CIAT 350	0	0	0	0	1	0	C
<u>L. leucocephala</u>	-	0	2-3	0	1	0	0	C
<u>N. wightii</u>	-	2	3	0	1-2	0	0	C
<u>P. phaseloides</u>	común	2	2-3	2	0	2	1	C
<u>S. capitata</u>	Capica	0	0	2	0	0	0	C
<u>S. guianensis</u>	Pucallpa	0	0	0	0	1	0	C

a/ 0 = de cero a vestigios esporádicos      3 = hasta 50 tons  
 1 = hasta 1 ton      4 = hasta 100 tons  
 2 = hasta 10 tons      5 = más de 100 tons

Cuadro 8. Clasificación cualitativa en términos de investigación, desarrollo y estado general de la producción de semillas de especies forrajeras tropicales.

País	E s t a d o <sup>1</sup>		
	de la Investigación	del Desarrollo	General
Belice	I	I	I
Bolivia	III	III	II
Brasil	IV	V	V
Colombia	I	III	III
Costa Rica	II	I	I
Cuba	III	III	II
Ecuador	I	I	I
El Salvador	I	I	I
Guatemala	I	I	I
Guyana	I	I	I
Honduras	II	II	I
México	II	II	I
Nicaragua	II	I	I
Panamá	II	II	I
Perú	II	II	I
Venezuela	II	III	III

I: Mínimo.

V: Máximo.

## TALLERES DE CAPACITACION Y ORIENTACION

### 1. Costa Rica

Del 5 al 10 de Febrero de 1990, se realizó en Atenas un taller patrocinado por MAG-CIAT, para analizar el desarrollo del suministro de semillas de especies forrajeras tropicales. Asistieron 15 participantes de Costa Rica, en representación de ocho instituciones y un representante de MAP (Belice), SRN (Honduras), DETA (Nicaragua), IDIAP (Panamá) e INIAA (Perú), instituciones nacionales de investigación sobre pasturas. El taller incluyó elementos de capacitación, informes de los programas, análisis de problemas y planes para el futuro. Las memorias de esta reunión ya se han editado técnicamente y en breve se publicarán en CIAT.

### 2. México

Del 20 de Septiembre al 3 de Octubre de 1990, se realizó en Cuernavaca un taller patrocinado por INIFAP-CIAT, para analizar la evaluación de las pasturas y el desarrollo del suministro de semillas de especies forrajeras tropicales. Además de los 12 participantes de INIFAP, asistieron representantes de MAG-CDG (El Salvador), ICTA (Guatemala) y MAG (Nicaragua). El taller incluyó elementos de capacitación, avances de investigación, análisis de problemas y planes para el futuro.

## MULTIPLICACION DE SEMILLAS

Para generar semillas para el Programa, la Sección utiliza diversos mecanismos de adquisición que incluyen (a) la multiplicación interna (o multiplicación propia), en donde la Sección responde por todos los recursos y su manejo, y (b) la multiplicación por terceros, realizada mediante convenios de producción en compañía de semillas o mediante la realización de contratos de producción y compra. Este año continuó la tendencia a dar mayor participación

a los multiplicadores que colaboran con el programa.

### 1. Multiplicación interna (o automultiplicación)

Al terminar nuestras actividades en Carimagua, las actividades de producción en el campo se limitaron esencialmente a la sub-estación de Quilichao. Actividades de apoyo como propagación en invernaderos, acondicionamiento, análisis y almacenamiento de semillas, y control de inventarios se concentraron en Palmira.

En el Cuadro 9 se resume la multiplicación de especies y de accesiones de leguminosas. Se sometieron 48 accesiones de 17 especies a algún nivel de multiplicación. El área de multiplicación de semillas bajo manejo, para las áreas nuevas, las establecidas y para el área total, respectivamente, fue de 1.0, 3.2 y 4 ha aproximadamente, menos que la de años anteriores. El total de semilla producida ascendió a 412 kg, con volúmenes significativos de las especies C. macrocarpum y Arachis pintoí. Este último material constituye actualmente una prioridad para multiplicación adicional.

La multiplicación de especies y de accesiones de gramíneas se resume en el Cuadro 10. Un total de 27 accesiones de 11 especies se encuentra bajo algún nivel de multiplicación. Se produjeron en total aproximadamente 20 kg de semilla.

El total de semilla producida de especies y accesiones de leguminosas y gramíneas fue de 430 kg (Cuadro 11).

### 2. Multiplicación por Terceros

Se realizaron convenios de producción en compañía de semillas con diez ganaderos y contratos de producción con cinco empresas productoras de semillas. Estas actividades generaron un total de 20 toneladas de semilla, de las cuales CIAT recibió aproximadamente 7.5 que

correspondían a semilla de leguminosas y 1.5 a semilla de gramíneas (Cuadro 12). Estas actividades multifacéticas se describen en más detalle en otras secciones del Informe (véase Proyecto de Desarrollo para el Suministro de Semillas, Colombia).

### 3. Resumen

El total neto de semilla generada para el Programa fue de 9.5 toneladas aproximadamente (Cuadro 13). De éste, 84% corresponde a semilla de leguminosas y 16% a semilla de gramíneas. Las proporciones derivadas de la multiplicación interna y de la multiplicación por terceros son de 5% y 95%, respectivamente, lo cual ilustra aún más la consolidación de la estrategia de multiplicación con terceros.

### DISTRIBUCION DE SEMILLAS

Durante este año, la sección atendió, en función de servicio, 241 solicitudes de semilla (Cuadro 14). Se distribuyeron en total 5.4 toneladas (aproximadamente) de semilla, de las cuales 3.8 correspondían a semilla de leguminosas y 1.5 a semilla de gramíneas.

El total de semilla distribuida por el Fondo Rotatorio para la Producción y Promoción de Semillas equivalió a 13% del número de solicitudes y a 80% de la cantidad total de semilla distribuida.

Esto confirma una tendencia de los últimos años, que muestra una transformación muy exitosa en la cual los investigadores que demandan grandes volúmenes de semilla tienen que asumir

Cuadro 9. Resumen de las actividades de multiplicación interna de especies y accesiones de leguminosas entre Octubre de 1989 y Octubre de 1990.

Especies	Accesiones No.	Áreas de multiplicación			Semilla <sup>1</sup> producida (kg)
		Nueva (ha)	Establec. (ha)	Total (ha)	
<u>A. pintoii</u>	1	0.220	-	0.220	104.500
<u>C. acutifolium</u>	2		0.092	0.092	2.370
<u>C. arenarium</u>	1		0.100	0.100	1.300
<u>C. brasilianum</u>	6	0.046	0.196	0.242	22.657
<u>C. macrocarpum</u>	3		0.899	0.899	182.336
<u>C. pubescens</u>	1		0.046	0.046	13.110
<u>C. floribunda</u>	1		0.002	0.002	1.810
<u>D. ovalifolium</u>	10	0.010	1.556	1.556	28.500
<u>D. velutinum</u>	3	0.045		0.045	
<u>D. guianensis</u>	3	0.024	0.010	0.034	2.990
<u>F. macrophylla</u>	2	0.229	0.128	0.357	20.427
<u>L. leucocephala</u>	3		0.003	0.003	
<u>P. phaseoloides</u>	4	0.080		0.080	
<u>S. guianensis</u>	3	0.271	0.020	0.291	22.220
<u>S. scabra</u>	1		0.010	0.010	0.180
<u>T. triquetrum</u>	1		0.004	0.004	
<u>Z. latifolia</u>	1		0.003	0.003	
<u>Z. glabra</u>	2		0.114	0.114	9.750
TOTAL: 18	48	0.925	3.183	4.108	412.170

1/ Semilla clasificada, con un contenido de semilla pura mínimo del 90%.

Cuadro 10. Resumen de las actividades de multiplicación interna de especies y accesiones de gramíneas de Octubre 1989 a Octubre 1990.

Especies	Accesio- nes No.	Áreas de multiplicación			Semilla <sup>1</sup> producida (kg)
		Nueva (ha)	Establ. (ha)	Total (ha)	
<u>A gayanus</u>	2		0.015	0.015	0.593
<u>B brizantha</u>	5	0.043	0.360	0.403	9.194
<u>B decumbens</u>	2		0.010	0.010	0.019
<u>B dictyoneura</u>	1		1.100	1.100	
<u>B humidicola</u>	3		0.014	0.014	
<u>M minutiflora</u>	4		0.016	0.016	1.991
<u>P maximun</u>	6		0.153	0.153	7.261
<u>P coryphaeum</u>	1		0.004	0.004	0.498
<u>P secans</u>	1		0.004	0.004	0.392
<u>P guenoarum</u>	1		0.004	0.004	
<u>P purpureum</u>	1		0.004	0.004	
TOTAL: 11	27	0.043	1.684	1.727	19.948

1/ Semilla clasificada con un contenido de semilla pura, mínimo del 70%.

Cuadro 11. Resumen de las actividades de multiplicación interna de especies y accesiones de gramíneas y leguminosas, entre Octubre 1989 y Octubre 1990.

Familia	Espec- cies (No)	Acce- siones (No)	Áreas de Multiplicación			Semilla <sup>1</sup> produ- cida (kg)
			Nueva (ha)	Establ. (ha)	Total (ha)	
Leguminosas	17	48	0.925	3.183	4.108	412.170
Gramíneas	11	27	0.043	1.684	1.727	19.948
Gran total	28	75	0.968	4.867	5.835	432.118

1/ Semilla clasificada, con un contenido de semilla pura, mínimo del 90% para las leguminosas y mínimo del 70% para las gramíneas.



Cuadro 12. Resumen de la semilla producida mediante multiplicación por terceros (producción en compañía y contratos), entre Octubre de 1989 y Octubre de 1990.

Especie/ accesión o cultivar	Semilla producida <sup>1</sup> (kg)
<b>A. LEGUMINOSAS</b> <sup>2/</sup>	
<i>S. capitata</i> cv. Capica	5,812
<i>C. acutifolium</i> cv. Vichada	311
<i>C. macrocarpum</i> CIAT 5713	1,418
<i>D. ovalifolium</i> CIAT 13089	9.3
<i>A. pinto</i> CIAT 17434	19
Subtotal	7,569.3
<b>B. GRAMINEAS</b> <sup>3/</sup>	
<i>B. dictyoneura</i> cv. Llanero	1,478
Subtotal	1,478
<b>C. GRAN TOTAL</b>	<b>9,047.3</b>

<sup>1/</sup> Semilla recibida por CIAT.

<sup>2/</sup> Semilla clasificada, con un contenido de semilla pura mínimo del 90%.

<sup>3/</sup> Semilla clasificada limpia, con un contenido de semilla pura mínimo del 70%.

los costos de producción de la misma. Al hacerlo, sin embargo, reciclan capital para generar más semilla y establecen un mercado comercial para la semilla de nuevos materiales.

Cuadro 13. Resumen de la semilla producida por el Programa de Pastos Tropicales, según mecanismo de multiplicación entre Octubre de 1989 y Octubre de 1990.

Mecanismo multiplicación	Semilla recibida <sup>1</sup> por el Programa		
	Legu- minosas (kg)	Gra- míneas (kg)	Total
1. Multipli- cación interna	412.7	19.9	432.6
2. Multipli- cación por terceros	7569.3	1478.0	9047.3
3. Total	7982.0	1497.9	9479.9

<sup>1/</sup> Semilla clasificada, con un contenido de semilla pura mínimo del 90% para las leguminosas y mínimo del 70% para las gramíneas.

Cuadro 14. Distribución de semilla de gramíneas y leguminosas, entre Octubre de 1989 y Octubre de 1990.

Solicitud de Semillas Objetivo/Fuente	(No)	Cantidad de Semillas (kg)		
		Gra- míneas	Legu- minosas	Total
<b>A. Evaluación de Pasturas para Germoplasma</b>				
1. Miembros del PPT	80	164.0	456.0	620.0
2. Ensayos Regionales	18	22.0	29.0	51.0
3. Instituciones Nals.	46	24.0	33.0	57.0
4. Otros Programas CIAT	26	0.1	10.5	10.6
5. Entidades Privadas	<u>31</u>	<u>215.0</u>	<u>34.0</u>	<u>249.0</u>
SUBTOTAL	201	425.1	562.5	987.6
<b>B. Multiplicación de Semillas</b>				
1. Instituc. Nacionales	7	45.0	3.8	48.8
2. Unidad Semillas CIAT	<u>2</u>	<u>0.4</u>	<u>2.1</u>	<u>2.5</u>
SUBTOTAL	9	45.4	5.9	51.3
<b>C. Proyectos de Desarrollo de Pasturas en Colombia y Costa Rica</b>				
	31	1049.0	3278.0	4327.0
<b>D. TOTAL</b>				
	241	1519.5	3846.4	5365.9

## 20. PRODUCCION DE SEMILLAS

### RESUMEN

Durante 1990, la Sección continuó sus trabajos en un área de actuación geográficamente amplio con un rango de actividades muy diverso y dinámico, que incluyó investigación en tecnología de producción de semillas; participación directa y colaboración técnica en proyectos de desarrollo de suministro de semillas; y multiplicación y distribución de semillas.

Los proyectos de desarrollo de suministro de semillas en Colombia y Perú se encuentran actualmente en su tercer año de funcionamiento. Aunque operan en ambientes económicos y sistemas agrícolas contrastantes, ambos proyectos están progresando hacia lograr una mayor participación del sector privado, incrementar la producción de nuevos materiales, entregar semilla para proyectos de desarrollo de pasturas y realizar investigación estratégica y aplicada en tecnología de producción de semillas. Los principales modos operativos incluyen contratos y convenios para la producción en compañía de semillas, celebrados entre un núcleo del proyecto con los ganaderos y las empresas productoras de semillas, y un fondo rotatorio para la producción y promoción de semillas. El aumento de la producción de semillas depende de que se logre mayor congruencia entre los participantes en los proyectos complementarios de semillas y pasturas, y de la expansión de las fuerzas generales de demanda de semilla por parte de los ganaderos.

Se dió mayor prioridad a la producción de Arachis pintoi. Se iniciaron ensayos para definir los efectos de la localidad, el nivel de fertilizante y el uso

de caballones en el rendimiento y en la calidad de la semilla. Se construyó una zaranda para usarla en la cosecha de las semillas directamente en el campo y para el acondicionamiento de semillas de esta especie en particular. Con fondos procedentes del Crawford Fund for International Agricultural Research, un miembro de la Sección realizó una gira de estudio para evaluar el estado de la investigación y de la producción de semillas en Queensland, Australia, con la colaboración del Queensland Department of Primary Industries (QDPI).

Se organizaron y realizaron talleres en Costa Rica en Febrero, en colaboración con MAG, y en México en Septiembre, en colaboración con INIFAP. En ambos casos, el contenido del programa requería un nivel alto de participación proactiva y dinámica.

Se realizó una evaluación exploratoria del rango de materiales y de la cantidad de semilla de gramíneas y de leguminosas tropicales comercializada por los países de América Latina. Además, los países se clasificaron en términos de investigación, desarrollo y estado general de la producción de semilla de especies forrajeras tropicales.

Se continuó con la multiplicación de semillas de accesiones promisorias. Las actividades internas se redujeron pero aumentaron los contratos con terceros. El total de semilla generado por el Programa fue de 9.5 toneladas. Continuaron los servicios de distribución de semillas.

40531

## 21. Sistemas de Producción de Ganado

Durante 1990 se hicieron ajustes importantes en las actividades de la sección de Sistemas de Producción Animal, en un esfuerzo por simplificar y consolidar sus actividades de investigación. Al comienzo del año, se terminó su participación en la investigación realizada en la Estación Experimental de Carimagua, aunque dos proyectos de investigación a largo plazo continuaron hasta finales de 1990. Otros proyectos como la evaluación de pasturas para terneros de destete precoz pasaron a la Sección de Calidad y Productividad de Pasturas. Al mismo tiempo, todas las actividades en fincas realizadas por esta última en los Llanos de Colombia se transfirieron a la sección de Sistemas de Producción Animal. Por lo tanto, toda la evaluación de pasturas en fincas, en los Llanos y en el piedemonte andino, es actualmente responsabilidad de ésta sección.

Otro esfuerzo importante desarrollado en 1990 fue la organización, en colaboración con la sección de Economía, del Taller del Comité Asesor de la RIEPT sobre Metodologías de Evaluación de Pasturas en Fincas. Como su nombre lo indica, se discutió la base conceptual y metodológica de la investigación en fincas, con énfasis en la evaluación de pasturas, incluyendo evaluación agronómica y animal; también se exploraron brevemente los vínculos entre la investigación en fincas, la extensión y el desarrollo. Aproximadamente la mitad de la reunión se dedicó a la discusión de estudios de caso del trópico latinoamericano y de un caso de

Queensland, Australia. Como es habitual, la reunión concluyó con una serie de recomendaciones procedentes de varios grupos de trabajo. Estas, al igual que las Memorias se publicarán próximamente.

Finalmente, el científico principal de la Sección dedicó un período considerable en la segunda mitad del año, a participar en varios grupos de trabajo que contribuyeron a elaborar el nuevo Plan Estratégico de CIAT.

### Investigación en Carimagua

Como ya se indicó, la participación directa de la Sección en Carimagua se discontinuó en febrero de 1990, aunque dos de sus proyectos de investigación continuaron hasta diciembre. Estos corresponden a la evaluación del comportamiento reproductivo de novillas inicialmente levantadas con diferentes planos de nutrición, que termina su octavo año, y la caracterización del comportamiento reproductivo de un hato de carne en pastoreo exclusivamente en Brachiaria decumbens, que ha completado su noveno año de seguimiento. Ambos experimentos, sobre los cuales se presentó un análisis preliminar exhaustivo en el Informe Anual de 1989, se están sometiendo a un análisis estadístico final, previo a la publicación, y en consecuencia no se incluye información adicional en este informe.

También se terminaron otros dos proyectos de investigación a comienzos

de 1990, de los cuales se presentan informes breves a continuación.

Ganancias de peso de animales viejos con *Brachiaria humidicola*

Un conjunto muy limitado de observaciones en fincas, realizadas en 1982-83, sugirió que vacas y novillos adultos que pastoreaban pasturas de *Brachiaria humidicola* de tres años de edad lograban aumentos de peso inesperadamente altos. En efecto, se observó que las vacas de descarte ganaron 300-800 g por animal por día, mientras que novillos jóvenes alimentados en la misma pastura ganaron sólo 160 g por día. Además, observaciones repetidas pero no documentadas sugieren que los productores utilizan las pasturas de *B. humidicola* para aumentar el peso de vacas viejas, incluso el de animales enfermos. Por otra parte, los resultados obtenidos en la estación y en fincas con animales jóvenes de levante muestran consistentemente que los aumentos de peso en ese tipo de pastura en los Llanos son extremadamente bajos y que raras veces exceden los 300 g/animal/día durante la estación lluviosa.

Por lo tanto, se estableció un pequeño ensayo de observación en Carimagua durante 1987, en una pastura establecida inicialmente en 1981 y utilizada intensivamente desde entonces. La pastura recibió la fertilización usual en el momento de la siembra, que consistió en

50 kg de P205, 32 de K20, 19 de Mg y 33 de S, fertilizándose de nuevo en 1983, con un tercio de las tasas anteriores. A partir de 1987, vacas de descarte de más de 6 años de edad, y novillos adultos de 3-5 años de edad, se sometieron a pastoreo con una carga ponderada de 1.5 UA/ha, durante tres estaciones lluviosas consecutivas, cambiando los animales al comienzo de cada período. Los resultados (Cuadro 1) mostraron aumentos de peso consistentemente altos para ambas categorías animales y una ventaja pequeña pero estadísticamente significativa ( $P < 0.02$ ) para los novillos. Estos resultados pueden ayudar a explicar la popularidad de esta especie de gramínea en los Llanos de Colombia y en otros sitios, cuando se utiliza con animales adultos.

Aumentos de peso de diferentes categorías animal en pasturas de *A. gayanus-S. capitata*

Observaciones en fincas han mostrado repetidamente que en las fases iniciales de desarrollo de las pasturas, en las haciendas de los Llanos y en otros sitios, los productores prefieren engordar animales de más edad en vez de categorías más jóvenes. Esto es consistente con la ausencia de mercados de carne no diferenciados en gran parte de América tropical, lo que conduce a los productores a aprovechar las ganancias compensatorias que se pueden lograr rápidamente con animales viejos.

Cuadro 1. Ganancias de peso vivo de animales adultos en una pastura de *B. humidicola* (kg/animal/día).

	1987	1988	1989	Medias MS
Vacas de sacrificio	0.55	0.51	0.40	0.50
Novillos viejos	0.53	0.57	0.62	0.57
				$P < 0.02$

Se instaló un experimento en 1983 para evaluar los aumentos de peso de cuatro categorías animal que pastoreaban una pastura de Andropogon gayanus-Stylosanthes capitata, establecida en 1982. La pastura recibió la siguiente tasa de fertilización en el momento de la siembra (en kg/ha): 50 de P2O5, 32 de K2O, 19 de Mg y 33 de S, fertilizándose dos años después con un tercio de la dosis anterior, a excepción de P, que no se aplicó. La pastura se pastoreó durante todo el año a una tasa de carga ponderada de 1.06 UA/ha; durante la estación lluviosa se pastoreó por números iguales de vacas de descarte y novillos adultos (igual que en el experimento anterior), y por hembras y machos de 1 año de edad. Estos permanecieron en la pastura durante todo el año, mientras que los animales viejos se pastorearon sólo durante la estación lluviosa, imitando así una operación clásica de engorde estacional. Se utilizó un esquema de pastoreo rotacional, con aproximadamente 14 días de ocupación y 28 de descanso. Todos los animales se reemplazaron al comienzo de cada estación lluviosa. Antes del comienzo de la estación de pastoreo, la pastura se cortó a una altura de aproximadamente 50 cm y se dejó descansar durante 30-45 días.

El Cuadro 2 muestra los aumentos de peso medio de siete estaciones lluviosas consecutivas, que resultaron en una

Cuadro 2. Ganancia de peso durante la estación lluviosa, sobre A. gayanus-S. capitata. Promedios de 7 años.

	kg/día/cabeza
Vaca de descarte	0.43
Novillos adultos	0.53
Hembras de 1 año de edad	0.37
Machos de 1 año de edad	0.39

Maduros > jóvenes

ventaja consistente de los animales viejos sobre los jóvenes ( $P < 0.05$ ). Se registraron diferencias ocasionales, pero inconsistentes entre otras categorías animales. El desempeño bajo de los animales jóvenes fue inesperado, con base en resultados previos obtenidos en la estación y en fincas, y puede haberse debido a la competencia entre clases de animales.

Se formuló la hipótesis de que los aumentos de peso actuales mostraban un potencial para usar prácticas de manejo más complejas y mejorar el desempeño. Por lo tanto, al comienzo de la estación lluviosa de 1989, la mitad de los animales se implantó con una mezcla comercial de estradiol y testosterona en el caso de las hembras, y de estradiol más progesterona para los machos.

Los resultados aparecen en el Cuadro 3 y confirman una ventaja significativa ( $P < 0.001$ ) de los animales implantados sobre los no implantados, a través de categorías, manteniendo la ventaja de los animales viejos ( $P < 0.02$ ).

La significación de los actuales resultados radica en dos aspectos diferentes. En primer lugar, sugiere la factibilidad de utilizar de ahora en adelante prácticas de manejo más complejas que las utilizadas hasta el momento en pasturas de gramínea-leguminosa, bien manejadas y de buena calidad, lo cual conduce potencialmente a una mayor intensificación del sistema. En segundo lugar, éste es el primer informe sobre aumentos de peso a largo plazo (siete años consecutivos) en pasturas a base de A. gayanus, lo cual confirma que, por lo menos en algunas condiciones, estas pasturas pueden ser muy productivas si se administran adecuadamente, en ausencia de fertilización de sostenimiento regular.

Cuadro 3. Ganancias de peso de animales en A. gayanus-S. capitata con y sin implantes de hormonas.

	Implante		Medias
	-	+	
	----- kg/animal -----		
Vacas de descarte	0.41	0.66	0.53 ab
Novillos adultos	0.49	0.62	0.55 a
Hembras jóvenes	0.35	0.47	0.41 bc
Machos jóvenes	0.41	0.46	0.44 c
$\bar{X}$	0.42	0.55	
	(P<0.001)		(P<0.02)

#### Evaluación de pasturas en fincas en Colombia

##### Pasturas de A. gayanus-S. capitata

El desempeño animal en fincas, a largo plazo, en pasturas de A. gayanus-S. capitata se ha reportado en varios Informes Anuales previos. El seguimiento del desempeño animal en estas pasturas, establecidas inicialmente en 1979-1981, se discontinuó en 1986, pero su composición botánica y el estado nutricional continúan evaluándose 4 veces al año.

En el período 1979-81, se establecieron aproximadamente 400 ha de pasturas en 7 haciendas colaboradoras. Se encontraron grandes diferencias en la textura pero no en la fertilidad del suelo. En forma similar, también se han registrado diferencias considerables en el manejo del pastoreo impuesto por los productores. A pesar de estas diferencias y de la carencia generalizada de fertilización de sostenimiento, la degradación de las pasturas ha sido inferior a lo esperado. La principal, si no la única, causa de las pérdidas en las pasturas fue el ataque intenso de hormigas cortadoras de hojas en una de las haciendas, donde la situación se complicó más por el sobrepastoreo

severo durante una estación seca, especialmente larga. Esto condujo a la pérdida casi total de A. gayanus en 80 hectáreas, cuando la pastura tenía 5 años de edad. En otra hacienda, el sobrepastoreo continuo durante varios años condujo a la degradación severa de las pasturas en aproximadamente 30 de 80 hectáreas; como en el caso anterior, A. gayanus fue la especie que más sufrió, mientras que la leguminosa persistió bien. Otras prácticas de manejo como la quema repetida durante varios años consecutivos, el sobrepastoreo ocasional pero severo y la falta de fertilización de sostenimiento en todas las haciendas aparentemente no han ejercido efectos perjudiciales permanentes en la persistencia de las pasturas, aunque no se ha determinado el grado al cual se afectó el rendimiento potencial de biomasa. Durante 1990, se instalaron dos ensayos exploratorios para calcular el grado en que la fertilización de sostenimiento y el descanso estratégico del pastoreo afectarían la composición botánica y el crecimiento de las pasturas, en asociaciones de 10 años de edad.

Antes del establecimiento de estos ensayos, se estimó a mediados de la estación seca, las reservas de semilla de S. capitata en el suelo en todas las

pasturas disponibles, ya que se consideró que las prácticas de manejo y fertilización orientadas a recuperar el componente de leguminosa estarían condicionadas por la cantidad de reservas de semilla en el suelo. Dependiendo de su tamaño, se tomaron 20-50 muestras de cada potrero. Las muestras se obtuvieron utilizando cilindros de acero inoxidable de 5 cm de diámetro y profundidad; luego, se lavaron las muestras individualmente para separar las semillas, se secaron y se pesaron. El Cuadro 4 muestra los rendimientos registrados en términos de semilla escarificada, edad de la pastura y contenido de arena en el suelo. Los ensayos regionales anteriores habían establecido que el desempeño de S. capitata tendía a mejorar en suelos livianos.

No existe una relación obvia entre las reservas de semilla del suelo y el aporte actual de la leguminosa a la composición botánica. Por ejemplo, en Altamira, que posee el suelo más arenoso, S. capitata representa aproximadamente 30 por ciento del forraje en oferta en una pastura pastoreada severa y continuamente, aunque las reservas de semilla tienden a ser bajas. El Viento se ha sobre-

pastoreado por igual, pero las reservas de semilla fueron inesperadamente altas y coincide con un aporte igualmente importante de S. capitata a la pastura. Por otra parte, la pastura de Margaritas se pastoreó de manera conservadora en el año anterior y aunque S. capitata contribuyó aproximadamente 10-20 por ciento a la pastura, sólo presentó vestigios de semillas en el suelo. Como se indicó anteriormente, se establecieron dos ensayos exploratorios sin repeticiones en Las Leonas y en El Viento respectivamente, con el fin de explorar alternativas para recuperar el aporte de S. capitata a la composición botánica de la pastura en los lugares en donde había disminuido severamente con los años (Leonas), o simplemente para recuperar una pastura sobrepastoreada severa y sistemáticamente, que había mantenido un excelente balance de gramínea-leguminosa (El Viento).

Ambos experimentos fueron similares e involucraron dos factores no repetidos. El primero fue la longitud del período de descanso permitido al comienzo de la estación lluviosa que incluyó 0, 30, 60 y 90 días. El tratamiento de 30 días se aplicó en el primero (abril) o segundo (mayo) mes de la estación

Cuadro 4. Reservas de semilla en el suelo de pasturas a base de S. capitata. Febrero de 1990.

Finca	Pastura	% de arena en el suelo (%)	Año de siembra	Semilla (kg/ha)
Leonas	Ag/Sc	17	1980	1.0
Margaritas	Ag/Sc	20	1981	0
Paraíso	Ag/Sc	28	1980	3.0
Viento	Ag/Sc	38	1979	13.3
Guayabal	Ag/Sc	56	1980	6.0
Altamira	Bd/Sc	70	1981	1.8



lluviosa, mientras que los tratamientos restantes empezaron, en su totalidad, en abril. El segundo factor fue la fertilización de sostenimiento aplicada cuando la pastura se sometió a descanso de 60 ó 90 días. En el caso anterior, se utilizó una combinación factorial compleja de 4 x 4 + 2, resultante de la combinación de cuatro niveles de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 25, 50 y 100 kg/ha) y cuatro de K<sub>2</sub>O (0, 25, 50 y 100 kg/ha) más dos tratamientos adicionales que involucraban una mezcla de Mg, S, Cu, Zn y B (20, 20, 2, 2 y 0.5 kg/ha, respectivamente) con o sin 50 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y de K<sub>2</sub>O. En el caso de los 90 días de descanso, se incluyó una combinación simple de 2 x 2 de 0 y 25 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> y K<sub>2</sub>O.

Debido a dificultades logísticas, sólo se registraron rendimientos de materia seca en una de las fincas (El Viento). Las variables registradas fueron altura y número de plantas de A. gayanus y S. capitata a intervalos de 30 días. Los resultados se están analizando actualmente.

#### Pasturas asociadas con arroz

En 1989 se inició un proyecto conjunto de los Programas de Arroz y de Pastos Tropicales en relación con el cultivo del arroz con pasturas de gramínea-leguminosa (véase Informe Anual 1989). En una de las fincas, se establecieron conjuntamente pasturas de Brachiaria dictyoneura-Centrosema acutifolium y A. gayanus-S. capitata con una línea experimental promisorio de arroz de secano, en potreros de 1 hectárea, con tres repeticiones. Aunque el pastoreo pudo haber comenzado antes, se presentaron dificultades con las cercas y con el suministro de agua que retardaron su iniciación hasta mayo de 1990. Desde ese entonces, las pasturas se han pastoreado rotacionalmente (10 días de pastoreo y 20 de descanso) con novillos jóvenes, a tasas de carga acordadas con el productor. Un resumen de los resultados iniciales aparece en el Cuadro 5 y en la Figura 1.

Cuadro 5. Ganancias de peso en pasturas después de un cultivo de arroz en la finca Matazul (Mayo/Sept., 1990, 114 días).

	Tasas de carga ponderadas (UA/ha)	GPV ponderadas (g/d/animal)
<u>A. gayanus</u> / <u>S. capitata</u>	2.1	924
<u>B. dictyoneura</u> / <u>C. acutifolium</u>	1.8	565

Sistema de pastoreo: 10/20.

Durante 1990, se establecieron varios experimentos de cultivo en asociación, los cuales se reportan en otra parte. Sin embargo, uno de ellos involucra la recuperación de una pastura de B. decumbens de 12 años de edad, mediante el cultivo del potrero con arroz de secano durante una estación, introduciendo leguminosas y permitiendo el reestablecimiento de la gramínea a partir de las reservas de semilla del suelo. Se estableció un ensayo complementario para evaluar la recuperación directa de la pastura de B. decumbens con una combinación de tratamientos mecánicos y de fertilizante. Se están comparando tres tratamientos mecánicos, a saber, un testigo, una pasada del rastrillo y una pasada del arado de cincel seguida por una del rastrillo. Estos tratamientos se combinaron en un diseño factorial con dos fuentes de P, superfosfato triple y escoria básica, respectivamente. Estas combinaciones factoriales se asignaron a las parcelas principales de un diseño de parcelas divididas y las subparcelas se asignaron a cuatro niveles de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (0, 25, 50 y 100 kg/ha). Toda el área experimental se sembró al voleo con una mezcla de 1 kg de S. capitata cv. Capica y 1 kg de C. acutifolium cv. Vichada. Se está midiendo el número de

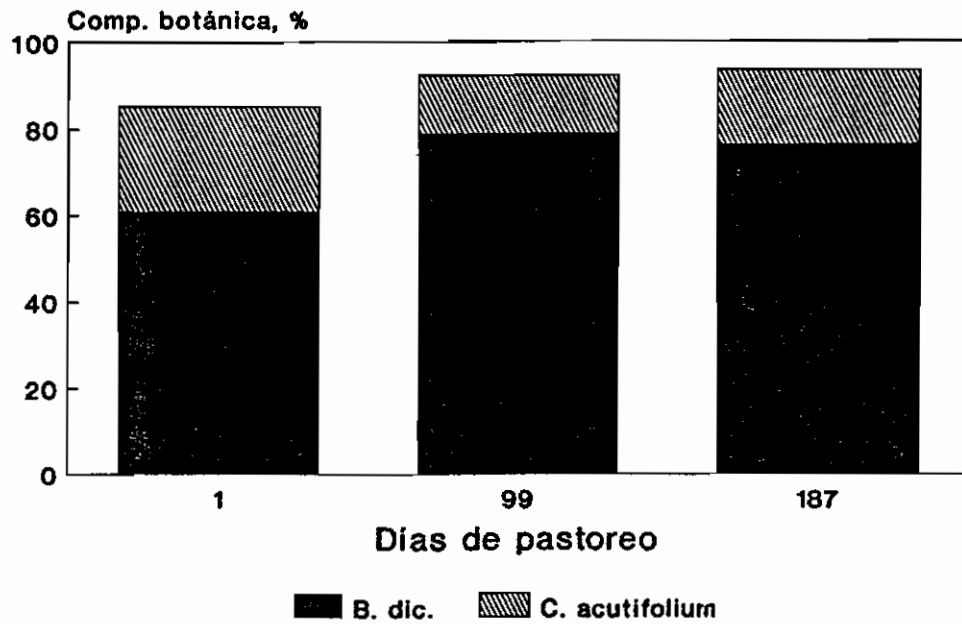
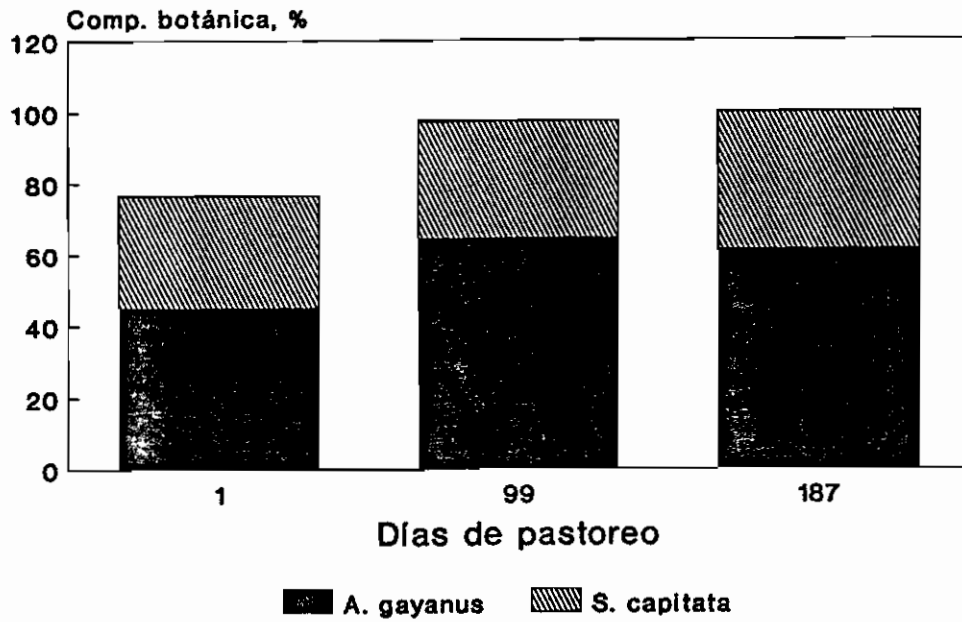


Figura 1. Composición botánica de dos asociaciones de gramínea-leguminosa bajo pastoreo, finca Matazul.

plantas de todos los componentes por unidad de área, la cobertura y la compactación del suelo, y el rendimiento acumulado a los 90 y 180 días. Se planea hacer seguimiento a la producción animal durante los próximos años, incluyendo una comparación con la pastura recuperada mediante el uso del cultivo de arroz.

#### Pasturas a base de B. dictyoneura

En 1988 se establecieron varias pasturas a base de B. dictyoneura en haciendas colaboradoras, como se reporta en el Informe Anual de 1989 (Sección de Calidad y Productividad de Pasturas). El sistema de pastoreo y la tasa de carga se acordaron con el hacendado y se está haciendo seguimiento al desempeño animal.

En el caso de la hacienda Guayabal, el pastoreo es continuo y la tasa de carga se ha ajustado periódicamente. El Cuadro 6 muestra las ganancias de peso vivo registradas durante el primer año. En general, no hubo diferencias aparentes entre la gramínea testigo y la asociación; además, el desempeño de los animales ha sido excepcionalmente alto, aún durante la primera estación seca (leve). Desgraciadamente, la comparación se desfiguró un poco con la presencia de una cantidad sustancial de Desmodium ovalifolium CIAT 350 en el potrero testigo, como resultado de haber establecido esa leguminosa con A. gayanus en 1980 en parte del mismo potrero. La composición botánica de ambas pasturas aparece en la Figura 2.

Cuadro 6. Ganancias de peso en pasturas a base de B. dictyoneura en Guayabal.

Período	No. de días	Tasas de Carga ponderada (UA/ha)	GPV (g/día/an.)	
			Sola	+Sc +Ca
Septiembre/Diciembre 1989	80	1.76	706	894
Diciembre 1989/Abril 1990	132	1.87	521	503
Abril/Septiembre 1990	131	1.17	614	559
Total	343	1.15	600	615

Pastoreo continuo.

Se está realizando otra comparación entre las pasturas a base de B. dictyoneura en la hacienda El Amparó. Aunque inicialmente la gramínea se estableció con dos leguminosas diferentes, C. acutifolium CIAT 5277 y Centrosema brasilianum CIAT 5234 respectivamente, la segunda pronto desapareció de la pastura después del primer año de pastoreo, de manera que, actualmente, lo que se está comparando en realidad es la gramínea sola versus la asociación con C. acutifolium. El Cuadro 7 muestra las ganancias de peso vivo ponderadas para los 6 primeros meses de pastoreo, cuando aún había un aporte significativo de C. brasilianum (Figura 3).

Cuadro 7. Ganancias de peso en pasturas a base de B. dictyoneura (Jun./89-Febrero/90, 244 días).

	Tasas de carga ponderadas (UV/ha)	GPV ponderadas (g/d/an.)
<u>B. dictyoneura</u> + <u>C. acutifolium</u>	1.4	492
<u>B. dictyoneura</u> + <u>C. brasilianum</u>	1.4	435

Pastoreo alterno 25/25.

#### Bancos de proteína y de energía para la sabana

Trabajos anteriores en Carimagua

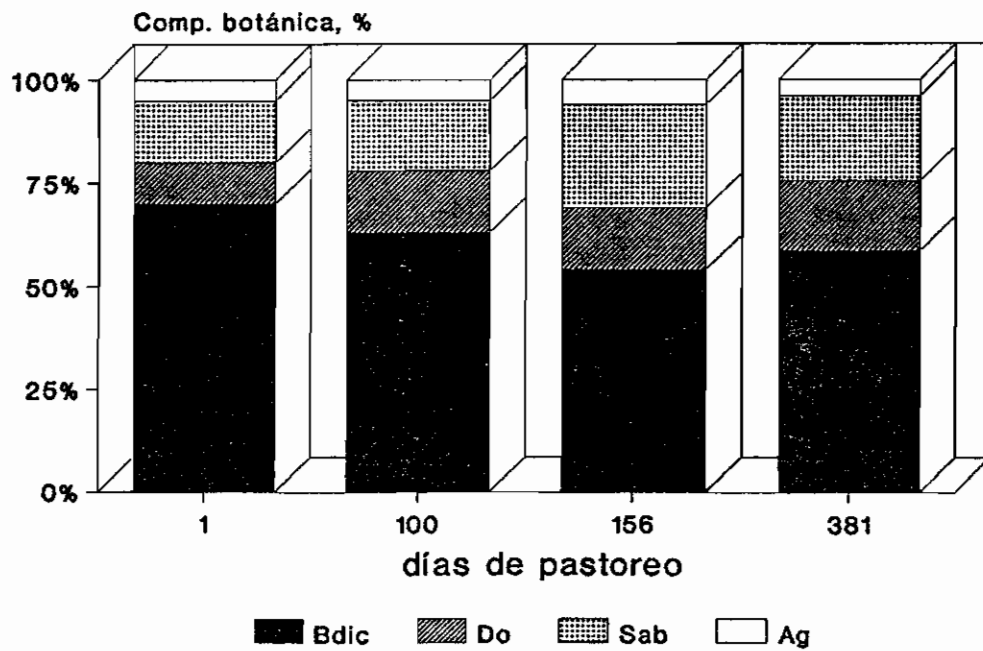
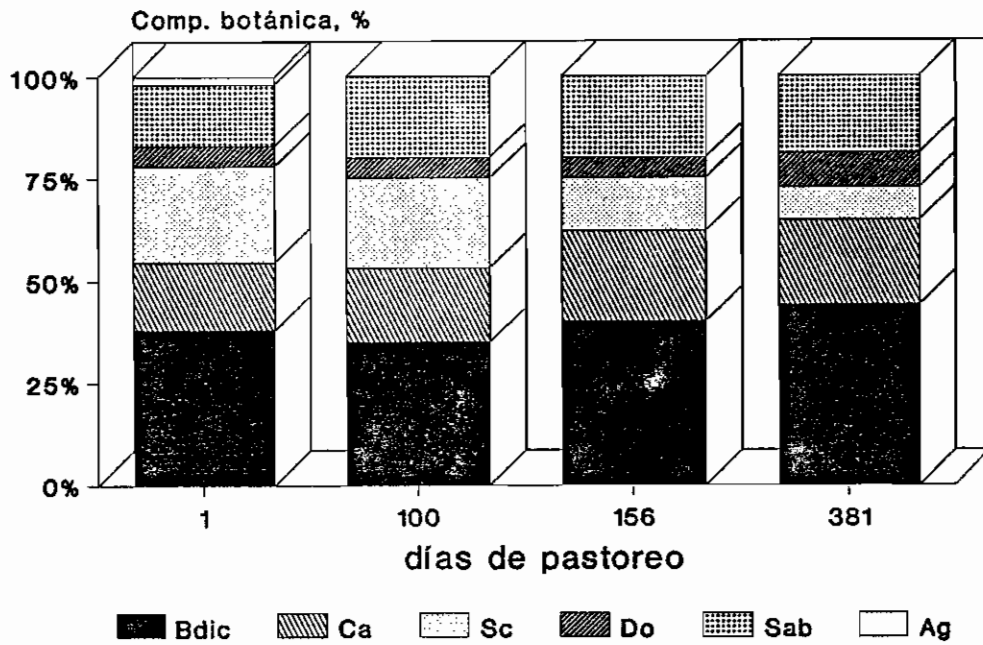


Figura 2. Composición botánica de dos asociaciones con *B. dictyoneura*, en la hacienda Guayabal.

