

Informe Bianual 1992-1993

Programa de Forrajes Tropicales

Documento de Trabajo No. 136, 1993

INDICE

	Página
1. Introducción	1-1
- Estrategia del programa	1-1
- Actividades de investigación	1-3
- Proyectos de investigación colaborativa	1-8
2. Recursos genéticos de especies forrajeras	2-1
- Actividades en recursos genéticos	2-1
- Rizobios y micorrizas	2-4
- Evaluación de germoplasma respecto a su adaptación al ambiente	2-6
- Evaluación de ecotipos seleccionados de especies forrajeras para sistemas de producción	2-16
3. Mejoramiento de germoplasma de especies forrajeras	3-1
- Mejoramiento de <i>Brachiaria</i>	3-1
- Mejoramiento de <i>Arachis</i>	3-8
- Mejoramiento de <i>Stylosanthes</i>	3-14
- Mejoramiento de <i>Panicum</i>	3-18
- Mejoramiento de <i>Paspalum</i>	3-18
- Mejoramiento de <i>Centrosema</i>	3-19
4. Atributos de la planta respecto a mejor calidad del forraje, persistencia, adaptación al suelo y mejoramiento del suelo	4-1
- Estudios sobre la calidad del forraje	4-2
- Estudios sobre la adaptación al suelo	4-7
5. Utilización de germoplasma de especies forrajeras en diferentes ecosistemas	5-1
- Sistemas con base en especies forrajeras y su evaluación a nivel de finca en Costa Rica	5-1
- Sistemas de semilla	5-2
- Tecnología de bajo costo para el establecimiento de leguminosas	5-3
- Desarrollo institucional y cooperación institucional	5-3
- Evaluación del impacto económico	5-6
6. Proyectos interprogramas	6-1
- Reciclaje de nutrientes y producción animal	6-1
7. Lista de las publicaciones del personal del Programa de Forrajes Tropicales del CIAT (1992-1993)	7-1
8. Lista de personal	8-1
9. Donantes — Proyectos Complementarios	9-1

1. INTRODUCCION

Este Informe Bienal es el primer informe del nuevo Programa de Forrajes Tropicales del CIAT. El último informe del antiguo Programa de Pastos Tropicales se publicó como una recapitulación de cinco años de investigación, desde 1986 hasta 1991, en un libro titulado 'Pastures for the Tropical Lowlands: CIAT's Contribution'. Las personas que desean recibir una copia de este libro, pueden solicitarla al programa.

El Informe Bienal se preparó con miras a nuestra Revisión Interna; su Introducción, a la vez, es un Resumen Ejecutivo para la Junta Directiva. Ambos documentos se publicarán como un Documento de Trabajo para informar a nuestros colegas de América Latina y de todo el trópico sobre nuestras actividades actuales. Agradecemos sus comentarios.

1.1 Estrategia del Programa

El Programa de Forrajes Tropicales se formó a partir de tres componentes del antiguo Programa de Pastos Tropicales —recursos genéticos de especies forrajeras, fitomejoramiento y utilización— e inició sus operaciones en agosto de 1992. Al reorganizar el antiguo Programa de Pastos Tropicales, se trasladaron las posiciones de Reciclaje de Nutrientes, Ecofisiología, Sistemas Agrícolas y Economía al nuevo Programa de Sabanas. El mandato del Programa de Forrajes Tropicales quedó definido como el desarrollo y la entrega de ecotipos selectos de especies forrajeras a los SNIA y a los Programas de Recursos Naturales del CIAT. La estrategia global no ha cambiado, pero el Programa actualmente depende mucho más de los esfuerzos colaborativos con terceros para evaluar el germoplasma nuevo en los sistemas de producción y para desarrollar estrategias de manejo que permitan utilizar este germoplasma.

La meta global del Programa es identificar y desarrollar especies forrajeras adaptadas a los suelos ácidos e infértiles del trópico húmedo y subhúmedo; así se contribuirá a que la producción de carne y de leche sea mayor y más eficiente, a que haya un mejoramiento del suelo y a que la erosión se controle en diferentes sistemas de producción y en diferentes ecoregiones.

El desarrollo de sistemas de forrajeras mejorados de alto valor nutritivo es la clave de una mayor productividad pecuaria que sea sostenible, puesto que la nutrición inadecuada es la principal limitación de la productividad de rumiantes en la mayoría de las regiones del trópico. Sin embargo, se hace evidente que las especies forrajeras pueden también contribuir a que los sistemas agrícolas sean más sostenibles: mejoran la fertilidad del suelo y controlan la erosión y las malezas.

El principal énfasis del Programa es en los sistemas de producción de América tropical, en los agroecosistemas que el CIAT ha establecido como mandato: las sabanas, los márgenes forestales en el trópico húmedo, y las laderas de altitudes intermedias. Pero, con la ayuda de recursos financieros complementarios, la política será extender las actividades hasta el Sudeste Asiático y Africa Occidental.

En América tropical, las pasturas nativas presentan una baja productividad; en las pasturas mejoradas de sólo gramíneas, la productividad aumenta inicialmente pero con el tiempo disminuye. Por otra parte, los cultivos sin el uso de prácticas agronómicas de conservación degradan el suelo.

En cuanto a las Sabanas, el antiguo Programa de Pastos Tropicales demostró que las pasturas de leguminosas y gramíneas pueden dar una producción animal más alta y sostenida. Por tanto, en los Llanos colombianos, donde la sabana nativa solamente produce una ganancia de peso vivo de 20 kg/ha/año y las pasturas mejoradas de gramíneas puras producen 200 kg/ha/año, las pasturas mejoradas de leguminosas y gramíneas llegan a producir hasta 400 kg/ha/año. Además, se mejora la fertilidad del suelo para la subsiguiente producción agrícola.

Con este sistema exitoso, sin embargo, surgieron también nuevas prioridades de investigación. Se necesita un grupo diferente de leguminosas forrajeras para las rotaciones de pasturas-cultivo, y así aprovechar la mayor fertilidad del suelo que resulta de la fertilización de los cultivos. Igualmente, a medida que se extiende el uso de cultivares de especies forrajeras, aparecen nuevas limitaciones; para

algunos cultivares ha sido necesario combinar atributos deseables de diferentes genotipos.

El Programa está en el proceso de identificar germoplasma de especies forrajeras que sea apropiado para los márgenes forestales y las laderas; luego se desarrollarán tecnologías con base en forrajeras, similares al sistema sostenible de arroz y pasturas en las sabanas.

En los márgenes forestales, se requieren unas asociaciones de leguminosas y gramíneas que sean más permanentes y más estables; así se evitarían el agotamiento del suelo y la invasión de malezas que se presentan al sembrar gramíneas después de tumar el bosque. Estas asociaciones pueden servir también como cobertura del suelo en cultivos hortícolas y arbóreos para evitar la invasión de malezas y reducir el uso de herbicidas.

Se ha identificado una leguminosa apropiada, *Arachis pintoi*, que forma asociaciones estables con gramíneas en situaciones de pasturas y que ha demostrado ser una cobertura del suelo agresiva que limita la invasión de malezas. Su uso más generalizado se ve limitado principalmente por el hecho de que los tecnólogos y los agricultores no están acostumbrados a usar leguminosas en pasturas. Por tanto, se debe enfatizar más la transferencia de tecnología —es decir, se debe capacitar a los tecnólogos en la evaluación a nivel de finca. Además, se debe buscar financiación adicional para esta actividad.

Después del éxito de *Arachis pintoi* CIAT 17434, una accesión que se seleccionó de una base genética inicial de unas pocas accesiones, CENARGEN/EMBRAPA están en el proceso de adquirir accesiones adicionales de esta especie para ampliar la base genética. De esta forma se extenderá el rango de adaptación y, al mismo tiempo, se asegurará de que la diversidad genética es suficiente para hacer recombinaciones en el futuro, a medida que aparezcan limitaciones en el germoplasma nativo.

El mejoramiento de la tierra en barbecho, mediante el uso de leguminosas forrajeras, se ha identificado como la principal necesidad de las zonas de ladera. En la mayoría de estas zonas, hasta el 60% de la tierra se encuentra en barbecho de 'cultivo' o en barbecho 'permanente'. Al mejorar la productividad de la tierra en barbecho, se aumentaría la productividad de los productos pecuarios, se acortarían los períodos en barbecho, y se

incrementarán los rendimientos de los cultivos. Las leguminosas arbustivas también se pueden usar como forraje adicional para los animales durante la estación seca, como fuente de combustible, y como cobertura del suelo o barrera viva para detener el proceso de erosión.

Un científico del programa tendrá como sede el IRRI, para cubrir el Sudeste Asiático. En esta región se necesitan leguminosas y gramíneas forrajeras que sean tolerantes a los suelos ácidos y que puedan usarse en asociación con los sistemas agrícolas con base en arroz de secano. Algunas actividades se realizarán en colaboración con el Proyecto de Sistemas Agrícolas para Tierras Montañosas del IRRI. Se ha encontrado que el germoplasma de especies forrajeras que el CIAT seleccionó en América tropical se adapta bien a las condiciones de África Occidental. Sin embargo, se debe ubicar un científico en esta región para evaluar germoplasma e introducirlo a los sistemas agrícolas, con la colaboración de los otros IARC que trabajen en la región.

El Programa suministra germoplasma, bien adaptado a las condiciones del trópico, para las tres ecoregiones en América tropical, en el Sudeste Asiático y en África Occidental; también recibe muchas solicitudes de germoplasma de especies forrajeras de otras regiones. El Programa, por tanto, tiene que identificar un portafolio variado de opciones de germoplasma forrajero que se adapte a los diferentes nichos de producción en los suelos ácidos e infértiles del trópico; debe también multiplicar, clasificar y distribuir este germoplasma.

La estrategia para alcanzar estos objetivos consistió en organizar las actividades del Programa en cuatro áreas o "proyectos":

- i) recursos genéticos de especies forrajeras;
- (ii) mejoramiento del germoplasma de forrajeras;
- (iii) atributos de la planta para mejorar la calidad del forraje, la adaptación al suelo y el mejoramiento del suelo;
- (iv) utilización del germoplasma de forrajeras.

Además, se han establecido convenios de investigación colaborativa con los SNIA. Los SNIA son, en sumo grado, nuestros colaboradores en el proceso de investigación y de desarrollo. Junto con los donantes y los agricultores, son también nuestros clientes.

No se anticipan cambios notables en la estrategia anterior o en la manera en que el Programa operará dentro del nuevo sistema de proyectos que entrará en vigencia en 1994. Sin embargo, esta decisión de operar dentro de un esquema de proyectos en vez de uno de secciones, junto con la necesidad de buscar una financiación adicional de Proyectos Especiales para apoyar las actividades básicas, implicará ajustes continuos dentro del Programa.

Desde el punto de vista del Centro, hay que reducir el número de proyectos de cuatro (indicados anteriormente) a tres. Esto se puede lograr si se combinan las actividades de los actuales proyectos (iii) y (iv) y se modifican los proyectos (i) y (ii). Por tanto, habrán tres macro-proyectos:

- Biodiversidad y Recursos Genéticos de Especies Forrajeras
- Adaptación y Utilización de Especies Forrajeras
- Mejoramiento de la Diversidad Genética de las Especies Forrajeras Clave.

Sin embargo, la estructura no es tan importante como el establecimiento de las prioridades correctas. Hasta cierto punto, las actividades en curso limitan estas prioridades. Sin embargo, esperamos que haya mayor diálogo y mejor coordinación con los científicos de los SNIA cuando se establezcan nuevas actividades en el futuro. Asimismo, a medida que se fortalezcan la investigación colaborativa, habrá oportunidad de buscar una financiación conjunta de los Proyectos Especiales.

1.2 Actividades de Investigación

El siguiente resumen presenta algunos avances significativos y diversos comentarios sobre las actividades de investigación. También se mencionan las futuras prioridades de investigación. La presentación se basa en el informe anual más detallado que se preparó en el formato de las cuatro áreas de proyecto en que se encuentra actualmente organizada la investigación.

Area de Proyecto 1. Recursos Genéticos de Especies Forrajeras

Con gran beneplácito se ha recibido el nombramiento

de un Curador del germoplasma de especies forrajeras tropicales en la Unidad de Recursos Genéticos, al igual que la posición de Especialista en Germoplasma en el Programa. Estos nombramientos permiten cierta consolidación de las actividades y del nuevo curso de la investigación.

Actividades relacionadas con los recursos genéticos.

El principal enfoque del trabajo de mejoramiento del germoplasma de especies forrajeras tropicales continuará siendo realizado mediante la explotación de la diversidad natural de las plantas entre, y dentro de, las especies silvestres. Por tanto, las actividades de adquisición mediante recolección, de conservación y de intercambio seguirán siendo importantes dentro del Programa.