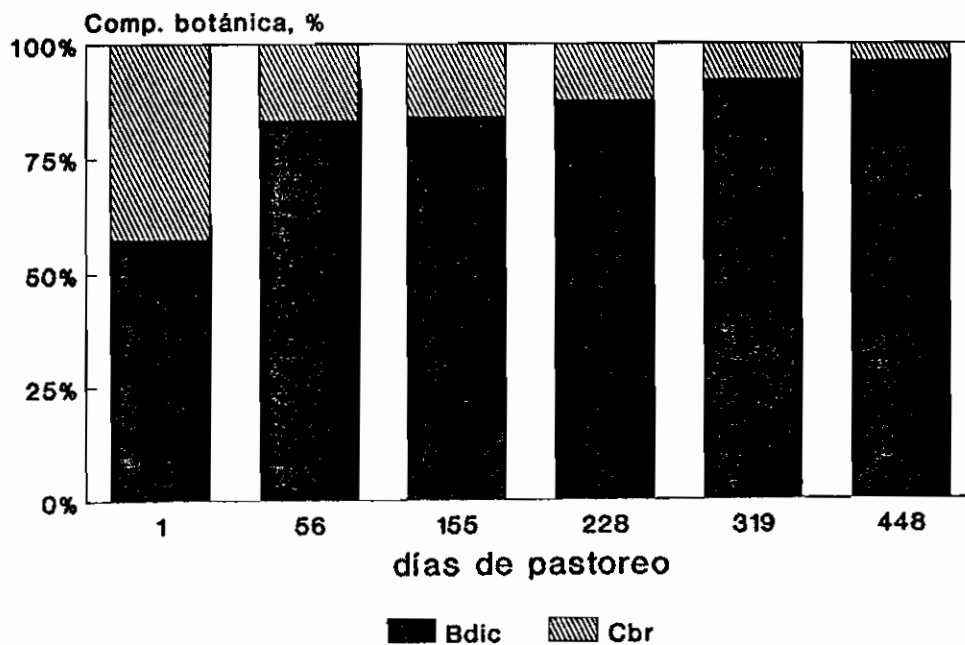
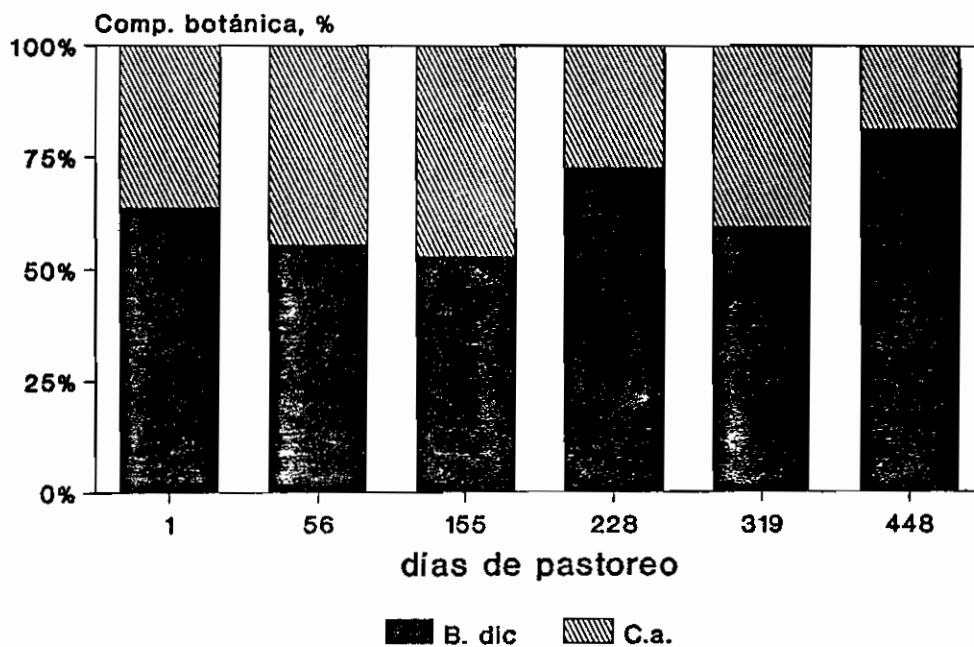


Figura 3. Composición botánica de dos asociaciones con *B. dictyoneura*, en la finca El Amparo.

sugirieron que los animales que pastoreaban sabana no mejorada pero que tenían acceso estratégico a pasturas de gramínea-leguminosa mostraban un mucho mejor desempeño en términos de aumentos de peso, y de fertilidad, en el caso de las vacas de cría. En forma similar, se indicó también que un ideotipo de gramínea similar a B. humidicola idealmente cumpliría el papel de una gramínea persistente y adaptable a este sistema. Como consecuencia de estas ideas, se establecieron dos asociaciones a base de B. dictyoneura en una hacienda colaboradora, para suplementar a novillos que pastoreaban la sabana. La primera asociación se hizo con S. capitata cv. Capica y la otra con C. acutifolium cv. Vichada. Cada asociación proporciona 1450 metros cuadrados por animal. Las pasturas no se cercaron, de manera que los animales tendrían acceso irrestricto y continuo a ellas. Como en los casos anteriores, el manejo se decidió en acuerdo con el ganadero. La sabana se subdividió en varias porciones de manera que una de ellas se puede quemar cada 2-3 meses, para proporcionar rebrote nuevo; el intervalo entre la quema consecutiva en cualquiera de las subdivisiones es de 18 meses aproximadamente.

A pesar de que la sabana proporciona rebrote joven, hay una tendencia hacia sobrepastorear severamente las pasturas sembradas; mientras hubo abundante

Cuadro 8. Ganancias de peso en sabana, con o sin acceso a bancos de gramínea-leguminosa\* en Aguas Claras.

Período	Días	Sabana	Sabana + Bdic./Sc. + Bdic./Ca	----- g/d/an -----
Octubre/ Diciembre/89	80	199	493	
Diciembre/89 Marzo/90	147	194	179	

\* 2900 m<sup>2</sup>/animal. Acceso libre.

forraje en oferta, los animales suplementados registraron aumentos de peso mucho mayores que los testigos (Cuadro 8). Continúan el seguimiento a las pasturas y al manejo impuesto por el productor.

#### Actividades de promoción de pasturas con CRECED.

Como se explicó en Informes Anuales anteriores, el Programa de Pastos Tropicales está proporcionando asistencia técnica a CRECED, en su esfuerzo por promover la adopción generalizada de pasturas de gramínea-leguminosa en los Llanos de Colombia.

Durante 1990, CRECED proporcionó asistencia técnica de intensidad variable, a agricultores que establecieron un área global de 2500 ha en 25 haciendas. De éstas, 975 se sembraron con gramíneas solas (Cuadro 9) y 1315 con asociaciones de gramínea-leguminosa (Cuadro 10). El resto fue principalmente de lotes de multiplicación de semilla de B. dictyoneura cv. Llanero y S. capitata cv. Capica, totalizando aproximadamente 80 ha de cada una en 8 haciendas. Esta última actividad, junto con la asistencia técnica proporcionada para la cosecha de los lotes de semilla existentes se trata en más

Cuadro 9. Gramíneas establecidas durante 1990. (CRECED-Altilanura).

	No. de ha	Fincas
<u>B. decumbens</u>	770	4
<u>B. dictyoneura</u>	5	1
<u>B. humidicola</u>	200	1
Total	975	6

detalle en la sección de Producción de Semillas de este informe.

Durante el año, CRECED también se involucró en el seguimiento de algunas

Cuadro 10. Asociaciones establecidas durante 1990 (CRECED-Altillanura).

	No. de ha	Fincas
<u>B. dictyoneura + S. capitata</u>	214	8
<u>B. dictyoneura + C. acutifolium</u>	32	3
<u>B. dictyoneura + S. capitata + C. acutifolium</u>	1	1
<u>B. decumbens + S. capitata</u>	1054	6
<u>B. decumbens + C. acutifolium</u>	2	1
<u>B. decumbens + S. capitata + C. acutifolium</u> <sup>1</sup>	12	1
Total	1315	20

1/ Recuperación de B. decumbens.

asociaciones a base de B. dictyoneura, para lo cual había proporcionado asistencia técnica en los años anteriores, con el fin de utilizar estos datos en días de campo y en otras actividades de extensión. La Sección está apoyando estas actividades con las metodologías de seguimiento en fincas, desarrolladas en el pasado.

Finalmente, la Sección también proporcionó apoyo a CRECED en la organización e implementación de un curso práctico, muy exitoso, sobre el establecimiento y manejo de pasturas, dirigido a personal profesional de agencias de extensión y desarrollo, activas en los Llanos de Colombia y en otras regiones. Este curso, dictado en 1990 por tercera vez, se ha hecho esencial para la diseminación de actividades de promoción de pasturas en diversas regiones de Colombia; el curso está dirigido principalmente a personal de los bancos agrícolas y otros agentes de

desarrollo. El modelo se está repitiendo con éxito en otras regiones de Colombia y también ha habido demanda de instituciones interesadas fuera de Colombia.

#### Comportamiento de las pasturas en sistemas de doble propósito

##### 1. Piedemonte Andino de Colombia

Este proyecto conjunto ICA-CIAT-TUB pretende evaluar el papel de las pasturas de gramínea-leguminosa en sistemas de producción de doble propósito (carne y leche) y tiene los siguientes objetivos:

- evaluar el impacto de las pasturas mejoradas en la producción de leche en sistemas de doble propósito;
- desarrollar métodos para realizar y analizar experimentos de pasturas en fincas, en sistemas de doble propósito;
- identificar las limitaciones que inhiben la expresión de respuestas significativas a la nueva tecnología en sistemas de doble propósito.

El proyecto comenzó en 1988, estableciendo pasturas de gramínea-leguminosa y los testigos respectivos de gramínea sola, en dos regiones del piedemonte andino, en los Departamentos de Meta y Caquetá. Las pasturas mejoradas se sembraron en 10 fincas y en dos estaciones experimentales, todas en sistemas de doble propósito (vacas cruzadas ordeñadas una vez al día y que estaban criando sus terneros).

Después de la siembra se aplicaron diversas prácticas de manejo durante el período Agosto-Octubre de 1989, según la necesidad, para consolidar las pasturas. Estas incluyeron control químico y mecánico de malezas, y resiembra de la especie de gramínea y/o de leguminosa cuando fue necesario.

A comienzos de 1989, se reemplazaron dos fincas debido a la falta de interés de sus respectivos propietarios, lo cual dio como resultado el establecimiento de otras dos asociaciones de pasturas.

Paralelo a estas actividades, se hizo un seguimiento intensivo para caracterizar los sistemas de producción y cuantificar los principales parámetros edáficos, climáticos y biológicos. Los últimos incluyeron recolección de datos sobre producción de leche, aumentos de peso en vacas y terneros, características reproductivas, y evaluación de la productividad y calidad de las pasturas.

A fines de 1989, un agricultor de la región del Meta suspendió su colaboración debido a problemas personales y económicos. En este momento el proyecto involucra a dos estaciones experimentales y a nueve fincas comerciales.

#### Estado actual del proyecto

Después de la estación seca de 1989-90 todas las pasturas se consideraron plenamente establecidas. Desde ese entonces, las prácticas de manejo se restringieron a determinar la utilización apropiada de las pasturas, es decir, a establecer el número de días de ocupación y descanso de los potreros, de acuerdo con las necesidades y opiniones del agricultor.

Se está haciendo seguimiento al desempeño de la finca, de los animales y de las pasturas. Además, dos veces al año se están tomando muestras fecales de las vacas que pastorean las pasturas asociadas y las testigo para analizar la proporción de isótopos de C12/C13, para calcular el aporte de las leguminosas a la dieta.

En Mayo de 1990, ICA-CIAT realizaron otro experimento a corto plazo (54 días) en la estación experimental "La Libertad", en el Meta. Utilizando un diseño de cuadrado latino, se evaluó el

efecto de la suplementación con un alimento concentrado de alto contenido de energía/proteína (torta de algodón) para probar la hipótesis de que el potencial genético de las vacas cruzadas utilizadas actualmente puede estar limitando la expresión de diferencias en la calidad y en la cantidad del forraje en oferta. La anterior hipótesis surgió de las observaciones iniciales realizadas en las fincas que sugirieron que las diferencias en producción de leche entre las pasturas asociadas y sus respectivos testigos eran pequeñas. El experimento involucra un diseño factorial de 2 x 2 con dos pasturas (B. decumbens sola o en asociación con una mezcla de 5 leguminosas) y dos niveles de suplemento (0 vs. 1 kg de torta/animal/día). Estos cuatro tratamientos se repitieron a tres cuadrados latinos de 4 x 4; se utilizaron vacas de doble propósito a mediados de la lactancia. Los tres cuadrados latinos difirieron en producción media inicial de leche.

Un análisis inicial indicó diferencias significativas en producción de leche, debido a la asociación, en los dos cuadrados de alto rendimiento (Cuadro 11). Un análisis conjunto de los tres cuadrados mostró nuevamente diferencias

Cuadro 11. Diferencias en la producción media de leche entre tres cuadrados latinos.

Cuadrado Latino	Producción media diaria (kg/animal)
1	4.88 a
2	4.55 a
3	3.02 b
P < 0.0001	



entre las pasturas ( $P < 0.05$ ), un efecto muy modesto del concentrado e indicios de una interacción ( $P < 0.25$ ) que magnifica el efecto de la asociación en presencia del suplemento (Cuadro 12).

Cuadro 12. Efecto de la pastura y de la harina integral de semilla de algodón en la producción de leche, medias de 3 cuadrados latinos.

Pastura	Suplemento		Medias
	-	+	
	- kg leche/an/d)		
Testigo	4.03	3.99	4.01
Asociación	4.16	4.42	4.29
Medias	4.10	4.20	

Pastura	P = 0.0375
Concentrado	P = 0.3871
P x C	P = 0.2460

Es evidente que en todos los casos, las diferencias, aunque significativas, tienden a ser modestas. Sin embargo, cabe anotar que la asociación involucrada en este experimento no es particularmente buena, ya que tiene menos de 10 por ciento de leguminosa.

Sin embargo, en por lo menos dos casos, los agricultores reportan un aumento notable en la producción de leche mientras se pastoreó la pastura mejorada; en breve se hará el análisis estadístico de los resultados observados en las fincas.

#### Evaluación de pasturas en 1990

Todas las asociaciones de gramínea-leguminosa en fincas contienen una mezcla de varias especies de leguminosa. Esto se debió al poco conocimiento sobre la persistencia bajo pastoreo de las especies introducidas en el ecosistema de piedemonte. Se

esperaba que la siembra de diversas especies agrónomicamente promisorias maximizara las oportunidades de obtener asociaciones de pasturas persistentes.

En consecuencia, uno de los resultados importantes de este proyecto se refiere al desempeño de las especies de leguminosas en las condiciones de las fincas.

#### Meta

En cuanto al desarrollo de las especies de leguminosas sembradas, es evidente que Centrosema macrocarpum (CIAT 5713) está disminuyendo en todas las pasturas del proyecto establecidas en el Meta. Esto se debe posiblemente a una combinación de falta de producción de semillas bajo pastoreo, a la gran selectividad de las vacas en pastoreo y a su hábito de crecimiento erecto. El aporte de C. macrocarpum disminuyó a una tasa casi constante y actualmente ha desaparecido efectivamente de todas las asociaciones de la región. En contraposición, el desarrollo de D. ovalifolium (CIAT 350) y Arachis pintoi (CIAT 17434) ha sido muy satisfactorio a pesar de haber tenido un comienzo muy lento; además, ambas especies están aumentando en todas las pasturas experimentales. A. pintoi se sembró vegetativamente en cantidades muy pequeñas y, en consecuencia, las variaciones dentro de potreros enmascararon las estimaciones numéricas, pero las observaciones de campo muestran una contribución ascendente.

La composición botánica de las asociaciones muestra una considerable variación en la relación gramínea-leguminosa entre fincas. El aporte de las leguminosas a las asociaciones varía entre 8 y 21 por ciento.

A comienzos de la estación lluviosa de 1990, B. decumbens, tanto en las asociaciones como en los testigos, sufrió un ataque severo de salivazo (Zulia spp.). El pastoreo fue discontinuado por los productores durante un período prolongado para permitir la

recuperación de la gramínea, lo cual alteró la secuencia de rotación de las pasturas que se estaba siguiendo. En el momento en que se redacta este informe, algunos de los potreros no se han recuperado plenamente. Aunque se perdió la información sobre la producción de leche durante el pastoreo de los diferentes tratamientos en fincas, como consecuencia de este ataque, se han obtenido datos valiosos sobre la pérdida económica que sufrieron los agricultores.

### Caquetá

Las asociaciones establecidas en Caquetá fueron inicialmente dominadas por las leguminosas, mientras que la gramínea (B. decumbens) tardó más en establecerse. Esta situación aún continúa y se refleja en el porcentaje mucho mayor de leguminosas registrado en general en la mayoría de las fincas, en donde los porcentajes de leguminosa varían de 15 a 43 por ciento.

Sin duda, la especie inicialmente más importante en las pasturas de gramínea-leguminosa de Caquetá es Stylosanthes guianensis (CIAT 184). En algunas de las fincas es la especie de leguminosa dominante, representando hasta 22 por ciento de la pastura.

Otras dos leguminosas también muy promisorias son D. ovalifolium (CIAT 350) y A. pintoí (CIAT 17434). En contraposición con las observaciones realizadas en el Meta, C. macrocarpum (CIAT 5713) luce vigorosa y hasta el momento ha persistido bien.

Al igual que en el Meta, se registraron ataques de salivazo en dos fincas, que condujeron a una considerable reducción del componente de gramíneas en una de ellas.

### Interacción con los agricultores

Desde comienzos de 1990, y considerando las pasturas experimentales plenamente establecidas, la influencia de los

investigadores del proyecto en cuanto a las decisiones sobre manejo de pasturas se redujo a simples sugerencias. Por lo tanto, en algunos casos, los agricultores han modificado las prácticas de utilización de las pasturas, dando obviamente prioridad a las necesidades de los animales, en respuesta a la producción de leche registrada. Un ejemplo típico es la reducción del período de ocupación, que de otro modo reduciría la producción de leche. Este pastoreo menos severo parece haber aumentado la competencia entre el componente de gramíneas y las leguminosas, de crecimiento más lento. Además, en relación con el pastoreo menos intenso, la acumulación posterior de residuos muertos puede haber sido un factor que contribuyó a la severidad del ataque de salivazo en algunas fincas. Por otro lado, algunos agricultores también redujeron los períodos de descanso, especialmente cuando se enfrentaron a la escasez de pasturas, como seguimiento a los ataques de salivazo o por otras razones como el efecto de la estación seca en la disponibilidad total de forraje.

### Perspectivas

Durante 1991 continuará la recolección de datos, ya que es esencial para hacer seguimiento a las tendencias a largo plazo de estas pasturas. En Enero de 1991, se iniciará un análisis estadístico detallado de los resultados, y se espera que esa fase del análisis se haya terminado hacia fines de mayo. A la fecha, se ha terminado la codificación de los datos.

### 2. Trópico húmedo del Perú

Los Informes Anuales anteriores han resumido los estudios iniciados en 1988 en fincas pequeñas del área de influencia de Pucallpa, orientados a estimar la contribución potencial de las pasturas a base de gramíneas y de las asociaciones de gramínea-leguminosa establecidas en zonas deforestadas ya existentes, utilizadas para la

producción de leche y carne con ganado de doble propósito.

Hasta el momento, se han recolectado datos sobre desempeño animal durante 12-18 meses, en 7 fincas. Se han realizado un número limitado de análisis preliminares con el fin de desarrollar una metodología analítica que permita estimar la contribución de las diferentes pasturas utilizadas en rotación por el hato de cada finca. Debido a que la utilización de las pasturas se confunde en el tiempo con

el estado de lactación, el reto es separar el efecto de cada uno en las pasturas incluidas en la rotación, durante todo el período de lactación.

### 3. Los Cerrados Brasileños

La participación del Programa de Pastos Tropicales en este proyecto, iniciado en 1987, se discontinuó al comienzo del año. Continúa el seguimiento a las pasturas y a los animales bajo la responsabilidad del personal de EMBRAPA/CPAC.

## 21. SISTEMAS DE PRODUCCION ANIMAL

### RESUMEN

En 1990, se hizo una reorganización importante de las actividades de la Sección. Todos los proyectos de investigación de la sección en Carimagua se terminaron o se transfirieron a la Sección de Calidad y Productividad de Pasturas. Al mismo tiempo, se absorbieron varios proyectos en fincas, consolidando así todas las actividades de investigación en pasturas en fincas, en las sabanas del piedemonte andino y en los "Llanos".

En los Llanos, la sección ha estado haciendo seguimiento a pasturas de A. gayanus-S. capitata durante 11 años consecutivos. Las pasturas más viejas, sembradas en 1979-80, están en excelentes condiciones a pesar de no haber recibido fertilización de sostenimiento desde la siembra. Dos ensayos exploratorios realizados este año en estas pasturas viejas mostraron que una combinación de descanso del pastoreo y aplicación de 10 kg de P y 10 kg de K puede conducir a aumentos sustanciales en la producción de biomasa. También se está haciendo seguimiento a las pasturas nuevas, principalmente a base de B. dictyoneura en asociación con varias leguminosas. Los resultados del primer año de pastoreo son promisorios pero requieren confirmación adicional. Lo mismo sucede con las pasturas de A. gayanus-S. capitata y B. dictyoneura-C. acutifolium, establecidas inicialmente con arroz en 1989. Los aumentos de peso en la primera de ellas fueron extremadamente altos (900 g/día con 2 animales/ha).

La Sección continuó proporcionando

apoyo técnico a las actividades de extensión y promoción realizadas por ICA-CRECED. Esta proporcionó asistencia técnica a productores que establecieron 2500 ha de pasturas y lotes de semilla, realizaron días de campo y ofrecieron un curso de establecimiento de pasturas muy exitoso, orientado a profesionales que trabajan en instituciones de desarrollo y en la empresa privada.

Continuaron las actividades en fincas en el piedemonte andino y amazónico de Colombia y en Pucallpa, Perú. Se está haciendo seguimiento al comportamiento del sistema en estas fincas de doble propósito, con énfasis en el comportamiento comparativo de las pasturas de gramínea sola versus en asociación, evaluadas con vacas lecheras. Se hicieron esfuerzos durante el año para desarrollar una metodología analítica apropiada para estas situaciones. Se realizó un experimento colaborativo a corto plazo en la estación experimental La Libertad, ICA, para probar la hipótesis de que el genotipo animal puede limitar la expresión de diferencias entre las pasturas. Los resultados iniciales mostraron diferencias sustanciales entre las pasturas cuando se evaluaron con vacas que producían aproximadamente 5 kg de leche/día que con animales de menor producción y sin respuesta significativa a la suplementación con torta de algodón. Curiosamente, se observó una respuesta no significativa pero sustancialmente mayor al suplemento en la asociación en comparación con la pastura testigo.

40532

## 22. Arroz-Pastos - Investigación en Carimagua

### INTRODUCCION

En 1989, se realizó una serie de experimentos como parte del proyecto de Arroz-Pasturas para evaluar la factibilidad de cultivar arroz de secano tolerante a suelos ácidos en los suelos de los Llanos de Colombia. Los experimentos abordaron tres temas importantes:

- la agronomía del arroz sembrado después de sabana nativa virgen;
- el uso del arroz como cultivo pionero para establecer pasturas subsebradas;
- el desempeño del arroz cultivado en pasturas viejas mejoradas, a base de leguminosas.

Los experimentos se realizaron en los límites occidentales de los Llanos, en Matazul, cerca de Puerto López, o en Carimagua.

En resumen, se obtuvieron rendimientos de arroz de aproximadamente 2.5 t/ha en sabana nativa, sin ninguna dificultad en términos de cultivo. Se obtuvieron

excelentes pasturas con la subsiembra del cultivo de arroz sin reducir el rendimiento de éste.

El arroz cultivado en una pastura de leguminosa-gramínea de 10 años de edad produjo 3.5 t de arroz/ha sin respuesta al fertilizante nitrogenado, en comparación con una pastura de gramínea sola que dio el mismo rendimiento, pero sólo con 80 kg de N/ha.

En 1990, se repitieron las características destacadas de estos experimentos, ampliando los estudios agronómicos del Proyecto de Arroz-Pasturas (reportado en la Sección 23) en Matazul y estableciendo un programa mucho más amplio en Carimagua que involucraba una parte importante del trabajo de las secciones de Riciclaje y Fijación de Nitrógeno, Relaciones Suelo-Planta y Reciclaje de Nutrientes, y Ecofisiología, con gran participación de la sección de Agronomía-Llanos (reportada en la sección 22). Excepto en donde se indicó anteriormente, este trabajo se describe en este informe y no en los de las secciones individuales.

### INTEGRACION DE CULTIVOS CON PASTURAS SECCION DE ECOFISIOLOGIA

Con base en el desarrollo de líneas de arroz de secano tolerantes a niveles altos de saturación de aluminio, por parte del Programa de Arroz, y en la demostración exitosa en Carimagua en 1989 de que una pastura previa, vieja, de leguminosa-gramínea contribuye sustancialmente a la economía de

nitrógeno del cultivo subsiguiente, se realizaron tres grupos de experimentos para:

- comprobar la principal parte de los resultados del año anterior, mediante la repetición de los tratamientos más importantes en secciones de pasturas viejas de

gramínea-leguminosa en comparación con pasturas viejas de gramínea sola y con sabana nativa.

- investigar la estabilidad del sistema de cultivo-pasturas mediante la repetición de los tratamientos del año anterior en las mismas parcelas y en las tres situaciones (pastura vieja de gramínea-leguminosa, pastura vieja de gramínea sola y sabana);
- investigar los efectos residuales de un rango de pasturas de gramínea-leguminosa y gramínea sola de diferentes edades e historias en los rendimientos de un cultivo de arroz posterior. Las pasturas se eligieron con base en su disponibilidad, por lo cual se unieron la edad y el manejo. Sin embargo, cubren un amplio rango de especies, edades y composiciones y se podría esperar indicaran el posible nivel de rendimiento en los campos del agricultor.

#### Detalles agronómicos

No fue posible hacer preparación temprana de la tierra, como se esperaba en una buena práctica agronómica. Además, en la mayoría de los casos, la pastura vieja no se había pastoreado durante algún tiempo, por lo que frecuentemente se encontró una gran cantidad de material vegetal residual en la superficie del suelo. Dado que cayó una cantidad sustancial de lluvia a intervalos regulares durante la estación seca de diciembre a marzo, gran parte de este material crecía activamente. En consecuencia, para preparar camas de semilla satisfactorias, fue necesario eliminar el material acumulado mediante tratamiento con herbicida desecante seguido por quema del material seco. El efecto de este tratamiento en comparación con la incorporación se evaluó en dos sitios y justificó plenamente la metodología elegida (véase a continuación).

Después de la quema, todos los sitios se araron dos veces con arado cincel seguido por cultivador de dientes, después de la aplicación presiembra de los fertilizantes. Todas las parcelas se sembraron en surcos espaciados 30 cm, colocando la semilla en surcos poco profundos hechos con un cultivador de dientes fijos y utilizando sembradoras manuales Planet Junior. La emergencia fue desigual y por parches, como era de esperarse, pero el macollamiento vigoroso de la variedad de arroz #3 en gran parte compensó este efecto. Es claro que los futuros experimentos de cultivo deben apoyarse en el uso de equipo de siembra de precisión apropiado para lograr una emergencia pareja y poblaciones de plantas uniformes.

#### Fertilizantes basales

Aplicados antes de la siembra:

Calcio aplicado como 300 kg de cal dolomítica/ha  
Sulfato de cinc a 5 kg/ha como sulfato  
Azufre a 20 kg/ha como azufre elemental

Aplicados durante el cultivo:

Potasio a 100 kg/ha como cloruro, aplicando 30 por ciento en el momento de la siembra y el resto con nitrógeno a 50 por ciento a 28 los días, y el 20 por ciento restante a los 60 días de la siembra.

#### Tratamientos fertilizantes

Aplicados antes de la siembra:

Niveles de fósforo como se inició en los experimentos individuales, aplicando la mitad como superfosfato triple, la mitad como roca fosfórica del Huila, e incorporado al suelo.

Aplicados durante el cultivo:

Niveles de nitrógeno como se indicó en los experimentos

individuales, aplicados como urea, 37 por ciento a los 28 días, 25 por ciento a los 45 días y el 37 por ciento restante a los 60 días de la siembra.

### Experimentos

#### Experimentos de segundo año:

En tres sitios cultivados de arroz en 1989:

- Una pastura de once años de edad de Brachiaria decumbens/Pueraria phaseoloides (Kudzu), fertilizada con 20 kg de P/ha durante el establecimiento y 10 kg de P/ha cada segundo año de ahí en adelante, y sometida a pastoreo por ganado bovino durante todo el tiempo.
- Una pastura de once años de edad de Brachiaria decumbens sin leguminosa. El fertilizante y el manejo iguales a los de la asociación anterior.
- Una sabana nativa, pastoreada intermitentemente como en el manejo de sabanas normales.

### Tratamientos

#### Parcelas principales:

En las pasturas de B. decumbens/Kudzu y de B. decumbens sola, los mismos tratamientos como en 1989, aplicados a las mismas parcelas:

P 25 kg/ha) (N 0 kg/ha  
50 kg/ha) ( 40 kg/ha  
( 80 kg/ha

En la sabana, repetición únicamente del tratamiento que dio rendimientos razonables (más de 2000 kg/ha) en 1989.

Fósforo 50 kg/ha y  
Nitrógeno 80 kg/ha

#### Subparcelas:

Cada una de las parcelas principales mencionada anteriormente se

dividió para aplicar:

Cero fertilizante adicional  
Fósforo adicional a 50 kg/ha y  
nitrógeno a 80 kg/ha.

### Experimentos de primer año

En los mismos tres sitios mencionados anteriormente, pero mientras las secciones se cultivaban de arroz en 1989, se dejó que el resto de las áreas creciera sin pastoreo. En cada pastura de B. decumbens/Kudzu y de B. decumbens sola, se preparó un sitio con herbicida y quema, mientras que se preparó un segundo con incorporación del material acumulado.

### Tratamientos

#### Parcelas principales:

En las pasturas de B. decumbens/Kudzu y B. decumbens sola, con quema e incorporación de:

(Nitrógeno 0 kg/ha  
P 25 kg/ha ( 40 kg/ha  
( 80 kg/ha

En la sabana, sólo el tratamiento que dio rendimientos razonables (más de 2000 kg/ha) en 1989.

P 50 kg/ha y N 80 kg/ha

#### Subparcelas:

Las parcelas principales mencionadas anteriormente se dividieron para aplicar:

Cero fertilizante adicional  
Fósforo adicional a 50 kg/ha y  
nitrógeno a 80 kg/ha.

Además, se estableció un diseño experimental común en un rango de pasturas con diferentes asociaciones, edades e historias de manejo (véase Cuadro 1). Todas recibieron fertilizante a la tasa estándar de Carimagua sólo durante el establecimiento.

### Tratamientos

P 12.5 kg/ha) (N 0 kg/ha  
25 kg/ha) ( 40 kg/ha  
50 kg/ha) ( 80 kg/ha

Cuadro 1. Detalles de las pasturas utilizadas para cultivo con arroz en Carimagua, en 1990.

Asociación	Año de establecimiento	Localidad/Suelo
1. <u>Andropogon gayanus</u> / <u>Stylosanthes capitata</u>	1982	Introducciones II/franco arcilloso
2. <u>Brachiaria humidicola</u> / <u>Desmodium ovalifolium</u>	1984	Introducciones II/franco arcilloso
3. <u>Brachiaria humidicola</u> solo	1984	Introducciones II/franco arcilloso
4. <u>Andropogon gayanus</u> solo	1985	Yopare/franco arenoso
5. <u>Andropogon gayanus</u> / <u>Centrosema acutifolium</u>	1985	Yopare/franco arenoso
6. <u>Brachiaria dictyoneura</u> / <u>Arachis pintoi</u>	1986	Introducciones II/franco arcilloso

más un "testigo superior" de fósforo a 10 kg/ha y nitrógeno a 160 kg/ha.

#### Mediciones

Se obtuvieron datos de rendimiento por muestreo manual de cada parcela en 4 cuadrados de 4 m<sup>2</sup> cada uno. Se tomaron muestras adicionales de cada parcela en otros 4 cuadrados de 2 m<sup>2</sup> cada uno, para determinar la composición de la biomasa (pastura en regeneración, malezas) y los componentes del rendimiento del cultivo. Se tomaron muestras de suelo para determinar la distribución de las raíces y otras propiedades del suelo, que se determinarán en colaboración con la Sección Relaciones Suelo-Planta y Reciclaje de Nutrientes. La Sección de Reciclaje y Fijación de Nitrógeno

tomó muestras adicionales para determinar la nitrificación.

#### Resultados

En este momento sólo se encuentran disponibles los datos de rendimiento de arroz paddy. Los datos se ajustan a un contenido de agua de 14 por ciento.

El uso de un testigo superior permitió determinar el porcentaje máximo de rendimiento para cada nivel de tratamiento fertilizante aplicado y para comparar las diversas prehistorias de las pasturas.

Brachiaria decumbens/Kudzu, B. decumbens sola y sabana nativa

El cultivo inicial de B. decumbens/Kudzu y de B. decumbens sola dio rendimientos bastante inferiores este año, a niveles comparables de fertilizante



(2300 kg/ha con P25N80), que en 1989 y respuestas más pronunciadas al nitrógeno hasta una dosis de 160 kg/ha (Cuadro 2 y Figuras 1 y 2). Al parecer, la nitrificación puede haberse inhibido con la acumulación de una gran cantidad de materia orgánica sub-superficial (el material sobre la superficie del suelo se quemó) ya que el área no se pastoreó durante todo 1989. Los datos para apoyar o refutar esto estarán disponibles posteriormente cuando se hayan analizado las muestras obtenidas por la Sección de Reciclaje y Fijación de Nitrógeno. Sin embargo, el cultivo posterior a la asociación gramínea/Kudzu se comportó sustancialmente mejor, a todos los niveles de fertilizante, que la gramínea sola posterior (Cuadro 2).

En contraposición, el cultivo de segundo año se comportó muy bien, con rendimientos de 75-80 por ciento del máximo de 4.5 t/ha en la asociación y en la gramínea sola, respectivamente, con 80 kg de N/ha (Cuadro 2 y Figuras 1 y 2). Cabe anotar que la asociación fue mucho menos sensible al nitrógeno que la pastura de gramínea sola, lo cual sugiere un efecto residual de la pastura a base de leguminosa por lo menos hasta el segundo año (Figuras 1 y 2).

Los cultivos de arroz posteriores a la sabana produjeron 3.3-3.5 t/ha en los tratamientos con el testigo superior en los cultivos de primero y segundo años y de 1.6 y 2.0 toneladas, respectiva-

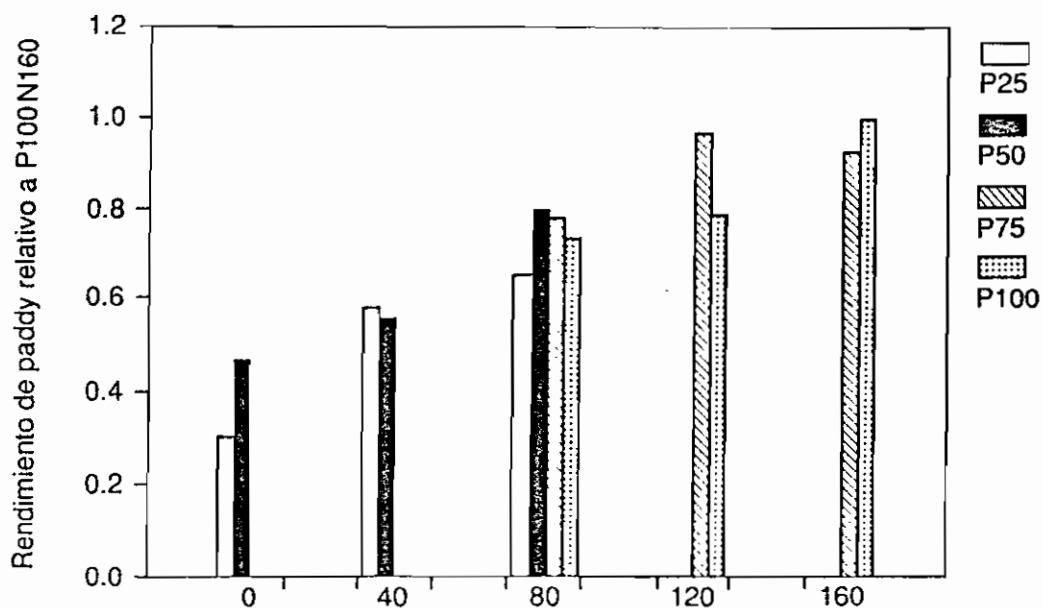
mente, en los tratamientos con P50N80 (Cuadro ).

#### Cultivos de primer año en un rango de pasturas

Los rendimientos después de las diferentes pasturas fueron inferiores a los obtenidos con B. decumbens/Kudzu y B. decumbens sola el año anterior (Cuadro 3). En el tratamiento que se puede considerar óptimo (P50N80), los rendimientos variaron entre 43 y 81% en relación con las cifras del año anterior, registrándose el mayor nivel de rendimiento en los suelos arenosos de Yopare, donde los rendimientos con P50N80 equivalieron a 83 a 100% de los rendimientos de los testigos superiores.

Nuevamente, tal vez debido a que casi todas las pasturas aradas en estos experimentos mostraron una cantidad sustancial de crecimiento de partes aéreas antes de la quema, una cantidad igualmente considerable de material se acumuló bajo la superficie del suelo. Cuando estas pasturas se araron, este material orgánico ejerció un efecto sustancial en el proceso de nitrificación. Los estudios realizados por la Sección de Fijación y Reciclaje de cifras del Cuadro 3). Es claro que en el caso de esta especie habrá que poner mucha atención a la práctica agronómica para evitar problemas. El cultivo oportuno a principios de la estación seca, posiblemente con arado de vertedera, puede ser la preparación adecuada de la tierra.

ARROZ DESPUES DE *B. decumbens* SOLO  
Segundo año de cosecha - 1990



ARROZ DESPUES DE *B. decumbens* SOLO  
Primer año de cosecha - 1990

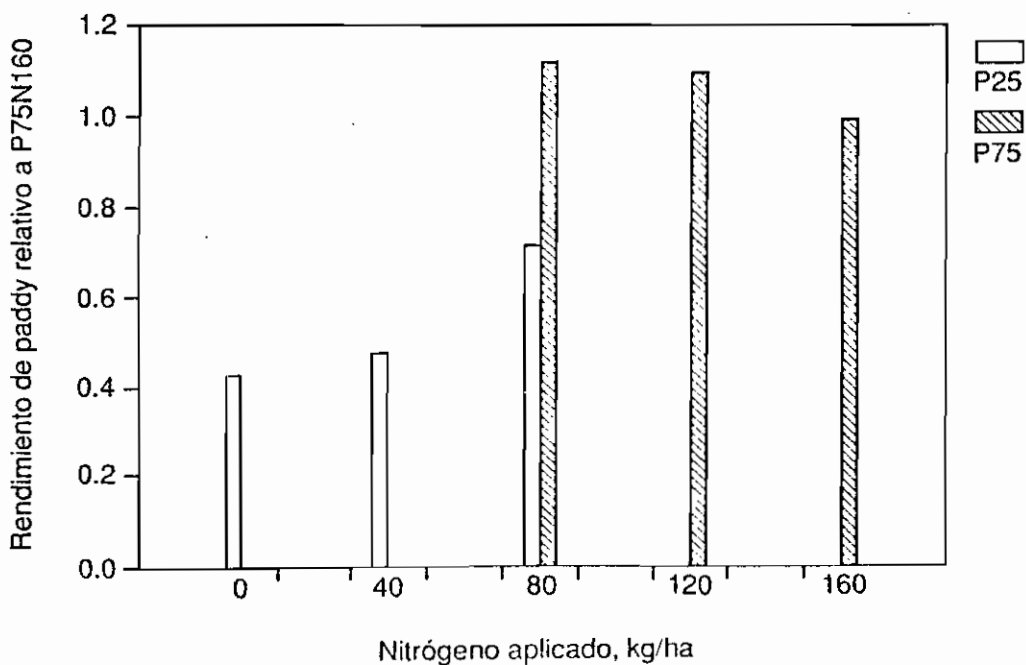
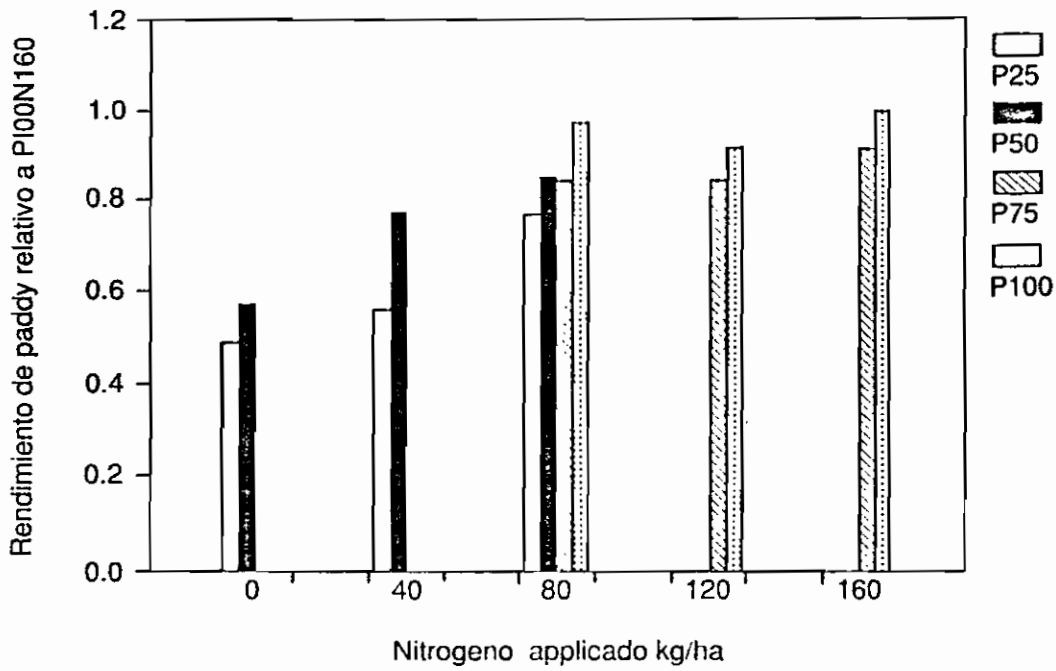


Figura 1. Rendimientos de arroz paddy provenientes del primero y segundo año de cultivo de arroz sembrado sobre una pradera de *B. decumbens* - Kudzu de 11 años de edad. El arroz fue fertilizado con diferentes niveles de P y N.