Algunos avances significativos han sido:

- Adquirir, mediante la recolección y el intercambio, un gran número de accesiones de *Arachis pintoi* del Brasil y de *Desmodium* spp. y *Pueraria phaseoloides* del Vietnam.
- Interrelacionar la base de datos de operaciones con la de datos de pasaporte.
- Distribuir 4000 muestras de germoplasma de forrajeras a 25 países.

Las prioridades futuras son:

- Completar la colocación de 21,000 accesiones de gramíneas y de leguminosas en almacenamiento a largo plazo. En el momento hay 5000 accesiones en almacenamiento a largo plazo; de éstas, 1100 se incluyeron durante 1992-1993.
- Limitar los viajes de recolección inmediatos a las especies promisorias, por ejemplo *Arachis* spp. y *Cratylia argentea*.
- Completar la publicación de los catálogos regionales de germoplasma.

Rizobios y micorrizas. En este área, la principal actividad ha sido mantener 4000 cepas de rizobios y 600 de micorrizas, además de suministrar cultivos inoculantes a los investigadores. Se han adquirido cepas adicionales de *Bradyrhizobium* para *Arachis*, y se están evaluando cepas nativas de micorrizas en diferentes suelos.

Las prioridades futuras son:

- Investigar la persistencia de cultivos de rizobios aplicados *Arachis pintoi* en suelos bajo diferentes sistemas de pasturas y cultivos.
- Explorar el beneficio que representan los rizobios con propiedades antifúngicas para la protección de plantas.
- Consolidar las colecciones de rizobios dentro del CIAT.

Adaptación del germoplasma al ambiente. Para la caracterización morfológica y para la multiplicación de semilla, es necesario tener acceso a los datos sobre la adaptación del germoplasma al ambiente —es decir, a las limitaciones bióticas, climáticas y edáficas— al igual que los datos bastante limitados que se obtienen durante la recolección de plantas (los datos de pasaporte) y aquellos que se obtienen durante la siembra inicial de las nuevas accesiones.

Se han completado varias evaluaciones importantes:

- Sabanas. En los Cerrados de Brasil, de las colecciones de las leguminosas herbáceas *Arachis* spp. y *Calopogonium* spp., y una colección de leguminosas arbustivas y del género de gramínea *Paspalum*. En los Llanos de Colombia, de las colecciones de las leguminosas herbáceas *Calopogonium* y *Pueraria* y de las leguminosas arbustivas *Cratylia argentea*, *Desmodium velutinum*, *Flemingia macrophylla* y *Tadehagi* spp. En la evaluación que se realizó en Brasil, se identificó una accesión de *A. pintoi*, BRA 31143 (CIAT 22160), que se adapta a las estaciones secas largas, y dos accesiones de *C. mucunoides*, que retienen sus hojas verdes en la estación seca.
- Trópico húmedo. Se evaluaron las colecciones de las leguminosas arbustivas *Cratylia argentea*, *Flemingia macrophylla* y *Desmodium velutinum* en Costa Rica y en Caquetá, Colombia, y la colección de *Codariocalyx gyroides* en Caquetá, donde su desempeño fue sobresaliente en los suelos mal drenados.
- Localidad de bosque semi-siempreverde en Atenas, Costa Rica. En una evaluación de 90 accesiones de *Leucaena*, CIAT 17263 fue sobresaliente en la producción de materia seca tanto durante la estación húmeda como la seca.
- Evaluación multilocalizada. Se evaluaron 30 accesiones de *Centrosema pubescens* en 15 sitios

en diversos ecosistemas.

- Sudeste asiático. Las leguminosas que han tenido un desempeño sobresaliente son las accesiones *Stylosanthes guianensis* CIAT 184 y algunos nuevos acervos génicos que son híbridos, *Arachis pintoi* CIAT 18750 y 18744, *Centrosema pubescens* CIAT 15470 y 438, y *Desmodium ovalifolium*. Las gramíneas con desempeño sobresaliente han sido *Brachiaria brizantha* CIAT 16318, *Andropogon gayanus* CIAT 6221 y *Panicum maximum* CIAT 6299.

Esto ha conducido a la compilación de una lista del germoplasma que es más apropiado para ser evaluado por los SNIA en los ensayos regionales de adaptación a los diferentes ambientes o, después de la multiplicación de semilla, en la evaluación directa en los sistemas de producción.

Las prioridades futuras son:

- Sabanas. Reevaluar las leguminosas para las rotaciones de pasturas y cultivos debido a la mayor fertilidad del suelo lograda en este sistema.
- Trópico húmedo. Establecer un sitio de ensayo en Brasil en colaboración con EMBRAPA.
- Laderas. Identificar leguminosas apropiadas que mejoren la tierra en barbecho, además de leguminosas arbustivas que se pueden usar como barreras vivas y como forraje complementario para animales.
- Sudeste asiático. Solicitar retroinformación sobre la aceptabilidad de selecciones recientes en los sistemas de pequeños productores.
- Analizar las evaluaciones que ya se han completado.
- Organizar las bases de datos que contienen la información obtenida de las evaluaciones y los datos de pasaporte de una manera que facilite su consulta.

Evaluación en los sistemas de producción. Una vez que una accesión muestre potencial de adaptación a un ambiente determinado, se evalúa como un componente de un sistema de producción en el que se percibe la necesidad de ese tipo de forrajera. Esta actividad se realiza generalmente con los SNIA o con otros programas del CIAT.

Las siguientes evaluaciones están en curso:

- Sabanas. *Stylosanthes* spp. en las rotaciones de pasturas y cultivos y nuevas accesiones de *Panicum maximum* bajo pastoreo.
- Trópico húmedo. *Arachis pintoi* en asociación con gramíneas bajo pastoreo y como cobertura en cultivos arbóreos.
- Laderas. *Cratylia argentea* como leguminosa forrajera.
- Sudeste asiático. *S. guianensis* CIAT 184 en barbechos de pequeños productores.
La prioridad futura es:
- Agilizar el movimiento del germoplasma seleccionado hacia su evaluación en los sistemas de producción.

Area de Proyecto 2. Mejoramiento del Germoplasma de Especies Forrajeras

Una vez que las especies forrajeras se consideren apropiadas para un sistema de producción determinado, es deseable superar aquellas limitaciones a su explotación que estén bien definidas. Inicialmente, se puede adquirir una base de germoplasma más amplia para extender el rango de adaptación; también se pueden realizar estudios de manejo para mejorar su utilización, como en el caso de *A. pintoi*. Pero si no se encuentran las combinaciones de atributos deseables en las accesiones naturales, es necesario recurrir a la recombinación genética. Esto se aplica en los casos de *Brachiaria* y de *Stylosanthes*.

Mejoramiento de *Brachiaria*. Las actividades se han definido en dos direcciones: (i) adquirir y evaluar una colección grande de diferentes especies y accesiones de *Brachiaria*, y (ii) desarrollar la resistencia al salivazo mediante la recombinación, pero manteniendo la adaptación a suelos ácidos, la alta calidad del forraje y la resistencia a las hormigas cortadoras de hojas.

La colección de *Brachiaria* se ha evaluado en las sabanas de Colombia y Brasil (con la colaboración de EMBRAPA) y en el trópico húmedo en Costa Rica. Algunas líneas de *B. humidicola* son especialmente interesantes: presentan una mayor valor forrajero que el cultivar comercial y varían en la fecha de iniciación de la floración. Algunas accesiones de *B. brizantha* presentan buena adaptación a los suelos ácidos.

Dos avances este año acelerarán el desarrollo de acervos génicos de *Brachiaria* resistentes al salivazo, aumentando el éxito obtenido hasta el momento. En primer lugar, el uso de un segundo sitio de selección en Caquetá ha mejorado la selección en el campo, y el desarrollo de nuevos procedimientos de invernadero ha permitido manejar mayor cantidad de material.

En segundo lugar, la capacidad de manipular la apomixis se ha mejorado al marcar el gen apomictico con marcadores de PCR para que la apomixis se pueda detectar en las plántulas. Esta investigación se realiza en colaboración con la Unidad de Investigación en Biotecnología del CIAT, que también ha podido regenerar *Brachiaria* del tejido de callo y que intenta producir genotipos dihaploides de *Brachiaria* empleando cultivos de microesporas.

Las prioridades futuras son:

- Evaluar la colección completa de *Brachiaria*, especialmente respecto a atributos deseables como la resistencia al salivazo, la adaptación a suelos ácidos y la calidad del forraje.
- Refinar el procedimiento de selección respecto a la resistencia al salivazo.
- Completar la marcación del gen de apomixis en *Brachiaria*.
- Continuar con el proceso de recombinación y de selección respecto a la resistencia al salivazo.
- Completar el cultivo de microesporas de anteras, y emplear este desarrollo, en combinación con los iniciadores polimorfos, para construir un mapa de *Brachiaria* a base de PCR.
- Auspiciar un taller sobre *Brachiaria* en octubre de 1994 para revisar la información existente sobre el género, y coordinar las actividades futuras.

Mejoramiento de *Arachis*. *A. pintoi* es la leguminosa más productiva, más persistente y de mejor calidad que se ha identificado como adaptada y promisoría para las pasturas de gramíneas y leguminosas en el trópico húmedo y en las sabanas de Colombia. Esta leguminosa ha demostrado también ser útil como cobertura verde en los cultivos arbóreos. En un taller internacional que el Programa auspició en mayo, se sugirieron dos actividades principales: (i) continuar la adquisición de material y su respectiva evaluación para ampliar la base genética y extender el rango de adaptación, y (ii) promover la utilización

de la accesión CIAT 17434 y así resaltar y promover el valor de esta especie frente a posibles clientes. Es necesario definir mejor las condiciones que conducen a su establecimiento exitoso, y los costos de la semilla se deben reducir —ambos son requisitos previos a una mayor utilización.

Las siguientes ventajas permiten continuar con estas actividades:

- Actualmente se cuenta con casi 80 accesiones de *Arachis pintoi*.
- Se ha identificado un ecotipo que se adapta a una larga estación seca.
- En un taller regional se planificó la evaluación de *A. pintoi* a nivel de fincas privadas en 8 países de América Central y del Caribe.
- Se ha demostrado que el establecimiento es más rápido cuando se utiliza semilla en vez de material vegetal.

Las prioridades futuras son:

- Aumentar la disponibilidad de semilla de las accesiones nuevas para las evaluaciones multilocacionales.
- Refinar los métodos de establecimiento para que los agricultores puedan usarlos exitosamente.
- *Obtener financiación para proyectos de desarrollo* que realicen evaluación a nivel de fincas, como una forma de aumentar el conocimiento acerca de *A. pintoi*.

Mejoramiento de *Stylosanthes*. Se han liberado en América tropical, varios cultivares desarrollados a partir de germoplasma natural de *Stylosanthes*, pero todos presentan una u otra deficiencia que afecta su adopción generalizada. Entre estas deficiencias, la más importante es la falta de resistencia, de base amplia, a la antracnosis; el bajo rendimiento de semilla y el deficiente vigor de la plántula son también limitaciones importantes. Se han desarrollado algunos acervos génicos avanzados de *S. guianensis*, que muestran una mayor resistencia a la antracnosis en comparación con los cultivares seleccionados anteriormente. Pero estos acervos se deben evaluar más intensivamente.

Sin embargo, sólo se harán adelantos definitivos cuando se conozca más acerca de la distribución de las razas de (*Colletotrichum*) y su virulencia en

relación con diferentes especies de *Stylosanthes*. Estos estudios se harán antes de decidir sobre el curso futuro del trabajo de mejoramiento.

Algunos aspectos destacados de la investigación en este área son:

- Se seleccionaron accesiones de *Stylosanthes* en el campo.
- Los nuevos acervos génicos fueron capaces de mantener la resistencia a la antracnosis en Carimagua.
- Se desarrolló un procedimiento confiable de selección respecto a la resistencia a la antracnosis.
- Se identificaron las etapas para clonar un gen que codifique los antibióticos de una bacteria, para luego transferirlo a *Stylosanthes* como una alternativa a la resistencia de la planta hospedante.

Las prioridades futuras son:

- Estudiar las relaciones hospedante-patógeno.
- Transferir el gen bacteriano que produce antibióticos.
- Evaluar, en los sistemas de producción en diferentes sitios, los acervos génicos que se seleccionaron previamente.
- Estudiar la importancia del rendimiento de la semilla y el vigor de la plántula respecto a la persistencia.

Área de Proyecto 3. Atributos de la Planta para Mejor Calidad del Forraje, para Adaptación al Suelo y para Mejoramiento del suelo.