ARROZ DESPUES DE *B. decumbens* /Kudzu  
Segundo año de cosecha - 1990



ARROZ DESPUES DE *B. decumbens* /Kudzu  
Primer año de cosecha - 1990

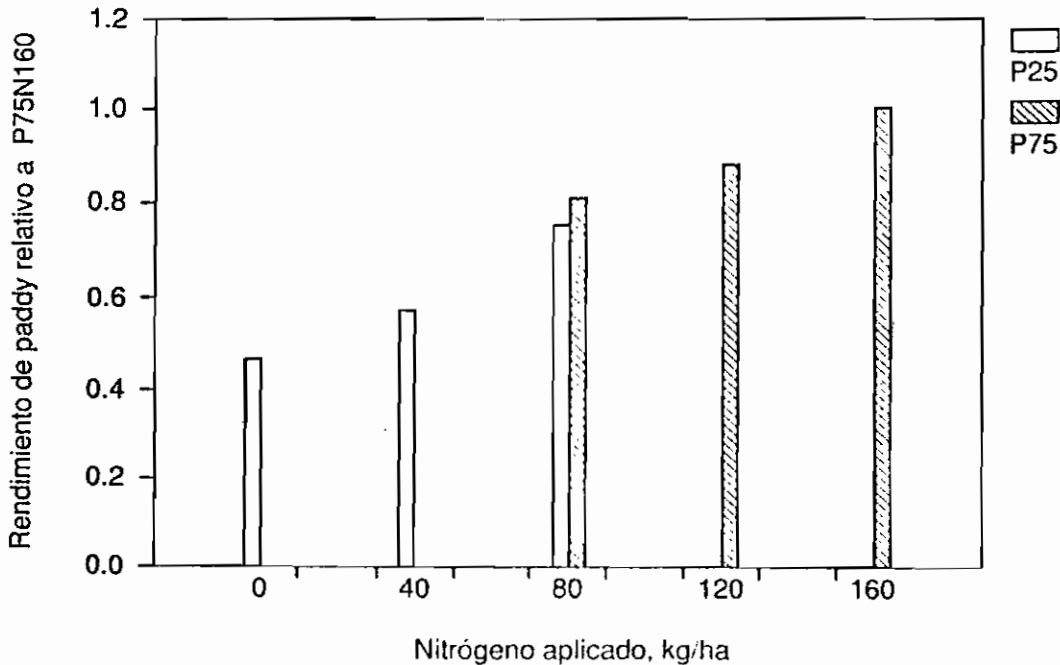


Figura 2. Rendimiento de arroz paddy provenientes del primero y segundo años de cultivo de arroz sembrado sobre una pradera de *B. decumbens* pura de 11 años de edad. El arroz fue fertilizado con diferentes niveles de P y N.

Cuadro 2. Rendimientos del primero y segundo cultivos de arroz sembrados en antiguas pasturas de Brachiaria decumbens/Kudzu, B. decumbens solo y la sabana nativa, comparados con los rendimientos de los primeros cultivos de arroz en 1989.

Pastura Fertilizante aplicado en 1989		<u>B. decumbens</u> /Kudzu 1990	<u>B. decumbens</u> sola	Sabana
Rendimientos del primer cultivo de arroz en 1989				
P <sub>50</sub> N <sub>80</sub>	-	3360	3570	1980
Rendimientos del primer cultivo de arroz en 1990				
-	P <sub>25</sub> N <sub>0</sub>	1420	700	-
-	P <sub>25</sub> N <sub>80</sub>	2270	1170	-
-	P <sub>75</sub> N <sub>160</sub>	3030	1630	-
-	P <sub>50</sub> N <sub>80</sub>	-	-	1590
-	P <sub>100</sub> N <sub>160</sub>	-	-	3300
Rendimientos del segundo cultivo de arroz en 1990				
P <sub>25</sub> N <sub>0</sub>	P <sub>25</sub> N <sub>0</sub>	2220	1400	-
P <sub>50</sub> N <sub>80</sub>	P <sub>50</sub> N <sub>80</sub>	3860	3630	1970
P <sub>50</sub> N <sub>80</sub>	P <sub>100</sub> N <sub>160</sub>	4550	4530	3280

Cuadro 3. Rendimientos de arroz paddy en los tratamientos con 0 kg/ha de fósforo, 0 de nitrógeno y 25 de fósforo y 80 de nitrógeno, en comparación con la máxima aplicación (50 de fósforo y 160 de nitrógeno) en arroz sembrado en una variedad de pasturas con diferentes asociaciones, edades y manejos. Las entre paréntesis son los rendimientos equivalentes de Brachiaria decumbens/Kudzu o de B. decumbens sola, en 1989.

Pastura	Fecha de siembra	Fertilizante			
		P 0 N 0	P 25 N 80	P 50 N 160	
		kg de arroz/ha			
<u>Andropogon gayanus</u> / <u>Stylosanthes capitata</u>	1982	280	1460	(43.5)	2880
<u>Brachiaria humidicola</u> / <u>Desmodium ovalifolium</u>	1984	900	2110	(62.9)	3290
<u>Brachiaria humidicola</u> sola	1984	490	1680	(47.1)	3330
<u>Andropogon gayanus</u> sola	1985	530	2660	(74.6)	2640
<u>Andropogon gayanus</u> / <u>Centrosema acutifolium</u>	1985	530	2740	(81.6)	3310
<u>Brachiaria dictyoneura</u> / <u>Arachis pintoi</u> (con malezas)	1987	860	1550	(46.2)	2740
<u>Brachiaria dictyoneura</u> / <u>Arachis pintoi</u> (sin malezas)	1987	1680	4510	(100.0)	6730

## RELACIONES SUELO/PLANTA Y RECICLAJE DE NUTRIMENTOS

La preparación de la tierra es una actividad importante para el establecimiento de los sistemas de cultivo-pasturas. Una labranza adecuada debe proporcionar un buen control de la vegetación nativa, pérdidas mínimas de suelo y mejor mineralización y descomposición de residuos. Esto a la vez se debe traducir en un desarrollo más vigoroso del cultivo y de las pasturas. El año anterior, los experimentos de arroz-pasturas realizados en un suelo de textura media de Carimagua indicaron que la labranza temprana (quema de la vegetación + arado de cincel) al final de la estación lluviosa produjo una tonelada más de arroz en comparación con la labranza tardía (arado de cincel e incorporación de los residuos vegetales) implementada al comienzo de las lluvias (Programa de Arroz, Informe Anual 1989). Por otra parte, el arroz sembrado en monocultivo y en asociación con pasturas produjo rendimientos similares. En colaboración con la Sección de Fijación y Reciclaje de Nitrógeno, se realizó un ensayo de campo en Carimagua con los siguientes objetivos: 1) validar y documentar los beneficios de la labranza temprana en la producción de arroz y en el establecimiento de las pasturas en diferentes tipos de suelo y a diferentes intensidades de labranza, 2) determinar el efecto de la labranza en la mineralización del nitrógeno, el fósforo y el azufre y 3) determinar el efecto de la quema de la vegetación de sabana en el crecimiento inicial y en el desarrollo del cultivo de arroz.

### Efectos de la labranza temprana en el establecimiento de un sistema de arroz-pasturas y en la producción del arroz

Se realizó un ensayo de campo en tres sitios de Carimagua (Int. II, Yopare y Alegría) con diferente contenido de arcilla en el suelo para determinar el

efecto combinado de la fecha y de la intensidad de la labranza. La labranza temprana se realizó en diciembre de 1989 y la labranza tardía en abril de 1990. En contraposición con los experimentos de los años anteriores, la vegetación de sabana se quemó en los tratamientos de labranza temprana y tardía. En cada fecha se implementaron tres intensidades de labranza: 1) arado de discos, 2) arado de cincel y 3) arado profundo. Se esperaba que estos tres tipos de labranza produjeran diferentes niveles de perturbación del suelo. El arroz se sembró en surcos espaciados 34 cm, solo y en asociación con las pasturas. La gramínea y la leguminosa se sembraron entre los surcos de arroz. *B. dictyoneura* se sembró en asociación con *C. acutifolium*, *A. pintoí* y *S. capitata* en Yopare, Int. II y Alegría, respectivamente. Antes de la siembra, el área total recibió fertilizante (kg/ha) a dosis de 300 de cal dolomítica, 50 de P, 80 de N (3 dosis de 30, 20 y 30), 100 de K, 20 de S, 5 de Zn y 2 de Cu. El fertilizante se aplicó a voleo y se incorporó con un pase del rastrillo. Se estimaron los rendimientos de arroz de Alegría e Int. II para un área de muestreo de 40 m<sup>2</sup>. El arroz, las pasturas y las malezas se cortaron a ras del suelo para determinar el efecto de los tratamientos en la biomasa superficial. El área de muestreo en Yopare fue de 13 m<sup>2</sup> debido al menor tamaño de la parcela. Se determinaron la densidad y la distribución de las raíces de zanjas abiertas en algunos tratamientos en Int. II y en Alegría.

La caracterización de la fracción orgánica del suelo en los tres sitios indicó que aunque tenían contenidos contrastantes de C, N y materia orgánica (MO), las diferencias en estos parámetros entre los tratamientos de labranza temprana y tardía no fueron significativas (Cuadro 4).

Cuadro 4. Caracterización de la fracción orgánica del suelo en los tres sitios utilizados para el experimento de labranza (media de seis muestras).

Localidad	Profundidad del suelo (cm)	% de N		% de C		% de MO	
		Temprana	Tar-día	Temprana	Tar-día	Temprana	Tar-día
Int.II	0-5	0.140	0.132	2.48	2.38	4.26	4.08
	5-20	0.089	0.086	1.88	1.93	3.23	3.32
Yopare	0-5	0.067	0.075	1.26	1.44	2.17	2.45
	5-20	0.037	0.041	1.11	1.10	1.92	1.90
Alegría	0-5	0.035	0.039	0.66	0.80	1.13	1.38
	5-20	0.020	0.022	0.62	0.63	1.07	1.08

Cuadro 5. Efecto de la fecha y de la intensidad de la labranza en la producción de arroz en tres localidades de Carimagua (media de tres repeticiones).

Fecha	Intensidad	Int.II		Yopare		Alegría	
		Rend.	DE	Rend.	DE	Rend.	DE
		----- (kg/ha) -----					
Labranza temprana	Discos	3336	(+319)	2136	(+236)	2402	(+439)
	Cinzel	3102	(+242)	2206	(+128)	2032	(+247)
	Rastrillo	3621	(+102)	2339	(+340)	2452	(+354)
Media		3353		2227		2286	
Labranza tardía	Discos	3422	(+359)	2472	(+320)	2077	(+189)
	Cinzel	3158	(+208)	2412	+414)	2141	(+417)
	Rastrillo	3105	(+351)	2239	(+230)	2196	(+268)
Media		3348		2374		2138	

Cuadro 6. Producción de biomasa (kg/ha) y composición (%) de un sistema de arroz-pasturas cultivado en dos sitios de Carimagua. La cosecha se realizó a los 4 meses de la siembra.

Localidad: INT.II (30% de arcilla, 15% de arena)

Labranza	Rice	%	Gramínea	%	Leguminosa	%	Maleza	%	Total
Labranza temprana									
Discos	4518	60.3	1116	14.9	691	9.2	1162	15.5	7487
Cincel	4795	60.4	1262	15.9	502	6.3	1384	17.4	7943
Rastra	5122	71.6	864	12.1	377	5.3	792	11.1	7153
Media	4811	64.1	1080	14.3	523	6.9	1112a	14.7	7528
Labranza tardía									
Discos	5673	73.2	933	12.0	670	8.6	470	6.1	7746
Cincel	6107	72.0	1237	14.6	465	5.5	674	7.9	8483
Rastra	4244	67.9	908	14.5	7.4	7.4	638	10.2	6253
Media	5341	71.0	1026	13.7	533	7.2	594b	8.1	7494

Localidad: Alegría (15% de arcilla, 65% de arena)

Labranza	Arroz	Gramínea	%	Leguminosa	%	Maleza	%	Total	
Labranza temprana									
Discos	3254	57.2	2180	38.3	254	4.5	0	0	5688
Cincel	4107	64.2	2032	31.8	261	4.1	0	0	6400
Rastra	4003	57.4	2820	40.4	155	2.2	0	0	6978
Media	3788a	59.6	2344a	36.8	223	3.6	0	0	6355
Labranza tardía									
Discos	2196	60.5	1217	33.5	216	6.0	0	0	3629
Cincel	2949	54.9	2144	39.9	274	5.1	0	0	5367
Rastra	3464	61.4	2031	36.0	149	2.6	0	0	5644
Media	2869b	58.9	1797b	36.5	213	4.6	0	0	4880

ab/ Las columnas seguidas por una letra diferente son significativamente diferentes al nivel del 5%.



Cuadro 7. Densidad y distribución de las raíces en parcelas con arroz en monocultivo y en asociación con pasturas, determinada en el tratamiento de labranza temprana.

Pro- fundi- dad del suelo (cm)	INT.II				ALEGRIA			
	Arroz en monocultivo		Arroz + Pasturas		Arroz en monocultivo		Arroz + Pasturas	
	Densidad <sup>1</sup>	Distribución <sup>2</sup>	Densidad (%)	Distribución	Densidad (%)	Distribución	Densidad (%)	Distribución (%)
0-10	284	61	297	53	349	54	583	51
10-20	113	24	161	29	151	23	258	22
20-30	49	11	64	12	80	12	164	14
30-40	18	4	32	6	45	7	80	7
40-50	2	<1	12	2	21	3	61	5
Total	466		556		646		1146	

1/ El total de recuentos en cada nivel de profundidad del suelo fue de 10 x 5 cm<sup>2</sup>.

2/ Distribución = % del total.

Cuadro 8. Distribución del tratamiento de fertilizantes en el experimento de Yopare.

Tratamiento	Niveles de Fertilizante (kg/ha)		
	N	P	S
- N - P - S	0	0	0
- N - P + S	0	0	20
+ N - P - S	80	0	0
+ N - P + S	80	0	20
- N + P - S	0	50	0
- N + P + S	0	50	20
+ N + P - S	80	50	0
+ N + P + S	80	50	20

Cuadro 9. Respuesta en rendimiento del arroz en monocultivo y en asociación B. dictyoneura + C. acutifolium a la labranza y a la fertilización con N, P y S.

Fertilizante	Monocultivo		Asociación	
	Temprana	Tardía	Temprana	Tardía
----- kg de grano/ha -----				
- N - P - S	73a	119a	58a	73a
- N - P + S	88a	124a	97a	110a
+ N - P - S	100a	124a	78a	91a
+ N - P + S	145a	135a	79a	60a
- N + P - S	896a	684b	765a	572b
- N + P + S	1141a	693b	879a	582b
+ N + P - S	1671a	1311a	1431a	1285a
+ N + P + S	2227a	2374a	2058a	1872a

Los valores en la misma línea seguidos por una letra diferente son significativamente diferentes al nivel del 5%, según la prueba de Turkey.

En general, el rendimiento de granos en las parcelas en monocultivo no se afectó con la fecha ni con la intensidad de la labranza en ninguno de los tres sitios, excepto en el suelo arcilloso (Int. II) donde la labranza temprana produjo 0.5 t más de arroz en comparación con el tratamiento de labranza tardía (Cuadro 5). Por otra parte, hubo un descenso consistente en la producción de arroz cuando se cultivó en asociación con las pasturas. Sin embargo, las diferencias en rendimiento fueron menores en los tratamientos de labranza temprana, particularmente en los tratamientos con arada en Int. II (Figuras 3 a 5). Esto podría ser el resultado del efecto combinado de una mayor biomasa de malezas y de mayores tasas de mineralización, que condujo a una mayor oferta de nutrimentos.

La biomasa superficial total fue significativamente mayor en los tratamientos de labranza temprana en el suelo de tipo arenoso (6.3 vs. 4.88 t/ha) (Cuadro 6). El establecimiento de las pasturas fue particularmente bueno en el suelo arenoso debido a la menor competencia del arroz y ausencia completa de malezas. La mayor proporción de biomasa de gramíneas en el suelo arenoso también se reflejó en términos de mayor densidad de raíces (Cuadro 7). Por otra parte, la distribución de las raíces en la franja de 0-10 cm de profundidad fue similar en el monocultivo, lo que indica que la reducción en la producción de arroz observada cuando se cultivó en asociación con las pasturas se debe a la competencia por disponibilidad de nutrimentos y agua.

#### Efecto de la labranza temprana en la disponibilidad de nitrógeno, fósforo y azufre

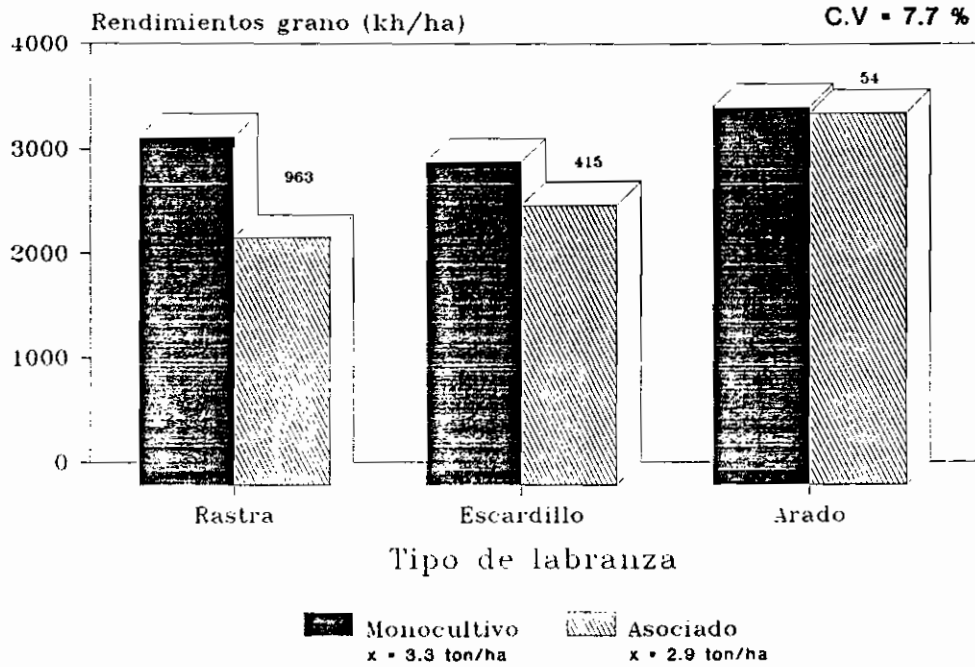
La perturbación del suelo resultante de la fecha y del tipo de labranza afecta no solamente sus propiedades físicas sino también la disponibilidad de

formas orgánicas de N, P y S, mediante un mejor proceso de mineralización. Para determinar el efecto de la labranza temprana en la oferta de N, P y S, se estableció un experimento factorial en uno de los sitios con tratamientos de labranza (Yopare). El Cuadro 7 muestra la distribución de los tratamientos fertilizantes. El arroz se sembró como en el experimento anterior, solo o en asociación con B. dictyoneura + C. acutifolium.

El efecto de la fecha de labranza en combinación con la fertilización con N, P y S en el rendimiento de granos de arroz aparece en el Cuadro 9. Se puede observar que en ausencia de aplicación de P, los rendimientos de arroz fueron muy bajos y las diferencias entre los tratamientos de labranza temprana y tardía fueron mínimas. Por el contrario, cuando se agregaron 50 kg de P, no sólo se registró un aumento en los rendimientos del arroz sino también una diferencia significativa en el rendimiento entre la labranza temprana y la tardía, excepto en el tratamiento +N+P+S. Estos resultados confirman que la oferta de P limita la productividad del arroz en estos suelos y que el aporte de P de la materia orgánica del suelo, mediante el proceso de mineralización, no es suficiente para el crecimiento del cultivo. Con base en las diferencias en rendimiento entre la labranza temprana y la tardía en los tratamientos -N y -S, se sugiere que la preparación temprana de la tierra puede aumentar la disponibilidad de estos dos nutrimentos para lograr aproximadamente 50 por ciento de la producción máxima, en comparación con el tratamiento +N+P+S.

La labranza temprana también aumentó la biomasa de las gramíneas en la mayoría de las combinaciones de tratamientos, particularmente en los tratamientos -P (Figuras 6 y 7). Esto se puede deber a una mayor eficiencia de la gramínea en términos de absorción y utilización de P, en comparación con la línea de

# LABRANZA TEMPRANA



# LABRANZA TARDIA

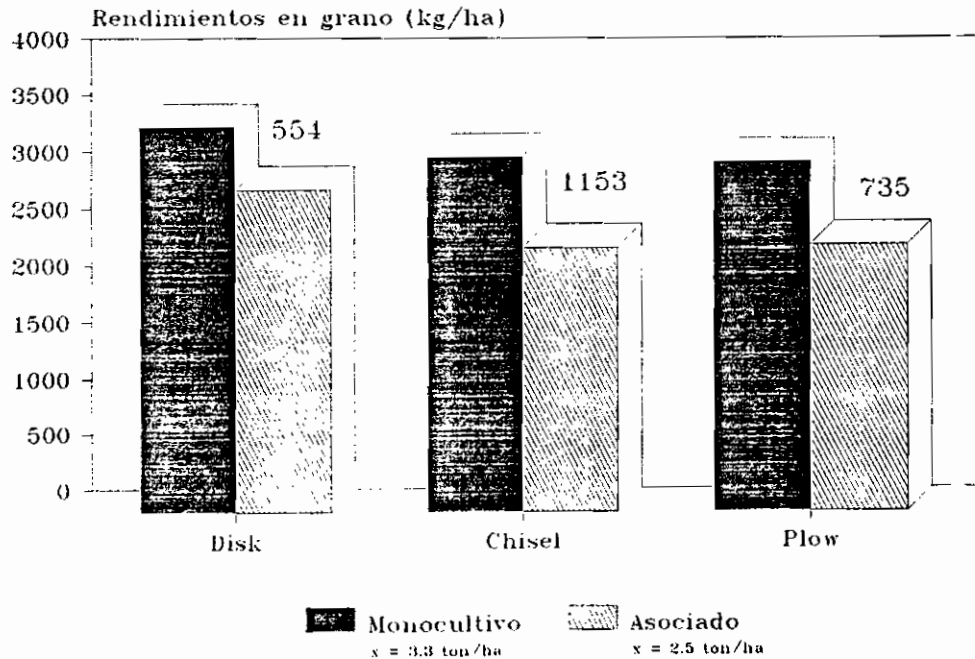
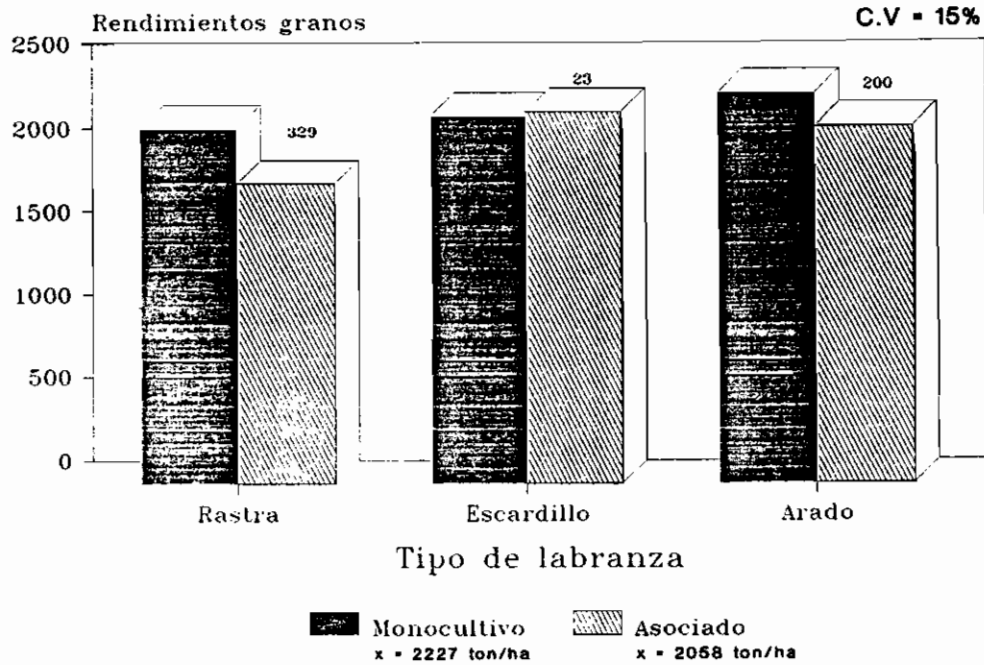


Figura 3. Efecto de la siembra simultánea de arroz y pastos en la producción de grano en el sitio franco arcilloso de Introducciones II. Los números que aparecen sobre las barras corresponden a la diferencia entre la siembra en monocultivo y asociación. 22-16

# LABRANZA TEMPRANA



# LABRANZA TARDIA

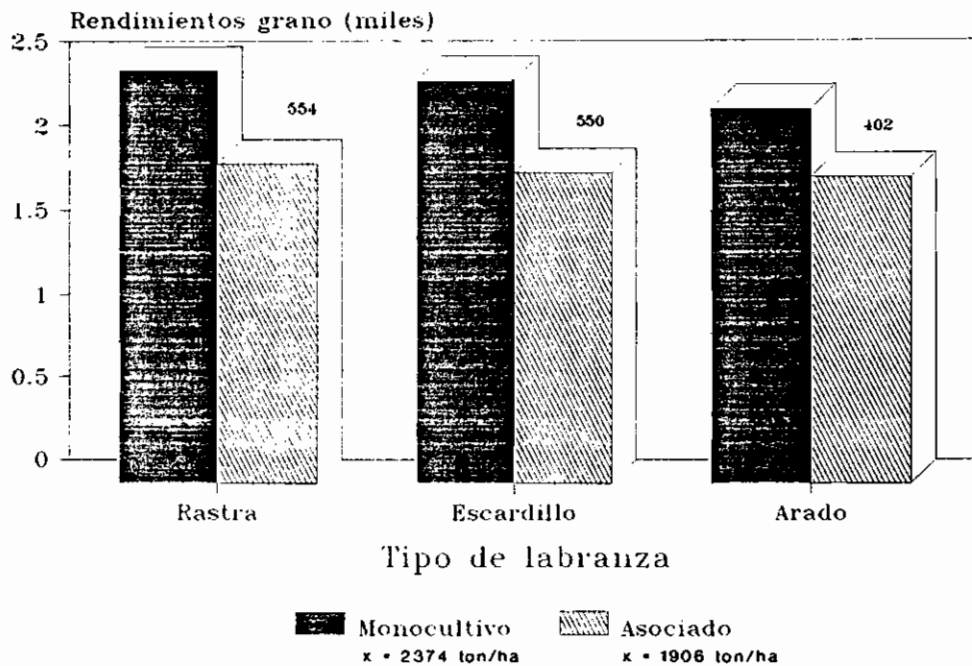
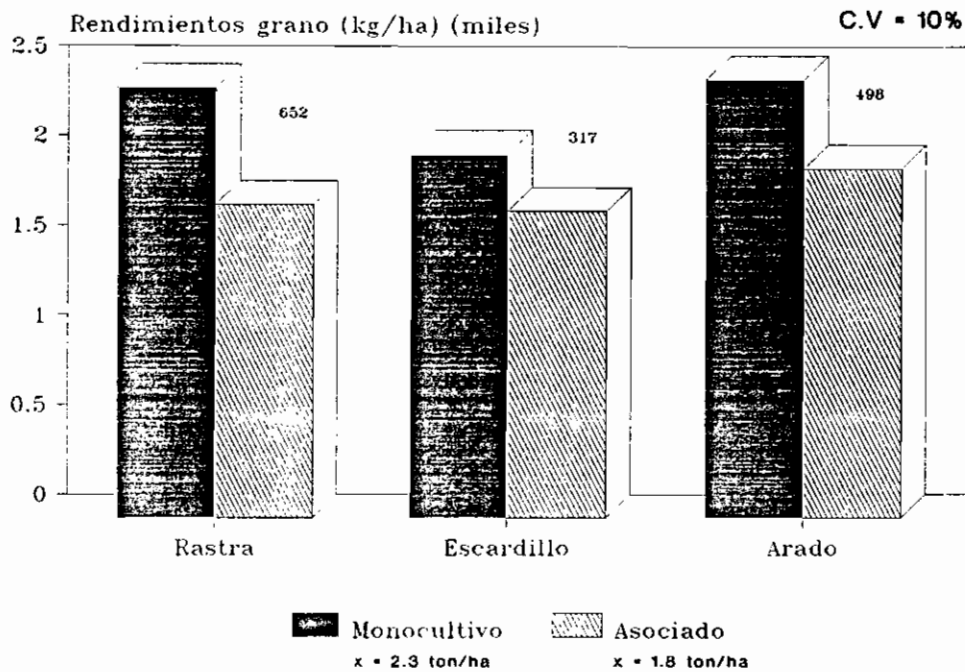


Figura 4. Efecto de la siembra simultánea de arroz y pastos en la producción de grano en el sitio franco arcilloso de Yopare. Los números que aparecen sobre las barras corresponden a la diferencia entre la siembra en monocultivo y asociación.

# LABRANZA TEMPRANA



# LABRANZA TARDIA

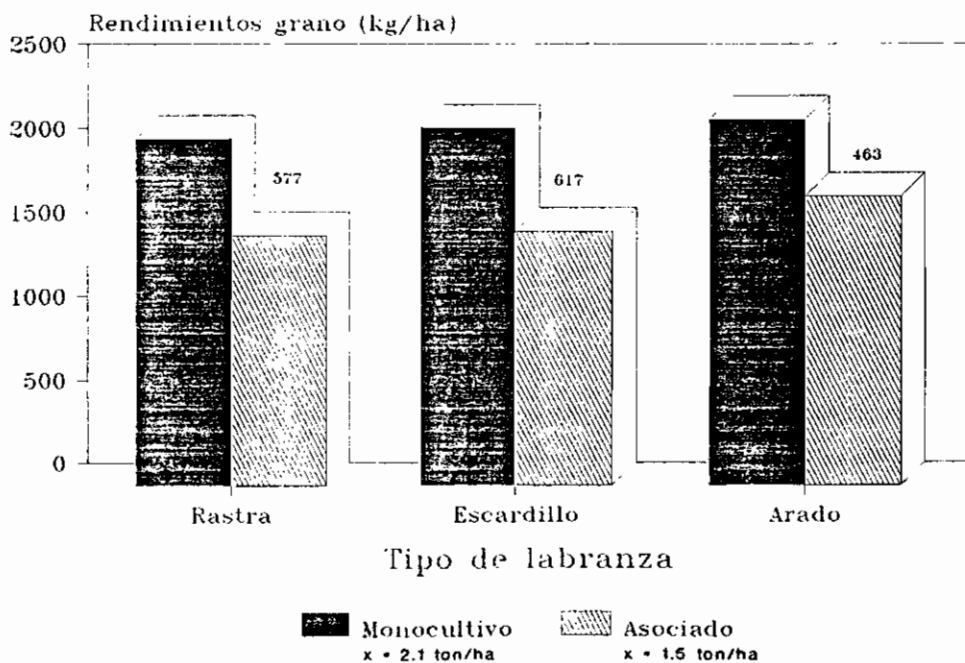


Figura 5. Efecto de la siembra simultánea de arroz y pastos en la producción de grano en el sitio franco arcilloso de Alegría. Los números que aparecen sobre las barras corresponden a la diferencia entre la siembra en monocultivo y asociación.

# LABRANZA TEMPRANA

22-19

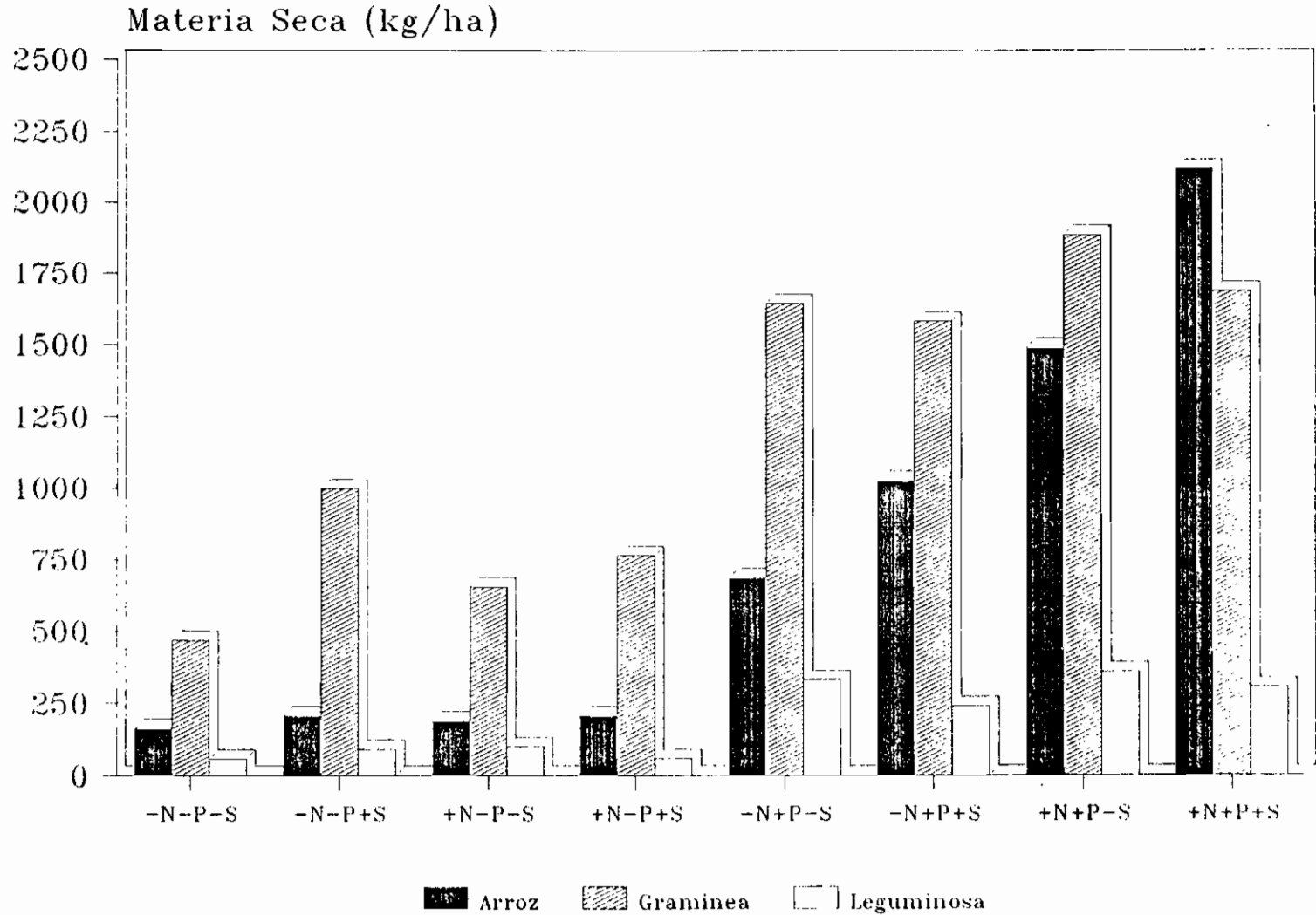


Figura 6. Efecto del N, P y S sobre la producción de biomasa del arroz sembrado en asociación con B. dictioneura + C. acutifolium en un suelo de Carimagua.

# LABRANZA TARDIA

22-20

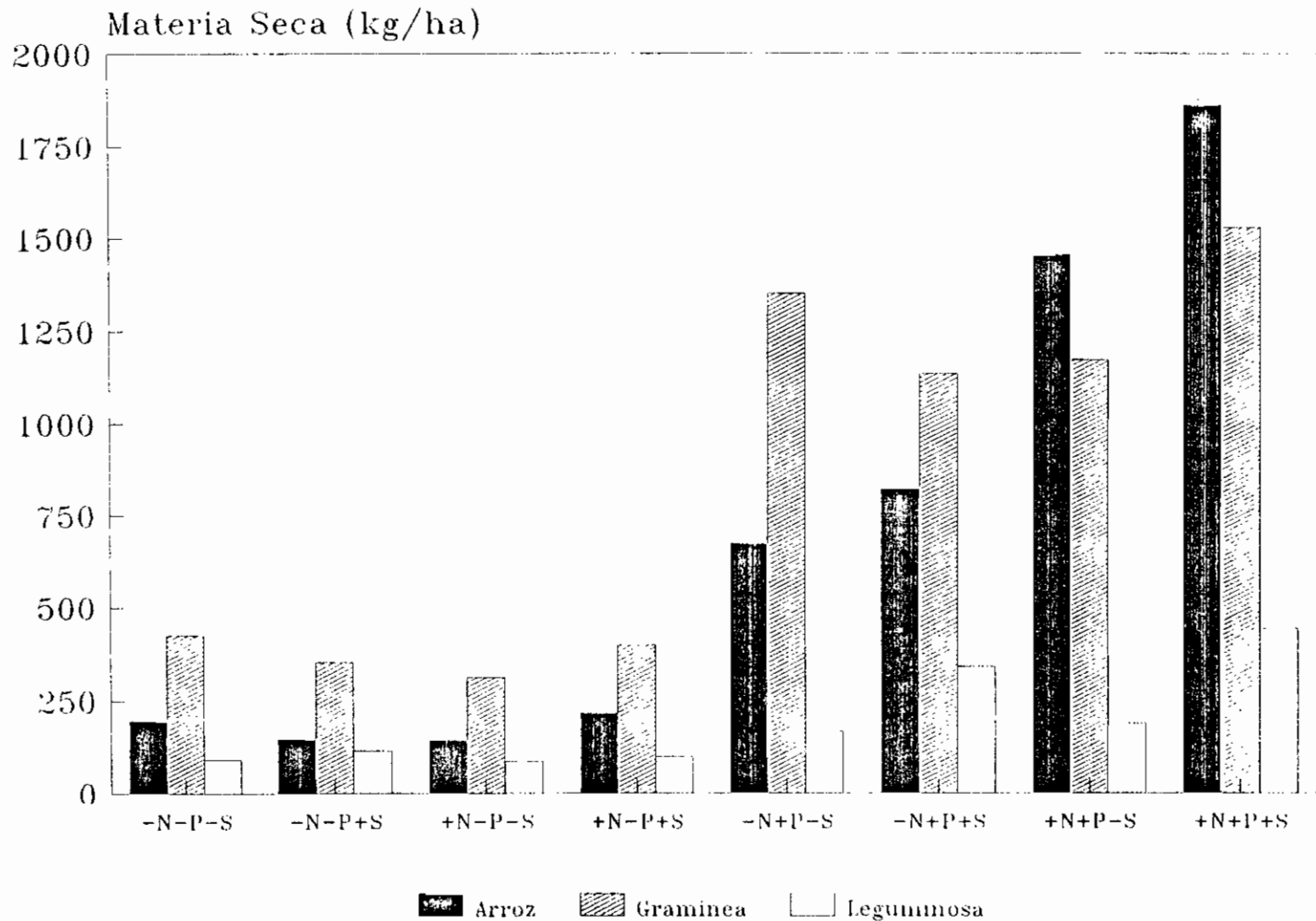


Figura 7. Efecto del N, P y S sobre la producción de biomasa del arroz y de pastos sembrados en un suelo de Carimagua.



arroz, cuando la oferta P es limitante.

#### Efecto de la quema en el desarrollo inicial del arroz

Los efectos de la labranza reportados en el estudio anterior incluyeron la quema como un factor de manejo constante para eliminar la vegetación superficial de la sabana. Sin embargo, puede haber casos en donde no sea posible practicar la quema, especialmente cuando la tierra se prepara tarde. En consecuencia, es importante evaluar el impacto de quemar la sabana nativa en la producción del cultivo. Se realizó un ensayo de campo exploratorio en Carimagua a finales de septiembre de 1990 con y sin quema. Ambos tratamientos se combinaron con tres tasas de fósforo (12.5, 25 y 50 kg/ha) y cuatro tasas de nitrógeno (0, 25, 50 y 25 + 25 kg/ha) aplicadas a voleo e incorporadas antes de la siembra. La tasa de 25 + 25 de nitrógeno se agregó como 25 antes y 25 después de la siembra.

El establecimiento del cultivo en términos de número de plántulas por unidad de área fue mejor en las parcelas quemadas debido a una preparación más uniforme de la tierra. A los 60 días de la siembra hubo una diferencia notoria en el crecimiento de las plantas en las parcelas quemadas vs. las no quemadas. El tratamiento sin quema causó clorosis y reducción del crecimiento de las plantas aún en presencia de N agregado. Se registraron diferencias en la razón C/N entre la ceniza y el material sin quema

(Cuadro 10) La alta proporción de C/N en la sabana no quemada probablemente condujo a una inmovilización rápida de N que pudo afectar el crecimiento de las plantas.

Cuadro 10) Insumos de nutrientes incorporados a través de la ceniza y de la sabana no quemada.

Elemento	Ceniza % MS	Sabana % MS
P	0.26	0.03
K	1.63	0.20
Ca	0.82	0.14
Mg	0.85	0.12
S	0.03	0.05
C	7.8	38.4
N	0.32	0.52
C/N	24	74.1

Es probable que parte de la reducción en el rendimiento del arroz en los tratamientos con labranza tardía reportada el año pasado (véase Programa de Arroz, Informe Anual 1989) se deba al efecto de la biomasa de la sabana no quemada (que se incorporó en los tratamientos de labranza tardía) en el establecimiento y en el crecimiento del arroz. Actualmente se está trabajando para cuantificar el efecto de la quema en los tratamientos de labranza temprana y tardía en la descomposición de residuos, en la disponibilidad de nutrientes y en la productividad del sistema cultivo-pastura.

## FIJACION Y RECICLAJE DE NITROGENO

### Efecto de la preparación de la tierra y del fertilizante en la nodulación de una leguminosa forrajera en un sistema de arroz-pasturas

Con el éxito de los experimentos en arroz-pasturas en los Llanos el año pasado, es pertinente examinar en mayor detalle los efectos de la aplicación de niveles de fertilizantes necesarios para los cultivos en el establecimiento y la capacidad fijadora de N<sub>2</sub> de las leguminosas forrajeras.

Se evaluaron el número, el tamaño, el color y la distribución de los nódulos de plantas de Centrosema acutifolium (CIAT 5277 inoculadas con la cepa 3101) después de la cosecha del arroz, en el experimento con diferentes fechas y métodos de preparación de la tierra (véase Relaciones Suelo-Planta y Reciclaje de Nutrientes, p. 22-8). En estos experimentos, la mitad de cada parcela de arroz se sembró con C. acutifolium y Brachiaria dictyoneura en Yopare. El número de nódulos por planta aparece en el Cuadro 11). Hubo una tendencia a mayor número de nódulos en los tratamientos de preparación temprana de la tierra en comparación con los tratamientos de preparación tardía, especialmente con fertilización fosforada. Se observó un mayor número de nódulos con la fertilización fosforada o sin fertilización nitrogenada. Se registró el menor número de nódulos con el fertilizante nitrogenado pero sólo en ausencia de fósforo. La fertilización con azufre ejerció poco o ningún efecto en la nodulación. Los resultados ilustran

una fuerte interacción N x P e indican que la aplicación de niveles de fertilizante nitrogenado a un sistema de arroz-pasturas no afecta negativamente la nodulación de la leguminosa forrajera siempre y cuando se agregue fertilizante fosforado. Queda pendiente el análisis de otros parámetros de los nódulos (tamaño, color y distribución).

### Potenciales de mineralización de N de suelos en pasturas

Pueden ocurrir cambios en la fertilidad del suelo antes de que se puedan detectar cambios mensurables en la MO de éste. Sin embargo, se carece de metodologías confiables para medir estos cambios a corto plazo en la fertilidad del suelo. Las cantidades de N mineralizado de los suelos en varias pruebas de incubación se correlacionaron con cambios en la fertilidad y aunque dichas pruebas no predicen con precisión las cantidades de N mineralizado en condiciones de campo, lucen promisorias para la detección oportuna de cambios en la fertilidad.

En un estudio preliminar se compararon varias pruebas de mineralización de N, utilizando suelo previamente cultivado con pasturas de gramínea o de gramínea-leguminosa, o sabana nativa, sembradas de arroz durante 1990. Los suelos utilizados y su historia aparecen en el Cuadro 12); los experimentos se realizaron en colaboración con otros estudios sobre asociaciones de arroz-pasturas (véase

Cuadro 11). Número de nódulos por planta de *C. acutifolium* con diferentes fechas y métodos de preparación de la tierra y diferentes tratamientos fertilizantes.