Las principales limitaciones al mejoramiento de especies forrajeras en el trópico son la baja digestibilidad de muchas leguminosas tropicales, especialmente las leguminosas arbustivas, y la baja fertilidad del suelo. Por tanto, se requiere identificar especies forrajeras que sean capaces de extraer y utilizar los nutrientes minerales eficientemente. Con un mejor entendimiento de estos procesos, se podrán desarrollar procedimientos de selección para usar en la evaluación y el mejoramiento del material; también pueden surgir indicaciones de prácticas de manejo para superar ciertas limitaciones.

Los adelantos logrados en este área del proyecto han sido:

- Demostrar las diferencias entre las leguminosas en la naturaleza de los complejos de taninos e

identificar las leguminosas arbustivas con menor contenido de taninos, por ejemplo *Cratylia argentea* y *Desmodium velutinum*.

- Aumentar el consumo de alimento y la retención de nitrógeno en ovinos, disminuyendo el contenido de taninos en *D. ovalifolium* con glicol de polietileno.
 - Aumentar el consumo de *C. argentea* con hojas maduras en comparación con hojas inmaduras, teniendo en cuenta que el pre-marchitamiento de las hojas mejora su consumo.
 - Demostrar que una de las razones del éxito de *Arachis pintoii* cuando compete con gramíneas agresivas es su capacidad de absorber el fósforo del suelo en forma más eficiente.
 - Demostrar que otros factores —y no solamente el alto contenido de aluminio en el suelo— son responsables de la adaptación de las plantas forrajeras a los suelos ácidos e infértiles.
 - Describir los síntomas de deficiencia nutricional en las hojas de las principales especies forrajeras, con fotografías.
- Las prioridades futuras son:
- El manejo mejorado de la utilización de *Cratylia argentea*.
 - La ilustración adicional de la naturaleza de los complejos de taninos para desarrollar un procedimiento de selección mejorado para leguminosas que contienen taninos.
 - La investigación colaborativa para diseñar genéticamente una producción reducida de taninos en *Desmodium ovalifolium*.
 - La identificación de los factores que afectan la adaptación de especies forrajeras a suelos ácidos.
 - La investigación del papel de los ácidos orgánicos en la absorción de nutrimentos en suelos ácidos.
 - El estudio de la contribución de la nutrición mineral a la fijación de nitrógeno por leguminosas en suelos ácidos.

Area de Proyecto 4. Utilización de Germoplasma de Especies Forrajeras

El éxito de un programa de mejoramiento de especies forrajeras se mide según la adopción y el uso que se dé a los nuevos ecotipos en los sistemas de producción. Para que esto ocurra, la estrategia del Programa es servir como facilitador con los SNIDA (Sistemas Nacionales para la Investigación y el Desarrollo de la Agricultura). Las gramíneas mejoradas han sido fácilmente adoptadas por los agricultores y la industria de semillas, pero las

leguminosas no, por varias razones: (i) no hay tradición de uso de las leguminosas como especies forrajeras sembradas; (ii) no habrá una respuesta de la industria de semilla hasta que no haya demanda; y (iii) las leguminosas y las gramíneas requieren diferentes tecnologías para manejar y producir su semilla. Si se quiere acelerar la utilización de este material, la estrategia a seguir debe comprender la evaluación a nivel de fincas y el desarrollo simultáneo de sistemas de producción de semillas; la capacitación; el uso de redes y de comunicaciones a nivel nacional y regional; y, finalmente, su evaluación económica.

En ésta área, las actividades importantes han sido:

- La demostración continua de que las ganancias de peso vivo son mayores en las asociaciones de gramíneas con *A. pintoii* que en pasturas de gramínea sola.
 - La producción de semilla de forrajeras como un cultivo en asociación con arroz de secano.
 - El desarrollo de un sistema de producción semilla para que los pequeños agricultores produzcan semilla de *A. pintoii*.
 - El desarrollo de una técnica de sobresiembra.
 - La realización de un taller de la RIEPT sobre 'Expansión del Suministro de Semilla de Especies Forrajeras Tropicales'.
 - La realización de un taller regional que desarrolló los planes para la evaluación a nivel de finca de *A. pintoii* en ocho países de MCAC.
 - El desarrollo de una metodología que evalúa el impacto económico y social de la investigación en el mejoramiento de pasturas.
 - La publicación continua del 'Boletín de Pasturas Tropicales' como un medio en el cual los SNIA pueden publicar las investigaciones que realizan sobre forrajeras tropicales.
- Las prioridades futuras son:
- Estudiar el establecimiento y el manejo inicial de *A. pintoii*.
 - Desarrollar y promover nuevos sistemas de producción de semillas.
 - Facilitar el desarrollo de redes nacionales y regionales.
 - Proporcionar capacitación mediante la realización de talleres.
 - Publicar boletines informativos regionales.
 - Obtener financiación de Proyectos Especiales para proyectos colaborativos de investigación y desarrollo.

1.3 Proyectos de Investigación Colaborativa

Proyecto financiado por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) sobre la identificación de nuevas especies forrajeras y el desarrollo de cultivares mejorados de *Brachiaria*

Este proyecto proporciona una parte importante de los fondos operativos para la evaluación de forrajeras, para los estudios sobre la naturaleza de la resistencia al salvazo en gramíneas, y para el desarrollo de nuevos acervos génicos de *Brachiaria* con resistencia al salvazo, con buena calidad de forraje y adaptados a suelos ácidos.

Proyecto de semillas de especies forrajeras en el sudeste asiático

Este proyecto, financiado por AIDAB, se realiza en colaboración con la División de Cultivos y Pasturas Tropicales de CSIRO. Intenta introducir nuevo germoplasma de forrajeras en la región y evaluarlo para su uso en los sistemas agrícolas de los pequeños productores.

Reciclaje de nutrientes y producción animal

Esta actividad, financiada con fondos del presupuesto básico, se realiza conjuntamente con el Programa de Sabanas; se estudia el papel de los nutrientes en la producción de leguminosas y gramíneas y en la producción animal posterior. El desempeño animal se relaciona estrechamente con la proporción de leguminosa en la pastura; la principal variable de este sistema es la cantidad de nitrógeno lábil.

Papel de las especies forrajeras mejoradas en un sistema de explotación agrícola de ladera

Esta actividad se desarrolla conjuntamente con el Programa de Laderas; se evalúa el papel que las forrajeras mejoradas, especialmente las leguminosas, puedan desempeñar en el incremento de la productividad general. El principal énfasis se hará en el papel que desempeñan las leguminosas en barbecho para mejorar la calidad del forraje y la fertilidad del suelo. Se espera que esta actividad sea financiada con fondos de Proyectos Especiales.