Método de preparación de la tierra	Tratamiento fertilizante	Fecha de preparación de la tierra	
		Temprana	Tardía
Discos	+ N + P + S	6.05 ± 1.40	3.42 ± 0.73
	+ N - P - S	1.16 ± 0.37	2.11 ± 0.57
	- N + P - S	11.00 ± 6.43	3.89 ± 0.66
	- N - P + S	3.67 ± 0.73	2.78 ± 0.44
	- N + P + S	5.67 ± 1.40	3.61 ± 0.68
	+ N - P + S	1.61 ± 0.34	0.83 ± 0.22
	+ N + P - S	6.30 ± 1.97	5.00 ± 1.09
	- N - P - S	4.05 ± 0.92	4.44 ± 0.56
Discos + Cíncel	+ N + P + S	9.44 ± 0.68	4.61 ± 0.83
	+ N - P - S	1.22 ± 0.31	1.33 ± 0.40
	- N + P - S	5.11 ± 0.73	4.14 ± 0.77
	- N - P + S	3.89 ± 0.66	4.22 ± 0.45
	- N + P + S	5.61 ± 0.96	3.89 ± 0.80
	+ N - P + S	1.94 ± 0.61	1.28 ± 0.57
	+ N + P - S	3.83 ± 0.66	3.94 ± 0.48
	- N - P - S	2.67 ± 0.42	4.17 ± 0.83
Discos + Rastrillo	+ N + P + S	4.33 ± 1.39	2.50 ± 0.51
	+ N - P - S	1.44 ± 0.41	0.50 ± 0.22
	- N + P - S	5.05 ± 0.78	4.28 ± 1.34
	- N - P + S	4.25 ± 0.59	3.83 ± 0.65
	- N + P + S	4.05 ± 0.72	5.61 ± 1.89
	+ N - P + S	2.33 ± 0.46	2.33 ± 0.62
	+ N + P - S	5.11 ± 0.64	2.72 ± 0.46
	- N - P - S	3.44 ± 0.56	2.55 ± 0.48

± E.E.

Cuadro 12). Suelos utilizados para las pruebas de mineralización y su historia anterior.

Localidad y tipo de suelo			Historia anterior
1.	Introducciones II	pesado	Sabana nativa
2.	Yopare	medio	" "
3.	Alegría	liviano	" "
4.	Introducciones II	pesado	<u>Brachiaria decumbens</u> de 10 años de edad
5.	"	"	" " " + <u>P. phaseoloides</u> de 10 años de edad
6.	"	"	<u>P. phaseoloides</u> de 5 años de edad
7.	"	"	<u>B. humidicola</u> de 10 años de edad
8.	"	"	" " " / <u>D. ovalifolium</u> de 10 años de edad
9.	"	"	<u>B. dictyoneura</u> / <u>A. pintoii</u> de 5 años de edad
10.	Yopare	medio	<u>A. gayanus</u> de 5 años de edad
11.	"	"	<u>A. gayanus</u> / <u>C. acutifolium</u> de 5 años de edad

Relaciones Suelo-Planta y Ecofisiología). Todos los estudios de mineralización utilizaron suelos tomados de parcelas cultivadas con arroz, que no recibieron fertilizante nitrogenado (para mayor información véanse las secciones Relaciones Suelo-Planta y Ecofisiología) precisamente antes de la siembra del arroz en abril-mayo de 1990. Además, se utilizaron parcelas en barbecho en el experimento con B. decumbens + kudzu. Se compararon tres pruebas de mineralización: 1) incubación aeróbica durante 4 semanas en macetas en el invernadero, 2) incubación aeróbica como en 1) pero utilizando núcleos de suelo intacto y,

3) incubación in situ de núcleos de suelo intacto en el campo, muestreado a las 2 y 4 semanas. El objetivo de este trabajo es correlacionar las tasas potenciales de mineralización de N con los rendimientos del arroz, utilizando éstos como indicadores de la mineralización real en el campo. Los datos también deben indicar diferencias en el potencial de mineralización entre las pasturas de gramínea y de gramínea-leguminosa. A la fecha, se encuentra incompleto, y se reportará posteriormente, el análisis de un gran número de muestras de suelo por niveles de N mineral.

## 22. ARROZ-PASTURAS - INVESTIGACION EN CARIMAGUA

### RESUMEN

Para evaluar la factibilidad de cultivar arroz de secano tolerante a suelos ácidos en los Llanos de Colombia, las secciones de Ecofisiología, Relaciones Suelo-Planta y Reciclaje de Nutrientes, y Fijación y Reciclaje de Nitrógeno realizaron una serie de experimentos durante 1989.

Se realizaron cuatro grupos de experimentos con arroz, para:

- comprobar la parte principal de los resultados del año anterior;
- investigar la estabilidad del sistema cultivo-pasturas, mediante la repetición de los tratamientos del año anterior en las mismas parcelas;
- investigar los efectos residuales de un rango de pasturas de gramínea-leguminosa y gramínea sola, de diferentes edades e historias en los rendimientos de un cultivo posterior de arroz; y
- evaluar los efectos de la labranza en el establecimiento del sistema arroz-pasturas y en la producción de arroz.

Los cultivos iniciales de Brachiaria decumbens/Kudzu de B. decumbens sola dieron rendimientos bastante inferiores este año en comparación con los de 1989, a niveles comparables de fertilizante, y respuestas más pronunciadas al nitrógeno a dosis de hasta 160 kg/ha.

La nitrificación puede haberse inhibido con la acumulación de una gran cantidad de materia orgánica subsuperficial (el material superficial se quemó) ya que el área no se pastoreó durante todo 1989. El cultivo posterior de gramínea/kudzu se comportó sustancialmente mejor a todos los niveles de fertilizante que la siguiente gramínea sola.

Los cultivos de segundo año se comportaron muy bien, con rendimientos de 75-80 por ciento del máximo de 4.5 t/ha, en la asociación y en la gramínea sola, con 80 kg de N/ha. La asociación fue mucho menos sensible al nitrógeno que la pastura de gramínea sola, mostrando un efecto residual de la pastura a base de leguminosa en el segundo año.

Los cultivos de arroz después de la sabana produjeron 3.3-3.5 t/ha con P100N160 para los cultivos de primero y segundo años, y de 1.6 y 2.0 t respectivamente para los tratamientos con P60N70.

Los rendimientos posteriores a las diferentes pasturas fueron inferiores a los obtenidos el año anterior. En el tratamiento "óptimo" (P50N80), los rendimientos equivalieron a 43 y 81 por ciento de los del año anterior, obteniéndose los mayores en los suelos arenosos de Yopare. Todas las pasturas presentaban gran cantidad de crecimiento de partes aéreas antes de la preparación, lo cual ejerció un gran efecto en la nitrificación. En una pastura de Arachis pintoi, las leguminosas se regeneraron vigorosamente a partir de estolones, fragmentos de raíces y semillas, a pesar de la aplicación de herbicida desecante, quema y tres cultivos; además, se registró competencia severa con el arroz en germinación.

Se evaluaron los efectos de la fecha y del tipo de labranza en 1) la producción de arroz y en el establecimiento de las pasturas; 2) la mineralización de nitrógeno, fósforo y azufre y 3) la interacción de la quema o la incorporación de los residuos de la sabana en el comportamiento del arroz. Las

diferencias entre los tratamientos de labranza temprana y tardía, en términos de producción del cultivo, fueron pequeñas. Sin embargo, los rendimientos del arroz se afectaron menos con la competencia con la pastura en los tratamientos de labranza temprana. En ausencia de fósforo agregado, hubo muy poco rendimiento de arroz. Sin embargo, los rendimientos de arroz en ausencia de N y S aplicados, en los tratamientos de labranza temprana, fueron equivalentes a 50 por ciento de los registrados en el tratamiento +N+P+S de labranza tardía, lo cual sugiere un efecto benéfico de la fecha de la labranza en la mineralización del N y del S.

La quema de la vegetación de sabana antes de la preparación de la tierra dio lugar a un mejor crecimiento del arroz en comparación con las parcelas no quemadas. La razón carbono/nitrógeno en la vegetación de sabana fue muy alta. Esto podría conducir a una más lenta descomposición e inmovilización de nutrimentos en las parcelas no quemadas donde los residuos de sabana

se incorporaron antes de la siembra del arroz.

Se estudió la mineralización de N de los suelos con pasturas a base de 11 gramíneas diferentes, con pasturas de gramínea-leguminosa o en sabana y se relacionará con los rendimientos posteriores de un cultivo de arroz sembrado en los mismos sitios. Hasta la fecha, los análisis están incompletos. Un estudio de la nodulación de C. acutifolium cultivada con arroz y con 80 kg de N/ha y fertilización con P y S reveló que el N no inhibió la nodulación. El fertilizante fosforado mejoró la nodulación mientras que el fertilizante azufrado no la afectó. Los niveles de N mineral del suelo después de la aplicación de 30 kg de N/ha no aumentaron hasta inhibir la nodulación o la fijación de N<sub>2</sub>. En consecuencia, es posible que los niveles de fertilizante nitrogenado utilizados para el arroz no ejerzan un efecto perjudicial en la simbiosis de una leguminosa forrajera cultivada en un sistema de arroz-pasturas.

40533

## 23. Arroz-Pastos - Investigación en Fincas

### INTRODUCCION GENERAL

En 1989, un tratamiento de preparación temprana dio el doble del rendimiento de arroz y un mejor establecimiento de las pasturas que los obtenidos con preparación convencional del suelo utilizando preparación tardía. Los suelos de sabana poseen buena estructura pero poca estabilidad. Por lo tanto, la preparación convencional del suelo destruye su estructura debido a la intensidad y al tipo de implementos utilizados. Las malezas proliferaron libremente en los sistemas de arroz-pasturas debido al alto nivel de fertilizante aplicado al cultivo de arroz, especialmente nitrógeno, y constituyeron una limitación importante del sistema. Finalmente, una pastura de diez años de edad dio rendimientos de arroz mucho mayores que la sabana nativa y se restableció bien después del cultivo.

Los experimentos de este año pretendieron confirmar los resultados del año anterior y responder algunos de los interrogantes que éstos generaron, como:

- los efectos de diferentes tipos de preparación temprana,
- los efectos de diferentes tipos e intensidades de preparación tardía,
- métodos de aplicación de los fertilizantes,
- arroz sembrado en pasturas viejas, degradadas,
- el uso de nuevas líneas de arroz y
- el uso de cocteles de leguminosas forrajeras.

Los experimentos se realizaron en las fincas de Matazul y Santa Cruz, en la altillanura, 30 km al este de Puerto López en el Departamento del Meta.

### LOS EXPERIMENTOS: OBJETIVOS Y TRATAMIENTOS

#### 1. ENSAYOS EN MATAZUL

##### 1.1 Efecto del tiempo de preparación del suelo y de los métodos de aplicación del fertilizante en el establecimiento y la producción de sistemas de arroz-pasturas

#### Objetivos

Este experimento pretendió confirmar la respuesta del año anterior de los rendimientos de arroz y del establecimiento de pasturas a la preparación temprana y reducir la proliferación de malezas, que fue un problema importante durante 1989, comparando la aplicación del fertilizante al voleo y en línea.

#### Tratamientos

Se compararon las preparaciones temprana y tardía como las parcelas principales de un experimento de parcelas divididas, con monocultivo de arroz (línea 6), siembra de arroz con una mezcla de Brachiaria dictyoneura y Centrosema acutifolium (Bd-Ca) y arroz sembrado con una mezcla de Andropogon gayanus y Stylosanthes capitata (Ag-Sc) como subparcelas. El fertilizante se aplicó al voleo o en línea junto con la semilla, en las subsubparcelas. Las



parcelas principales median 150 x 100 m, las subparcelas 50 x 100 m y las subsubparcelas 25 x 100 m. Se hicieron 3 repeticiones.

### 1.2 Uso de diferentes implementos para preparación temprana en sistemas de arroz-pasturas

#### Objetivos

El propósito de este experimento fue el de evaluar el efecto de la preparación temprana con diferentes implementos en el rendimiento del arroz, en la estructura del suelo y en el control de malezas, cuando el arroz se sembró en línea en asociación con B. dictyoneura y C. acutifolium.

#### Tratamientos

Se comparó la preparación temprana con diferentes implementos (rastra de discos, arado de cincel y escardillo) con un testigo sin preparación temprana, en un experimento de bloques al azar con 3 repeticiones. El arroz (línea 23) se sembró en surcos separados a 34 cm y a razón de 80 kg/ha. Las parcelas median 20 x 20 m. Todos los tratamientos se sometieron a preparación tardía con arado de cincel y con rastra de discos antes de la siembra.

### 1.3 Efecto de diferentes tratamientos de preparación tardía en el arroz sembrado con dos diferentes mezclas de pasturas

#### Objetivos

Determinar los mejores medios de preparación de la tierra para obtener una cama de semilla óptima para asociaciones de arroz-pasturas a la vez que se reduce al mínimo el deterioro del suelo y se maximiza el control de malezas.

#### Tratamientos

Se compararon cuatro tratamientos de preparación tardía como parcelas prin-

cipales, en un experimento de parcelas divididas con tres repeticiones. Los tratamientos de preparación fueron los siguientes:

1. Dos pases cruzados (un pase seguido por otro en ángulo recto) utilizando rastra de discos.
2. Dos pases cruzados con arado de cincel seguido por dos pases cruzados con escardillo.
3. Dos pases cruzados con arado de cincel seguido por un solo pase con escardillo.
4. Dos pases cruzados con arado de vertedera seguido por un solo pase con rastrillo.

Las subparcelas eran dos asociaciones de pasturas (B. dictyoneura-C. acutifolium y A. gayanus-S. capitata) sembradas junto con el cultivo de arroz (línea 6).

El área se sometió a quema y a preparación temprana en diciembre de 1989, seguida por dos pases cruzados con rastra. Las parcelas principales median 25 m x 20 m y las subparcelas 20 m x 12.5 m.

## 2. ENSAYO EN SANTA CRUZ

### 2.1 Recuperación de una pastura degradada de B. decumbens mediante el uso de un cultivo de arroz con y sin la introducción de leguminosas forrajeras

#### Objetivos

Determinar la efectividad de un cultivo de arroz para rejuvenecer una pastura degradada de B. decumbens de 10 años de edad, que nunca se había fertilizado, y para introducir leguminosas forrajeras.

#### Tratamientos

Se compararon la preparación temprana y

tardía del suelo como parcelas principales en un experimento de parcelas divididas con tres repeticiones. El tratamiento de preparación temprana se sometió a quema y a pase cruzado con rastra de discos (dos pases) y el tardío a pases cruzados con arado de cincel y escardillo (como en el tratamiento 2 del punto 1.3 descrito anteriormente). Las subparcelas se sembraron con una mezcla de S. capitata y C. acutifolium, o no se sembraron. Las parcelas principales medían 100 x 100 m y las subparcelas 100 x 50 m. El área total fue de 6 ha.

## MATERIALES Y METODOS

### 1. MEDICIONES

Se recolectaron muestras de suelo (0-20 cm) en todos los experimentos (por unidad experimental) para análisis químico total y de textura (Boyucos), antes de la aplicación presiembra del fertilizante y después de la cosecha del arroz. Se registraron a diario la precipitación y las temperaturas máxima y mínima.

Se midieron la germinación a los 20 días y la cobertura a los 60 días, aproximadamente, tanto en el cultivo de arroz como en las pasturas, utilizando cuatro cuadrados de 1 x 1 m en cada parcela. Se recolectaron muestras foliares de las especies de arroz y forrajera para análisis químico total a los 60 días, unos días después de la última aplicación de N y K, y de la pastura en el momento de la cosecha del arroz.

El rendimiento se midió así:

Para el arroz:

2 cuadrados de 4 x 4 m cada uno, en las parcelas más pequeñas y 4 cuadrados de 5 x 5 m en las parcelas más grandes y el rendimiento total de toda la parcela con cosechadora con combinada.

Para las pasturas:

El rendimiento de la gramínea y de la leguminosa en 2 cuadrados de 1 x 2 m, ubicados dentro de cada cuadrado utilizado para determinar el rendimiento del arroz.

### 2. SEMILLA Y FERTILIZANTE

El arroz se sembró en líneas a razón de 80 kg/ha, con un espaciamento entre surcos de 17 cm cuando se sembró en monocultivo y de 34 cm cuando se sembró con las pasturas. Las pasturas se sembraron a voleo al mismo tiempo que el arroz.

Las tasas de semilla fueron:

Brachiaria dictyoneura: 3 kg/ha

Andropogon gayanus: 10 kg/ha

Centrosema acutifolium: 4 kg/ha

Stylosanthes capitata: 3 kg/ha

Fertilizante:

Para los experimentos 1.1 y 2.1:

80 kg de N/ha como urea aplicada en dosis de 30, 25 y 25 kg/ha a los 20, 40 y 60 días después de la siembra, respectivamente.

50 kg de P/ha como superfosfato triple en el momento de la siembra.

100 kg de K/ha como KCl, en 3 aplicaciones iguales en el momento de la siembra y a los 20 y 60 días después de la misma.

Para los experimentos 1.2 y 1.3:

80 kg de N/ha aplicados así: 15 kg/ha como DAP en el momento de la siembra y 35 y 30 kg/ha como urea a los 30 y 60 días de la siembra, respectivamente.

50 kg de P/ha aplicados así: 33 kg/ha como superfosfato triple y 17 kg/ha como DAP en el momento de la siembra.

100 kg de K/ha como KCl, en 3 aplicaciones iguales en el momento de la siembra y a los 30 y 60 días después de la misma, respectivamente.

Para todos los experimentos:

5 kg de Zn/ha como sulfato de zinc en el momento de la siembra.  
300 kg de cal dolomítica/ha dos semanas antes de la siembra.

### 3. DETALLES DE LA SIEMBRA

La cal dolomítica se incorporó con el primer pase del implemento de labranza, que varió según el tratamiento utilizado en la preparación tardía de la tierra, aproximadamente dos semanas antes de la siembra. La semilla de la pastura se sembró a voleo manualmente e inmediatamente después se sembró el arroz y se aplicó fertilizante en línea en el momento de la siembra.

### 4. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados son incompletos, ya que no se han procesado muchas de las muestras de diferentes evaluaciones, algunas no se han hecho y los análisis estadísticos todavía están incompletos.

#### 4.1 RESULTADOS EN MATAZUL

##### 4.1.1 Efecto del tiempo de preparación del suelo y del método de aplicación del fertilizante en el establecimiento y en la producción de sistemas de arroz-pasturas

La preparación temprana produjo aproximadamente 1 t/ha más de arroz que la arada tardía, cuando se sembró después de la sabana nativa en monocultivo o en asociación con pasturas mejoradas (Cuadros 1 y 2), lo cual confirma los resultados del año anterior obtenidos con tratamientos similares. Los rendimientos de arroz sembrado con pasturas fueron mayores cuando el fertilizante se aplicó en línea en comparación con la aplicación al voleo, pero no hubo efecto cuando el arroz se sembró solo.

La asociación del arroz con la pastura, en particular con A. gayanus-S. capitata, redujo los rendimientos en

ambos tratamientos de preparación en comparación con el arroz en monocultivo. Estos resultados contrastan con los del año anterior, cuando la subsiembra no afectó los rendimientos del arroz.

La densidad de A. gayanus y B. dictyoneura a los 20 días de la siembra fue de 18.2 y 13.9 plantas/m<sup>2</sup>, respectivamente, lo cual redujo el rendimiento del arroz, mientras que en 1989 fue inferior a 1 planta/m<sup>2</sup> y no afectó los rendimientos del arroz (Cuadro 3). Aunque los rendimientos de materia seca difirieron algo entre años, en particular para B. dictyoneura, en ambos años las pasturas estuvieron listas para pastoreo poco después de la cosecha del arroz. Por lo tanto, es importante balancear la densidad de plantas de las pasturas y el rendimiento del cultivo, sembrando menos semilla o sembrándola después del cultivo de arroz. Sin embargo, un retraso de un mes en 1989 dio un establecimiento deficiente de las pasturas, especialmente de B. dictyoneura.

La especie forrajera produjo menos con la aplicación del fertilizante en línea en comparación con la aplicación al voleo, y con esta última compitió más fuertemente con el arroz. En forma similar, la producción de malezas fue inferior cuando el fertilizante se aplicó en línea en comparación con la aplicación a voleo y mucho menor en el tratamiento de preparación temprana en comparación con el de preparación tardía. Es claro que la preparación temprana es ventajosa y que el fertilizante se debe aplicar en línea con el cultivo del arroz.

Los efectos confundidos de la quena y de la rastra de discos en la preparación temprana se resolverán en experimentos futuros.

##### 4.1.2 Uso de diferentes implementos para preparación temprana en sistemas de arroz-pasturas

La arada temprana seguida por preparación con diferentes implementos fue

Cuadro 1. Efecto de la fecha de preparación del suelo y de los métodos de aplicación del fertilizante en el establecimiento y en la producción de sistemas de arroz-pasturas, con un tratamiento de preparación temprana. Matazul, Llanos Orientales, 1990.

Tratamiento	Preparación temprana			
	Arroz <sup>1</sup>	Gramínea	Leguminosa	Malezas
	----- Materia seca (kg/ha) -----			
Monocultivo de Arroz <sup>2</sup>				
a	2873	-	-	21
b	3077	-	-	32
Arroz + Bd-Ca <sup>3</sup>				
a	2515	411	81	46
b	2225	541	85	108
Arroz + Ag-Sc <sup>4</sup>				
a	2318	1249	67	18
b	1888	2536	87	30

1. Arroz de sabana línea No.6
2. a. Fertilizante aplicado en línea  
b. Fertilizante aplicado al voleo
3. Bd-Ca = B. dictyoneura-C. acutifolium
4. Ag-Sc = A. gayanus-S. capitata

Cuadro 2. Efecto de la fecha de preparación del suelo y de los métodos de aplicación del fertilizante, en el establecimiento y en la producción de sistemas de arroz-pasturas con un tratamiento de preparación tardía. Matazul, Llanos Orientales, 1990.

Tratamiento	Preparación temprana			
	Arroz <sup>1</sup>	Gramínea	Leguminosa	Malezas
	----- Materia seca (kg/ha) -----			
Monocultivo de Arroz <sup>2</sup>				
a	2053	-	-	259
b	1921	-	-	483
Arroz + Bd-Ca <sup>3</sup>				
a	1897	811	133	180
b	1448	1190	143	388
Arroz + Ag-Sc <sup>4</sup>				
a	1583	1010	192	179
b	997	1512	317	339

1. Arroz de sabana línea No.6
2. a. Fertilizante aplicado en línea  
b. Fertilizante aplicado al voleo
3. Bd-Ca = B. dictyoneura-C. acutifolium
4. Ag-Sc = A. gayanus-S. capitata

Cuadro 3. Densidad de la gramínea a los 20 días de la siembra y rendimiento de materia seca en el momento de la cosecha, en el arroz asociado con la pastura. Matazul, Llanos Orientales, 1989 y 1990.

Especies	Densidad de plantas		Materia seca	
	1989	1990	1989	1990
	Plantas/m <sup>2</sup>		kg/ha	
<u>A. gayanus</u> <sup>1</sup>	0.9	18.2	1117	1512
<u>B. dictyoneura</u> <sup>2</sup>	0.6	13.9	640	1190

1. En asociación con S. capitata.

2. En asociación con C. acutifolium.

superior al testigo con preparación tardía (Cuadro 4). No hubo diferencias claras entre los tratamientos de preparación temprana en los rendimientos del arroz. Tampoco hubo una explicación obvia para el mal establecimiento de las pasturas, pero se registraron menos malezas con todos los implementos en los tratamientos de preparación temprana.

Este experimento muestra que en un cultivo de primer año, como cuando un agricultor desea sólo un cultivo para establecer las pasturas, el uso de implementos especializados es innecesario. Rastras de discos, que son implementos comunes en las sabanas y en los cerrados, son adecuados para la preparación temprana. Sin embargo, es importante determinar los efectos a largo plazo del uso de estos implementos en cultivo continuo sobre la estructura del suelo. Se hicieron mediciones adicionales de compactación del suelo utilizando un penetrómetro, pero los datos aún se están procesando.

#### 4.1.3 Efecto de los tratamientos de preparación tardía y asociación con diferentes mezclas de pasturas

Los tratamientos de preparación tardía afectaron poco los rendimientos del arroz (Cuadro 5). Ambas asociaciones de pasturas se comportaron en forma similar, por lo cual sólo se reportan los resultados para A. gayanus-S.

capitata. Los rendimientos de la pastura en el momento de la cosecha del arroz (a los 105 días de la siembra) fueron buenos. Al igual que con la arada temprana (mencionada anteriormente), las rastras de discos resultaron adecuados, aunque las malezas podrían ser un problema en cultivos posteriores.

La línea de arroz No. 23 es de maduración más temprana que la línea No. 6 y superó a esta última en Matazul (Cuadro 4 en comparación con los Cuadros 1, 2 y 6). La línea No. 6 se afectó con la sequía durante las etapas críticas de prefloración y floración en contraste con la línea No. 23, que fue más madura y por lo tanto menos vulnerable.

#### 4.2 RESULTADOS EN SANTA CRUZ

##### 4.2.1 Recuperación de una pastura degradada de B. decumbens mediante el uso de un cultivo de arroz, con y sin la introducción de leguminosas forrajeras

Se obtuvieron muy buen rendimiento de arroz y buen restablecimiento de pasturas en Carimagua, en 1989, cuando el arroz se sembró después de pasturas de B. decumbens-P. phaseoloides y B. decumbens de diez años de edad. Se trataba de pasturas bien manejadas, que habían recibido fertilización de

Cuadro 4. Efecto de diferentes implementos para preparación temprana en el rendimiento del arroz asociado con pasturas. Matazul, Llanos Orientales. 1990.

Tratamientos	Arroz <sup>1</sup> kg/ha	Bd <sup>2</sup>	Ca <sup>3</sup> Materia seca (kg/ha)	Malezas
Testigo <sup>4</sup>	2228	62	137	124
Escardillo	3436	2	73	35
Rastra de discos	3536	20	112	59
Arado de cincel	3727	3	85	87

1. Arroz de sabana línea No.23
2. Bd = Brachiaria dictyoneura
3. Ca = Centrosema acutifolium
4. Preparación tardía.

Cuadro 5. Efecto de diferentes implementos para preparación tardía en arroz asociado con A. gayanus y S. capitata. Matazul, Llanos Orientales, 1990.

Tratamiento	Arroz <sup>1</sup> kg/ha	Ag <sup>2</sup>	Sc <sup>3</sup>	Malezas
		Materia seca (kg/ha)		
Rastra de discos	2230	958	289	252
Arado de cincel + Escardillo	2482	1496	98	35
Arado de cincel + Rastrillo	2573	720	120	25
Arado de vertedera + Rastrillo de discos	2188	806	117	9

1. Arroz de sabana línea No.6
2. Ag = Andropogon gayanus
3. Sc = Stylosanthes capitata

Cuadro 6. Efecto de la fecha de preparación y de la asociación con leguminosas en los rendimientos del arroz y en la pastura en regeneración, después de una pastura degradada de B.decumbens. Santa Cruz, Llanos Orientales. 1990.

Arroz <sup>1</sup> Tratamiento	Bd <sup>2</sup> kg/ha	Ca <sup>3</sup>	Sc <sup>4</sup> Dry matter (kg/ha)	Malezas	
Preparación temprana					
con leguminosas	3562	441	112	172	93
sin leguminosas	3642	683	-	-	149
Preparación tardía					
con leguminosas	3484	532	114	176	259
sin leguminosas	3401	742	-	-	197

1. Arroz de sabana línea No.23

2. Bd = Brachiaria decumbens

3. Ca = Centrosema acutifolium

4. Sc = Stylosanthes capitata

sostenimiento durante ocho años y que no se habían degradado. En contraste, la pastura de B. decumbens de 10 años de edad, de Santa Cruz, estaba muy degradada.

Los rendimientos del arroz fueron muy buenos y el restablecimiento de B. decumbens fue excelente (Cuadro 6). No hubo diferencias entre los tratamientos de preparación ni entre los tratamientos con y sin introducción de leguminosas.

En el tratamiento de preparación temprana, fue casi imposible quemar la pastura preexistente por la falta de material vegetal. La falta de respuesta a la preparación temprana en este experimento, en comparación con los experimentos de sabana, sugiere que la quema, que se unió al tratamiento de preparación temprana, puede haber ocasionado la diferencia. Sin embargo, si la quema se considera indeseable, se requerirían otros métodos económicos que descompongan rápidamente la biomasa existente sin impedir la mineralización nutricional.

Es obvio que las leguminosas hacen una

contribución mínima de N al arroz o a la gramínea forrajera durante su período de establecimiento. Sin embargo, como componente de la pastura restablecida, elevan su calidad nutricional como alimento para el ganado y contribuyen a la fertilidad del suelo en años futuros, como lo demuestran los ensayos de 1989 en Carimagua.

Al momento de la cosecha, una pastura vigorosa de B. decumbens con abundante material estaba lista para pastoreo inmediato. Las leguminosas fueron similarmente vigorosas y formaron excelentes mezclas con las gramíneas.

Se registraron algunas malezas en las pasturas en el momento de la cosecha del arroz, pero su incidencia fue baja en relación con la competencia agresiva de una pastura vigorosa de B. decumbens.

#### CONCLUSIONES

1. MATAZUL

- La preparación temprana aumentó los rendimientos de arroz en comparación con la preparación

- tardía, confirmando los resultados de 1989.
- A diferencia de 1989, los rendimientos del arroz se redujeron con la competencia de la pastura asociada. La densidad de plántulas de la pastura asociada, a los 20 días de la siembra, fue 13-18 veces mayor que la del año anterior.
  - Los rendimientos de arroz fueron mayores con la aplicación del fertilizante en línea en comparación con la aplicación a voleo. En contraste, tanto las especies forrajeras como las malezas crecieron mejor cuando el fertilizante se aplicó a voleo.
  - Para obtener los mayores rendimientos de arroz, la preparación temprana es necesaria al igual que la aplicación del fertilizante en línea, especialmente cuando el cultivo se asocia con la pastura.
  - Los efectos de la quema y de labranza estuvieron confundidos en el tratamiento de preparación temprana. Es necesario identificar los efectos individuales.
  - El rendimiento del arroz no se afectó con los diferentes tratamientos de preparación durante el primer año. La rastra de discos es adecuada si sólo se planea un ciclo de cultivo para establecer las pasturas. Con cultivos sucesivos, las malezas podrían ser un problema.
  - Se obtuvo un buen control de malezas en todos los tratamientos de preparación temprana, pero especialmente con un escardillo.
  - Los tratamientos de preparación tardía afectaron poco los rendimientos del arroz. Nuevamente, la rastra de discos es adecuada si sólo se va a sembrar un cultivo para establecer las pasturas, aunque las malezas pueden ser un problema en cultivos sucesivos.
  - La preparación temprana con rastra de discos, seguida por preparación tardía con arado de vertedera más rastra de discos o por preparación tardía con arado de cincel más escardillo dio un muy buen control de malezas.
2. SANTA CRUZ
- Una pastura vieja y degradada de B. decumbens se rejuveneció plenamente con un cultivo de arroz en el cual se obtuvieron rendimientos altos.
  - En contraposición a los experimentos en sabana, no hubo efectos de la fecha de preparación, lo cual sugiere que la quema puede ser responsable hasta cierto punto de las respuestas a la preparación temprana observadas en la sabana.



## 23. INVESTIGACION EN ARROZ-PASTURAS FUERA DE LA ESTACION

### RESUMEN

A partir de los resultados obtenidos en 1989, se concluyó que un tratamiento de preparación temprana dio el doble del rendimiento de arroz y un mejor establecimiento de las pasturas que los obtenidos con la preparación tardía. La preparación tradicional del suelo es destructiva para la estructura del suelo por su intensidad y por el tipo de implementos utilizados. Las malezas proliferaron debido a los mayores niveles de fertilizante requeridos por el cultivo de arroz, especialmente de nitrógeno. Una pastura de diez años dio un rendimiento de arroz mucho mayor que la sabana nativa y se restableció muy bien.

Los resultados de los experimentos de 1990 confirman los resultados de 1989 y resuelven algunos de los problemas e interrogantes que surgieron en relación con ellos.

Se reconfirmó el efecto de la preparación temprana en los rendimientos del arroz. Los rendimientos del arroz asociado con la pastura fueron mayores y la producción de malezas fue inferior cuando el fertilizante se aplicó en línea en comparación con la aplicación a voleo. A diferencia de los resultados del año anterior, hubo una reducción en el rendimiento del arroz asociado con pasturas. Esto se debió a una mucho mayor densidad de las pasturas en etapas iniciales de desarrollo del arroz. Por lo tanto, se requiere utilizar menos semilla de las pasturas o retrasar la siembra. En 1989, un retraso de un mes resultó en un esta-

blecimiento deficiente de las pasturas.

No se registraron diferencias claras entre los tratamientos con preparación temprana en el primer año y si un agricultor desea sólo un cultivo para establecer las pasturas, no es necesario utilizar implementos especializados. La rastra común de discos es suficientemente bueno. Con los tratamientos de preparación rendimientos de las pasturas en el momento de la cosecha del arroz (a los 105 días de la siembra) fueron buenos y, una vez más, la rastra de discos resultó adecuada, aunque las malezas podrían convertirse en un problema en cultivos posteriores.

La línea de arroz de sabana No. 23 es más precoz que la línea No. 6 y superó en rendimiento a ésta en Matazul.

Los rendimientos de arroz fueron muy buenos después de una pastura degradada y muy vieja de B. decumbens en Santa Cruz. El restablecimiento de B. decumbens fue excelente y las leguminosas subsembradas, S. capitata y C. acutifolium, fueron similarmente vigorosas y formaron una muy buena mezcla con las gramíneas. Obviamente, no se esperaba que hubiera una contribución de N al arroz o a la pastura durante el establecimiento de las leguminosas, pero como componente de la pastura, elevan su calidad nutricional como alimento para el ganado y contribuyen a la fertilidad del suelo como se demostró con P. phaseoloides en los ensayos de 1989 en Carimagua.

## 24. Economía

Durante 1990 la Sección de Economía concretó su esfuerzo en cuatro grandes áreas:

- A. Se continuó la colaboración en el proceso de planeación estratégica de la institución iniciado el año pasado. En esta área se trabajó en estrecha interacción con los economistas de los otros programas del CIAT.
- B. La evaluación económica ex-ante de una nueva alternativa tecnológica, que aparece como muy promisoría: el establecimiento de pasturas a partir de la siembra asociada arroz-pastos, ocupó gran parte de los esfuerzos y recursos de la sección durante el año. Los trabajos elaborados se efectuaron en estrecha cooperación con la Sección de Economía del Programa de Arroz e incluyen las siguientes evaluaciones:
  - 1) Estimación de la rentabilidad a nivel de productor, de la siembra asociada de arroz-pastos en la Altillanura Oriental de Colombia.
  - 2) Elaboración de un sondeo rápido (Rapid Rural Appraisal) para conocer la viabilidad de esta nueva tecnología a nivel de región.
  - 3) Estimación del impacto potencial, a nivel agregado, del uso de la tecnología arroz-pasturas en términos del valor de la producción adicional, niveles de precios y excedentes económicos a productores y consumidores.
  - 4) Estimación de las economías de escala provenientes del uso de maquinaria e insumos y de rentabilidades para diferentes tamaños de finca en la Altillanura y Piedemonte Llaneros de Colombia.
- C. Los resultados de la encuesta de adopción de pastos mejorados en la Altillanura Oriental de Colombia, efectuada en 1989, permitieron identificar como una de las principales restricciones a la difusión de la tecnología de pastos mejorados el alto costo de establecimiento, originado principalmente por el elevado costo de la semilla. En consecuencia se documentó este aspecto, estimando costos de establecimiento de pasturas y de producción de semilla en el caso de Brachiaria dictyoneura en cinco fincas seleccionadas en la Altillanura y en el Piedemonte Oriental de Colombia.
- D. Se continuaron los trabajos de difusión y evaluación de especies forrajeras aptas para suelos ácidos en las regiones de Cauca y Caquetá (Colombia) ya reportados en los tres últimos años.
- E. Además, se realizó el análisis final de los sistemas agrosilvopastoriles que se venían estudiando en Napo, Ecuador.
  - I. PLANEACION ESTRATEGICA

El ejercicio de planificación iniciado el año anterior, se amplió no solamente

en el sentido de incluir en la evaluación otros productos alternativos, sino que se ampliaron también los criterios de evaluación adoptándose un enfoque de criterios múltiples de decisión. El procedimiento de evaluación se orientó a determinar el grado en que los productos evaluados pueden contribuir a objetivos sociales tales como: (a) crecimiento económico, (b) equidad, (c) sostenibilidad de la producción. Además como criterios de evaluación se tuvieron en cuenta también consideraciones de orden institucional, referentes a la fortaleza investigativa y financiera de los organismos nacionales e internacionales que desarrollan investigación específica en los productos evaluados. Para el caso específico del Programa de Pastos Tropicales se evaluaron dos productos: carne y leche, en el contexto del trópico latinoamericano.

El efecto directo del cambio tecnológico se estimó a través del cálculo del valor presente de los beneficios netos, medidos éstos como la sumatoria de los excedentes económicos al productor y al consumidor, empleando para ello un modelo de equilibrio parcial. Los beneficios netos totales, para carne y leche, en América Latina tropical se estimaron en US\$5.1 billones, lo cual es un claro indicador del alto beneficio social que implicaría la adopción de nuevas pasturas en el área de impacto del programa.

Los efectos indirectos del cambio tecnológico se contabilizaron, calculando el efecto multiplicador que la difusión de una nueva tecnología de pasturas tiene sobre otros sectores de la economía, en términos de empleo, incrementos de la oferta de insumos, servicios y productos. Para el efecto se utilizó un modelo de equilibrio general. El valor de este efecto indirecto se estimó en US\$2.8 billones, conjuntamente para carne y leche, que corresponde al 55% de los beneficios directos (Cuadro 1).

El cambio tecnológico en la producción

de carne y leche, productos básicos en la dieta latinoamericana, puede contribuir significativamente al mayor bienestar del grupo de población de menor ingreso, dado que ellos recibirían un monto de beneficios directos, equivalentes a US\$2.2 billones, cifra por lejos muy superior a la que recibirían por cambios tecnológicos en otros productos alimenticios exceptuando arroz.

A pesar de que productos como yuca y frijol tienen el mayor impacto en términos de generación de ingresos para pequeños productores, una fracción importante de ganaderos, particularmente los dedicados a actividades mixtas de producción de carne y leche, se beneficiarían del cambio tecnológico.

Se puede considerar que la generación de empleo directo e indirecto resultante de un cambio tecnológico en la actual área de impacto del programa, basado en la adopción de pasturas mejoradas, generaría nuevos empleos en una magnitud que va de moderada a baja. Se estimó que en el año 2025, el proceso de cambio tecnológico generaría aproximadamente 177 mil empleos por año, 37.9% en producción de carne y 62.1% en producción de leche. Debe tenerse en cuenta, que en general, el proceso de modernización de la agricultura no ha sido generador de empleo rural y que por el contrario ha tendido a reducirlo.

## 2. SISTEMA ASOCIADO CULTIVO ARROZ-PRADERA

### 2.1 Estimación de la Rentabilidad a Nivel de Productor de la Siembra Asociada Arroz-Pastos en la Altillanura Oriental de Colombia

Con base en los resultados experimentales de establecimiento de los sistemas asociados de cultivo de arroz y de pastos en fincas comerciales en la Altillanura Oriental de Colombia obtenidos durante 1989 y 1990, se efectuó la evaluación económica ex-ante de este novedoso sistema.

Cuadro 1. Algunos criterios de evaluación del cambio tecnológico de carne y leche en América Latina tropical (US\$ millones)

Criterios de evaluación	Carne	Leche	Total
Valor presente de los beneficios netos (excedentes económicos)	3230	1910	5140
Valor actual de la producción	6852	8714	15566
Porcentaje de pequeños productores que se benefician con el cambio tecnológico (%)	26	50	-
Valor de los beneficios recibidos por los consumidores más pobres	1498	742	2240
Valor del efecto multiplicador del cambio tecnológico	1621	1219	2840
Número de empleos directos e indirectos generados por el cambio tecnológico en el año 2025 ('000 hombres/año)	67	110	177
Resumen de las contribuciones de los productos a los objetivos sociales:			
. Crecimiento económico	***	***	
. Equidad	**	**	
. Sostenibilidad	**	***	

- \* Contribución baja
- \*\* Contribución mediana
- \*\*\* Contribución alta

Conjuntamente con la Sección de Economía del Programa de Arroz se estimaron costos y rentabilidad para distintas alternativas de uso de la pradera (ceba y doble propósito) luego del cultivo de arroz. Para el cálculo del flujo periódico de efectivo y la rentabilidad de las inversiones nuevas por hectárea para el cultivo de arroz, establecimiento de la pradera, construcción de cercas adicionales, compra de ganado e insumos y manejo, se emplearon algunos coeficientes técnicos producto de varios años de investigación en centros experimentales y a nivel de fincas de la región. En el Cuadro 2 se consignan estos coeficientes.

Para los productores que adoptan el sistema asociado cultivo arroz-pradera,

además de disminuir el riesgo de pérdida de la cosecha y emplear con una mayor eficiencia los recursos productivos disponibles (tierra, mano de obra, capital), aseguran un nivel de ingresos acorde con el uso de los recursos.

En el Cuadro 3 se calculan los requerimientos adicionales de capital para las inversiones en la pradera mixta (gramínea+leguminosa) versus la asociación cultivo de arroz-pradera mixta, dedicadas posteriormente durante ocho años a la producción de carne, suponiendo además una labor de renovación y refertilización al cuarto año de vida productiva de dicha pradera.

Los costos directos estimados para el establecimiento de la pradera mixta como monocultivo son de US\$215.8/ha y

para el sistema arroz-pradera mixta de US\$529.5/ha, lo cual representa un desembolso adicional de US\$313.7/ha.

Con la obtención de una cosecha de arroz en el primer año con un rendimiento de 2.5 ton/ha y valorada a US\$204.4/ton de arroz paddy, se recuperan US\$511.11/ha, ésto es el 97% de los costos directos. Lo cual significa que con un rendimiento de 2.6 ton/ha se cubriría la totalidad de los costos directos quedando la pradera establecida.

A nivel experimental se han alcanzado rendimientos de arroz de 3.7 ton/ha, lo cual garantizaría niveles de producción muy atractivos a nivel comercial.

Una alternativa de uso de la pradera mixta posterior a la cosecha de arroz es la obtención de carne o producción de leche y crías. Estas actividades se han ido generalizando en la Altillanura Oriental de Colombia en los últimos años gracias a la disponibilidad de especies forrajeras de mejor calidad. Se estima una rentabilidad anual del 13.3% y 23.6% en la pradera mixta y en el sistema arroz-pradera mixta, respectivamente, utilizadas en la ceba animal durante ocho años de vida productiva estimada de la pradera. Estas praderas se renovarían y refertilizarían al cuarto año de producción. El sistema asociado con el cultivo de arroz representaría una rentabilidad marginal por encima del 100% para el productor con relación a la pradera mixta establecida sin un cultivo (Cuadro 3).

Cuadro 2. Principales coeficientes técnicos utilizados en el análisis económico del sistema arroz-praderas en la Altillanura Oriental de Colombia. 1990

Coeficientes		Valor coeficiente
Rendimiento arroz paddy (ton/ha)		2.0-3.5
Carga animal por hectárea:	- Pradera mixta (gramínea+leguminosa)	1.1
	- Pradera pura (gramínea)	1.1
	- Pradera nativa	0.4
Ganancia de peso animal (kg/ha/año):	- Pradera mixta	193
	- Pradera pura	137
	- Sabana	24
Producción de leche (litros/ha/año):	- Pradera mixta a/	780
	- Pradera pura b/	602
Precio del ganado c/ (US\$/kg en pie, finca)	- Entrada (ganado flaco)	0.70
	- Salida (ganado gordo)	0.67
Precio de la leche (US\$/litro, finca)		0.18
Vida del proyecto (años)		9

a/  $1.94 \text{ (litros/vaca/día - Intervalo entre parto)} * 365 \text{ días} * 1.1 \text{ (carga)} = 780 \text{ litros/ha/año}$

b/  $1.50 \text{ (litros/vaca/día - Intervalo entre parto)} * 365 \text{ días} * 1.1 \text{ (carga)} = 602 \text{ litros/ha/año}$

c/ US\$1 = \$540.00 pesos colombianos de Octubre/90

Fuente: CIAT (1989), Aluja et al. (1989), Botero (1989), Rivas (1989).

Cuadro 3. Presupuesto por labores para el establecimiento de arroz-praderas y producción de carne.  
Altillanura Oriental de Colombia, 1990 (US\$/ha) a/

Labores	Alternativas		Flujo marginal
	Pradera mixta b/ (Gramínea+ leguminosa)	Arroz + pradera mixta	
<b>A. LABORES</b>			
<b>1. PREPARACION TERRENO</b>			
- Quema	-	0.93	0.93
- Cíncel: 2 pases (rozado, temprano)	-	25.93	25.93
2 pases (rozado, +4 meses)	-	25.93	25.93
- Rastra: 1 pase, sencillo	-	9.26	9.26
- Construcción cercas	29.21	29.21	-
- Rastrillo: 1 pase (temprano)	9.26	-	-9.26
2 pases (+4 meses)	18.52	-	-18.52
	<u>56.99</u>	<u>91.26</u>	<u>34.27</u>
<b>2. SIEMBRA</b>			
- Maquinaria (contratista)	9.26	9.26	-
- Mano de obra	0.50	0.50	-
- Semilla: arroz (80 kg)	-	34.07	34.07
gramínea (3 kg)	33.33	33.33	-
leguminosa (4 kg)	55.56	55.56	-
- Inóculo (0.2 kg)	3.33	3.33	-
	<u>101.98</u>	<u>136.05</u>	<u>34.07</u>
<b>3. FERTILIZACION (kg/ha)</b>			
- Cal dolomítica (300)	-	16.11	16.11
- Superfosfato triple (167)	-	40.11	40.11
- Cloruro de potasio (200)	-	40.00	40.00
- D.A.P. (83.4)	-	23.32	23.32
- Urea (141)	-	31.07	31.07
- Sulfato de Zinc (22.7)	-	9.04	9.04
- Fosforita Huila (250)	14.19	-	-14.19
- Sulpomag (119)	22.17	-	-22.17
- Aplicación+Incorporación	-	12.66	12.66
	<u>36.36</u>	<u>172.31</u>	<u>135.95</u>
<b>4. CONTROL FITOSANITARIO</b>			
- Malezas (mecánico)	16.67	16.67	-
- Plagas: insumos+mano de obra	-	8.96	8.96
	<u>16.67</u>	<u>25.63</u>	<u>8.96</u>

Cuadro 3. (continuación)

Labores	Alternativas		Flujo marginal
	Pradera mixta b/ (Gramínea+ leguminosa)	Arroz + pradera mixta	
<b>5. RECOLECCION</b>			
- Maquinaria	-	44,44	44,44
- Empaques, cabuya	-	12,47	12,47
- Zorreo	-	3,70	3,70
- Mano de obra (2 jornales)	-	7,96	7,96
		<u>68,57</u>	<u>68,57</u>
<b>6. TRANSPORTE</b>			
- Insumos	3,76	10,20	6,44
- Cosecha	-	25,46	25,46
	<u>3,76</u>	<u>35,66</u>	<u>31,90</u>
SUBTOTAL.....	215,76	529,48	313,72
<b>7. COSTO OPORTUNIDAD TIERRA</b>			
- Arrendamiento	-	18,52	18,52
- Producción carne en sabana	8,03	-	8,03
<b>8. ADMINISTRACION Y ASISTENCIA TECNICA</b>	<u>8,96</u>	<u>34,56</u>	<u>25,60</u>
EGRESOS - SUBTOTAL (costo/ha).....	-232,75	-582,56	349,81
<b>B. INGRESOS (PRIMER AÑO)</b>	-	<u>511,11<sup>c/</sup></u>	<u>511,11</u>
FLUJO NETO (Primer Año).....	<u>-232,75</u>	<u>-71,45</u>	<u>161,30</u>
<b>C. FLUJO ANUAL (2-9 AÑOS)</b>			
1. Inversión en ganado (anual)	-193,52	-193,52	-
2. Costo insumos y mano de obra	<u>-23,52</u>	<u>-23,52</u>	-
EGRESOS ANUALES.....	-217,04	-217,04	-
3. Refertilización, mantenimiento cercas (5o.año)	-57,66	-57,66	-
<b>D. INGRESOS ANUALES (ceba)</b>	302,46	302,46	-
<b>E. RENTABILIDAD ANUAL - TIR (%)</b>	13,30	23,6 <sup>c/</sup>	196,6

a/ US\$1 = \$540.00 pesos colombianos de Octubre/90

b/ Pradera mixta: gramínea (Brachiaria dictyoneura) + leguminosa (Centrosema acutifolium)

c/ Rendimiento de arroz: 2.5 ton/ha

Un análisis detallado de posibles alternativas de sistemas asociados comparados con alternativas tradicionales, se consigna en el Cuadro 4.

El mayor flujo periódico de fondos se observa en el sistema arroz-pradera mixta en doble propósito con una rentabilidad del 29.6%. El sistema de arroz-pradera mixta (doble propósito) con una renovación de la pradera al quinto año del proyecto a través de un cultivo de arroz, representa una rentabilidad del 31.9% anual para el productor.

La alternativa arroz-pradera mixta en ceba animal con una renovación al quinto año mediante un nuevo cultivo de arroz, significaría una rentabilidad del 25.9% anual. En la Figura 1 se representan las distintas rentabilidades para las actividades de levante, ceba y doble propósito en los siguientes tipos de pradera:

- 1) Sabana nativa
- 2) Pradera de gramínea pura
- 3) Pradera mixta de gramínea+leguminosa establecida sin un cultivo
- 4) Sistema asociado de arroz+pradera mixta
- 5) Sistema asociado de arroz+pradera mixta con una renovación a través de cultivo de arroz al quinto año del proyecto

En cada alternativa se detecta la mayor rentabilidad alcanzada en el sistema asociado arroz-pradera mixta (Alternativas 4 y 5) y a su vez, cuando se complementa con la actividad de doble propósito (cría y leche).

Un análisis de sensibilidad (Figura 2) de la TIR bajo los supuestos técnicos y económicos señalados, muestra incrementos ante aumentos en la producción de arroz. Este análisis refleja altas tasas de rentabilidad para el productor de carne y doble propósito (mayores del 20% y 30%, respectivamente) cuando se logran rendimientos mayores de 2.5 ton/ha de arroz en cáscara.

Con relación al comportamiento del flujo de efectivo anual, éste se muestra comparativamente en las Figuras 3a y 3b. Estimándose un rendimiento de arroz de 2.5 ton/ha se cubrirían además los costos directos de establecimiento de la pradera y se calcula que con 3.5 ton/ha se dispondría de fondos suficientes hasta para la compra inicial del ganado para la ceba.

### Conclusiones

- a) La asociación del cultivo de arroz y establecimiento de la pradera representa un novedoso sistema con atractivas tasas de rentabilidad y de mayor flujo de efectivo para el productor adoptador.
- b) Bajo los supuestos técnicos y económicos analizados el sistema arroz-pradera mixta representa una rentabilidad del 23.4% y 31.9% anual cuando se complementa con ceba o doble propósito respectivamente, con un rendimiento de arroz en cáscara de 2.5 ton/ha.
- c) Con un rendimiento de 2.6 ton/ha de arroz en cáscara se cubrirían los costos directos del cultivo de arroz y de la pradera mixta establecida. Este rendimiento es agrónomicamente factible de alcanzar puesto que experimentalmente en lotes comerciales en la Altillanura Oriental de Colombia se han obtenido hasta 3.7 ton/ha.

### 2.2 Sondeo

Se elaboró un sondeo rápido ("Rapid Rural Appraisal") para conocer la viabilidad de esta nueva tecnología a nivel de región. Se realizaron dos sondeos rápidos, uno en la Altillanura Colombiana y otro en la región de los Cerrados de Brasil. Los resultados de este último, son reportados por la Sección de Economía del Programa de Arroz. Los objetivos de estos sondeos fueron:



Cuadro 4. Flujo neto y rentabilidad para distintas alternativas de producción asociada: ARROZ-PRADERAS. Altillanura Oriental de Colombia. 1990 (US\$/ha)

Año	Evento	ALTERNATIVA	ALTERNATIVA: Ceba				ALTERNATIVA: Doble Propósito			
		Levante	Pradera		Arroz-pradera mixta	Arroz-prad.mixta-arroz-prad.mixta	Pradera		Arroz-pradera mixta	Arroz-prad.mixta-arroz-prad.mixta
		Pradera nativa	pura	mixta			pura	mixta		
1	Establecimiento pradera y cultivo arroz									
	- Inversiones	-49.4 <sup>a/</sup>	-306.0 <sup>b/</sup>	-395.6 <sup>b/</sup>	-252.0 <sup>c/</sup>	-252.0 <sup>c/</sup>	-488.8 <sup>b/</sup>	-563.5 <sup>b/</sup>		
	- Venta de arroz	-	-	-					-388.8	-388.8
2	Neto: Ingresos-Inversiones (Producción bovina)	2.5	36.0	77.3	77.3	77.3	88.9	124.4	124.4	124.4
3	Producción bovina	2.5	36.0	77.3	77.3	77.3	88.9	124.4	124.4	124.4
4	Producción bovina	2.5	36.0	77.3	77.3	-18.6	88.9	124.4	124.4	124.4
5	Renovación: Neto arroz <sup>d/</sup>	-	-	-	-	179.4	-	-	-	134.8
	Renovación y refertilización	-	13.8	25.0	21.8	-	70.2	85.9	85.9	-
	Neto: producción bovina	2.5								
6	Neto: producción bovina	2.5	36.0	77.3	77.3	77.3	88.9	124.4	124.4	124.4
7	Neto: producción bovina	2.5	36.0	77.3	77.3	77.3	88.9	124.4	124.4	124.4
8	Neto: producción bovina	2.5	36.0	77.3	77.3	77.3	88.9	124.4	124.4	124.4
9	Neto: producción bovina	47.1	209.0	250.8	250.8	250.8	424.2	456.9	456.9	456.9
TIR:	Producción bovina (% anual)	3.7	6.7	13.3			15.7	19.3		
TIR (% anual) con:	2.0 ton/ha				17.4	19.7			24.4	26.4
	2.5 ton/ha				23.6	25.9			29.6	31.9
	3.0 ton/ha				32.3	34.9			36.8	39.5

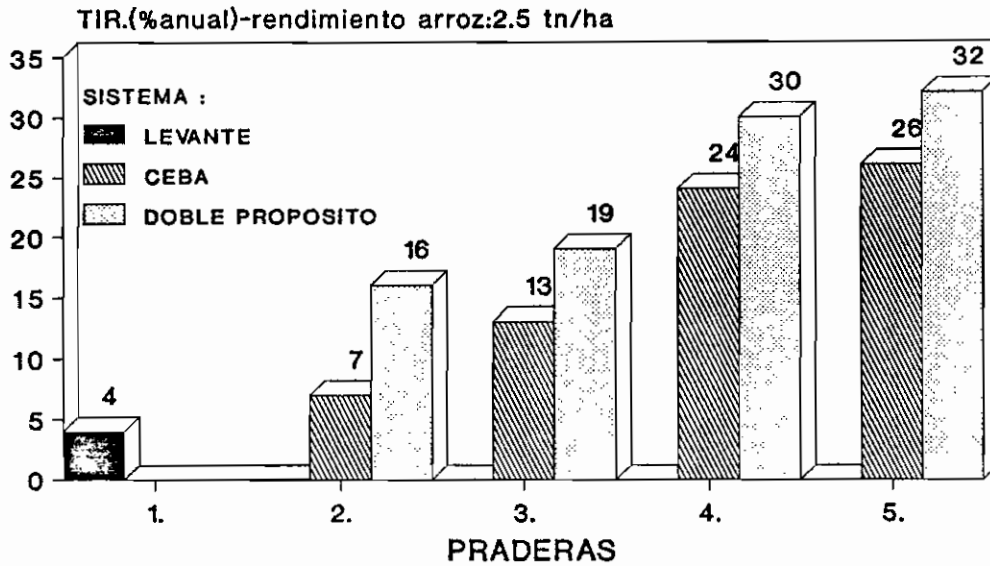
a/ Compra de animales para levante.

b/ Incluye inversiones en establecimiento de la pradera, cercas y compra de ganado (primer año).

c/ Incluye inversiones en cultivo de arroz, establecimiento de la pradera, cercas y compra de ganado (primer año).

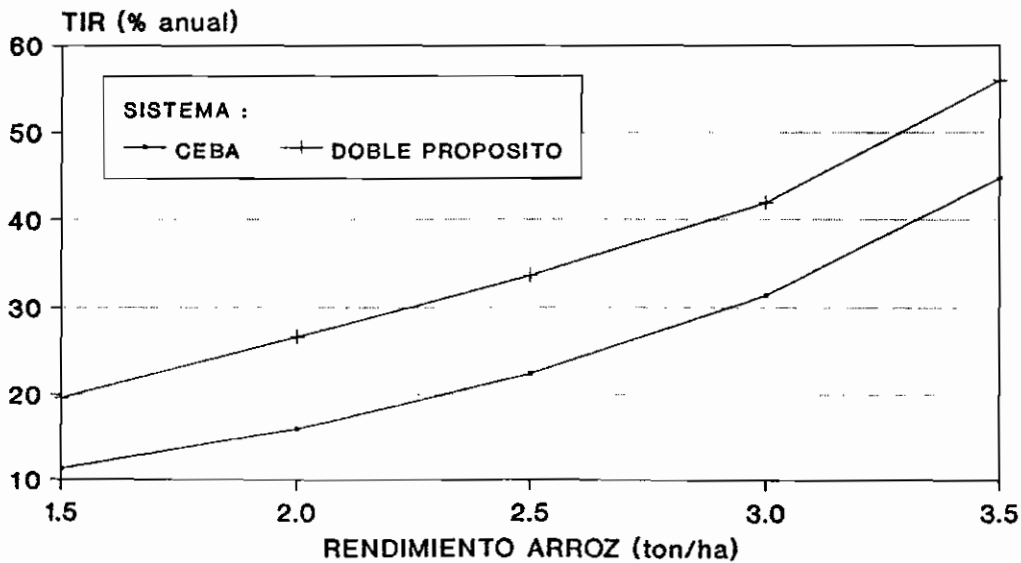
d/ Renovación de la pradera degradada (supuesto) con un rendimiento de 3.0 ton/ha de arroz.

figura 1. RENTABILIDAD COMPARATIVA PARA SISTEMAS ASOCIADOS DE ARROZ-PRADERAS. Altillanura Oriental de Colombia, 1990



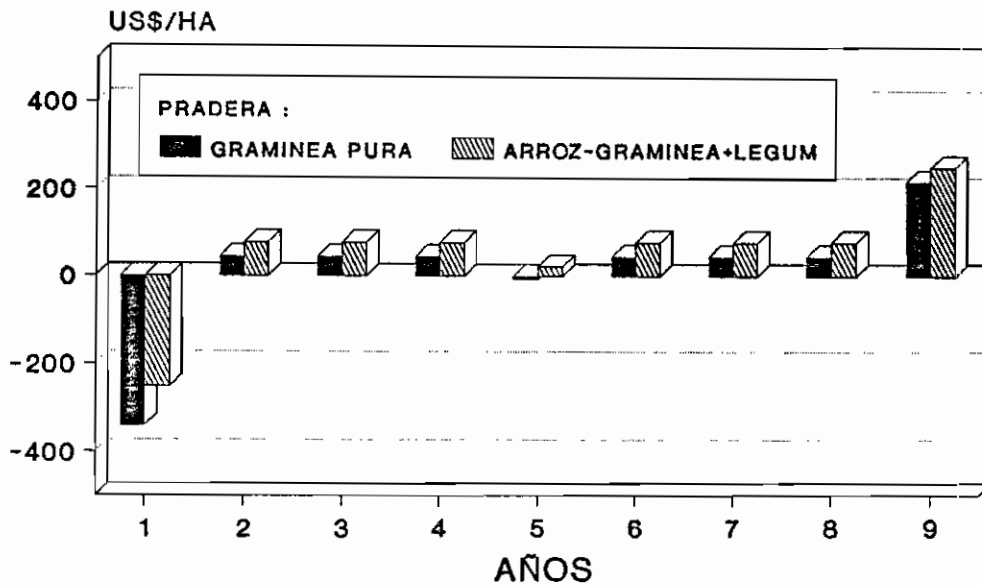
1. Sabana; 2. Gram.pura; 3. Prad.mixta;
4. Arroz-Pradera mixta;
5. Arroz-Prad.mixta-Arroz-Prad.mixta

figura 2.VARIACION DE LA RENTABILIDAD EN SISTEMAS ASOCIADOS ARROZ-PRADERA MIXTA. Altillanura Oriental de Colombia



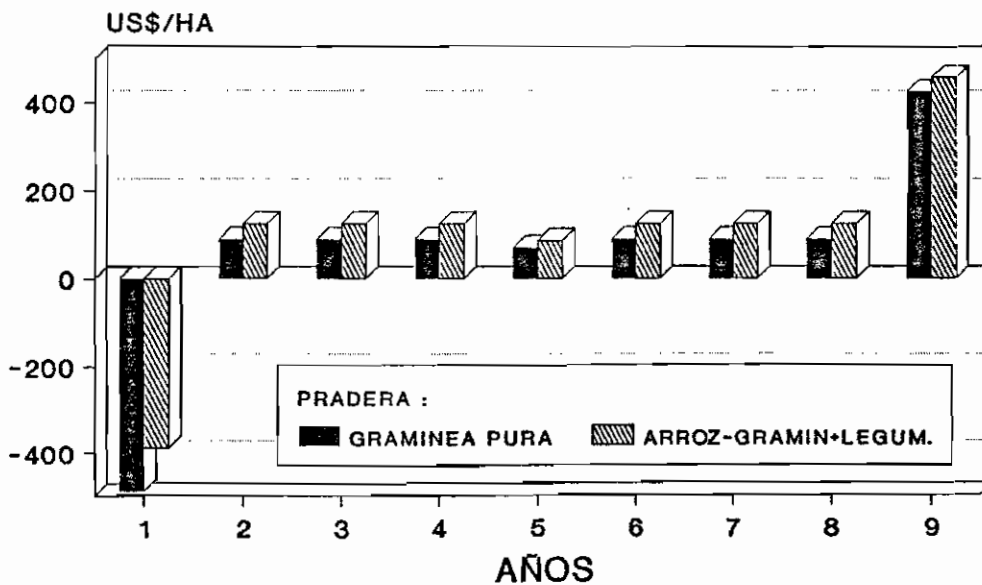
Carga : 1.0 animal/ha  
 Ganancia de Peso : 480 grs/anim/dia  
 Produc. leche: 2.0 lt/vaca/dia I.E.Parto

figura 3A. FLUJO NETO COMPARATIVO PARA SISTEMAS ASOCIADOS ARROZ-PRADERA. CEBA BOVINA, 1990



Rendimiento arroz paddy : 2.5 tn/ha  
 Altillanura oriental de Colombia

figura 3B. FLUJO NETO COMPARATIVO PARA SISTEMAS ASOCIADOS ARROZ-PRADERA. DOBLE PROPOSITO, 1990



Rendimiento arroz paddy : 2.5 ton/ha  
 Altillanura oriental de Colombia

- a) Conocer la viabilidad de la nueva tecnología en términos de disponibilidad de recursos dentro y fuera de la finca y el conocimiento y grado de aceptación de esta tecnología por parte de productores, agricultores y ganaderos.
- b) Identificar nichos específicos para esta tecnología y prever la magnitud de su uso potencial a través del tiempo.
- c) Identificar restricciones a la tecnología, para consecuentemente orientar la investigación agronómica y socioeconómica.

### 2.3 Impacto Potencial de Uso de Pasturas Asociadas con Cultivos en Sabanas Tropicales de América Latina

Los análisis ex-ante de rentabilidad y viabilidad financiera de la tecnología de arroz-pasturas al igual que los sondeos a nivel de región, muestran un alto potencial para esta nueva opción tecnológica. Aparte de analizar la atractividad y viabilidad económica de esta alternativa, es importante tratar de cuantificar su impacto a nivel más agregado en términos de: (a) producción adicional, (b) valor de la producción adicional, (c) interacción entre los componentes de la asociación arroz-pastos y su valor, (d) excedentes económicos de productores y consumidores como consecuencia de la adopción.

Para el efecto, se simuló un proceso de adopción en 10 millones de hectáreas actualmente en sabanas, 5 millones de ellas destinadas a actividades de ceba y 5 millones destinadas a doble propósito. Se consideró un período de difusión de 20 años para el doble propósito y 35 años para la ceba. Se supone un período de difusión más rápido para el primero, debido a su mayor atractividad económica, especialmente para pequeños productores, en términos de rentabilidad y liquidez.

Se asumió que esta área se ubica en tres países: Brasil, Colombia y Venezuela, los cuales contabilizan el 86% del total de suelos ácidos de América Latina tropical. Para la cuantificación del impacto se emplearon dos enfoques metodológicos; el primero calcula, con base en las áreas que anualmente se incorporan al proceso y los que resiembran después de seis años de la primera siembra, la producción, el valor presente de la producción de carne y leche, el valor presente de la contribución de la pastura a la mayor productividad del arroz y el valor presente de la contribución del arroz a la mayor productividad de la pastura. El período de evaluación es de 35 años para ambas actividades, para el cálculo de los valores presentes se empleó una tasa social de descuento del 10%.

En el Cuadro 5 se presentan los coeficientes técnicos y económicos empleados para esta evaluación. En el año 35, la producción adicional sería de 740 mil toneladas de carne en pie, 3.7 millones de litros de leche y 4.7 millones de toneladas de arroz con cáscara. Esto representa el 6.7%, 12.0% y 24.0% respectivamente de la producción total de América Latina tropical en 1988 (Cuadro 6).

El valor presente total de la producción adicional conjunta de arroz, carne y leche es de US\$6 billones, calculados a precios constantes del año inicial. Se trata de producción adicional, dado que se descuenta la producción que hubiese generado la sabana nativa en una situación sin cambio tecnológico. El 53% del valor de la producción adicional corresponde a carne y leche y el 47% a arroz (Cuadro 7).

El valor de la contribución de la pastura a la mayor productividad del arroz tiene un valor presente de US\$634 millones que representa el 23% del valor presente de la producción de arroz. Esto es debido a que por mayor fertilidad del suelo después de la primera siembra, el rendimiento/ha de

Cuadro 5. Coeficientes técnicos y económicos usados para el cálculo de la producción adicional resultante de la siembra asociada de arroz-pasturas en áreas de sabana

Parámetros		Ceba	Doble propósito
Area total (millones de hectáreas)		5	5
Producción de carne en sabana nativa (kg/ha/año)		15	15
Producción de carne en pasto mejorado (asociación gramínea-leguminosa-arroz) (kg/ha/año):	Primer año	0	0
	Segundo año	180	70
	Tercer año	160	65
	Cuarto año	150	60
	Quinto año	145	55
	Sexto año	140	50
Producción de leche (lts/ha/año)		-	900
Producción de arroz (kg/ha/año):	.a la primera siembra	1800	1800
	.a la segunda siembra	2800	2800
Contribución del arroz a la mayor productividad de la pastura (kg de carne/ha/año)	Primer año	25	10
	Segundo año	5	5
Contribución de la pastura a la mayor productividad del arroz (kg de arroz/ha/año)	Después de la 1.a siembra (año 7)	1000	1000
Precios al productor (US\$/tm):	Carne en pie		500
	Arroz paddy		200
	Leche fresca		200
Tasa anual de descuento (%)			10.0

Cuadro 6. Evolución de la producción adicional de arroz, carne y leche. Simulación de la adopción de la tecnología de arroz-pasturas en 10 millones de hectáreas de sabana

Período	Arroz <sup>a/</sup> ( '000 tm)	Carne <sup>b/</sup> ( '000 tm)	Leche <sup>c/</sup> ( '000 lts)
5	276.5	23.5	186
10	1513.7	117.9	1398
15	2763.6	316.9	3323
20	3716.4	523.1	3730
25	4490.3	658.6	3730
30	4537.4	723.8	3750
35	4662.3	739.5	3735

a/ Arroz con cáscara b/ Carne en pie  
c/ Leche fresca

arroz se incrementa. En este caso se supone que el incremento es de 1000 kg/ha. El valor de la contribución del arroz a la mayor productividad de la pastura se estimó en US\$54 millones.

Aunque el enfoque de valor presente de la producción adicional, permite tener una idea de las interacciones del pasto y del cultivo en términos del valor de los incrementos de las productividades, tiene dos limitantes. El primero es que los valores presentes calculados corresponden a los ingresos brutos, dado que no descuentan los costos de producción. El segundo limitante es que los niveles de producción corresponden a los máximos que se alcanzarían, dado que los precios reales se suponen constantes.

Cuadro 7. Valor presente de la producción adicional resultante de sembrar 10 millones de hectáreas en asociación arroz-pasturas <sup>a/</sup>

Actividad ganadera	Area sembrada en asociaciones arroz-pasturas ('000 ha)	Período de:		Valor presente de la producción adicional de (US\$ millones)			Valor presente de la contribución (US\$ millones)		Valor presente de la contribución neta (US\$ millones)		
		Difusión (años)	Evaluación (años)	carne	leche	arroz	del arroz a la mayor productividad de la pastura	de la pastura a la mayor productividad del arroz	Carne+ leche Arroz Total		
Ceba	5000	35	35	522.9	-	963.7	27.7	210.6	705.8	780.8	1486.6
Doble propósito	5000	20	35	309.1	2384.5	1855.3	26.0	423.7	3091.3	1457.6	4548.9
Total	10000	-	35	832.0	2384.5	2819.0	53.7	634.3	3797.1	2238.4	6035.5

<sup>a/</sup> A precios constantes del año inicial

En razón de estas limitaciones se empleó un segundo enfoque, que dentro del esquema más amplio del mercado del producto analizado, permite estimar los excedentes económicos derivados del cambio tecnológico, tanto para productores como consumidores. La sumatoria de los excedentes a productores y consumidores, corresponde a los beneficios sociales netos derivados de la innovación tecnológica evaluada. Este método permite conocer la evolución de los precios reales a través del tiempo y calcular los excedentes económicos generados por otras fuerzas que afectan el mercado en cuestión (cambios autónomos). Para los cálculos se empleó el modelo de equilibrio parcial denominado MODEXC, desarrollado en CIAT. Dado que se asume que los diez millones de hectáreas bajo nueva tecnología, se ubican en Brasil, Colombia y Venezuela, se trata de un ejercicio de simulación de los mercados de arroz, carne y leche, en los tres países considerados en conjunto.

Los supuestos utilizados en esta simulación se presentan en el Cuadro 8. Los resultados indican que de producirse el cambio tecnológico evaluado, los precios reales de la carne en el año 35 se reducirían en un 7.0% en relación al nivel del año inicial, los de leche en 9.0% y los de arroz en 19.4%.

Los beneficios netos sociales se estiman en US\$1.5 billones, distribuidos así: 57% corresponden a carne y leche y 43% a arroz (Cuadro 9).

Aunque el modelo utilizado trabaja con base en el equilibrio parcial, el incorporar efectos autónomos o exógenos, ayuda a corregir las desventajas del esquema de equilibrio parcial. Por esta razón, los excedentes capturados por los consumidores debido al cambio tecnológico suman US\$2.9 billones, mientras que los productores presentan excedentes negativos de -US\$1.3 billones (Cuadro 9). Sin embargo, al considerar los excedentes debidos a factores autónomos, se concluye que a través de

todo el proceso los productores también se benefician, obteniendo un excedente neto total de US\$5.1 billones (Cuadro 9).

## 2.4 Economías de Escala

Estimación de las economías de escala en el sistema arroz-pasturas, provenientes del uso de maquinaria e insumos y de rentabilidades para diferentes tamaños de finca en la Altiplanura y Piedemonte Llaneros de Colombia. Este estudio está en proceso y se efectúa con un estudiante de tesis de maestría, financiado conjuntamente por los Programas de Arroz y Pastos Tropicales.

## 3. COSTOS DE ESTABLECIMIENTO DE PASTURAS Y DE PRODUCCION DE SEMILLA DE BRACHIARIA DICTYONEURA

El estudio de adopción de pastos realizado en 1989 en la Altiplanura Oriental de Colombia documentó que uno de los principales limitantes para la difusión de la tecnología de pasturas es la escasa disponibilidad de semilla comercial en el mercado y los altos precios de estos nuevos materiales. Estos dos factores unidos a un alto grado de desinformación sobre la nueva tecnología, han ocasionado un proceso de adopción aún muy incipiente, dadas las vastas potencialidades de difusión en las áreas infértiles de los Llanos Orientales de Colombia.

El Brachiaria dictyoneura se presenta como una alternativa promisoriosa al igual que el B. humidicola y algunas leguminosas como Stylosanthes capitata, Desmodium ovalifolium, Arachis pintoi y Centrosema acutifolium. Estos nuevos materiales están siendo establecidos en áreas de sabana nativa y en praderas degradadas, y más recientemente simultáneamente con cultivos comerciales para suelos ácidos, por ejemplo arroz.

En los Llanos Orientales de Colombia actualmente se lleva a cabo un proyecto de desarrollo de pasturas mejoradas, organizado por ICA-CRECED de la Alti-

Cuadro 8. Supuestos para el cálculo de los excedentes económicos en Brasil, Colombia, Venezuela debido a la siembra asociada de arroz-pasturas en 10 millones de hectáreas

Supuestos	Carne		
	Arroz	vacuna	Leche
Cantidad inicial de equilibrio ( $Q_0$ ) ('000 TM)	13964	6666	17795
Precio inicial de equilibrio ( $P_0$ ) (US\$/TM)	200	500	200
Elasticidad precio de:			
- la oferta ( $\epsilon_p$ )	0.50	0.50	0.70
- la demanda ( $\eta_p$ )	-0.50	-0.60	-0.80
Precio mínimo de oferta (US\$/TM)	78	180	67
Tasa anual de crecimiento de la oferta debido a factores autónomos ( $K_a$ ) (porcentaje)	1.5	1.5	1.5
Factor de desplazamiento de la oferta por el cambio tecnológico evaluado (k)	1.33	1.11	1.21
Tasa anual de crecimiento de la demanda ( $K_d$ ) (porcentaje)	1.5	1.5	1.5
Tasa de descuento (%)	10.0	10.0	10.0

Cuadro 9. Excedentes económicos debidos al cambio tecnológico y a factores autónomos en un proceso de adopción de arroz-pasturas en áreas de sabanas a/

Producto	Excedentes al Productor (US\$ millones)			Excedentes al Consumidor (US\$ millones)			Excedente Total (US\$ millones)		
	Tecno- logía	Autó- nomos	Total	Tecno- logía	Autó- nomos	Total	Tecno- logía	Autó- nomos	Total
Carne vacuna	-273.2	2323.4	2050.1	581.8	0	581.8	308.6	2323.3	2631.9
Leche	-278.0	2321.8	2043.8	851.6	0	851.6	573.6	2321.9	2895.5
Arroz	-795.8	1876.8	1081.0	1455.2	0	1455.2	659.3	1876.9	2536.2
Total	-1347.0	6522.0	5174.9	2888.6	0	2888.6	1541.5	6522.1	8063.6

a/ Se asume una economía cerrada



llanura. Este programa y la creciente demanda de semilla motivaron el inicio de un proyecto de producción de semillas para generar y entregar semillas al proyecto de desarrollo de pasturas y también para promover la ampliación de la producción de semilla comercial.

Estos antecedentes motivaron la necesidad de documentar a nivel de casos de fincas, localizadas en la Altillanura y Piedemonte, cuáles son los costos de establecimiento y de producción de semilla de B. dictyoneura, cv "Llanero". Igualmente cuáles pueden ser los rendimientos esperados y estimar la rentabilidad para el productor de semilla con posteriores usos alternativos de la pradera establecida.

La información sobre costos incurridos y su distribución en tres fincas que establecieron lotes semilleros entre 1988 y 1989, se consigna en el Cuadro 10.

Los costos directos de establecimiento se estimaron en US\$178/ha para las tres fincas (39 ha). Sobresalen los costos de preparación del suelo (27.6%), fertilización (32.4%), semilla (18.8%) y control de malezas (16.8%).

Con relación a los rendimientos en semilla pura se han reportado desde 16 a 79.6 kg/ha en Carimagua a través de varios años de investigación, variando según el método de cosecha. A nivel comercial se recopiló información en cinco fincas que cosecharon semilla empleando distintos métodos de cosecha (combinada, golpeadora y manual). El rendimiento promedio en semilla pura fue de 37 kg/ha con altos rangos de variación (2.8 a 98.0 kg/ha), los cuales permitieron considerar que el costo unitario (por kg) de semilla pura comercial de Brachiaria dictyoneura está determinado en primer lugar, por los rendimientos promedio obtenidos en cada finca, y en segundo lugar, por los costos totales de recolección según el método utilizado en la cosecha. Los rendimientos de semilla dependieron de

la fertilización de mantenimiento y del momento de inicio de la cosecha. Se registró que con un buen manejo de la fertilización y de la cosecha se lograron rendimientos hasta de 98 kg/ha. Estos altos rangos de variación en los rendimientos reportados son un indicio de los altos riesgos biológicos que asume el productor de semilla comercial.

A nivel experimental los rendimientos de semilla pura obtenidos con el método manual tecnificado fueron significativamente superiores a los obtenidos con los métodos con combinada y golpeadora (Cardozo et al., 1990) (Cuadro 11).

El costo promedio de producción de semilla pura de B. dictyoneura se estimó en US\$6.4/kg, US\$9.1/kg y US\$4.7/kg según se coseche con combinada, golpeadora o manual tecnificada, respectivamente en la Altillanura (Cuadro 11). Con los anteriores datos se estima que con rendimientos de 20-25 kg/ha, se cubren todos los costos variables de producción y de acondicionamiento en finca de la semilla de B. dictyoneura. En la zona de Piedemonte los costos son ligeramente superiores debido a los mayores costos de oportunidad de la tierra.

Con base en los rendimientos promedios de semilla en lotes establecidos y cosechados con golpeadora y el uso posterior de la pradera para la producción de carne o leche más carne (doble propósito), se efectuó un análisis de rentabilidad para el productor ganadero. Para este cálculo se emplearon presupuestos parciales por hectárea (inversiones nuevas en el establecimiento de la pradera, compra de ganado y manejo) y los coeficientes técnicos y económicos se ilustran en el Cuadro 12. Se obtuvieron los siguientes resultados:

- La rentabilidad sería de 31.0% y 41.5% anual cuando la pradera pura (sólo B. dictyoneura) y la asociación con leguminosas respectivamente

Cuadro 10. Costos de establecimiento de *B.dictyoneura* para la producción de semilla (US\$/ha, 1990). Llanos Orientales de Colombia

Labores e insumos	Costo promedio <sup>a/</sup>	Distribución
	(US\$/ha) b/	(%)
Labranza	49.1	27.6
Siembra (mecánica)	7.8	4.4
Semilla	33.5	18.8
Fertilización	57.8	32.4
Control malezas	30.1	16.8
Costos directos	<u>178.3</u>	<u>100.0 %</u>
	<u>Altillanura</u>	<u>Piedemonte</u>
Costos directos	178.3	178.3
Costos administración y asistencia técnica	8.9	8.9
Costo de oportunidad tierra c/	10.8	54.0
Costo/ha	<u>198.0</u>	<u>241.2</u>

a/ Costo promedio ponderado para tres fincas (39 hectáreas, total)

b/ Tipo de cambio: US\$1 = \$530 pesos colombianos a Septiembre 1990.

c/ Costos de oportunidad de la tierra:

Altillanura: 12 kg/ha-año x US\$0.90/kg = 10.8

Piedemonte: 60 kg/ha-año x US\$0.90/kg = 54.0

Cuadro 11. Estimativo del costo unitario de establecimiento, cosecha y labores poscosecha de semilla de *B.dictyoneura* en los Llanos Orientales de Colombia, 1990 (US\$/kg de semilla pura)

	Método de cosecha		
	Combinada	Golpeadora	Manual tecnificado
- Rendimiento promedio a/ (kg semilla pura/ha)	49	32	87
- Costo cosecha: US\$/ha	56.6	51.0	118.9
<u>Costo Unitario (US\$/kg)</u>			
Establecimiento b/	4.0-4.9	6.1-7.5	2.3-2.8
Cosecha	1.2	1.6	1.4
Prelimpieza	0.4	0.6	0.2
Escarificación	0.6	0.6	0.6
Almacenamiento	<u>0.2</u>	<u>0.2</u>	<u>0.2</u>
Altillanura (US\$/kg).....	6.4	9.1	4.7
Piedemonte (US\$/kg).....	7.3	10.5	5.2

a/ Fuente: Cardozo et al. (1990)

b/ Altillanura y Piedemonte, respectivamente

Cuadro 12. Supuestos básicos para el análisis de rentabilidad para el productor de semilla (*B. dictyoneura*) y producción de carne y doble propósito. Llanos Orientales de Colombia, 1990 (una hectárea)

Supuestos	Alternativas			
	Ceba		Doble Propósito	
	a/	b/	a/	b/
<b>A. PRODUCCION Y PRODUCTIVIDAD</b>				
-Ganancia de peso (kg/animal/día)	0.299	0.399	-	-
-Carga animal (animales/ha)	2	2	2	2
-Leche (lt/vaca ordeño/día)	-	-	3	4
-Días de lactancia	-	-	270	270
-Intervalo entre partos (días)	-	-	450	450
-Leche (litros/día IEP/vaca)	-	-	1.8	2.4
<b>B. PRECIOS <sup>c/</sup></b>				
-US\$/kg en pie, productor	0.90	0.90	-	-
-US\$/litro leche, productor	-	-	0.17	0.17
<b>C. COSTO DE MANEJO ANIMAL</b>				
-US\$/animal/mes	1.52	1.52	4.36	4.36
<b>D. COSTOS (US\$/ha)</b>				
-Establecimiento de la pradera	198	234	198	234

a/ Gramínea pura: *Brachiaria dictyoneura*

b/ Asociación: *B.dictyoneura+C.acutifolium*

c/ US\$1 = \$530 pesos colombianos a Septiembre/90

NOTA: Vida útil estimada de la pradera: 8 años con una renovación y refertilización al cuarto año de producción

se pastorean para la obtención de carne, luego de la cosecha de semilla.

- En el supuesto caso de introducir el doble propósito (cría y leche), la rentabilidad sería del 39.2% y 49.9% anual, en la pradera pura y asociada con leguminosas respectivamente.

Se efectuó un análisis de sensibilidad para el caso de pérdida total de la cosecha de semilla con los siguientes resultados:

- Si se produce carne en la pradera pura, se alcanzaría una rentabilidad de 20% anual y se requeriría un incremento del 6% en la producción de carne en la pradera asociada para igualar la rentabilidad a la de la pradera pura.

- En el sistema de doble propósito basado en la pradera pura, se alcanzaría una rentabilidad del 27% y se requeriría incrementar en 5.6% la producción de leche, si fuese una pradera asociada para igualar la rentabilidad a la de la pradera pura.

Los análisis antes referidos tienen una serie de importantes implicancias para el continuado desarrollo de la industria local de semillas y para el proceso de investigación. En primer lugar, es evidente que la tecnología de producción de semilla de B. dictyoneura aún ha tenido poca difusión, a pesar de tener muchos elementos en común con la aplicada para B. decumbens; es muy probable que aún los productores están en la etapa inicial de experimentación con esta especie.

La cosecha de semilla, al igual que en el caso de B. decumbens, debe competir por combinadas con la cosecha de arroz, que en los Llanos Orientales y Piedemonte se realiza en la misma época. Desde este punto de vista, tiene sentido el desarrollo de equipos de bajo costo absoluto y menor costo de oportunidad. La cosecha requiere mayor coordinación y disponibilidad oportuna de los respectivos equipos que en el caso de B. decumbens; las implicancias del punto de vista de la habilidad gerencial requerida para este proceso aún no han sido investigadas pero algunas de ellas son obvias. La época de cosecha coincide con el período de mayor precipitación; ello se ve agravado por el corto período de cosecha que requiere esta especie, todo lo cual aumenta considerablemente los riesgos por pérdida de la semilla y aumento del costo de oportunidad de los equipos por no uso. Una forma importante de compensar en cierta medida dichos riesgos, es el realizar la cosecha en forma oportunista, en lotes que luego serán usados como praderas; de hecho, ésta es la forma común de cosechar B. decumbens también.

### Conclusiones

- A nivel comercial es factible obtener altos rendimientos de semilla comercial de B. dictyoneura, para lo cual se requiere un adecuado manejo del cultivo a través de las prácticas de fertilización y cosecha oportuna de la semilla. Sin estas

prácticas se tiene un alto riesgo de pérdida de la semilla.

- Los costos directos de establecimiento y mantenimiento de un semillero de B. dictyoneura es de unos US\$180/ha, con una alta incidencia de la fertilización (32.4%), las labores de preparación del suelo (27.5%) y semilla (18.8%). En el diseño de las investigaciones deberá considerarse cómo reducir estos costos en favor de la producción comercial de la semilla de esta especie.
- Los rendimientos de semilla pura obtenidos con el método manual tecnificado fueron superiores significativamente a los obtenidos con los métodos con combinada y golpeadora (87, 49 y 32 kg/ha, respectivamente). Lotes con buena producción cosechados manualmente determinan bajos costos unitarios de semilla, pero están limitados para grandes áreas comerciales. Estas requieren métodos mecánicos de cosecha que sean baratos, estén disponibles y sean oportunos para los productores semilleros.
- La rentabilidad para la producción en secuencia de semilla y producción bovina (carne y doble propósito) es muy atractiva: en ambos casos la rentabilidad estimada está entre 30% y 50% anual.
- El análisis de sensibilidad señala que el riesgo económico para el productor es moderado: en el supuesto caso de pérdida de la semilla y si se emplea la pradera en ceba o doble propósito, se esperarían tasas de rentabilidad entre el 20% y 27% con incrementos modestos (aproximadamente 6%) en la producción de carne o de leche requeridos en las praderas asociadas para cubrir los mayores costos de la leguminosa establecida.

- Para una mayor oferta de semilla comercial a bajos costos se requiere además de una mayor difusión de la tecnología de producción de semilla, ampliar las áreas comerciales y presentar alternativas eficientes y competitivas para la recolección de semillas forrajeras.

#### 4. INVESTIGACIONES A NIVEL DE FINCA

La Sección de Economía continúa haciendo énfasis en el desarrollo de metodologías que permitan retroalimentar a los investigadores sobre los sistemas de pasturas predominantes y su manejo y utilización por los productores particulares en regiones tropicales de suelos ácidos.

Conjuntamente con organismos nacionales de investigación, extensión y fomento agropecuario se desarrollan y prueban tecnologías de pasturas asociadas con leguminosas y se evalúa su impacto microeconómico a nivel de finca.

##### 4.1 Región Cauca/Valle, Colombia

Las actividades en esta región, iniciadas en 1986, continúan con la distribución de material vegetativo de especies forrajeras probadas como promisorias para la región y su evaluación en fincas comerciales por el Proyecto Colaborativo con las entidades nacionales FGV, CVC e ICA.