Establecimiento de leguminosas

El TARC financió una posición hasta octubre de 1993; el científico correspondiente investigó cómo se podrían emplear las nuevas técnicas de revestimiento de la semilla para reducir los costos de establecimiento de leguminosas en las sabanas. Se logró un establecimiento exitoso mediante la siembra al voleo de la semilla, junto con el fertilizante, en forma de pelet o en una bolsa de papel. Esta técnica tendrá aplicación en las áreas de ladera. Una nueva área del proyecto, que contará con el apoyo del TARC, está bajo consideración.

Dinámica del fósforo en la rizosfera

Este proyecto colaborativo con la Universidad de Hohenheim es financiado por BMZ; estudia la importancia de la excreción de ácido orgánico y de otros factores en la rizosfera para la absorción de fósforo.

2. RECURSOS GENETICOS DE ESPECIES FORRAJERAS

Objetivo

Identificar, conservar y propagar el germoplasma de especies forrajeras productivas para diferentes sistemas de producción en ecoregiones seleccionadas.

Justificación

Los principales adelantos en el mejoramiento de germoplasma de especies forrajeras tropicales se han logrado mediante la explotación de la diversidad fitogenética natural que existe entre, y dentro de, las especies. Este campo todavía reviste importancia para el mejoramiento de germoplasma. La adquisición, la caracterización, y la conservación de especies silvestres de leguminosas y gramíneas, con potencial forrajero, seguirán siendo actividades importantes. El Programa de Forrajes Tropicales (PFT) continuará seleccionando especies para los suelos ácidos e infértiles de las tierras bajas del trópico húmedo y subhúmedo, para su uso en pasturas persistentes. Nuevas iniciativas se concentrarán en el germoplasma que se puede usar en las rotaciones de pasturas y cultivos en las sabanas; que pueda servir para múltiples propósitos en las laderas de altitud intermedia; y que se puede utilizar como árboles y arbustos de múltiple propósito (AAMP); como forrajes y abonos verdes en el Sudeste Asiático; y como forraje en Africa Occidental y Central. Las colecciones de rizobios y de micorrizas se deben mantener para propósitos de investigación y para usar junto con este germoplasma forrajero.

Aspectos destacados

- * Se adquirió nuevo germoplasma de *Arachis*, lo cual amplió considerablemente la base genética de este género.
- * Se identificaron accesiones de *Arachis pintoi* y *Calopogonium muconoides*, con tolerancia a la estación seca, para la región de Cerrados.
- * Hubo un desempeño sobresaliente de *Codariocalyx gyroides* en las áreas mal drenadas de las tierras bajas del trópico húmedo.

- * Se estableció una gran variedad de germoplasma que se evaluó respecto a su adaptación a las laderas de altitud intermedia en el Departamento del Cauca, Colombia.
- * El nuevo enfoque de investigación fue en las leguminosas arbóreas y arbustivas de múltiple propósito para suelos ácidos. Las especies más promisorias —*Cratylia argentea*, *Leucaena leucocephala* y *Codariocalyx gyroides*— se caracterizaron morfológicamente y se estudió su adaptación a suelos ácidos.
- * Se identificaron las siguientes especies con potencial para Africa Occidental: las leguminosas herbáceas *Stylosanthes guianensis* CIAT 184, *Centrosema brasilianum* CIAT 5234 y *C. macrocarpum* CIAT 5452; las leguminosas arbustivas *Cajanus cajan* CIAT 18700, *L. leucocephala* CIAT 17502 y *Flemingia macrophylla* CIAT 17403; y accesiones de las gramíneas *Panicum maximum* y *Brachiaria brizantha*.
- * Se han identificado varias accesiones de especies forrajeras en el Sudeste Asiático para evaluación regional; algunas de estas accesiones ya se están evaluando a nivel de finca. Las especies forrajeras seleccionadas, con una adaptación amplia, incluyen *Andropogon gayanus*, *Brachiaria brizantha*, *B. humidicola*, *B. dictyoneura*, *Paspalum atratum*, *Centrosema pubescens*, *Desmodium heterophyllum*, *A. pintoi*, y accesiones e híbridos derivados de *S. guianensis*.

2.1 Actividades en Recursos Genéticos

Adquisición. La estrategia general de investigación del PFT es explotar la variabilidad genética natural de las especies sin domesticar, especialmente las leguminosas. En años recientes, la adquisición de germoplasma nuevo se centró estratégicamente en llenar las brechas geográficas y genéticas, además de responder a necesidades específicas de solicitudes internacionales. Durante 1992-1993, la colección aumentó en un total de 717 accesiones (Cuadro 2.1); estas accesiones se originaron principalmente del germoplasma recolectado en 1992 en Tailandia y en

Cuadro 2.1. Adquisición, inventario y distribución de germoplasma de especies forrajeras tropicales por la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT durante 1992 and 1993. (no. de accesiones en 30.09.1993)

Género	Almacenamiento a corto plazo		Almacenamiento a largo plazo	Distribución en 1992-1993 (no. de muestras)
	Nuevo en 1992-1993	Inventario 1993	Inventario 1993	
Leguminosas				
<i>Aeschynomene</i>	20	999	252	107
<i>Arachis</i>	23	42	9	193
<i>Cajanus</i>	17	106	56	171
<i>Calopogonium</i>	8	535	112	232
<i>Centrosema</i>	32	2404	977	1128
<i>Chamaecrista</i>	14	305	4	288
<i>Codariocalyx</i>	2	37	0	116
<i>Cratylia</i>	0	14	0	119
<i>Desmodium</i>	149	2925	621	526
<i>Flemingia</i>	23	146	35	164
<i>Galactia</i>	15	565	352	446
<i>Leucaena</i>	4	198	85	104
<i>Macroptilium</i>	10	607	397	174
<i>Pueraria</i>	17	255	45	46
<i>Rhynchosia</i>	6	447	8	24
<i>Stylosanthes</i>	22	3586	810	808
<i>Teramnus</i>	10	379	77	110
<i>Vigna</i>	19	746	327	100
<i>Zornia</i>	5	1030	49	925
Otras	243	3284	749	635
Total leguminosas	639	18610	4965	6416
Gramíneas				
<i>Andropogon</i>	0	100	0	6
<i>Brachiaria</i>	1	689	0	533
<i>Hyparrhenia</i>	0	60	0	66
<i>Panicum</i>	59	598	0	111
<i>Paspalum</i>	4	119	0	5
<i>Pennisetum</i>	0	53	0	62
Otras	14	454	0	20
Total gramíneas	78	2073	0	803
Otras familias	0	2	0	0
Gran total	717	20685	4965	7219

Vietnam. Se recibieron donaciones importantes de *Panicum maximum*, de la colección francesa de ORSTOM, y de *Arachis pintoi* y *A. repens*, del Centro Nacional de Pesquisa de Recursos Genéticos e Biotecnología (CENARGEN) en Brasil (B.L. Maass y A. Ortíz).