Al inicio de 1990 la Fundación para la Aplicación y la Enseñanza de las Ciencias (FUNDAEC) ingresó al Proyecto Colaborativo como entidad de capacitación y de crédito de fomento para agricultores de bajos recursos económicos. Con dineros del Banco Interamericano de Desarrollo (BID), esta entidad otorga créditos blandos para la compra de ganado y la producción de cultivos. Como exigencia previa a la asignación del crédito el productor solicitante debe haber aprobado el curso de capacitación en ganadería o en agricultura.

Entre Marzo y Mayo de 1990 se realizó

el primer curso de capacitación en ganadería con asistencia de 24 productores vecinos del corregimiento de Mondomo. El curso tuvo una intensidad de una tarde semanal durante diez semanas. Hasta el momento se han aprobado seis créditos para la adquisición de ganado y las vacas fueron compradas recientemente por los productores.

Desde 1988 y hasta el primer semestre de 1990 un total de 167 agricultores compraron 2861 bultos de material vegetativo de las gramíneas Brachiaria dictyoneura (79% del total), B. humidicola (18%) y B. decumbens (3%) (Cuadro 13) lo cual continúa confirmando la preferencia de los agricultores de la región por el B. dictyoneura, gracias a la alta cobertura lograda por esta gramínea, lo que le permite hacer un aporte significativo al control de erosión en los suelos ácidos de ladera.

Se ha incrementado la demanda por el material vegetativo de la leguminosa Arachis pintoí para su utilización como cobertura en el cultivo del café, pero la demanda por leguminosas para su mezcla con gramíneas en praderas sigue siendo limitada. Esto ha llevado a ampliar la base de germoplasma a evaluar, incorporando también algunos materiales arbustivos y a continuar los esfuerzos en la evaluación comparativa de praderas de gramíneas puras contra praderas asociadas con leguminosas en producción de leche con sistemas de doble propósito en fincas comerciales.

Al efecto se terminó la evaluación de una lactancia completa en 24 vacas de doble propósito divididas al azar en dos grupos y pastoreando cada uno de ellos independientemente en 8 ha de B. decumbens puro o en 8 ha de B. decumbens asociado con Centrosema acutifolium CIAT 5568 en pastoreo alterno.

Los resultados, que son presentados en mayor detalle por la Sección de Sistemas de Producción, permitieron estimar que se presentó un incremento del 20% en producción de leche en las vacas que

pastorearon la pradera asociada con leguminosa, las cuales también perdieron menos peso vivo durante la lactancia, lo que permitió a su vez que un mayor número de ellas hubiera reconcebido al terminar la lactancia evaluada.

Se han tenido dificultades para la evaluación comparativa de praderas en fincas pequeñas debido a que en la fase crítica de la sequía los productores abren las puertas de todos sus potreros para que el ganado tenga mayor área de pastoreo y es en ese momento donde lograríamos detectar más fácilmente el efecto de la leguminosa en la producción de leche.

El análisis de la base de datos basada en las encuestas de los 100 productores que compraron material vegetativo de Brachiarias durante 1988 y 1989 permite confirmar que el área media de las fincas de la región es de 10 hectáreas de las cuales el 14% se utiliza en cultivos anuales (yuca, frijol, maíz, tomate, etc.) y perennes (principalmente café).

Ya que solamente el 39% de los productores encuestados fertilizan sus cultivos esto los obliga a mantener cerca del 40% del área de sus fincas en rastrojo, con el fin de lograr una recuperación parcial de la fertilidad del suelo, después de seis a ocho años de descanso en barbecho. El 18% del área se encuentra en potreros cubiertos

por especies nativas como Paspalum notatum y Axonopus compressus; por especies naturalizadas como Melinis minutiflora e Hyparrhenia rufa y por especies introducidas recientemente como el Brachiaria decumbens y el 2.4% del área está plantada en pastos de corte.

Estos potreros y pastos de corte se utilizan para vacas manejadas bajo el sistema de doble propósito, que no sólo producen leche para el consumo familiar sino también excedentes que se venden en las propias veredas y proporcionan flujo de caja para suplir las necesidades básicas familiares. Los potreros se utilizan además para mantener los bueyes y equinos de trabajo. Se ha observado el pastoreo de las áreas de rastrojo lo que disminuye la carga animal, principalmente durante la sequía.

Sumando el área potencialmente disponible para pasturas ésta equivaldría al 60%, la cual permitiría de igual manera que el rastrojo, recircularse ocasionalmente con los cultivos tradicionales en la región.

El desarrollo de un sistema de doble propósito sustentado en praderas asociadas persistentes, productivas y que conserven el ecosistema de la región permitiría diversificar los sistemas de producción existentes y estabilizar los ingresos de estos productores de bajos recursos económicos.

Cuadro 13. Proyecto Colaborativo FGV-CVC-FUNDAEC-ICA-CIAT (Cauca/Colombia): Resumen de ventas de material vegetativo de Brachiarias. 1988-1990

Especies	Bultos <sup>a/</sup>	%	Número usuarios	Bultos/ usuario (promedio)
Brachiaria dictyoneura	2263	79.1	127	18
Brachiaria humidicola	520	18.2	35	15
Brachiaria decumbens	78	2.7	5	16
TOTAL VENTAS	2861	100.0	167	17

<sup>a/</sup> 20 kg cada bulto

El precio de la leche no sufre los altibajos comunes a los vegetales, cuya cosecha por falta de riego se produce simultáneamente en un corto período de tiempo. La leche como producto diario principal del sistema no tendría problemas de mercadeo por su escasez en la región y en los mercados de ciudades próximas por buenas vías de comunicación como Cali y Popayán.

Los costos actualizados del establecimiento mediante propagación vegetativa para una hectárea de pradera se presentan en el Cuadro 14. Se observa que el rubro de mayor costo es el de preparación de suelo. Con la finalidad de intentar reducir estos costos se concluyó un ensayo de labranza cero con la utilización de un herbicida. Los resultados obtenidos del ensayo permiten recomendar la aspersión uniforme del herbicida Glifosato a la dosis de 700 g/ha equivalentes a 2 lt/ha del producto comercial Roundup disueltos en 400 lt de agua. Esto reduce a la mitad los costos de preparación y evita la erosión del suelo.

### Retroalimentación obtenida del Proyecto Colaborativo

La información generada por el proyecto es de gran valor para orientar tanto la metodología de difusión de nuevo germoplasma de especies forrajeras como los temas que requieran mayor investigación y adaptación para su utilización por los productores de los suelos ácidos tropicales.

Gracias a las experiencias obtenidas del proyecto hemos aprendido hasta el momento que:

- Es posible la difusión a bajo costo de ciertos nuevos materiales forrajeros en forma de material vegetativo mediante un esquema de semilleros descentralizados en las veredas.
- Brachiaria dictyoneura ha sido aceptado como gramínea que además de ser atractiva en términos de su producción permite hacer un aporte significativo al control de erosión en la región.

Cuadro 14. Costos estimados de establecimiento de una hectárea de pastos mejorados en la región de Mondomo/Pescador (Agosto 1990)

Costos estimados		\$/ha	US\$/ha*	%
A. Preparación de suelo: Una yunta de bueyes y un operario	6 días/ha	40.000	77	48
B. Corte de material vegetativo	4 jorn/ha	7.200	14	9
C. Acarreo de material vegetativo	1 jorn/ha	1.800	3	2
D. Siembra de material vegetativo	12 jorn/ha	21.600	41	25
E. Fertilización fosfórica: Roca fosfórica (\$40.000/ton en finca)	200 kg/ha	8.000	15	10
F. Aplicación de fertilizante	3 jorn/ha	5.400	10	6
TOTAL CON FERTILIZACION....		84.000	160	100

\* Tasa de cambio \$520 pesos colombianos por dólar

- NOTAS:
- a) Asume existencia de semillero de material vegetativo en la finca o próximo.
  - b) No incluye limpieza o control de malezas que puede ser necesario en ciertas situaciones.
  - c) Cuando se usan recursos de mano de obra y bueyes propios, los gastos en efectivo no exceden a \$8.000 por hectárea.

- Hasta la fecha el éxito en incorporar leguminosas ha sido limitado. Esto ha llevado a ampliar la base de germoplasma a evaluar incorporando también materiales arbustivos.
- Parece haber un rol interesante para ciertas leguminosas como cultivos de cobertura en cultivos perennes (café) y posiblemente en la yuca. El Programa de Yuca en CIAT está realizando esta investigación.
- Para estimular la siembra y utilización de praderas asociadas con algunas leguminosas de fácil propagación vegetativa, por parte de los productores, se hipotetiza que los semilleros deben sembrarse y mantenerse igualmente asociados, no sólo para que sean vistos como tal sino también para que su material vegetativo como fuente de semilla tenga que sembrarse asociado.
- Con el fin de que los productores obtengan un mayor rendimiento del material vegetativo, los semilleros deben ser pastoreados, de manera racional, para evitar el empacado y transporte de hojas que no aportan material de rebrote.
- Los altos costos y el largo tiempo requerido para el establecimiento obligan a los productores a establecer sus praderas a través de cultivos, aprovechando así la misma preparación del suelo y fertilización residual hecha al cultivo. Se debe por tanto investigar sobre el momento más oportuno y la forma que menos afecte los rendimientos del cultivo, sin afectar a su vez el rápido y vigoroso establecimiento de la pradera.
- Sumando las áreas existentes actualmente en praderas y rastrojos (60%) se obtiene un área significativa que soportaría el desarrollo de una cuenca lechera, que permitiría, al recuperar la fertilidad del suelo como praderas, recircular estas áreas con cultivos manteniendo la diversificación del sistema de producción con mayor productividad y bienestar para sus pobladores.
- Con la prioridad de reducir no solo los costos sino el tiempo de establecimiento de las praderas y aumentar su persistencia se debe investigar cuáles son, además del fósforo, los elementos minerales críticos para lograr un sistema autosostenible y productivo.
- Este tipo de trabajo ha sido útil para documentar la viabilidad de hacer investigación adaptativa y transferencia en pasturas tropicales con esquemas sencillos adaptados a la dotación de recursos de muchas entidades en regiones de minifundio. Esto ha llevado a que varias instituciones están ensayando mecanismos semejantes en tres regiones del país.
- Para el Programa de Pastos Tropicales del CIAT, la experiencia está generando un nexo importante con entidades interesadas en conservación de recursos naturales y desarrollo de zonas de minifundio en suelos ácidos. Esto complementa en forma valiosa la experiencia de la institución en sistemas de producción más extensivos en las sabanas de América Latina.

#### 4.2 Caquetá/Colombia

El Proyecto Colaborativo de evaluación de tecnología de pasturas asociadas con leguminosas en fincas privadas y la Estación Experimental del ICA en la región de bosque húmedo tropical continuó durante 1990 con las mismas instituciones inicialmente involucradas (NESTLE-FGV-SENA-INCOR-UNIAMAZONIA-ICA y CIAT).

Se continuó con la medición de la producción láctea y del comportamiento agronómico de las praderas puras y asociadas con leguminosas bajo pastoreo



en cinco fincas privadas. La fase de campo se terminará a mediados de 1991 y para el informe de tal año se presentarán los resultados obtenidos.

Hasta el momento las leguminosas han persistido en proporción similar a la población inicial pero el B. decumbens y el B. dictyoneura sufrieron un ataque severo de mión (Aeneolamia varia, Zulia colombiana) que disminuyó en mayor intensidad la población de B. decumbens, no así al B. dictyoneura que presentó una mayor y más rápida recuperación al ataque del insecto.

## 5. EVALUACION ECONOMICA DE PRACTICAS AGROFORESTALES EN LA SELVA BAJA DEL ECUADOR

Entre 1985-1990 el Ministerio de Agricultura y Ganadería del Ecuador (MAG) con el apoyo técnico y financiero de la Agencia para el Desarrollo Internacional (USAID) adelantó un proyecto de promoción de tecnología agroforestal mejorada en la Selva Baja Ecuatoriana. El principal objetivo del proyecto era intensificar los sistemas agroforestales tradicionales a través de prácticas como:

- a) Introducción y manejo de especies forestales de valor comercial en poblaciones "óptimas" (100 árboles/ha) en combinación con plantaciones de café (sistema agrosilvícola) y pasturas (sistema silvopastoril) en fincas de colonos de la región.
- b) Técnicas de podas de café (deschupone, agobio y recepas).
- c) Movilización de la leguminosa Desmodium ovalifolium CIAT-350 como cultivo de cobertura en café y forrajera en asociación a la gramínea Brachiaria humidicola INIAP-701.

Con esta estrategia de intensificación el MAG pretende incrementar en forma sostenida el ingreso de los colonos de la región acentados en el bosque secundario y aliviar las presiones de

población sobre el bosque primario.

Este informe discute la factibilidad técnica y viabilidad económica de intensificar las prácticas agroforestales tradicionales seguidas por los colonos con tecnología mejorada y forma parte de un estudio más amplio de evaluación del impacto socioeconómico de esta tecnología iniciada en 1988.

### 5.1 Atractividad Financiera

El Cuadro 15 refleja los flujos de márgenes brutos totales por año para las diferentes actividades de producción agroforestales en esta región. Las TIR para las prácticas agrosilvícolas mejoradas son sensiblemente superiores a las prácticas tradicionales y al costo de oportunidad del dinero invertido (8%) reflejando un alto retorno anual. En el sistema silvopastoril mejorado dichas tasas de rendimiento son ligeramente superiores al sistema tradicional pero inferiores al costo del dinero lo cual sustenta aún más la hipótesis de que la producción de ganado se realiza en un margen extensivo a fin de reducir el riesgo sobre el derecho de uso de la tierra, asociados con el uso no agrícola de la misma o con el mantenimiento de áreas relativamente grandes como bosque primario.

A fin de examinar la atractividad relativa para el colono de cambiar de una práctica tradicional a una mejorada el Cuadro 16 presenta los flujos marginales y TIR marginales de cada práctica individual. Es evidente que las nuevas prácticas agroforestales son financieramente atractivas particularmente el manejo de regeneración natural y residual de especies de valor comercial, podas y uso de D. ovalifolium como cobertura en café. No así la introducción de B. humidicola bajo el desempeño animal observado, con ganancias de peso promedio inferiores a 400 g/animal/día y cargas promedio de 1.1 UA/ha.

Llama la atención la alta viabilidad financiera de todas las prácticas. Esta

Cuadro 15. Flujo de márgenes brutos totales por año para diferentes actividades de producción agroforestales en El Napo (precios constantes de Enero de 1990, US\$1 = 680 Sucres)

Año	SISTEMA AGROSILVICOLA				SISTEMA SILVOPASTORIL		
	C a f é				Brachiaria decumbens		Brachiaria humidicola
	(1)	(2)	(3)	(4)	Tradicional	Mejorado <sup>d</sup>	Mejorado <sup>e</sup>
	Tradicional	Mejorado <sup>a</sup>	Mejorado <sup>b</sup>	Mejorado <sup>c</sup>			
0	-283.85	-283.85	-359.35	-376.55	-228.64	-228.64	-247.96
1	-181.40	-181.40	-188.10	-71.00	-275.95	-275.95	-262.92
2	-186.82	-186.82	-145.96	-33.13	-17.96	-17.96	4.75
3	-117.68	-127.68	32.66	154.34	-51.21	-51.21	6.34
4	-39.92	-39.92	32.66	154.34	-45.71	-55.71	1.74
5	-55.82	-55.82	176.46	306.14	-90.86	-90.86	-24.11
6	-134.50	-134.50	201.46	331.14	-66.10	-66.10	-17.69
7	-257.96	-277.96	230.56	331.14	81.17	61.17	-13.65
8	0	0	348.20	419.20	0	0	-17.43
9	0	0	151.00	159.00	0	0	-115.11
10	0	0	134.00	142.00	0	0	0
11	0	0	33.20	42.00	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0
20	844.27	1428.93	1428.93	1428.93	275.78	1143.14	1143.14
VPN (8%)	-848.18	-649.47	388.33	992.49	-526.49	-356.17	-206.58
Anualidad (8%)	-84.67	-64.83	38.76	99.08	-52.56	-35.55	-20.62
TIR (%)	-6.27	0.75	13.93	28.12	-4.66	2.69	4.58

a/ Manejo de 100 árboles/ha y café tradicional (efecto de árboles)

b/ Manejo de 100 árboles/ha y café con podas (deschupone) (efecto de podas)

c/ Manejo de 100 árboles/ha y café con podas y D. ovalifolium (efecto podas más leguminosa de cobertura)

d/ Manejo de 80 árboles/ha con B. decumbens en sistemas de cría y ceba (efecto árboles)

e/ Manejo de 80 árboles/ha con B. humidicola en sistemas de cría y ceba (efecto gramínea)

Cuadro 16. Atractividad financiera para los colonos de la introducción de prácticas agroforestales mejoradas a nivel de parcelas en El Napo<sup>1</sup> (Precios constantes de Enero 1990, US\$1 = 680 Sucres)

Año	Arboles en		Podas y D. ovalifolium en café	Desmodium ovalifolium con café	Podas Café	Brachiaria humidicola
	Café	Pasturas				
0	0		-92.70	-17.20	-75.50	-15.32
1	0	0	110.40	117.10	-6.70	13.03
2	0	0	153.69	112.83	40.86	22.71
3	0	0	272.02	121.68	150.34	57.55
4	-10.00	-10.00	194.26	121.68	72.58	47.45
5	0	0	361.96	129.68	232.28	66.75
6	0	0	465.24	129.68	335.96	48.41
7	0	0	589.10	100.58	488.52	-94.82
8	-20.00	-20.00	419.20	71.00	348.20	-17.43
9	0	0	159.00	8.00	151.00	115.11
10	0	0	142.00	8.00	134.00	0
11	0	0	42.00	8.80	33.20	0
12	0	0	0	0	0	0
13	0	0	0	0	0	0
14	0	0	0	0	0	0
15	0	0	0	0	0	0
16	0	0	0	0	0	0
17	0	0	0	0	0	0
18	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0
20	1428.39	1143.14	0	0	0	0
Valor Presente						
Neto (8%)	268.48	211.02	1641.97	604.16	1037.80	149.58
Anualidad (8%)	26.80	21.07	163.92	60.31	103.60	14.93
TIR (%)	33.83	31.00	156.87	678.48	80.30	1.89

1/ Flujos marginales por hectárea, para un ciclo de rotación en los sistemas de 21 años.

se define por: (a) el bajo monto relativo de las inversiones de capital adicional, (b) el monto positivo de los márgenes brutos sugiriendo un sensible mejoramiento del nivel y distribución de los ingresos a través del tiempo.

Ya que el monto de estas inversiones marginales es tan pequeño, y teniendo en cuenta que la mano de obra es el recurso más crítico del sistema, un criterio complementario de análisis de la atractividad económica de esta tecnología es la retribución a la mano de obra (Cuadro 17). Asumiendo que el costo de oportunidad de la mano de obra es de US\$2/jornal (valor del salario actual), claramente para un colono resulta más ventajoso asignar su mano de obra y la de su familia a intensificar la producción de madera, café y pasturas en bosque secundario que asignarla a aserrar madera y/o deforestar para establecer sistemas tradicionales de café y pasturas.

Estos resultados claramente hablan en favor de los sistemas agroforestales mejorados como una estrategia apropiada

para esta región ya que: (a) reduce la atracción para el colono de usar su mano de obra en expandir la frontera con fines agrícolas tradicionales. De hecho bajo las prácticas tradicionales, los pequeños colonos que buscan fuentes alternativas de ingresos en efectivo para compensar períodos de iliquidez originados por la estacionalidad en los precios del café. Así, 61% de los colonos en la muestra continuaban tumbando bosque y aserrando madera como actividades de "caja menor". (b) Hace atractiva la combinación de árboles con café y pasturas. Plantaciones o rodales de árboles no son financieramente viables ya que al cargar todos los costos de mano de obra en la apertura del bosque primario, mantenimiento y corte de los árboles la retribución de la mano de obra puede ser inferior a su costo de oportunidad de US\$2/día; y (c) hace atractivo asignar su mano de obra preferentemente a actividades que mejoran el nivel y el flujo de dinero en efectivo en el tiempo lo cual ayuda a explicar el "boom" de siembras de café (80000 ha en 12 años) como la principal actividad de producción de la región.

Cuadro 17. Retribución marginal a la mano de obra (US\$/jornal) y ahorro en mano de obra en diferentes actividades de producción agroforestales en El Napo

Práctica agroforestal	Mano de obra finca		Ahorro mano de obra (jornales /ha/año)
	Total	Familiar	
Manejo: árboles en café	MA	MA	9.81
podas en café	4.37	3.51	
-Introducción <i>D. ovalifolium</i> como cobertura en café	2.59	5.84	
-Manejo de árboles, podas y <i>D. ovalifolium</i>	13.39	7.36	
-Manejo árboles en pasturas	2.18	2.24	
-Introducción <i>B. humidicola</i>	MA	MA	10.14
-Aserrar madera en el bosque vs: café	2.12	1.71	
ganado	2.19	1.59	

MA = muy alta

## 5.2 Adopción de Prácticas Agroforestales

El Cuadro 18 condensa el nivel ex-post de adopción (número de colonos adoptadores) de la tecnología agroforestal mejorada y el efecto del subproyecto y de difusión autónoma sobre dicho nivel.

Las tasas de adopción encontradas son consistentes con su atractividad económica y con el período relativamente corto (menor de 4 años) de exposición de los colonos a éstas principalmente con relación al nuevo germoplasma de pasturas.

De acuerdo con su rentabilidad y contribución al mejoramiento del flujo de dinero en efectivo y retribución a la mano de obra, el manejo de la regeneración natural de árboles en ambos sistemas de producción era generalizado. Del mismo modo, el manejo de las podas del café era practicado ampliamente entre los colonos sugiriendo que el techo potencial de adoptadores podría haberse alcanzado al momento de este estudio.

El mejoramiento en el flujo de ingresos en efectivo y mayores rendimientos del café fueron identificados por los colo-

nos como las principales razones para la adopción en amplia escala de estas prácticas específicas (Cuadro 19).

Por su parte, la introducción de *D. ovalifolium* CIAT 350 como cultivo de cobertura en café y forrajera en asociación con gramíneas se encontró en un estado muy temprano de adopción. Mientras el 5.1% de los colonos en la muestra habían incorporado la leguminosa en las plantaciones de café sólo el 1% la habían adoptado en potreros establecidos.

La encuesta reveló que la falta de conocimiento por los colonos de estas prácticas y el temor de los agricultores de una invasión potencial por la leguminosa de sus cultivos y pasturas (riesgo de costos incrementales) eran restricciones principales para la mayor aceptación de este ecotipo de *D. ovalifolium*. No obstante, su excelente adaptación a las condiciones locales de suelos rojos de colina y bosque húmedo no estacional este ecotipo parece ser muy sensible a las prácticas de manejo. Se confirmó que el manejo inadecuado de la leguminosa por los colonos podía conducir a la invasión de los potreros y/o a dificultar el manejo y cosecha

Cuadro 18. Nivel de adopción y efecto de prácticas de extensión agroforestales sobre la adopción (n=190)

Práctica agroforestal	Nivel de adopción (%)	Efecto de Extensión	
		Sub-proyecto	Difusión autónoma
Manejo de árboles: -en café	98.9	29.9	70.1
-en pasturas	78.5	29.9	70.1
Podas en café	92.5	19.1	80.9
Uso de <i>D. ovalifolium</i> CIAT-350			
- en café (cobertura)	5.1	75.9	24.1
- en pasturas (asociación)	1.0	52.2	47.3
Uso de <i>B. humidicola</i> INIAP-701	6.8	47.6	52.-

del café debido a su alta agresividad. Para controlarlo, los agricultores estaban introduciendo herbicidas y mano de obra más costosos. Este problema podría eliminarse con la introducción de germoplasma de leguminosas forrajeras promisorio y menos agresivo como el caso de *Arachis pintoi* el cual mostró buenas características de adaptación y comportamiento en pequeñas parcelas de observación en fincas de ambos sistemas.

La tasa de adopción observada de *B. humidicola* INIAP 701 era del 6.8% en las fincas de la muestra (potreros con un área mayor de 0.5 ha). Para los colonos localizados en suelos rojos de colinas este ecotipo adolece de tolerancia a la sombra y competencia con malezas cuando se establece en condi-

ciones de sotobosque después de la tumba del bosque primario. Esto hace su establecimiento más costoso y poco atractivo como gramínea pionera. No se encontraron agricultores en la muestra que sembraran esta gramínea en renovación de pasturas (gramínea adaptada) en este tipo de suelos. Se encontró además que tanto *B. decumbens* CIAT 606 como *B. humidicola* INIAP 701 mostraban algunos signos de degradación, principalmente a través de bajos contenidos de proteína cruda (menos de 7%) independiente de la edad de las pasturas y carga animal. Estos resultados sugieren que la introducción y prueba de especies de gramíneas y leguminosas menos exigentes en términos de manejo por los colonos podría ser una forma apropiada para fundamentar un sistema silvopastoril más productivo que el observado.

Cuadro 19. Frecuencia de las principales razones expresadas por los colonos para adoptar o no adoptar prácticas agroforestales (n=190)

Práctica/razón	Número de colonos	Porcentaje	
		Adoptadores	No Adoptadores
a) Árboles en café/ pasturas:			
-venta de madera:	116	61.0	
b) Podas en café:			
-mayor producción:	147	78.4	
c) <i>D. ovalifolium</i> en café:			
-reduce mano de obra:	10	45.5(22)	
-falta semilla:	12		24.0 (50)a
-dificulta cosecha:	19		38.0 (50)a
-no conocen práctica:	111		58.4(190)b
d) <i>D. ovalifolium</i> en pasturas:			
-falta semilla:	11		16.4 (67)a
-invade pasturas:	15		22.4 (67)a
-bajo consumo animal:	22		32.8 (67)a
-no conoce práctica:	75		47.9(144)c
e) <i>B. humidicola</i> :			
-mayor persistencia:	9	37.5(24)	
-falta semilla:	30		25.0(120)a
-lento establecimiento:	40		33.3(120)a
-falta ganado:	14		11.7(120)a
-no conoce práctica:	44		30.6(144)c

a/ Número de colonos en la muestra que conocen la práctica pero no la han adoptado

b/ Número de colonos que tienen café

c/ Número de colonos que tienen pasturas

### 5.3 Conclusiones e Implicaciones

El análisis de la información permite concluir:

- La intensificación de los sistemas agroforestales tradicionales de la Selva Baja Ecuatoriana es técnicamente factible y económicamente viable. Con tecnología mejorada como la estudiada es posible aumentar la producción de madera, café y carne, y al mismo tiempo reducir los niveles de uso de mano de obra que es el recurso más importante de las fincas con muy pequeñas inversiones y gastos de capital adicionales.
- Dicha intensificación hace muy atractivos los sistemas agroforestales y puede conllevar a mayores presiones de población sobre la Selva Baja, mientras este recurso sea de "libre acceso". Para contrarrestar dichas presiones se requiere diseñar políticas de tenencia de tierras que: (a) hagan reconocimiento explícito de la conservación y manejo de áreas en bosque primario por las comunidades indígenas y los colonos ya establecidos y el manejo agroforestal intensivo del bosque secundario como formas de uso de la tierra socialmente deseables para esta región. (b) Reduzcan el área a asignar (50 hectáreas) a la luz de la ubicación de los predios según tipo de suelos, disponibilidad de mano de obra familiar y el potencial de esta tecnología agroforestal. Esto contrasta con el hecho de que la legislación vigente promueve la deforestación del bosque primario y su uso en alguna forma de agricultura como condición para reclamar el título de propiedad. Por su parte, el manejo de la regeneración natural de especies forestales en bosque secundario debe reconocerse como una técnica apropiada de reforestación, de manera que los colonos puedan beneficiarse de la venta de madera sin demostrar la "siembra" de árboles previa.
- La intensificación de los sistemas agroforestales debe resultar atractiva para las instituciones especialmente interesadas en el manejo racional del bosque secundario de la Amazonía y la conservación de áreas naturales y comunidades nativas. Más aún cuando no existe el riesgo de que la intensificación tenga implicaciones sociales y ecológicas por una creciente demanda de mano de obra. Es claro que la tecnología mejorada favorece el uso más productivo de la mano de obra existente, mejorando el nivel y reduciendo las fluctuaciones en el flujo de dinero en efectivo de las fincas, aún en épocas de bajos precios del café. Esto puede significar una reducción en la presión actual de los colonos sobre el bosque primario para la extracción de madera como "caja chica" o fuente de ingresos compensatorios y para expandir aún más la frontera agrícola.
- En un país como Ecuador la disponibilidad de recursos de capital para invertir en programas de desarrollo agropecuario y forestal es baja y tiene altos costos de oportunidad entre las diversas regiones (Costa, Sierra y Amazonía). En consecuencia, el desarrollo agroforestal de esta zona puede depender de: (a) la capacidad de los colonos para organizarse en cooperativas, grupos asociativos, etc a fin de aumentar su probabilidad de acceso a los servicios institucionales para la producción, mercadeo y financiamiento (grass-root development). (b) El interés de las instituciones de apoyar este desarrollo como estrategia de preservación del recurso amazónico en el largo plazo. Una posible fuente de financiamiento de esta actividad puede ser la compra de deuda externa.
- Es de esperar que la producción de café continúe siendo la principal fuente de ingresos de los colonos pero a su vez el mayor factor de

inestabilidad de los ingresos en efectivo debido a la volatilidad en los precios internacionales del grano y la reciente incidencia de la Broca del café (Hypothenomus hampeii). Dada la relación estrecha entre la liquidez de los colonos y la presión sobre el bosque primario es necesario estabilizar aún más los ingresos de los colonos a través de: (a) la intensificación de la producción actual de café, (b) la producción más intensiva de ganado vacuno en sistemas de doble propósito y cebs, y (c) el manejo continuado de la regeneración natural de especies de alto valor comercial para la producción intensiva de madera.

Lo anterior requiere de esfuerzos continuados de investigación aplicada y extensión agroforestales incluyendo prácticas de agobio y renovación de los cafetales, movilización de germoplasma promisorio de gramíneas y leguminosas forrajeras tolerantes a la sombra y menos exigentes en prácticas de manejo y planes individuales de manejo silvícola de las especies forestales existentes.

De hecho, el temor de los agricultores de invasión potencial de sus cultivos y pasturas por Desmodium ovalifolium CIAT 350 ilustra que tecnologías inadecuadamente probadas pueden llegar a debilitar el encadenamiento entre investigación-extensión y agricultor en este proyecto.



## 24. ECONOMIA

### RESUMEN

Durante 1990, gran parte de los esfuerzos de la Sección fueron dedicados a proporcionar apoyo y colaboración en la elaboración del nuevo plan estratégico del CIAT, en cooperación con los economistas de los otros programas. Como parte de este ejercicio fueron calculados ex-ante los beneficios económicos logrados por los consumidores y por los productores como consecuencia del cambio tecnológico en las industrias de la carne y de la leche. Los beneficios netos directos para leche y carne en América Latina Tropical fueron estimados en US\$5.1 billones. De igual forma, los beneficios indirectos derivados del efecto multiplicador de la nueva tecnología fueron estimados en US\$2.8 billones.

Un detallado análisis económico ex-ante se realizó para evaluar el establecimiento de pasturas asociadas con el cultivo de arroz. Dentro de este contexto se realizaron varias actividades complementarias, incluyendo la estimación de los beneficios esperados a nivel de finca, una encuesta para estimar la viabilidad de esta tecnología en el área de la Altillanura Oriental de Colombia, la estimación de los beneficios agregados a nivel de todo el país y las economías de escala a ser obtenidas en términos de los insumos y la maquinaria utilizados. Todos estos estudios sugieren que el establecimiento de pasturas a través del cultivo de arroz y la rotación y renovación de pasturas con arroz son altamente atractivos y rentables. A manera de ejemplo, y asumiendo una producción de 2.5 ton/ha de arroz en paddy, la tasa interna de retorno (TIR) calculada para la producción de carne en la pradera establecida a través del cultivo de arroz, fue estimada en 23% y la TIR para la producción de leche en un sistema de doble propósito, utilizando igual forma para el establecimiento de la pradera, se estimó en el 32%.

En un estudio de diagnóstico conducido en 1989 en la Altillanura Oriental de Colombia se identificó el alto costo de las semillas comerciales de especies de gramíneas y leguminosas mejoradas, como un importante factor que limita su amplia adopción. Utilizando datos de costos y rendimientos en la producción de semillas en cinco fincas particulares, se realizó un análisis económico para la producción de semilla de B. dictyoneura cv Llanero. Se encontró que es posible obtener rendimientos relativamente altos en la producción, pero que éstos implican un manejo más sofisticado que el empleado por los productores privados, si se desea que disminuya el riesgo de reducción en la producción de semilla. Una operación altamente atractiva es la combinación de la cosecha de semilla en el segundo año después del establecimiento de la pradera y la subsecuente producción de carne o de leche en el sistema de doble propósito. Esto resultó en una TIR del 37% y 58%, la cual disminuiría al 20% y 27% respectivamente si la producción de semilla fallara completamente.

La evaluación de pasturas en fincas continuó en Cauca y Caquetá - Colombia y en Napo-Ecuador. El proyecto implementado con FUNDAGRO en el Ecuador finalizó en Marzo de 1990. Fue realizado un análisis bioeconómico sobre el total de prácticas agrosilvo-pastoriles realizadas por los productores. El mejoramiento de las prácticas de agroforestería se demostró que es técnicamente factible y económicamente viable. En particular, el manejo de la población de árboles por regeneración natural en praderas y cultivos de café y la introducción de leguminosas de cobertura en este cultivo mostraron altas tasas internas de retorno y contribuyeron a incrementar los rendimientos y la productividad de la mano de obra.

40535

## 25. Pasturas Sostenibles Basadas en Leguminosas

### INTRODUCCION

Este reporte describe las actividades del grupo multidisciplinario (la Unidad para el Desarrollo de Pasturas) conformado por el Programa de Pastos Tropicales para trabajar en el entendimiento mecanicista del complejo de la pastura de gramínea-leguminosa. En la preparación de este informe se ha recabado información de las siguientes secciones del PPT: Ecofisiología, Calidad y Productividad de Pasturas, Fijación y reciclaje de Nitrógeno, Ecología de Savanas, Relaciones Suelo/Planta y Reciclaje de Nutrientos. Las savanas de los trópicos bajos de América Latina tienen vastas áreas de suelos ácidos e infértiles con vegetación nativa de baja calidad y productividad. Estas áreas se han usado tradicionalmente para la cría extensiva de ganado, y mas recientemente para la producción de cultivos en ciertas partes de los cerrados en Brazil y de los llanos en Venezuela. La presión constante del crecimiento poblacional, la pobreza y la degradación asociada del ambiente, requieren un aumento en la producción de carne, leche y cultivos en estas tierras mediante sistemas sostenibles. Estos aumentos deben provenir de sistemas de pasturas basadas en leguminosas que reciclen los nutrientes eficientemente sin requerir grandes cantidades de fertilizantes ya que esta última no es una opción posible o deseable.

En ecosistemas naturales tales como los bosques tropicales, el reciclaje de los nutrientes es usualmente muy eficiente

con un balance adecuado entre la pérdida de nutrientes y la ganancia de estos a partir de la atmósfera o la descomposición del material parental del suelo.

En los ecosistemas agrícolas, este proceso eficiente de reciclaje es roto por la remoción de nutrientes por la planta y esta asociado con pérdidas por lixiviación y erosión edáfica en aquellos períodos en los cuales no hay una cobertura total del suelo. De los ecosistemas agrícolas, el pastoreo ocasiona pérdidas menores de suelo y nutrientes que el cultivo tradicional y esta característica se ha usado durante siglos como un medio para acumular nutrientes en el suelo.

Los científicos de pasturas han mostrado que las cantidades de nutrientes removidas por animales en pastoreo son pequeñas cuando se comparan con un cultivo porque los animales retienen solo una pequeña proporción, alrededor del 20%, de los nutrientes ingeridos. El restante es devuelto al suelo a través de las excreciones animales. Se ha mostrado también, que las pérdidas de nutrientes de las excreciones por volatilización o lixiviación pueden ser grandes, dependiendo de las condiciones ambientales.

En las pasturas de savanas tropicales, generalmente subutilizadas, el retorno de los residuos del forraje al suelo, es cuantitativamente la ruta más importante para el reciclaje de nutrientes

y esto se puede manejar hasta un cierto punto por la selección de especies de pasturas, las cuales determinarán la calidad del residuo, y por el manejo del pastoreo, el cual determina la cantidad de residuo disponible para el reciclaje.

El Programa de Pastos Tropicales (PPT) ha desarrollado tecnologías que hacen uso de pocos insumos para mejorar la productividad mediante la introducción de germoplasma nuevo de gramíneas y leguminosas bien adaptadas a los suelos ácidos y pobres. En estos sistemas, la leguminosa juega un papel muy importante en el mejoramiento de las pasturas debido a su habilidad para ofrecer una fuente de nitrógeno por medio de la fijación del nitrógeno atmosférico, por la estimulación del reciclaje de otros nutrimentos y al mejorar la calidad de la pastura para los rumiantes en pastoreo.

Aunque se han obtenido aumentos espectaculares en productividad animal usando pasturas basadas en leguminosas en comparación con pasturas nativas o basadas en gramíneas solamente, existe solo una información limitada en cuanto a la sostenibilidad de estos sistemas, su manejo para mantener un contenido adecuado de leguminosas o la extensión en la cual la introducción de nuevas especies de gramíneas o leguminosas puede mejorar la fertilidad del suelo para el establecimiento de sistemas pastoriles o agropastoriles continuos. Aún más, es necesario formular asociaciones entre nuevas gramíneas y leguminosas y diseñar sistemas de manejo apropiados para garantizar altos niveles de productividad, estables a largo plazo.

Las pasturas tropicales basadas en leguminosas también juegan un papel importante en la recuperación de suelos degradados por el uso inadecuado de métodos de cultivo o de sistemas de producción animal. Por lo tanto, es importante entender el reciclaje de nutrimentos y el aumento de materia

orgánica bajo pasturas pastoreadas de gramíneas y leguminosas. Los sistemas de pasturas tropicales son probablemente más difíciles de manejar que sus contrapartes en zonas templadas, debido principalmente a que las gramíneas y leguminosas componentes tienen fundamentalmente fisiologías diferentes.

#### RAZONAMIENTO PARA EL USO DE UN MODELO

Las pasturas son sistemas complejos, mucho más que los cultivos en general porque la escala de tiempo involucrada es más larga, hay mucha menos oportunidad de manipular las condiciones para el crecimiento del cultivo, están involucradas varias especies de plantas, generalmente con fisiologías contrastantes, y más aún, el animal en pastoreo ejerce una profunda influencia sobre el sistema.

Para mejorar nuestro entendimiento y habilidad para definir las reglas de manejo para el pastoreo y/o el agropastoreo, se requiere establecer un estudio multidisciplinario integrado. El PPT ha conformado un grupo de esta naturaleza, la Unidad de Desarrollo de Pasturas (UDP) con el objetivo de obtener un entendimiento sobre las relaciones entre:

- factores edáficos y germoplasma (adaptación)
- fijación de nitrógeno y reciclaje
- reciclaje de nutrimentos y fertilización de mantenimiento
- compatibilidad y competencia de la asociación leguminosa/gramínea
- selectividad del pastoreo y su influencia sobre la productividad de las plantas, su persistencia y competencia, el reciclaje de nutrimentos y la producción animal.

La investigación tradicional empírica requiere muchos recursos y puede lograr solo un pequeño progreso, el cual es alcanzado sin un entendimiento claro de los procesos críticos para el funcionamiento del sistema. Sin embargo, se ha logrado un progreso considerable con algunas pasturas de clima templado al

sintetizar el conocimiento de la fisiología de las plantas que componen la pastura, su reacción a los diferentes factores ambientales que limitan el crecimiento de la planta, y la influencia sobre el animal en pastoreo, tanto como consumidor del forraje y como componente clave en el reciclaje de los nutrimentos, de los cuales el modelo Hurley de pasturas (Thornley y Verberne, 1989, Plant Cell Environment 12:863-886) es un ejemplo. La síntesis toma la forma de un modelo matemático en el cual las respuestas de las diferentes partes del sistema se describen en una serie de ecuaciones que se comportan de una forma tal que representan el comportamiento de una pastura bajo pastoreo. Modelos como este no solo dan información cualitativa acerca las relaciones entre los diferentes componentes y las estrategias de manejo, sino que también sirven para identificar los procesos clave en el sistema.

Como no existe la posibilidad de que una unidad tan pequeña como la UDP pueda medir y cuantificar todos los aspectos del sistema complejo de la asociación leguminosa/gramínea bajo pastoreo, se ha adoptado un enfoque por medio de modelos, para utilizar tanto los datos de los trabajos existentes como los de experimentos colaborativos a largo plazo en la estación experimental de Carimagua. Es obvio que las pasturas de la asociación gramínea/leguminosa en los trópicos bajos son complejas y como tales, son difíciles de trabajar con modelos, pero los beneficios que se pueden obtener mediante modelos son suficientemente grandes, en correspondencia con la presión de la necesidad de integrar y examinar los efectos de esta complejidad. Aún más, el uso de un modelo permite que los investigadores involucrados identifiquen y se concentren en los procesos claves y combinen sus resultados y conocimientos en el modelo. También permitirá la posibilidad de extrapolar a otros ambientes y generar nuevas hipótesis. Se prevé que se pueda usar eventual-

mente como una herramienta poderosa para capacitar científicos en los programas nacionales.

#### EL PROYECTO DE MODELO

No existe ningún modelo que describa las relaciones entre los componentes de una pastura tropical. Aún así, el Dr. J.H.M. Thornley, el matemático que creó el modelo de pasturas de Hurley, ha considerado el proyecto e indicado un deseo de contribuir en el desarrollo de un modelo de pasturas tropicales de la asociación gramínea/leguminosa bajo pastoreo.

El modelo Hurley de pasturas está basado en los depósitos y flujos de carbono y nitrógeno para una pastura de ryegrass pura bajo pastoreo en condiciones templadas y en la relación de estos con las variables ambientales y de manejo. Se logra esto por medio de una aproximación en base a procesos que integran submodelos del animal, la planta y el suelo.

El Dr. Thornley y la UDP han evaluado el modelo Hurley para determinar su aplicabilidad a pasturas de la asociación leguminosa/gramínea en pastoreo en los trópicos bajos. Parece que el modelo no es suficientemente relevante a las pasturas de la asociación leguminosa/gramínea en los trópicos bajos como para que su aplicación directa sea útil. Las deficiencias identificadas en el para este propósito son:

1. El fósforo no está representado. Este es un nutrimento importante en los trópicos bajos, casi tan importante como el nitrógeno.
2. No incluye una representación explícita del tejido meristemático cuando se calcula el crecimiento. Esto significa que la producción separada de estolones, rizomas y semillas, que tienen diferente importancia y supervivencia en plantas diferentes, no se maneja

explícitamente; estos procesos son significativos para la dinámica y persistencia de las pasturas de la asociación leguminosas/gramíneas.

3. La fijación de nitrógeno se representa solo implícitamente; se requiere un proceso de representación explícito y apropiado para las pasturas tropicales de la asociación leguminosa/gramínea.
4. Las preferencias alimenticias del animal (gramínea vs. leguminosa) no juegan un papel en el modelo en monocultivo de Hurley.
5. No existe una representación de dos especies que compitan por luz, nutrimentos y agua, y tienen diferentes hábitos de crecimiento y digestibilidades, como en las pasturas de la asociación gramínea/leguminosa.
6. El submodelo animal es para ovejas maduras y necesita cambios sustanciales para ofrecer predicciones realistas sobre las ganancias de peso vivo y productividad de pasturas para ganado de carne en pastoreo.