Los científicos del CIAT participaron en seis viajes de recolección, que se concentraron en las especies silvestres de *Arachis*; estos viajes se realizaron bajo la dirección del Dr. J.F.M. Valls y el Dr. L. Coradín del CENARGEN. Se reunieron 79 accesiones de *Arachis*, las cuales se duplicarán en la sede del CIAT después de la multiplicación inicial en Brasil (E.A. Pizarro y B.L. Maass).

Se adquirió nuevo germoplasma de leguminosas en dos misiones de recolección a Vietnam y a Tailandia, bajo la dirección del Dr. R. Schultze-Kraft, en colaboración con diferentes organizaciones agrícolas nacionales. Esta actividad fue financiada conjuntamente por el CIAT y el Consejo Internacional de Recursos Fitogenéticos (IBPGR). La ruta de recolección en Vietnam siguió un transecto de norte a sur, desde Hanoi hasta la ciudad de Ho Chi Minh; en Tailandia, el germoplasma se recolectó en las regiones central y nordeste, enfatizando las especies de *Desmodium* y géneros relacionados, y *Pueraria phaseoloides*. El Instituto Internacional de Investigación sobre Cultivos para el Trópico Semiárido (ICRISAT) donó nuevo germoplasma de *Cajanus cajan* de tipo forrajero; varias especies de leguminosas que pueden adaptarse bien a las altitudes intermedias del trópico, incluyendo especies de *Sesbania*, se introdujeron del Centro Internacional de Producción Pecuaria para Africa (ILCA). Actualmente, la mayor parte de este nuevo germoplasma se encuentra en proceso de seguimiento fitosanitario posintroducción; luego se someterá a una multiplicación inicial de semilla (B.L. Maass y A. Ortíz).

Multiplicación inicial de semilla. Después de su adquisición y liberación pos-seguimiento fitosanitario, el germoplasma debe multiplicarse. Hasta ahora, se ha multiplicado el 70% del material que se mantiene en el banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales del CIAT. Cerca de un tercio del material pendiente de multiplicación —casi 6300 accesiones—

pertenece a las especies de *Desmodium*, *Stylosanthes* y *Aeschynomene*. Las especies de *Brachiaria*, *Centrosema*, *Chamaecrista* y *Rhynchosia* representan otro 20%. Además, la semilla almacenada en los cuartos fríos tiene que regenerarse periódicamente porque la viabilidad disminuye con el transcurso del tiempo. Anualmente se realizó la multiplicación inicial y el rejuvenecimiento de la semilla de 2150 accesiones. Además de los géneros clave *Arachis*, *Centrosema*, *Desmodium*, *Pueraria* y *Stylosanthes*, colecciones de *Chamaecrista*, *Erythrina*, *Galactia*, *Macroptilium*, *Neonotonia*, *Phyllodium*, *Vigna* y *Paspalum* recibieron prioridad en cuanto a la multiplicación de su semilla.

Debido a que es difícil producir semilla de calidad aceptable de la mayoría de las especies de gramíneas, se mantienen colecciones enteras de los géneros *Brachiaria*, *Hyparrhenia* y *Panicum maximum* como colecciones de campo en CIAT-Quilichao y de *Andropogon* en CIAT-Palmira. Estas colecciones de campo sirven para multiplicar semilla, para obtener material vegetativo para la distribución de germoplasma, y para caracterizar el material (A. Ortiz y B.L. Maass).

Caracterización. El principal objetivo de este trabajo es describir la variabilidad intraespecífica existente; esta variabilidad ayuda a clasificar el germoplasma en tipos morfológicos de planta y a desarrollar descriptores. Este trabajo se realiza en colaboración con la Unidad de Recursos Genéticos (URG) del CIAT. Se hizo un esfuerzo grande para caracterizar la colección de leguminosas arbustivas. Se encontró poca variación morfológica en la pequeña colección de *Cajanus cajan* que se mantiene en el CIAT y originaria, en su mayor parte, de Brasil. Entre las 81 accesiones de *Desmodium velutinum*, sin embargo, se encontró amplia variación; se identificaron siete tipos morfológicos de planta según la forma, la variegación y la pubescencia de la hoja, el hábito de crecimiento y la altura de la planta. La colección de *Flemingia* comprende 53 accesiones de *F. macrophylla* y de otras especies, algunas de las cuales aún no se han identificado. La variación morfológica encontrada en *Flemingia* llevó a definir 11 tipos morfológicos de planta, que hasta pueden reflejar especies diferentes. La mayor parte del germoplasma de *Phyllodium* no se ha identificado a nivel de

especie. Los cinco tipos morfológicos determinados son probablemente especies diferentes.

Una colección de 265 accesiones de varias especies de *Chamaecrista* se caracterizó en CIAT-Quilichao. Se encontró gran variación inter- e intraespecífica en la mayoría de los 38 descriptores morfológicos registrados, como folíolo, estípula, y forma y tamaño de la vaina. La precosidad y la producción de semilla varían notablemente, y se presentan grandes diferencias en la longevidad: muchos materiales murieron después del primer año, otros son perennes (J. Belalcázar y B.L. Maass).

Conservación. El CIAT necesita tener una colección de base almacenada en condiciones a largo plazo; esta colección también se debe conservar en por lo menos otra institución como medida preventiva contra el riesgo de pérdida. Durante 1992-1993, se colocó un total de 1094 muestras en almacenamiento a largo plazo, lo que aumentó el número total de muestras a 4965 (Cuadro 2.1) (A. Ortíz, B.L. Maass y J. Belalcázar).

Documentación. Para un manejo adecuado del germoplasma, es fundamental contar con una documentación confiable y con un manejo de datos eficiente. La Unidad de Servicios de Manejo de Información y Redes (IMNS) del CIAT implementó el nuevo sistema de manejo de información, ORACLE, que actualmente se encuentra completamente operacional. En colaboración con esta unidad, se está completando un sistema de manejo integrado de datos para todos los aspectos del manejo de germoplasma.