El modelo requerido para una pastura de la asociación leguminosa/gramínea en pastoreo es considerablemente más complejo que el modelo para pasturas de clima templado de Hurley, y como se describió anteriormente, requerirá mucha programación nueva. Entre el Dr. Thornley y la UDP se ha logrado un buen consenso sobre lo que debería incluirse en el modelo, por lo menos inicialmente, y la tarea de construir el modelo, aunque sustancial, parece factible.

#### EL EXPERIMENTO CENTRAL

Para poder investigar aspectos sobre el fertilizante de mantenimiento, el reciclaje de nutrimentos, la estabilidad de la pastura, el comportamiento animal y sus interacciones con

asociaciones contrastantes de pasturas y suelos de diferentes texturas, se ha establecido un experimento completo en la estación experimental de Carimagua.

Las asociaciones representadas son en cierta forma un compromiso entre el "mejor" germoplasma y la seguridad de un comportamiento exitoso. Por ejemplo, Brachiaria dictyoneura fue escogida como una gramínea común tanto para el suelo arenoso como para el arcilloso, debido al peligro de que las hormigas cortadoras de hojas puedan destruir una pastura de Andropogon gayanus en el suelo arenoso al cual está mucho mejor adaptado este último, a pesar de la mayor susceptibilidad de B. dictyoneura a los ataques de salivazo.

El experimento servirá como punto central para los estudios colaborativos de la Unidad para el Desarrollo de Pasturas (UDP) descritos en mayor detalle a continuación.

#### Diseño Experimental:

##### Sitios:

- Dos -
  - . suelo pesado (ca. 10% arena)
  - . suelo liviano (ca. 50% arena)

##### Asociaciones y Fertilizantes:

- Cuatro -
  - . Gramínea sola con fertilizante de pastura i.e. inicial + no mantenimiento (FP)
  - . Gramínea + leguminosa con fertilizante de pastura i.e. inicial + no mantenimiento (FP)
  - . Gramínea + leguminosa con alta fertilización, pero sin mantenimiento (FA)
  - . Gramínea + leguminosa + fertilizante de mantenimiento (FM)

##### Tasas de carga:

- Tres -
  - . Baja (B)
  - . Media (M)
  - . Alta (A)

Replicaciones:

Dos, de los tratamientos en cada sitio

Estructura:

- . Incompleta factorial
- . Los cuatro potreros de cada tratamiento en bloques por pares

Gramínea (FP)	Gram./legum. (FP)		Gram./legum. (FA)		Gram./legum. (FM)	
	A	B	A	B*	A	B*
-	B	B	-	-	-	-
M	M	M	M	M	M	M
-	A	A	-	-	-	-

\* Sólo para suelo pesado.

Número de lotes:

9 \* 2 = 18 (suelo arenoso)  
11 \* 2 = 22 (suelo arcilloso)

Gramíneas: Brachiaria dictyoneura (en ambos sitios)

Leguminosas: Suelo arenoso:

- . Centrocema acutifolium cv. Vichada
- . Stylosanthes capitata cv. Capica

Suelo arcilloso:

- . Centrocema acutifolium cv. Vichada
- . Arachis pintoi CIAT 17347

Carga (animales/ha):

Suelo arenoso:

Gramínea (FP)	Gram./legum. (FP)		Gram./legum. (FA)		Gram./legum. (FM)	
	A	B	A	B	A	B
-	1.0	1.0	-	-	-	-
1.5	1.5	1.5	1.5	-	1.5	-
-	2.0	2.0	-	-	-	-

Suelo arcilloso:

Gramínea (FP)	Gram./legum. (FP)		Gram./legum. (FA)		Gram./legum. (FM)	
	A	B	A	B*	A	B*
-	1.5	2.0	-	-	-	-
1.5	2.0	2.5	2.0	2.5	2.0	2.5
-	2.5	3.0	-	-	-	-

La distribución de ambos sitios se muestra en las Figuras 1 y 2, y la localización de los tratamientos en la Tabla 1. Además de estos, se incorporó una savana nativa como control en el experimento en ambos sitios que se contrastará con un cultivo continuo de control (lotes de un cultivo único de arroz por año) en el sitio de las Introducciones II.

TALLER Y EVALUACION

El siguiente panel vino al CIAT del 10 al 15 de Septiembre de 1990 para evaluar el proyecto:

- Dr. J. C. Alegre, Proyecto de la Universidad de Carolina del Norte, Perú
- Dr. W. Amézquita, ICA, Colombia
- Dr. G. Cadisch, EMBRAPA/CNPBS, Brazil
- Prof. J. Hodgson, Universidad de Massey, Nueva Zelanda
- Dr. P. Kerridge, CSIRO, Australia
- Dr. P. Lavelle, Escuela Normal Superior, Francia
- Dr. R.J. Scholes, Universidad de Witwatersland, Sur Africa
- Dr. W. Soares, EMBRAPA/CPAC, Brazil

Ellos visitaron el lote experimental en Carimagua y junto con personal del CIAT participaron en un taller sobre el "Manejo de pasturas tropicales con base en leguminosas - Hacia un entendimiento mecanicista" durante el cual hicieron presentaciones acerca del estado actual del conocimiento dentro de los campos de su especialización.

El panel reportó favorablemente sobre

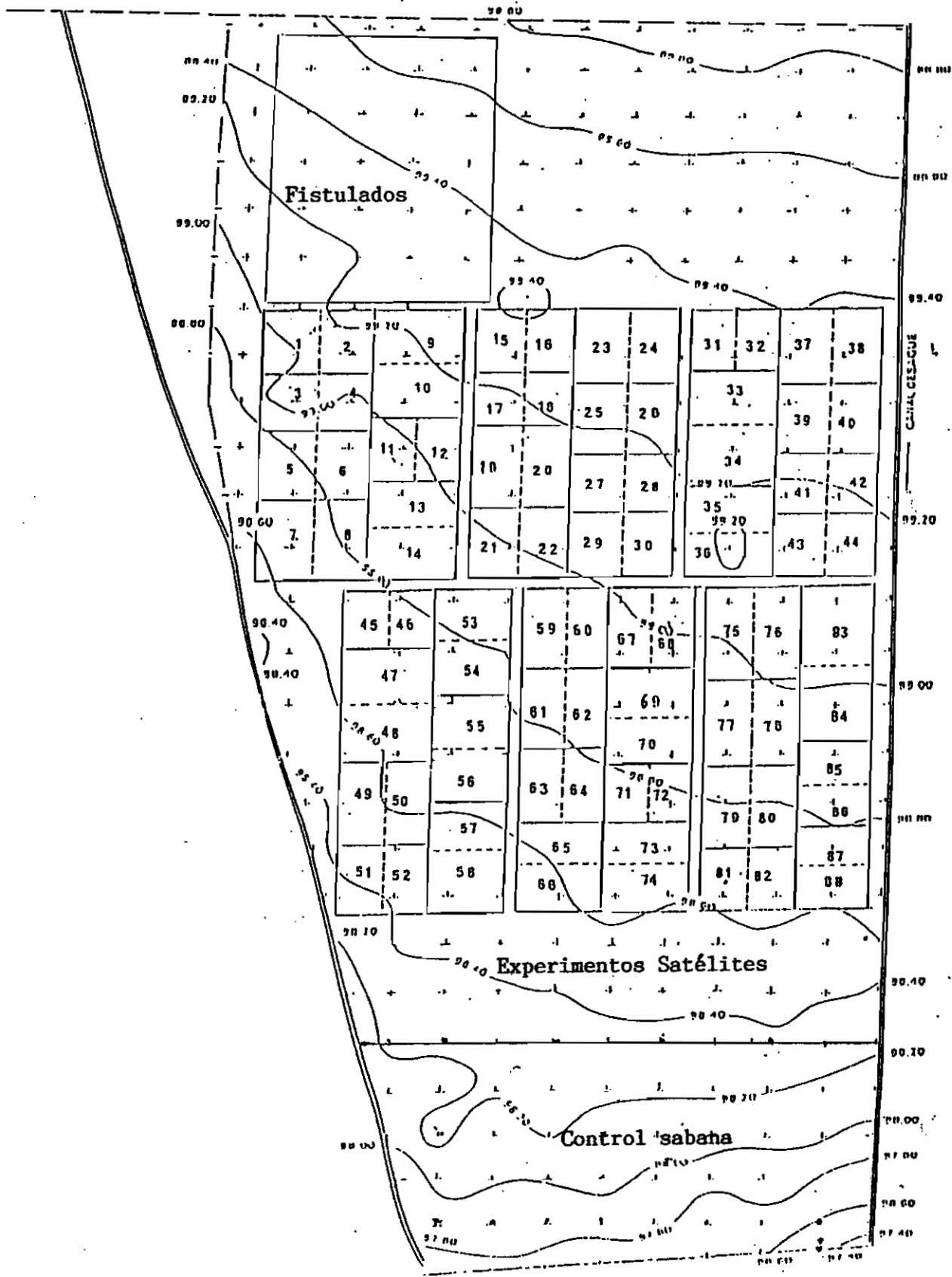


Figura 1. Distribución en el sitio Introducciones II (suelo arcilloso)

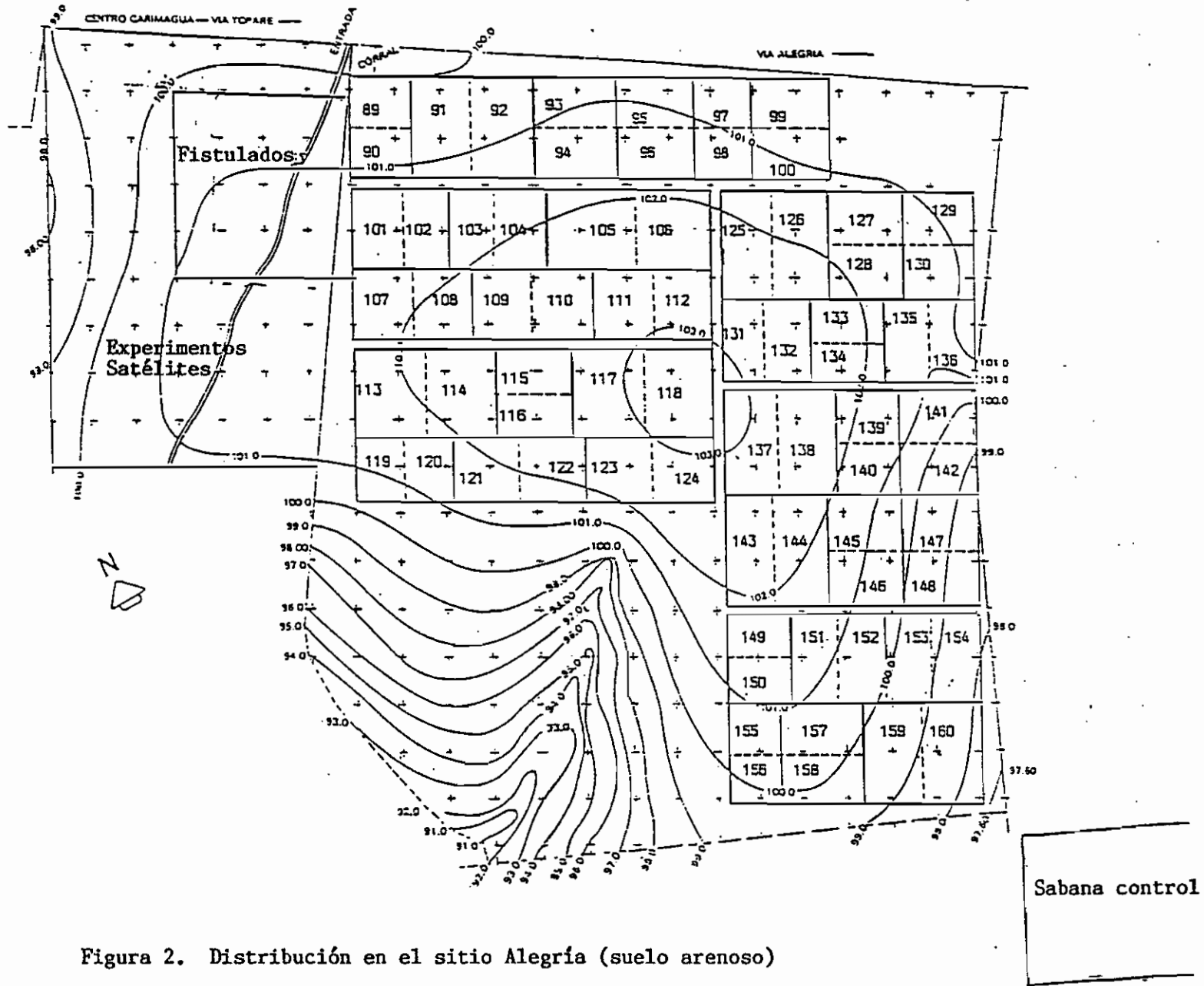


Figura 2. Distribución en el sitio Alegria (suelo arenoso)



PARCELA: Numero Identificación tratamientos en plano y campo  
 SITIO: I= Introducciones II, A= Alegre  
 REP= Repetición  
 PASTURAS G= Brach dictyonera  
 A= B. dictyonera+ A. pintol  
 S= B. dictyonera+ E. copios  
 C= B. dictyonera+ C. scutifolium  
 FERTILIDAD: P= Pastos; M= Mantenimiento; A= Alta  
 CARGA ANIMAL: B=Baja; M= Media; A= Alta  
 ORDEN ROTACION ANIMAL: A, B, C, D

PARCELA	SITIO	REP	PASTURA	FERT	CARGA	ROTACION						
1	I	I	G	P	M	A						
2	I	I	G	P	M	B						
3	I	I	C	P	A	A						
4	I	I	C	P	A	B						
5	I	I	A	P	B	A						
6	I	I	A	P	B	B						
7	I	I	C	P	M	A						
8	I	I	C	P	M	B						
9	I	I	C	P	B	A						
10	I	I	C	P	B	B						
11	I	I	A	M	M	A						
12	I	I	A	M	M	B						
13	I	I	C	M	M	A						
14	I	I	C	M	M	B						
15	I	I	A	A	M	A						
16	I	I	A	A	M	B						
17	I	I	A	P	A	A						
18	I	I	A	P	A	B						
19	I	I	C	A	M	A						
20	I	I	C	A	M	B						
21	I	I	A	P	M	A						
22	I	I	A	P	M	B						
23	I	I	A	P	B	C						
24	I	I	A	P	B	D						
25	I	I	C	M	M	C						
26	I	I	C	M	M	D						
27	I	I	A	P	M	C						
28	I	I	A	P	M	D						
29	I	I	A	A	M	C						
30	I	I	A	A	M	D						
31	I	I	A	P	A	C						
32	I	I	A	P	A	D						
33	I	I	C	P	B	C						
34	I	I	C	P	B	D						
35	I	I	C	A	M	C						
36	I	I	C	A	M	D						
37	I	I	C	P	M	C						
38	I	I	C	P	M	D						
39	I	I	G	P	M	C						
40	I	I	G	P	M	D						
41	I	I	C	P	A	C						
42	I	I	C	P	A	D						
43	I	I	A	M	M	C						
44	I	I	A	M	M	D						
45	I	2	A	P	A	C						
46	I	2	A	P	A	D						
47	I	2	C	P	B	C						
48	I	2	C	P	B	D						
49	I	2	C	M	M	C						
50	I	2	C	M	M	D						
51	I	2	C	P	A	C						
52	I	2	C	P	A	D						
53	I	2	C	P	M	C						
54	I	2	C	P	M	D						
55	I	2	A	P	B	C						
56	I	2	A	P	B	D						
57	I	2	G	P	M	C						
58	I	2	G	P	M	D						
59	I	2	A	A	M	C						
60	I	2	A	A	M	D						
61	I	2	A	P	M	C						
62	I	2	A	P	M	D						
63	I	2	A	M	M	C						
64	I	2	A	M	M	D						
65	I	2	C	A	M	C						
66	I	2	C	A	M	D						
67	I	2	C	P	A	A						
68	I	2	C	P	A	B						
69	I	2	C	M	M	A						
70	I	2	C	M	M	B						
71	I	2	A	P	A	A						
72	I	2	A	P	A	B						
73	I	2	C	P	M	A						
74	I	2	C	P	M	B						
75	I	2	G	P	M	A						
76	I	2	G	P	M	B						
77	I	2	C	A	M	A						
78	I	2	C	A	M	B						
79	I	2	A	P	B	A						
80	I	2	A	P	B	B						
81	I	2	A	M	M	A						
82	I	2	A	M	M	B						
83	I	2	C	P	M	A						
84	I	2	C	P	B	B						
85	I	2	A	P	M	A						
86	I	2	A	P	M	B						
87	I	2	A	A	M	A						
88	I	2	A	A	M	B						
89	A	1	S	P	A	A						
90	A	1	S	P	A	B						
91	A	1	C	P	B	A						
92	A	1	C	P	B	B						
93	A	1	C	A	M	A						
94	A	1	C	A	M	B						
95	A	1	C	M	M	A						
96	A	1	C	M	M	B						
97	A	1	C	P	A	A						
98	A	1	C	P	A	B						
99	A	1	C	P	M	A						
100	A	1	C	P	M	B						
101	A	1	G	P	M	A						
102	A	1	G	P	M	B						
103	A	1	S	P	M	A						
104	A	1	S	P	M	B						
105	A	1	S	P	B	A						
106	A	1	S	P	B	B						
107	A	1	C	A	M	C						
108	A	1	C	A	M	D						
109	A	1	C	M	M	C						
110	A	1	C	M	M	D						
111	A	1	G	P	M	C						
112	A	1	G	P	M	D						
113	A	1	C	P	B	C						
114	A	1	C	P	B	D						
115	A	1	S	P	A	C						
116	A	1	S	P	A	D						
117	A	1	S	P	B	C						
118	A	1	S	P	B	D						
119	A	1	C	P	A	C						
120	A	1	C	P	A	D						
121	A	1	C	P	M	C						
122	A	1	C	P	M	D						
123	A	1	S	P	M	C						
124	A	1	S	P	M	D						
125	A	2	S	P	B	C						
126	A	2	S	P	B	D						
127	A	2	C	P	M	C						
128	A	2	C	P	M	D						
129	A	2	S	P	M	C						
130	A	2	S	P	M	D						
131	A	2	G	P	M	C						
132	A	2	G	P	M	D						
133	A	2	S	P	A	C						
134	A	2	S	P	A	D						
135	A	2	C	A	M	C						
136	A	2	C	A	M	D						
137	A	2	C	P	B	C						
138	A	2	C	P	B	D						
139	A	2	C	P	A	C						
140	A	2	C	P	A	D						
141	A	2	C	M	M	C						
142	A	2	C	M	M	D						
143	A	2	S	P	B	C						
144	A	2	S	P	B	D						
145	A	2	C	M	M	A						
146	A	2	C	M	M	B						
147	A	2	C	A	M	C						
148	A	2	C	A	M	D						
149	A	2	C	P	A	A						
150	A	2	C	P	A	B						
151	A	2	S	P	M	C						
152	A	2	S	P	M	D						
153	A	2	C	P	M	C						
154	A	2	C	P	M	D						
155	A	2	S	P	A	A						
156	A	2	S	P	A	B						
157	A	2	G	P	M	A						
158	A	2	G	P	M	B						
159	A	2	C	P	B	A						
160	A	2	C	P	B	B						

Cuadro 1. Localización de tratamientos para ambos sitios

la propuesta y su apreciación general fue la siguiente:

- "(a) Estamos seguros de que los objetivos de la propuesta, tal como ha sido presentada son de importancia crítica, no solo para el desarrollo futuro de las áreas de savana en los trópicos bajos de América Latina, sino también para una apreciación más amplia de las oportunidades de uso del germoplasma introducido para el desarrollo agrícola, de una manera que sea sensible y tenga en cuenta el ambiente.
- (b) Creemos que el programa interdisciplinario propuesto, incorporando un experimento central en la estación experimental de Carimagua al cual contribuyan la mayoría de los miembros del equipo y una serie de estudios de componentes complementarios es la manera más efectiva y apropiada para lograr estos objetivos.
- (c) Consideramos que en términos generales los recursos disponibles (la experiencia humana, científica y técnica, además de las instalaciones de campo y laboratorio) son adecuadas o se pueden adecuar para satisfacer las necesidades del programa.
- (d) Teniendo en cuenta los comentarios anteriores, creemos que las posibilidades de terminar exitosamente el proyecto, tal como se ha descrito, son muy buenas, con la salvedad de que dado el marco de tiempo de la dinámica esperada del ecosistema, la fecha de evaluación que se nos sugirió (Septiembre de 1994) debe tomarse claramente como una etapa interina y no como un punto realista para terminar.

- (e) Será esencial que el equipo desarrolle en Cali, tan pronto como sea posible, la capacidad de establecer modelos, preferiblemente en estrecho contacto con el Dr. J.H.M. Thornley, el consultor sobre modelos, y usar tanto como sea posible la ayuda de colaboradores potenciales en los proyectos de campo para aumentar la fortaleza actual del grupo. También, es muy importante definir claramente, desde muy temprano, las responsabilidades por el manejo del proyecto.
- (f) Se nos ha preguntado acerca de la factibilidad de introducir tratamientos de cultivos en el proyecto central. Aunque esta pregunta no se incluyó en nuestras instrucciones iniciales y no se discutió en detalle durante el Taller, no vemos ninguna razón, en principio, para que el proyecto central no pueda acomodar tratamientos adecuados de cultivos, dependiendo de un establecimiento claro de las prioridades. Sin embargo, sugerimos que este tema debe esperar una evaluación una vez se haya establecido exitosamente el juego inicial de tratamientos de pasturas."

#### RESULTADOS ESPERADOS DEL EXPERIMENTO

- Habilidad para predecir las condiciones bajo las cuales una asociación dada puede ser sostenible, y por lo tanto el desarrollo de sistemas de pastoreo que alcancen la sostenibilidad.
- Entendimiento de los factores que controlan la productividad y persistencia de la pastura de una asociación de planta/planta dada.
- Entendimiento de los flujos e insumos de nutrimentos requeridos para la sostenibilidad a largo plazo.

## CARACTERIZACION EDAFICA DE LOS DOS SITIOS

Los dos sitios seleccionados se han identificado como Haplustox típico, fino, caolinítico, isohipertérmico (Int. II), y como Haplustox típico, grueso, límoso, caolinítico, isohipertérmico (Alegría), respectivamente. Ambos suelos son Oxisoles con una mineralogía similar de arcillas que es dominada por caolinita y óxidos de hierro y aluminio. Algunos minerales arcillosos de vermiculita y crolita interestratificados están también presentes. Las propiedades químicas y físicas del suelo en los dos sitios se presentan en la Tabla 2. En general, ambos suelos tienen un pH bajo y niveles de saturación de aluminio altos. Sin embargo, difieren en sus contenidos de arcilla, arena y materia orgánica.

### Reacciones de absorción de fósforo y potasio

Debido a la mineralogía de estos suelos, se espera algún grado de fijación de fósforo. Las isothermas de absorción realizadas en el laboratorio, muestran que el suelo tipo Int. II tiene una capacidad mas grande para fijar P que el suelo tipo Alegría. Las cantidades de P necesarias para elevar la concentración de la solución de suelo nativa hasta 0.05 ppm en el suelo tipo Int. II fueron tres veces mas altas que en el suelo tipo Alegría (Figura 3). Esta propiedad del suelo influirá sobre la disponibilidad y efecto residual del P añadido sobre el comportamiento de la gramínea y de la leguminosa. Los cambios en estos dos parámetros se monitorearán a travez del tiempo en este experimento.

Las reacciones de intercambio de potasio también están influenciadas por el tipo de suelo. Muestras de suelo de los dos sitios se equilibraron en el laboratorio durante 24 con cantidades diferentes de K. Después de secar las muestras a 27°C, se extractaron con: 1)  $\text{NH}_4\text{OAc}$  para determinar su capacidad de

fijación. 2)  $\text{Mg}(\text{OAc})_2$  para determinar su adsorción específica, y 3) Bray-II como el método actual de extracción usado en análisis de rutina. Los resultados indicaron que por lo menos el 50% del K adicionado al suelo tipo Int. II fue retenido por mecanismos de fijación y de adsorción específica (Figura 4). El porcentaje de K retenido en el suelo tipo Alegría fue mucho menor. Estas propiedades para el intercambio de potasio tienen implicaciones importantes en las pérdidas por lixiviación y en la mejor utilización por la pastura. Estos aspectos se investigarán en algunos de los tratamientos del experimento central.

Las propiedades físicas y biológicas del suelo se reportarán el año próximo. Parámetros tales como la capacidad de retención de agua, la estabilidad estructural y la porosidad se monitorearán a lo largo del tiempo para detectar cambios resultantes del marejo del pastoreo. De otra parte, la población macrofauna del suelo (lombriz de tierra y agentes encargados de la descomposición de los residuos) también serán monitoreados a lo largo del tiempo para describir el efecto del manejo sobre la población.

### COMPOSICION BOTANICA DE LA SABANA NATIVA EN LOS DOS SITIOS

Las Tablas 3 y 4 muestran la composición de las especies de la sabana nativa en el sitio con suelo arcilloso (Introducciones II) y en el sitio con suelo arenoso (Alegría). En Introducciones II, dos especies de gramíneas dominan la composición en términos de frecuencia relativa, mientras que en Alegría, Paspalum spp., Lectocoryphium and Rhynchospora son codominantes. En ambos sitios las gramíneas  $C_4$  comprenden la mayoría de las especies. Es de notar la relativa alta ocurrencia de ciperaceas en Alegría, las cuales conforman hasta un 34% de las especies en el norte del sitio. Normalmente, la frecuencia de

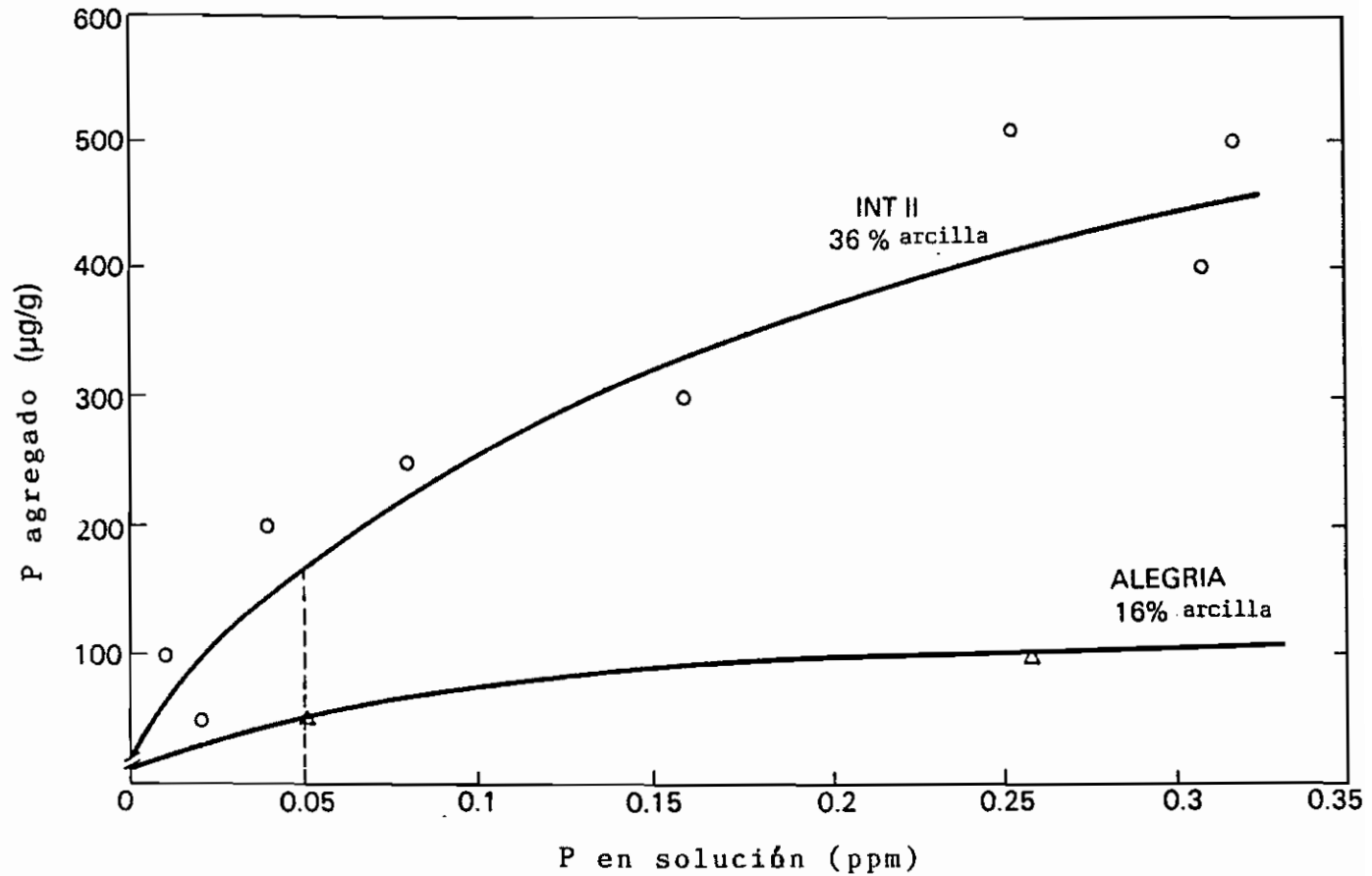


Figura 3. Relación del fósforo agregado con respecto al fósforo en solución.

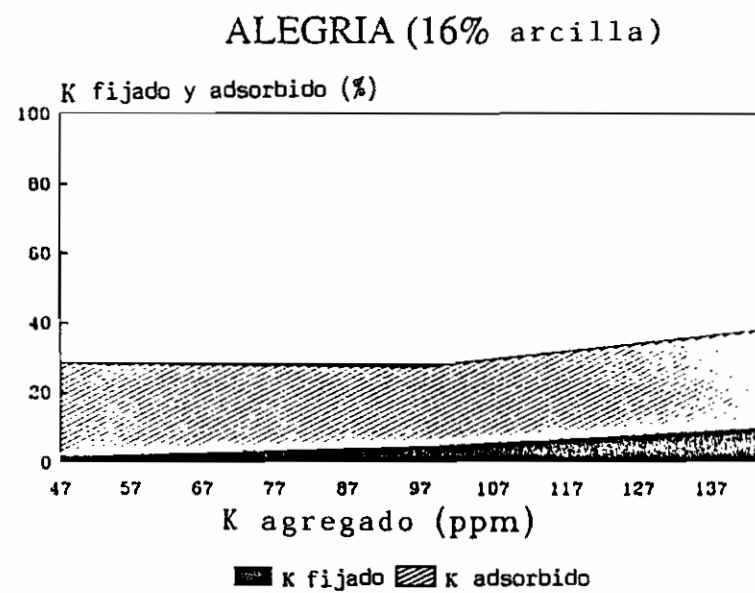
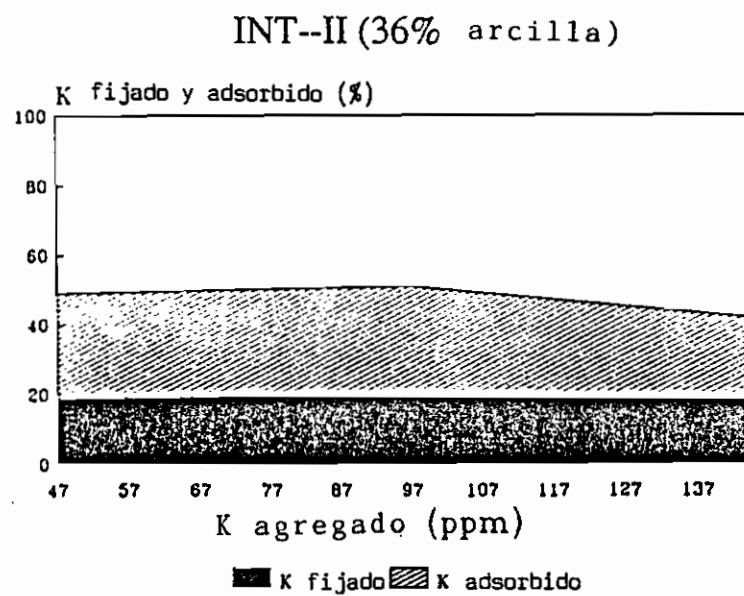


Figura 4. Relación del K fijado y adsorbido, con respecto al K suministrado.

Cuadro 2. Características del suelo de los dos sitios seleccionados para el experimento de reciclaje de nutrimentos

Sitio	Profundidad (cm)	Arena %	Arcilla %	pH	P (ppm)	Al	Ca	Mg	K	CIC	Sat. Al (%)
		----	-----			-----		meq/100 g	-----		
Alegría	0-20	66	16	4.4	3.5	1.1	0.14	0.02	0.04	1.3	84
	20-40	56	22	4.5	2.0	1.1	0.13	0.02	0.03	1.3	84
	40-60	54	24	4.7	1.6	0.8	0.16	0.02	0.02	1.0	80
Int. II	0-20	24	36	4.5	3.9	2.2	0.18	0.06	0.08	2.5	88
	20-40	16	42	4.7	2.9	2.6	0.23	0.08	0.09	3.0	86
	40-60	16	42	4.6	1.7	1.6	0.16	0.03	0.04	1.8	88
	60-80	14	48	4.8	1.3	1.6	0.16	0.04	0.04	1.8	88

Cuadro 3. Composición botánica de la sabana en el sitio con suelo arcilloso (Introducciones II).

Especies	Familia	Frecuencia relativa (%)
<u>Trachypogon vestitus</u>	Gramineae	25.7
<u>Andropogon bicornis</u>	Gramineae	24.0
<u>Aristida capillacea</u>	Gramineae	7.6
<u>Schizachyrium hirtiflorum</u>	Gramineae	6.4
<u>Andropogon</u> spp *	Gramineae	6.2
<u>Eragrostis maypurensis</u>	Gramineae	4.8
<u>Axonopus purpusii</u>	Gramineae	4.2
<u>Paspalum</u> spp. *	Gramineae	4.2
<u>Panicum</u> spp. *	Gramineae	3.5
<u>Lectocoryphinum lanatum</u>	Gramineae	2.5
<u>Eriosema monophyllum</u>	Leguminosae	0.1
<u>Galactia glaucescens</u>	Leguminosae	0.1
<u>Rynchospora podosperma</u>	Cyperaceae	0.1
Total identificado		89.4
Sin identificar		10.6
Total		100.0

\* Andropogon leucostachyus, A. selloanus

\* Paspalum clavuliflorum, P. conjugatum, P. parviflorum

\* Panicum rudgei, P. versicolor

Cuadro 4. Composición botánica de la sabana en el sitio con suelo arenoso (Introducciones II).

Species	Family	Relative frequency (%)
<u>Paspalum</u> spp. *	Gramineae	20.2
<u>Paspalum pectinatum</u>	Gramineae	17.4
<u>Rhynchospora podosperma</u>	Cyperaceae	17.4
<u>Lectocoryphium lanatum</u>	Gramineae	12.6
<u>Andropogon</u> spp. *	Gramineae	8.8
<u>Schizachyrium hirtiflorum</u>	Gramineae	6.4
<u>Trachypogon vestitus</u>	Gramineae	4.7
<u>Declieuxia sufruticosa</u>	Rubiaceae	0.9
<u>Wedelia latifolia</u>	Compositae	0.7
Otras gramíneas		1.1
Otras no gramíneas		0.1
Identificado		90.3
Sin identificar		9.7
Total		100.0

\* Paspalum parviflorum, P. clavuliferum, P. conjugatum, Andropogon leucostachyus, A. selloanus.



especies no gramíneas en las savanas es de aproximadamente el 5%. La presencia de ciperáceas indica: 1) la presencia de humedad la cual también se confirma por la presencia de especies de Paspalum, y 2) alguna degradación de la

savana en la parte norte del sitio, la cual puede ser el resultado de sobrepastoreo después de quemadas frecuentes. En Alegría no se observó ninguna leguminosa.

## 25. PASTURAS SOSTENIBLES BASADAS EN LEGUMINOSAS

### RESUMEN

La Unidad de Desarrollo de Pastos (UDP) del Programa de Pastos Tropicales (PPT), conformada por las secciones Fijación y Reciclaje de Nitrógeno, Calidad y Productividad de Pasturas, Relación Suelo/Planta y Reciclaje de Nutrientes, Ecofisiología y Ecología de Sabanas, formuló y estableció un importante experimento de campo en Carimagua durante 1990. El experimento busca medir las interacciones entre niveles de carga animal y fertilización sobre los componentes de las asociaciones leguminosa/gramínea de contraste sembradas en dos suelos de diferente textura.

Las mediciones se harán sobre la fijación y reciclaje de nitrógeno, reciclaje y uso eficiente de otros nutrimentos, especialmente fósforo, distribución y actividad de las raíces, micro y macrofauna del suelo, materia orgánica del suelo, renovación de los puntos de crecimiento de la planta y las relaciones de la planta que incluyen

dinámica de la población, digestibilidad, selectividad en la dieta animal y ganancias de peso vivo.

La UDP ha solicitado la colaboración del Dr. John Thornley del Institute of Terrestrial Ecology del Reino Unido, quien escribió el modelo Hurley para una pastura de "rye-grass" pastoreada por ovejas, para representar el comportamiento de las pasturas tropicales mezcladas de leguminosa/gramínea pastoreadas por el ganado. Según la evaluación preliminar del Dr. Thornley y de la UDP, el proyecto es factible.

En Septiembre, un grupo de especialistas de Australia, Nueva Zelanda, Francia y América Latina participó en un taller sobre Reciclaje de Nutrientes en Pasturas Tropicales, evaluaron los proyectos de la Unidad concluyeron que el proyecto era factible, y que tenía buenas perspectivas de conseguir sus objetivos.

40536

## 26. Capacitación Científica

El Programa de Pastos Tropicales (PPT) en colaboración con el Programa de Apoyo en Capacitación y Comunicaciones (PACC), brindó durante 1990 capacitación en investigación a 30 profesionales provenientes de 10 países, en ocho disciplinas diferentes a través de sus respectivas secciones (Cuadro 1). Esta capacitación especializada se cumplió en diferentes modalidades, como se observa en la Cuadro 2. Las secciones que más tiempo dedicaron a esta labor fueron: Calidad y Productividad de Pasturas con 54.3 meses/hombre, Agronomía con 33.6 meses/hombre, Ecofisiología con 14.1 meses/hombre y Producción de Semillas con 12.1 meses/hombre (Cuadro 2). La información sobre los profesionales capacitados en el CIAT por modalidad de capacitación y por país, se detalla en la Cuadro 3.

Entre el 4 de marzo y el 10 de mayo se llevó a cabo la Fase Intensiva Multidisciplinaria del XIII Programa de Capacitación Científica en Investigación para la Producción de Pastos Tropicales, en la cual participaron 19 profesionales provenientes de 7 países de América Tropical. De éstos, 16 continuaron luego en la fase de especialización, (Cuadro 4) en diferentes disciplinas, de acuerdo con el interés y la especialidad solicitada por el participante. Esta fase de especialización tuvo una duración que varió entre dos y seis meses.

### EVENTOS A NIVEL DE PAIS

Con el fin de colaborar con las insti-

tuciones nacionales en la capacitación de su personal, el Programa de Pastos Tropicales en coordinación con el Programa de Apoyo en Capacitación & Comunicaciones del CIAT, apoyó eventos descentralizados de capacitación en colaboración con instituciones nacionales de investigación, transferencia de tecnología, fomento y desarrollo.

Algunos eventos estuvieron dirigidos a profesionales que trabajan en transferencia de tecnología, fomento y desarrollo ganadero. Otros incluyeron actividades en capacitación más específicas, con el fin de fortalecer la capacitación y comunicación y apoyar las acciones dentro del Proyecto de Fomento a la Producción de Semillas de Gramíneas y Leguminosas, en algunas regiones y países que son de interés para la Sección de Producción de Semillas del PPT, por su potencial para el desarrollo de esta actividad.

Se llevaron a cabo durante 1990 cinco eventos de capacitación descentralizada que se resumen a continuación:

#### Desarrollo del Suministro de Semillas de Especies Forrajeras Tropicales en Costa Rica y otros países

Se llevó a cabo en la localidad de Atenas (Costa Rica) entre el 2 y el 10 de febrero. El objetivo general del evento fué el de definir y analizar la situación actual, limitaciones, estrategias y recomendaciones para desarrollar actividades futuras en la multiplicación, investigación y fomento

Cuadro 1. Profesionales capacitados en el CIAT por área de especialización y país en el Programa de Pastos Tropicales durante 1990.

Países	Áreas de Especialización								Total
	Suelos	Agronomía	Calidad pasturas	Entomología	Eco-fisiología	Producción semil.	Fincas-sistemas	Economía	
Brasil				2		1			3
Colombia		3	3		1		1		8
Costa Rica						1			1
Ecuador								1	1
México	1	1	3						5
Nicaragua						1			1
Perú	1	1				3			5
China		1							1
Uruguay			1						1
Venezuela		1			1		2		4
<b>Total</b>	<b>2</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>30</b>

de semillas de especies forrajeras para Costa Rica. Las instituciones responsables del evento fueron el Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG-Costa Rica) y el CIAT a través de la sede regional del PPT para Centro América y el Caribe (CIAT-CAC), y la Sección de Producción de Semillas del PPT, Palmira, Colombia.

Asistieron 20 participantes, de los cuales cinco fueron extranjeros provenientes de Belice, Honduras, Nicaragua, Panamá y Perú.

#### Estudio de necesidades de capacitación en Pastos Tropicales en Costa Rica

Esta fué una reunión de trabajo que se llevó a cabo en San José (Costa Rica) los días 15 y 16 de febrero, con la participación de funcionarios del MAG, Universidad de Costa Rica, el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), y el CIAT (PPT y PACC).

Su objetivo general fué identificar, necesidades de información y capacitación en las instituciones

responsables de la transferencia de tecnología en pastos tropicales de Costa Rica. Contó con la participación de ocho funcionarios.

#### Establecimiento, desarrollo y manejo de pasturas en el piedemonte caqueteño

El objetivo general fué propender por el desarrollo del recurso humano involucrado en el proyecto colaborativo interinstitucional en el piedemonte caqueteño.

Este curso taller se llevó a cabo en dos fases: una primera sobre conferencias y mesas redondas la cual se desarrolló en la sede de CIAT-Palmira entre el 7 y el 11 de mayo, y una segunda que se llevó a cabo en Florencia-Caquetá sobre prácticas de establecimiento y manejo de pasturas en varias fincas de la región, entre el 14 y el 18 de mayo. Como instituciones colaboradoras estuvieron: Nestlé, Corporación Autónoma Regional del Cauca (CVC), Fondo Ganadero del Valle del Cauca (FGVC), SENA, INCORA, Universidad de la Amazonía y el CIAT. El evento

Cuadro 2. Tiempo dedicado por cada sección del Programa de Pastos Tropicales a los profesionales capacitados en CIAT por modalidad de capacitación y área de especialización durante 1990.

Áreas de especialización	Capacitación Especializada						Total	
	INTRODUCTORIA		AVANZADA					
	Cursos de inversión y prod. + espec.		Individual					
		No. Tesis	Tesis MS					
Suelos	2	(11.0)				2	(11.0)	
Agronomía	5	(16.4)	1	( 2.2)	1	(15.0)	7	(33.6)
Calidad Pasturas	2	(12.2)	3	( 3.7)	2	(38.4)	7	(54.3)
Entomología			2	( 1.6)			2	( 1.6)
Ecofisiología	1	( 8.1)	1	( 6.0)			2	(14.1)
Producción								
Semillas	3	( 9.6)	3	( 2.5)			6	(12.1)
Fincas-Sistemas	3	( 9.6)	3	( 2.5)			3	( 9.3)
Economía			1	( 0.7)			1	( 0.7)
<b>Total</b>	<b>16</b>	<b>(66.6)</b>	<b>11</b>	<b>(16.7)</b>	<b>3</b>	<b>(53.4)</b>	<b>30</b>	<b>(136.7)</b>

Cuadro 3. Profesionales capacitados en el CIAT por modalidad de capacitación y país en el Programa de Pastos Tropicales durante 1990.

Países	Capacitación Especializada				Total
	INTRODUCTORIA		AVANZADA		
	Cursos de inversión y prod.+ espec.		Individual		
		No. Tesis	Tesis MS		
Brasil	1		2		3
Colombia	4		2	2	8
Costa Rica	1				1
Ecuador			1		1
México	4		1		5
Nicaragua	1				1
Perú	1		3	1	5
Uruguay			1		1
Venezuela	4				4
China			1		1
<b>Total</b>	<b>16</b>		<b>11</b>	<b>3</b>	<b>30</b>

Cuadro 4. Información sobre los investigadores capacitados por el Programa de Pastos Tropicales en las diferentes modalidades durante 1990.

Nombre	País	Institución	Disciplina	Supervisor
<b>PARTICIPANTES EN LA FASE MULTIDISCIPLINARIA INTENSIVA</b>				
Ararat José Enrique	Colombia	Univ. Nacional		
Vidal Luis Alejandro	Colombia	Univ. Nacional		
Soto Gustavo	Colombia	Univ. Amazonía		
<b>INVESTIGADORES VISITANTES, CURSO + ESPECIALIZACION</b>				
Castillo Javier Enrique	México	INIFAP	Calidad Pasturas	Lascano C.
Santiago Rodrigo	México	INIFAP	Suelos	Ayarza M.
Terrazas José Guadalupe	México	INIFAP	Calidad Pasturas	Lascano C.
Zapata Gonzalo de Jesús	México	INIFAP	Agronomía	Schultze-Kraft R.
Chamorro Diego	Colombia	ICA	Agronomía	Schultze-Kraft R.
Vanegas Miguel Alfonso	Colombia	ICA	Finca-Sistemas	Vera R.
Parra Fredy	Colombia	ICA	Agronomía	Schultze-Kraft R.
Quevedo Rosa Inés	Colombia	ICA	Agronomía	Schultze-Kraft R.
De Souza Marco Antonio	Brasil	EMBRAPA	Prod.Semillas	Ferguson J.
Fariñas José Gregorio	Venezuela	FONAIAP	Ecofisiología	Fisher M.
Rodríguez Iraida	Venezuela	FONAIAP	Agronomía	Schultze-Kraft R.
Martínez Elemiro José	Venezuela	Sindicato Agrop. Santa Clara	Fincas-Sistemas	Vera R.
Pérez Luis Alfredo	Venezuela	PRODETEC	Fincas-Sistemas	Vera R.
Rosales Julio Milcíades	Perú	FUNDEAGRO	Suelos	Ayarza M.
Soto Dionisio	Nicaragua	MIDINRA	Prod.Semillas	Ferguson J.
Valerio Alfredo	Costa Rica	IICA-CIAT	Prod.Semillas	Ferguson J.
<b>INVESTIGADORES VISITANTES, ESPECIALIZACION</b>				
Bustamante Juan Ignacio	Colombia	Secr.Antioquia	Calidad Pasturas	Lascano C.
Díaz José Abraham	Perú	INIAA	Prod.Semillas	Ferguson J.
Hidalgo Fulvio	Perú	CIAT	Prod.Semillas	Ferguson J.
Vela Jorge	Perú	CIAT	Prod.Semillas	Ferguson J.
Lemus Lázaro Hugo	Colombia	Univ.Tecn. de los Llanos	Ecofisiología	Fisher M.
Liu Guodao	Rep.China	South China Acad. of Sub- tropical	Agronomía	Schultze-Kraft R.
Oliveira Santos María				
Alice	Brasil	EMBRAPA	Entomología	Lapointe S.
Valerio José Raúl	Brasil	EMBRAPA	Entomología	Lapointe S.
Pigurina Guillermo	Uruguay	Centro Invest. Agr.A.Boerger	Calidad Pasturas	Lascano C.
Portilla Alex Humberto	Ecuador	Fund.Desarr. Agrop.	Economía y Ciencias	Seré C.
Valles de la M. Braulio	México	Centro de Inv. Enseñanza Ext. Ganadera	Calidad Pasturas	Lascano C.

Cuadro 4. Continuación.

Nombre	País	Institución	Disciplina	Supervisor
INVESTIGADORES VISITANTES, TESIS MS				
Carulla Juan	Colombia	Univ.Nebraska	Calidad Pasturas	Lascano C.
Toro María Nury	Colombia	CATIE	Calidad Pasturas	Lascano C.
Van Heurckb Lourdes	Perú	CIAT	Agronomía	Argel P.

contó con la participación de 17 asistentes técnicos vinculados al desarrollo de la ganadería en la región del piedemonte caqueteño.

II Curso Taller sobre Establecimiento y Manejo de Pasturas en la Altillanura Colombiana

El objetivo general del evento fué el de desarrollar en los participantes conocimientos y habilidades prácticas acerca del establecimiento, desarrollo y manejo de pasturas en la altillanura colombiana.

El evento se desarrolló en dos fases: una primera sobre conferencias y prácticas sobre preparación de suelos, establecimiento y manejo de pasturas, llevada a cabo en la localidad de Puerto López entre el 13 y el 18 de agosto, y una segunda fase entre noviembre 21 y 24, a los 90 días de realizadas las siembras de la primera fase, en la cual los participantes realizaron evaluaciones en campo sobre el establecimiento de asociaciones en los diferentes tipos de preparación de

suelo y métodos de siembra. Finalmente participaron en una gira por varias fincas observando diferentes sistemas de manejo y en una mesa de discusión sobre los temas tratados. Las instituciones responsables fueron el ICA-CRECED Altillanura, Banco Ganadero-División de Fomento, el CIAT a través del PPT y el PACC. Participaron 30 asistentes técnicos vinculados a la región.

Avances en el Desarrollo de Pasturas y Suministro de Semillas Forrajeras Tropicales en México

El objetivo general del taller fué definir y analizar la situación actual, limitaciones, estrategias y recomendaciones para desarrollar actividades en investigación y fomento de pasturas mejoradas y en investigación, multiplicación y fomento de semillas forrajeras en México. Se llevó a cabo en Cuernavaca (México) entre el 19 de septiembre y el 3 de octubre. Las instituciones participantes fueron SARH-INIFAP y CIAT. Participaron 20 profesionales.

## 25. CAPACITACION

### RESUMEN

El Programa de Pastos Tropicales (PPT) en colaboración con el Programa de Apoyo a la Capacitación y las Comunicaciones (PACC), brindó durante 1990 en su sede de CIAT, Palmira, capacitación en investigación a 30 profesionales provenientes de 10 países, en diferentes disciplinas, así: en Suelos 2; en Agronomía 7; en Calidad y Productividad de Pasturas 7; en Entomología 2; en Ecofisiología 2; en Producción de Semillas 6; en Fincas-Sistemas 3 y en Economía 1. Esta capacitación se cumplió en tres modalidades, a saber: Programa de capacitación posgrado (Fase Multidisciplinaria + Fase de Especialización) 16; Capacitación individual avanzada 13 y Capacitación en tesis

MS 3. También apoyó cinco eventos descentralizados de capacitación en colaboración con instituciones nacionales de investigación, transferencia de tecnología, fomento y desarrollo ganadero, a saber: dos sobre establecimiento y manejo de pasturas dictados en Colombia, uno dirigido a la Amazonía colombiana y el otro a la Altillanura oriental; dos sobre el desarrollo del suministro de semillas de especies forrajeras, realizado uno en Atenas (Costa Rica) y el otro en Cuernavaca (México), y una reunión de trabajo sobre estudio de necesidades de capacitación en pastos tropicales en Costa Rica, realizada en San José.



## 27. Publicaciones

- AMEZQUITA, M.C.; PIZARRO, E.A. y TOLEDO, J.M. 1989. Rango de adaptación de Andropogon gayanus. En: TOLEDO, J.M.; VERA, R.; LASCANO, C. y LENNE, J. (eds.). Andropogon gayanus Kunth. Un pasto para los suelos ácidos del trópico. CIAT. Cali, Colombia. pp. 398-68.
- AMEZQUITA, M.A., J.M. TOLEDO y G. LEMA. 1990. Rango de adaptación del Stylosanthes guianensis cv. Pucallpa (CIAT 184) en bosques tropicales de América. Resumen. Anais da 12a. Reuniao da ALPA, Campinas, S.P., Brasil. p. 98.
- AMEZQUITA, M.A., C. LASCANO y G. LEMA. 1990. Período de acostumbramiento para estimar producción de leche bajo pastoreo en una época seca. Resumen. Anais da 12a. Reuniao da ALPA, Campinas, S.P., Brasil. p. 136.
- ANDRADE, R.P. DE y J.E. FERGUSON. (En prensa). Aspectos de qualidade de sementes relacionadas ao estabelecimento de pastagens. Reunión de Trabajo de la Red Internacional de Pastos Tropicales, Veracruz, México, 14-16 de Noviembre, 1988.
- ARULANANTHAM, A.R., I.M. RAO and N. TERRY. 1990. Limiting factors in photosynthesis VI. Regeneration of ribulose 1,5-bisphosphate limits photoynthesis at low photochemical capacity. Plant physiol. 93:1466-1475.
- BELLOTTI, A.G., C. CARDONA, and S.L. LAPOINTE. 1990. Trends in pesticide use in Colombia and Brazil. J.Agric. Entomol. 7(3):191-201.
- BOTERO, R. 1989. Manejo de explotaciones ganaderas en las sabanas bien drenadas de los Llanos Orientales de Colombia. CIAT, Programa de Pastos Tropicales, Serie Boletines Técnicos No.2, Cali, Colombia. Febrero. 100 p.
- BOTERO, R. y O. GARCIA. 1989. Implemento para la siembra de pastos en pequeñas explotaciones. Pasturas Tropicales, Volumen 11, No.3, Diciembre.
- BOTERO, R. 1990. Papel de los pastos tropicales en la conservación de suelos ácidos en zonas de ladera. Trabajo presentado en el Curso-Taller sobre "Establecimiento, Desarrollo y Manejo de Pasturas Mejoradas en el Piedemonte Caqueteño", CIAT, Cali, Colombia. Mayo 1990. 19 p.
- BOTERO, R. y J.V. CADAVID. 1990. Metodología para la simulación de sistemas de producción agropecuaria. Material para el Curso Multidisciplinario sobre Investigación para la Producción de Pastos Tropicales. Documento Interno,

CIAT, Cali, Colombia. 19 p.

- BOTERO, R., J.V. CADAVID, L. RIVAS, A. MONSALVE y L.R. SANINT. 1990. Análisis económico ex-ante de sistemas de producción asociados: cultivo de arroz-pradera. Documento Interno, CIAT, Cali, Colombia. 37 p.
- BOTERO, R. y F. FERNANDEZ ROJAS. 1990. Utilización de herbicidas en la siembra, establecimiento y mantenimiento de praderas asociadas con leguminosas en el Piedemonte Amazónico del Caquetá, Colombia. Memorias de la Primera Reunión de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT)-Amazoría, Lima, Perú. Noviembre 6-9, 1990, 10 p.
- BOTERO, R., C. SERE, J. URIBE y H.F. RAMOS. 1990. Una metodología para la difusión de pastos tropicales en suelos ácidos de ladera en minifundios del Norte del Cauca, Colombia. Trabajo presentado en la Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. 21 p.
- BURDON, J.J. and LENNE, J.M. 1989. The Phakopsora pachyrhizi - Kennedia rubicunda host-pathogen associated and its relation to leaf rust of Glycine spp. AJAR 40: (in press).
- CADAVID, J.V., C. SERE, R. BOTERO y L. RIVAS. 1990. Adopción de pastos en la Altillanura Oriental de Colombia. Documento Interno, CIAT, Cali, Colombia. 91 p.
- CADAVID, J.V. 1990. Evaluación económica de la producción de semilla de Brachiaria dictyoneura cv. Llanero en sabanas tropicales. Documento Interno, CIAT, Cali, Colombia. 30 p.
- CADAVID, J.V. y R. BOTERO. 1990. Análisis económico ex-ante de una evaluación de producción de carne en praderas mejoradas en el Piedemonte Caqueteño. Documento Interno, CIAT, Cali, Colombia. 13 p.
- CORADIN, L. and R. Schultze-Kraft. 1990. Germplasm collection of tropical pasture legumes in Brazil. Tropical Agriculture (Trinidad) 67(2):98-100.
- CADISCH, G., SYLVESTER-BRADLEY, R. and NOSBERGER, J. 1989. <sup>15</sup>N- based estimation of nitrogen fixation by eight tropical forage legumes at two levels of PK-supply. Field Crops Research.
- CARDOZO, C.I.; J.E. FERGUSON. 1990. Métodos de cosecha en Brachiaria dictyoneura XIII Seminario Panamericano de Semillas, Guatemala 20-24 de Agosto/90.
- DIULGHEROFF, S.; E.A. PIZARRO; J.E. FERGUSON; P. ARGEL. 1990. Multiplicación de semillas de especies forrajeras tropicales en Costa Rica. Boletín de Pastos Tropicales.
- DIULGHEROFF, S., E.A. PIZARRO y J.E. FERGUSON. 1989. Actividades de semillas de especies de forrajeras tropicales en Costa Rica. Reunión PCCMCA, Honduras, 3-5 Abril 1989.
- ESTRADA, R.D.; C. SERA; J.E. FERGUSON; R. BOTERO. 1990. Vínculos entre la investigación en fincas, la extensión y desarrollo pecuario. Estudio de

- caso. VII Reunión Comité Asesor de la RIEPT, CIAT, 27-29 de Agosto/90.
- FERGUSON, J.E. Ed. Coord. 1989. Semillas de especies forrajeras tropicales en la selva peruana: Memorias taller organizado por INIAA-IVITA-CIAT, 30 Mayo - 4 Junio, 1988. Tarapoto, Perú. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 166 p.
- FERGUSON, J.E. 1989. Producción de semillas de Andropogon gayanus. En: Andropogon gayanus, Kunth: Un pasto para los suelos ácidos del trópico. Toledo, J.M., Vera, R., Lascano, C. y Lenné, J.M. (eds.), CIAT, Cali, Colombia. pp. 295-321.
- FERGUSON, J.E., R. SCHAUS and A. PERALTA. 1989. The integration of seed activities into an International Pastures Network. XVI International Grassland Congress, Nice, France. pp. 683-684.
- FERGUSON, J.E., R. VERA and J.M. TOLEDO. 1989. Andropogon gayanus and Stylosanthes capitata in the Colombian Llanos - The path from the wild towards adoption. XVI International Grassland Congress, Nice, France. pp. 1343-1344.
- FERGUSON, J.E. 1990. Overview of seed of forage species in tropical Latin America. Contribution to the Newsletter of IHSRPG (International Herbage Seed Production Research Group).
- FERGUSON, J.E. 1990. Programas de semillas de especies forrajeras, actividades y organización. Simposio sobre producción de pastos y forrajes en el trópico. Seminario internacional en conmemoración del XXI Aniversario de la fundación del ICA, 24-26 de Octubre/90, Cuba.
- FERGUSON, J.E.; J.M. HOPKINSON; L.R. HUMPHREYS and R.P. DE ANDRADE. (In perss). Seed production of Centrosema spp. In: Centrosema - Biology, Agronomy and Utilization. Workshop CIAT, Cali, Colombia. February, 1987.
- FERRUFINO, A., and S.L. LAPOINTE. 1989. Host Plant Resistance in Brachiaria grasses to the spittlebug Zulia colombiana. Entomol. exp. appl. 51(2):155-162.
- FREEDEN, A.L., T.K. RAAB, I.M. RAO and N. TERRY. 1990. Effects of phosphorus nutrition on photosynthesis in Glicine max. Planta 181:399-405.
- JANSSEN, W.G., L. SANINT y C. SERE. 1989. Multiple objective decision making at CIAT. CIAT-Documento Interno, Octubre.
- JANSSEN, W., L. SANINT, L. RIVAS y G. HENRY. 1990. CIAT's commodity portfolio reexamined: indicators of present and future importance. In: CIAT -Trends in CIAT Commodities 1990, W. Janssen (ed.), Working Document No.74, Cali, Colombia. Noviembre. pp. 1-38.
- KELLER-GREIN, G. and R. SCHULTZE-KRAFT. 1990. Botanical description and natural distribution of Andropogon gayanus. In: Toledo, J.M. et al. (eds.), Andropogon gayanus Kunth: A grass for tropical acid soils. CIAT, Cali, Colombia. p. 1-18.

- LANGE, LENE, JILLIAN M. LENNE, and LAURITZ W. OLSON. 1989. Ultrastructural studies of zoosporangium and resting sporangium of Synchytrium desmodii. Journal of Phytopathology 125:361-372.
- LAPOINTE, S.L., G. ARANGO and G. SOTELO. 1989. A methodology for evaluation of host plant resistance in Brachiaria to spittlebug species (Homoptera: Cercopidae). Proc. XVI Internat. Grassland Cong., Nice, France, 1989:731-732.
- LAPOINTE, S.L., G. SOTELO, and G. ARANGO. 1989. Improved rearing technique for spittlebugs (Homoptera:Cercopidae). J. Econ. Entomol. 82(6):1764-1766.
- LAPOINTE, S.L., C.A. GARCIA, and M.S. SERRANO. 1990. Control of leaf-cutter ants in the Colombian savanna. In: R. K. Vander Meer, K. Jaffe, and A. Cedeño (eds.), Applied Myrmecology: A World Perspective, Westview Press, Boulder, Colorado.
- LAPOINTE, S.L., G. SOTELO, M.S. SERRANO and G. ARANGO. 1990. Cría masiva de especies de Cercópodos en invernadero. Boletín de Pasturas Tropicales 11(3):25-28
- LASCANO, C., P. AVILA y J.C. RODRIGUEZ. 1990. Producción de leche con gramíneas puras y asociación con leguminosas en suelos ácidos. Resumen. Anais da 12a. Reuniao da ALPA, Campinas, S.P., Brasil. p. 118.
- LASCANO, C. y C. PLAZAS. 1990. Bancos de proteína y energía en sabanas de los Llanos Orientales de Colombia. Pasturas Tropicales 12(1):9.
- LASCANO, C., J.C. RODRIGUEZ y P. AVILA. 1990. Niveles de úrea en la leche como indicativo del consumo de leguminosas tropicales por animales en pastoreo. Pasturas Tropicales 12(3):38.
- LASCANO, C.; J.E. FERGUSON; J.M. TOLEDO; M.C. AMEZQUITA. 1990. Problemas específicos de la investigación con pasturas en fincas. VII Reunión Comité Asesor de la RIEPT, CIAT, 27-29 de Agosto, 1990, Cali, Colombia.
- LENNE, J.M. 1989. Problems associated with evaluation of diseases of perennial pasture plants - some recommendations. Proc. XVI Int. Grassl. Congress. pp. 695-696.
- LENNE, J.M. and M.A. CALDERON. 1989. Problemas causados por plagas y enfermedades en Andropogon gayanus. pp. 191-238. In: Andropogon gayanus Kunth - un pasto para suelos ácidos del trópico. eds. Toledo, Vera, Lascano, Lenné, CIAT, Cali, Colombia.
- LENNE, J.M., G. OLAYA and J.W. MILES. 1989. Importance of Rhizoctonia foliar blight of the promising tropical pasture legume genus Centrosema. Proc. XVI Int. Grassl. Congress. pp. 697-698.
- LENNE, J.M., ZAMORANO, E. and VARGAS DE ALVAREZ, A. 1989. Estrogenic activity in Sphaceloma scab infected Zornia latifolia. Phytopath. 79: (in press).
- LENNE, J., R. SONODA, and S.L. LAPOINTE. 1990. Pests and diseases of Centrosema. In: International Workshop on Centrosema: Biology, Agronomy and Utilization.

CIAT, Cali, Colombia.

- LENNE, J.M. 1990. Rust of the tropical pasture grass Brachiaria humidicola in South America. *Plant Disease* 74(9):720.
- LENNE, J.M., C. TORRES, and C. GARCIA. 1990. Effect of wart disease on survival and yield of the tropical pasture legume Desmodium ovalifolium. *Plant Dis.* 74:676-679.
- LENNE, J.M. and A. VARGAS DE ALVAREZ. 1990. Leaf spot of Centrosema species caused by Cylindrocladium colhounii. *Plant Dis.* (In press).
- LENNE, J.M., R. SONODA and S.L. LAPOINTE. 1990. Pests and diseases of Centrosema. In: International Workshop on Centrosema: Biology, Agronomy and Utilization. CIAT, Cali, Colombia.
- NESA, E., M.C. AMEZQUITA y J.M. TOLEDO. 1990. Rango de adaptación de Brachiaria dictyoneura cv. Llanero, A. gayanus cv. Carimagua 1 y S. capitata cv. Capica en Colombia. Resumen. Anais da 12a. Reuniao da ALPA, Campinas, S.P., Brasil. p. 99.
- MILES, J.W. and B. GROF. 1990. Genetics and plant breeding of Andropogon gayanus. In: Toledo, J.M., R. Vera, C. Lascano, and J.M. Lenné (eds.). Andropogon gayanus Kunth: a grass for tropical acid soils. CIAT, Cali, Colombia. pp. 19-35.
- MILES, J.W., R.J. CLEMENTS, B. GROF, and A. SERPA. 1990. Genetics and breeding of Centrosema. In: Schultze-Kraft, R. and R.J. Clements (eds.). Centrosema: Biology, agronomy, and utilization. CIAT, Cali, Colombia. pp. 245-270.
- MILLARD, P., R.J. THOMAS and S.T. BUCKLAND. 1990. Nitrogen supply affects the remobilization of nitrogen for the regrowth of defoliated Lolium perenne L. *Journal of Experimental Botany* 41:941-947.
- OLAYA, G. and LENNE, J.M. 1989. Isozyme variation between and within species of the genus Rhizoctonia. *Phytopath.* 79: (in press).
- PIZARRO, E.A.; FRANCO, L.H. and RAMIREZ, A. 1989. Introduction and evaluation of tropical forages in the savannas of Colombia. Proceedings of the XVI International Grasslands Congress, Nice - France. pp. 211-212.
- PIZARRO, E.A.; DIULGUEROFF, S. and ARGEL, P. 1989. Introduction and evaluation of tropical forages in various ecosystems of Costa Rica. Proceedings of the XVI International Grasslands Congress, Nice - France. pp. 237-238.
- PIZARRO, E.A.; and VERA, R.R. 1989. Yield and quality of signal grass stockpiled at different dates. Proceedings of the XVI International Grasslands Congress, Nice - France. pp. 1575-1576.
- PIZARRO, E.A. y R.R. VERA. 1990. Efecto de diferir la época de utilización en la producción y calidad de Centrosema pubescens. *Pasturas Tropicales: Boletín.* 12(1):39-43.
- RAMIREZ, A., R. BOTERO y A. BERMEO. 1989. Potencial económico de un programa de

transferencia de tecnología de pasturas en la altillanura oriental de Colombia. CIAT, Pasturas Tropicales, Volumen 11, No.2. Agosto.

- RAMIREZ, A., C. SERE, and J. UQUILLAS. 1990. Impacto socioeconómico de sistemas agroforestales en la selva baja del Ecuador. CIAT. Programa de Pastos Tropicales, Documento de Trabajo No.65, Cali, Colombia. Abril. 217 p.
- RAMIREZ, A. and C. SERE. 1990. Brachiaria decumbens en el Caquetá, Colombia: adopción y uso en ganaderías de doble propósito. CIAT, Programa de Pastos Tropicales, Documento de Trabajo No.67, Cali, Colombia, June, 118 p.
- RAMIREZ, A. and C. SERE. 1990. An economic analysis of improved agroforestry practices in the Amazon lowlands of Ecuador. CIAT, Tropical Pastures Program, Cali, Colombia. September. 32 p. (forthcoming in Agroforestry Systems).
- RAO, I.M., A.R. ARULANANTHAM and N. TERRY. 1990. Diurnal changes in adenylates and nicotinamide nucleotides in sugar beet leaves. *Photosyn. Res.* 23:205-212.
- RAO, I.M., A.L. FREDEEN and N. TERRY. 1990. Leaf phosphate status, photosynthesis and carbon partitioning in sugar beet III. Diurnal changes in carbon partitioning and export. *Plant Physiol.* 92:29-36.
- REYES, C.A., G. KELLER GREIN, and R.C. PEREZ. 1990. Regional experience with Centrosema: Peru, Bolivia and Ecuador. In: Schultze-Kraft, R., and Clements, R.J. (eds.). Centrosema: Biology, Agronomy, and Utilization. CIAT, Cali, Colombia.
- RIPPSTEIN, G. 1989. Evolution et dégradation d'un écosystème paturé en zone Soudano-Suinéenne au Cameroun. XVI Congrès International des Herbages, Nice, France, 1989. pp. 1075-1076.
- RIPPSTEIN, G. 1989. Une méthode d'étude et de classification des paturages de savane. XVI Congrès International des Herbages, Nice, France, 1989. pp. 1435-1436.
- RIVAS, L., SERE, C., SANINT, L.R. y J.L. CORDEU. 1989. La situación de la demanda de carnes en países seleccionados de América Latina y el Caribe. FAO/CIAT, Cali, Colombia. 196 p.
- RIVAS, L. 1990. Desarrollo de un sistema ganadero de doble propósito en Colombia: El caso de Caquetá. Trabajo presentado en el Seminario Internacional sobre Lechería Tropical, organizado por el Banco de México-FIRA, Villahermosa, México, Noviembre 20-24, 1990.
- RIVAS, L., A. RAMIREZ and C. SERE. 1990. Economic analysis of a grazing trial: the case of Brachiaria decumbens versus B. decumbens with Pueraria phaseoloides on the Eastern Plains of Colombia. CIAT, Tropical Pastures Program, Cali, Colombia. January. 23 p. (forthcoming in Tropical Grassland).
- RIVERA, B.; R.R. VERA and J.H. WENIGER. 1989. Use of criollo bulls in a cow-calf Zebu herd in the Eastern Plains of Colombia. *Journal of Animal Breeding and*

Genetics. 106:470-474.

- SANCHEZ, M.; J.E. FERGUSON. 1990. Producción de semilla de Centrosema acutifolium cv. Vichada en Colombia. XIII Seminario Panamericano de Semillas, Guatemala 20-24 de Agosto, 1990.
- SANINT, L., L. RIVAS y C. SERE. 1990. Improved technologies for Latin America's new economic reality: rice-pastures systems for the acid savannas. In: CIAT - Trends in CIAT Commodities 1990, W. Janssen (ed.), Working Document No.74. Cali, Colombia. Noviembre. pp.117-131.
- SCHULTZE-KRAFT, R. 1989. Centrosema tetragonolobum - a new tropical pasture legume for acid soils. In: Proceedings, XVI Int. Grassld. Congr., Nice, France. p. 207-208.
- SCHULTZE-KRAFT, R., C. Lascano, G. Benavides and J.M. Gómez. 1989. Relative palatability of some little-known tropical forage legumes. In: Proceedings, XVI Int. Grassl. Congr., Nice, France. p. 785-876.
- SCHULTZE-KRAFT, R., S. Pattanavibul, A. Gani, C. He, and C.C. Wong. 1989. Collection of native germplasm resources of tropical forage legumes in Southeast Asia. In: Proceedings, XVI Int. Grassl. Congr., Nice, France. p. 271-272.
- SCHULTZE-KRAFT, R., R.J. Williams, L. Coradin, J.R. Lazier and A.E. Kretschmer Jr. 1989. 1989 World Catalog of Centrosema germplasm. CIAT-IBPGR, Cali, Colombia. 319 p.
- SCHULTZE-KRAFT, R. 1990. Centrosema species for acid soils. In: R. Schultze-Kraft and R.J. Clements (eds.), Centrosema: Biology, Agronomy and Utilization. CIAT, Cali, Colombia. p. 99-117.
- SCHULTZE-KRAFT, R. and R.J. CLEMENTS (eds.). 1990. Centrosema: Biology, Agronomy and Utilization. CIAT, Cali, Colombia. 667 p.
- SCHULTZE-KRAFT, R., R.J. WILLIAMS, and L. CORADIN. 1990. Biogeography of Centrosema. In: R. Schultze-Kraft and R.J. Clements (eds.), Centrosema: Biology, Agronomy and Utilization. CIAT, Cali, Colombia. p. 29-76.
- SCHULTZE-KRAFT, R. and S. PATTANAVIBUL. 1990. Germplasm collection of tropical forage legumes in Thailand. Thai Journal of Agricultural Science 23(4):359-369.
- SCHULTZE-KRAFT, R. and J.M. Toledo. 1990. Germplasm storage and distribution, forage evaluation, and seed multiplication in the CIAT Tropical Pastures Program. In: Forage Germplasm Storage, Distribution, Evaluation and Multiplication, ACIAR Working Paper No.32. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, Australia. p. 8-17.
- SCHULTZE-KRAFT, R. (Comp.) 1990. The CIAT collection of tropical forages. 1. Catalog of germplasm from Southeast Asia. Working document No.65. CIAT, Cali, Colombia. 316 p.

- SERE, C. y J. FERGUSON. 1989. Release and initial evidence of adoption and impact of Andropogon gayanus in tropical America. In: Toledo, J.M., Vera, R., Lascano, C. y J. Lenné (eds.). Andropogon gayanus Kintz: a grass for tropical acid soils. Cali, Colombia, August. pp. 357-387.
- SERE, C., W. JANSSEN, L.R. SANINT, W. GRISLEY, L. RIVAS y J. COCK. 1989. The outlook for CIAT commodities towards the year 2000. In: Trends in CIAT Commodities, Internal Document-Economics 1.14, July.
- SERE, C. y L.S. JARVIS. 1989. The betting line on beef: ex-ante estimates of improved pasture research benefits for the Latin American tropics. In: Trends in CIAT Commodities, Internal Document-Economics 1.14, July.
- SERE, C., L.R. SANINT, L. RIVAS, R. BOTERO, J.V. CADAVID, A. MONSALVE y L. VALENCIA. 1990. Sondeo sobre viabilidad y limitaciones al uso de arroz y pasturas asociadas en los Llanos Orientales de Colombia: Piedemonte y Altilanura. Documento Interno, CIAT, Cali, Colombia. 54 p.
- SOTELO, G., S.L. LAPOINTE y G.L. ARANGO. 1988. Nueva técnica de cría del "salivazo de los pastos" en invernadero (Homoptera: Cercopidae). Revista Colombiana de Entomología 14(1):3-6.
- TERRY, N. and I.M. RAO. 1990. Nutrients and photosynthesis: iron and phosphorus as case studies. Chapter in J.R. Porter and D.W. Lawlor (eds.), Plant Growth: Interactions with Nutrition and Environment. Cambridge University Press, Cambridge, England.
- THOMAS, D. and S.L. LAPOINTE. 1989. Testing new accessions of Guinea Grass (Panicum maximum) for acid soils and resistance to spittlebug (Aeneolamia reducta). Tropical Grasslands (in press).
- THOMAS, D. and R. SCHULTZE-KRAFT. 1990. Evaluation of five shrubby legumes in comparison with Centrosema acutifolium, Carimagua, Colombia. Tropical Grasslands 24(2): 87-92.
- THOMAS, R.J., K.A.B. LOGAN, A.D. IRNSIDE, and G.R. BOLTON. 1990. Measurement of the accumulation of N by grass in a continuously grazed upland pasture. In: Nutrient Cycling in Terrestrial Ecosystems. A.F. Harrison, Ineson, P. and Heal, O.W. (eds.) p. 428-440. Elsevier Applied Science, England.
- THOMAS, R.J., K.A.B., A.D. IRNSIDE, G.R. BOLTON. 1990. The effects of grazing with and without excretal returns on the accumulation of nitrogen by ryegrass in a continuously grazed upland sward. Grass Forage Science 45:65-75.
- TOLEDO, J.M., A. Arias and R. Schultze-Kraft. 1989. Productivity and shade tolerance of Axonopus spp., Paspalum spp. and Stenotaphrum secundatum in the humid tropics. In: Proceedings, XVI Int. Grassl. Congr., Nice, France. p. 221-222.
- TOLEDO, J.M., J.M. LENNE and R. SCHULTZE-KRAFT. 1989. Effective utilization of tropical pasture germplasm. pp. 27-87. In: Utilization of Genetic Resources: Suitable Approaches, Agronomical Evaluation and Use. FAO Plant Production and Protection Paper No.94.



- TOLEDO, J.M., C. SERE y M. LOKER. 1989. Pasture-crop technologies for acid soil savannas and rain forests of tropical America. In: Proceedings of the Ninth Agricultural Symposium of the World Bank - Innovations in Resource Management, Enero 10-11.
- TOLEDO, J.M. and F. TORRES. 1990. Potential of silvopastoral systems in the rain forests. Proceedings of a Special Session on Agroforestry Land-use systems in International Agronomy. Am. Soc. of Agron., Annual Meeting, November 28-29, 1988.
- TOLEDO, J.M. 1990. Sistemas integrados sostenibles en sabanas y áreas degradadas de bosque. Presentado en el Simposium del ICA sobre Agricultura Sostenida. Bogotá, 19-23 de Noviembre, 1990.
- TOLEDO, J.M., R.S. ZEIGLER, and F. TORRES. 1990. Sustainable utilization of poor acid soils of tropical America. Paper presented in the TARC Symposium on Soil Constraints for Sustainable Agriculture in the Tropics. Kyoto, Japan. August 14-16, 1990.
- TOLEDO, J.M. and F. TORRES. 1990. Potential of silvopastoral systems in the rainforests. In: Moore, E. (ed.). Agroforestry Land-Use Systems, ASSA-NFTA, U.S.A. pp. 35-52.
- TORRES, C., BRADLEY, R.S., LENNE, J.M. and CHAVERRA, M. 1989. Survival of Bradyrhizobium in contact with chemical protectants on seed of Centrosema acutifolium. Phytopath. 79: (in press).
- VALLEJOS, A.; PIZARRO, E.A.; CHAVES, C.; PEZO, D. y FERREIRA, P. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 1. Ecotipos de Brachiaria. Pasturas Tropicales 11(2):2-9.
- VALLEJOS, A.; PIZARRO, E.A.; CHAVES, C.; PEZO, D. y FERREIRA, P. 1989. Evaluación agronómica de gramíneas en Guápiles, Costa Rica. 2. Ecotipos de Panicum maximum. Pasturas Tropicales 11(2):10-15.
- VARGAS DE ALVAREZ, A., TORRES, C. and LENNE, J.M. 1989. Effect of various fungicides on mycelial growth of Colletotrichum gloeosporioides and Rhizoctonia species in vitro. Phytopath. 79: (in press).
- VERA, R.R.; PIZARRO, E.A.; TOSCANO, A. and RODRIGUEZ, N.M. 1989. Sites of digestion of nitrogen of hays made with the tropical legume Neonotonia wightii. 1989. Proceedings of the XVI International Grasslands Congress, Nice - France. pp. 921-922.
- VERA, R.R. y C. SERE. 1989. On-farm results with Andropogon gayanus. In: Toledo, J.M., Vera, R., Lascano, C. y J. Lenné (eds.). Andropogon gayanus Kunth: a grass for tropical acid soils. CIAT, Cali, Colombia, August. pp. 323-355.
- VERA, R.R. 1990. Effective use of improved tropical pastures for efficient reproductive performance. World Animal Production. International Stockmen's School Handbooks, Texas. Vol. 2. 404-427.

# 28. Lista de los Miembros del Programa

## Científicos Principales

- \* José M. Toledo, Ph.D., Agrostólogo, Líder
- Pedro J. Argel, Ph.D., Agrónomo, Agronomía/RIEPT Centroamérica y El Caribe (San José, Costa Rica)
- John Ferguson, Ph.D., Agrónomo, Producción de Semillas
- Myles Fisher, Ph.D., Ecofisiólogo, Ecofisiología
- Gerhard Keller-Grein, Dr. sc. agr., Agrónomo, Agronomía/RIEPT-Trópico Húmedo (Pucallpa, Perú)
- Stephen Lapointe, Ph.D., Entomólogo, Entomología
- Carlos Lascano, Ph.D., Nutricionista de Rumiantes, Calidad y Productividad de Pasturas
- John W. Miles, Ph.D., Fitomejorador, Mejoramiento de Forrajes
- Yoichi Nada, Ph.D. (TARC-Japón), Científico de Pasturas
- Esteban A. Pizarro, Ph.D., Agrostólogo, Agronomía/RIEPT Cerrados (Brasilia, Brasil)
- Idupulapati Rao, Ph.D., Especialista en Relación Planta/Suelo, Relación Suelo/Planta y Reciclaje de Nutrientes
- Georges Rippstein, Dr. agr. (IEMVT/CIRAD/CIAT), Ecólogo de Pasturas, Investigación en Mejoramiento de Sabanas Nativas
- José I. Sanz, Ph.D., Edafólogo, Proyecto Arroz-Pastos (Villavicencio, Colombia)
- Rainer Schultze-Kraft, Dr. agr., Agrostólogo, Agronomía/RIEPT-Llanos
- \* Carlos Seré, Dr. agr., Economista Agrícola, Economía
- James M. Spain, Ph.D., Edafólogo, Desarrollo de Pasturas Cerrados (CPAC, Brasilia, Brasil)
- Richard Thomas, Ph.D., Plant/Microbial Physiologist, Fijación y Reciclaje de Nutrientes
- Peter Trutmann, Ph.D., Fitopatólogo, Fitopatología
- Raul R. Vera, Ph.D., Zootecnista, Sistemas de Producción de Ganado

## Científicos Invitados y Posdoctorados

- Miguel Ara, Ph.D., Edafólogo, Recuperación de Pasturas Trópico Húmedo (Pucallpa, Perú)
- Miguel A. Ayarza, Ph.D., Científico de Suelos, Relación Suelo/Planta y Reciclaje de Nutrientes
- Brigitte L. Maass, Dr. sc. agr., Agrónomo, Recursos Genéticos

- \* Alvaro Ramírez, Ph.D. (FUNDAGRO), Economista, Sistemas de Producción (Napo, Ecuador)
- \* Roberto Sáez, Ph.D., Economista, Sistemas de Producción (Brasilia, Brasil)

#### Asociados de Investigación

- Amparo de Alvarez, Ing. Agr., Fitopatología
- Javier Belalcázar, Ing. Agr., URG-Forrajés Tropicales
- Raul Botero, MVZ, M.Sc., Economía
- Stephano Diulgheroff, Agrostólogo (FAO), Agronomía y Producción de Semillas RIEPT/Costa Rica
- Manuel Arturo Franco, Ing. Mec., Ingeniería Base de Datos
- Obed García, MVZ, Proyecto Doble Propósito CIAT/TUB/GTZ (en Villavicencio)
- Hernán Giraldo, Ing. Agr., Ecofisiología (en Carimagua)
- \* Ramón Gualdrón, Ing. Agr., Suelos/Nutrición de Plantas
- \* Silvio Guzmán, MVZ, Sistemas de Producción de Ganado
- Phanor Hoyos, Zootecnista, Calidad y Productividad de Pasturas, Puerto López
- Eloísa Mesa, Estadístico, Biometría, Unidad de Servicio de Datos
- Kenneth Reátegui, Ing., Investigación en Fincas (Pucallpa, Perú)
- Libardo Rivas, Economista, M.Sc., Economía
- Jorge Celso Rodríguez, MVZ, Calidad y Productividad de Pasturas
- Manuel Sánchez, Ing. Agr., Producción de Semillas
- Miguel Santiago Serrano R., Biólogo, M.Sc., Entomología
- Christian Ullrich, Dipl. Ing. Agr., Científico Visitante, Proyecto de Doble Propósito CIAT/TUB/GTZ (en Villavicencio)

#### Asistentes de Investigación

- Guillermo Arango, Biólogo, Entomología
- Patricia Avila, Zootecnista, Calidad y Productividad de Pasturas
- Julián Azañero, Ing. Agr., Recuperación de Pasturas (Pucallpa, Perú)
- Edgard Cárdenas, Zootecnista, Agronomía/RIEPT-Llanos (en Carimagua)
- \* María Cristina Bolaños, Bacterióloga, Fijación y Reciclaje de Nitrógeno
- Vicente Borrero Calero, Ing. Agr., Suelos/Nutrición de Plantas
- José Vicente Cadavid, Economista Agrícola, Economía
- Javier Asdrúbal Cano, Economista Agrícola, Oficina del Líder del Programa
- Carlos Iván Cardozo, Ing. Agr., Producción de Semillas
- Luis Fernando Chávez, Biólogo, Fitomejoramiento Forrajés (en Carimagua)
- Fernando Díaz, Ing. Agr., Agronomía/RIEPT-Llanos (en Villavicencio)
- Martha Lucía Escandón, Ing. Agr., Fitomejoramiento
- Fernando Fernández, Zootecnista, Sistemas de Producción de Ganado (en Florencia)
- Luis H. Franco, Ing. Agr., Agronomía, Ensayos Regionales
- \* César Augusto García, Ing. Agr., Entomología y Fitopatología (en Carimagua)
- Pedro Herrera, Ing. Agr., Suelos/Nutrición de Plantas (en Carimagua)
- Fulvio Hidalgo, Ing. Agr., Producción de Semillas (Pucallpa, Perú)
- Carlos Guillermo Meléndez, Ing. Agr., Sistemas de Producción de Ganado
- Dacier Mosquera, Ing. Agr., Fijación y Reciclaje de Nitrógeno
- \* Gloria Navas, Ing. Agr., Agronomía(RIEPT Llanos (en Carimagua)
- Gloria Isabel Ocampo, Bacterióloga, Fijación y Reciclaje de Nitrógeno
- Fernando Passoni, Ing. Agr., Agronomía Trópico Húmedo (Pucallpa, Perú)
- Camilo Plazas, Zootecnista, Calidad y Productividad de Pasturas (en Carimagua)
- \* Carlos A. Ramírez, MVZ, Sistemas de Producción de Ganado
- Julio Rosales, Ing. Agr., Recuperación de Pasturas (Pucallpa, Perú)

- \* Edgar Salazar, Ing. Agr., Agronomía (en Carimagua)  
Sigifredo Salgado, Ing. Agr., Producción de Semillas (en Villavicencio)  
Alba Marina Torres, Bióloga, URG-Forrajes Tropicales  
Blanca Torres, Bacteriología, Calidad y Productividad de Pasturas  
Celina Torres, Ing. Agr., Fitopatología  
Alfredo Valerio, Ing. Agr., Agronomía/RIEPT Centroamérica y El Caribe  
(San José, Costa Rica)  
Amanda Villegas, Ing. Agr., Entomología/Fitopatología (en Carimagua)  
Belisario Volverás, Ing. Agr., Ecofisiología (en Carimagua)

Personal Científico CPAC del Convenio EMBRAPA/CPAC/CIAT (Brasilia, Brasil)

Ronaldo Pereira de Andrade, M.Sc.  
Gilberto Goncalves Leite, Ph.D.  
Carlos Magno Campos da Rocha, M.Sc.  
Mario Soter Franca-Dantas, Ph.D.  
Lourival Vilela, M.Sc.  
José Luis Fernandez Zoby, Ph.D.

Personal Científico INIAA e IVITA del Convenio INIAA/IVITA/CIAT (Pucallpa, Perú)

Abraham Díaz, Ing. Agr. (INIAA)  
Héctor Huamán, M.Sc. (IVITA)  
Hugo Ordóñez, M.Sc. (IVITA)  
Luis Pinedo, M.Sc. (IVITA)  
César Reyes, Ing. Agr. (IVITA)  
Jorge Vela, Ing. Agr. (INIAA)

---

\* Se retiró del Programa durante 1990.