En vista del número creciente de especies mantenidas en el banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales del CIAT, se reconoció la necesidad de documentar y estandarizar sus nombres científicos. En consecuencia, se preparó un inventario de las especies forrajeras tropicales que se mantienen en el banco de germoplasma; esta información se publicó como una herramienta de trabajo, que puede servir de referencia para evitar los frecuentes errores de deletrear los nombres y los autores (Torres et al., 1993)¹. El inventario se distribuyó entre numerosos colaboradores.

Se dio alta prioridad a la identificación correcta de germoplasma. Con la colaboración de taxónomos eminentes, se ha logrado reducir el germoplasma aún sin identificar, a nivel de especie, desde 3,700 hasta 2,600 accesiones en los últimos cuatro años. Continuó la revisión de los datos de pasaporte, y se completaron los datos para aquellas accesiones originarias de Colombia y de Brasil. Los catálogos de germoplasma se encuentran en proceso de edición. Se han contactado instituciones importantes con las cuales el CIAT ha recolectado germoplasma o intercambiado cantidades significativas del mismo, por ejemplo CENARGEN, CSIRO, ILCA y la Universidad de Florida para intercambiar datos con esas entidades (B.L. Maass, A. Ortíz, A.M. Torres y J. Belalcázar).

Herbario. El herbario de referencia creció, especialmente en cuanto a su representación de géneros y especies. En la actualidad, el herbario contiene 111 de los 167 géneros registrados y 533 de las 806 especies del banco de germoplasma de especies forrajeras tropicales. Las accesiones representadas aumentaron en más de 1,700 especímenes, para alcanzar un total de 11,470, o sea, casi el 50% de las accesiones registradas. El laboratorio del herbario recibió a visitantes de diversos países, quienes realizaron estudios taxonómicos y botánicos (A.M. Torres y B.L. Maass).

2.2 Rizobios y Micorrizas

La colección de *Bradyrhizobium* y actividades relacionadas. Se mantiene una colección de más de 4,000 cepas, y ocasionalmente se agregan nuevas cepas cuando se identifique una necesidad específica. Cada año se diligencian alrededor de 100 solicitudes de inoculantes y de cepas liofilizadas (ampollas) para leguminosas forrajeras. En 1993 se completó y se publicó la quinta versión actualizada del catálogo de la colección de *Bradyrhizobium* para leguminosas forrajeras; esta versión incluyó la caracterización adicional de aproximadamente 2056 cepas (Franco et al., 1993)².

Este año el PFT identificó la necesidad de ampliar las opciones para la especie forrajera *Arachis* y, en consecuencia, se recolectaron cepas de plantas de *A.*

¹ Torres, A.M., J. Belalcázar, B.L. Maass y R. Schultze-Kraft. 1993. Inventario de Especies Forrajeras Tropicales mantenidas en el CIAT. Documento de Trabajo No. 125. CIAT, Cali, Colombia. pp. 36.

² Franco, M.A., G.I. Ocampo, E. Melo y R. Thomas. 1993. Catalogue of *Rhizobium* strains for tropical forage legumes. CIAT, Cali, Colombia. p. 123.

pintoi cultivadas en Manizales, Colombia, y en diversas localidades de Brasil. Se han adicionado 16 cepas nuevas a la colección. En el Cuadro 2.2 se presentan los resultados de los experimentos realizados con estas cepas en Palmira. Ninguna cepa fue superior a la cepa recomendada 3101, pero 9 de las 40 cepas aisladas fueron efectivas (R.J. Thomas y G. Ocampo).

La colección de micorrizas y actividades relacionadas. Para evaluar el papel de las micorrizas en la nutrición de la planta y en su productividad, el CIAT mantiene una colección de micorrizas de un rango de suelos tropicales. Esta colección de cultivos se debe caracterizar para que se pueda controlar su pureza. Actualmente, hay 479 cultivos de 31 especies de hongos descritas en la colección (Cuadro 2.3), que están en proceso de propagación o se almacenan a

Cuadro 2.2. Efecto de cepas de *Bradyrhizobium* aisladas de los nódulos de *Arachis pintoi*, cultivada en Manizales, en plantas de *A. pintoi* de 9 semanas de edad.

Tratamiento (no. de cepa)	mg de N/planta		No. de nódulos/planta	
	Expt. I	Expt. II	Expt. I	Expt. II
+ 90 kg de N ^a /ha	22.0 a ^b	61.1 a	2.0 cd	29 e
- Inóculo	9.2 b	9.9 b	15.4 d	67 cd
3101	24.4 a	65.0 a	33.4 b	90 abcd
5036	20.8 a	-	54.4 a	-
5037	26.9 a	-	55.2 a	-
5038	-	51.0 a	-	74 bcd
5039	-	57.1 a	-	70 cd
5040	-	57.4 a	-	68 cd
5041	-	64.4 a	-	56 cd
5042	-	63.0 a	-	91 abc
5043	-	53.0 a	-	111 a
5044	-	54.3 a	-	106 ab

a. Urea-H.

b. Los números en las columnas que están seguidos de la misma letra no son significativamente diferentes ($P < 0.001$).

Cuadro 2.3. El estado actual de la colección de micorrizas en CIAT.

Género	Especies descritas (no.)	Especies sin describir (no. de aislamientos)
<i>Acaulospora</i>	10	41
<i>Entrophospora</i>	3	-
<i>Glomus</i>	14	94
<i>Scutellospora</i>	4	12

10°C en un cuarto frío. Estos cultivos son originarios de 3 países latinoamericanos y 8 países de otros continentes. La colección tiene más de 400 láminas, es decir, las esporas están montadas permanentemente en lacto-glicerol de polivinilo (PVLG/PVLG + reactivo de Melzeré), además de 120 frascos de comprobación, los cuales se emplean para propósitos de documentación y de capacitación y, en el caso de los visitantes, para realizar comparaciones taxonómicas.

La mayoría de los cultivos mantenidos en el CIAT no han sido cultivos puros; por tanto, se utilizan plantas trampa para propagar las cepas puras que se

van extrayendo. De esta manera, se pueden evaluar cuáles de los hongos en estos cultivos se propagarían bien en nuestro ambiente de invernadero y, por tanto, sus subcultivos serán exitosos. Por lo menos una vez durante el año calendario se extraen las esporas de los 600 cultivos almacenados y se les hace un seguimiento. Uno de los servicios que proporciona el laboratorio de micorrizas es evaluar la efectividad de las micorrizas nativas en diferentes tipos de suelo, según el porcentaje de infección de la raíz y el número de esporas en el suelo (I.M. Rao y C. Cano).

2.3 Evaluación de Germoplasma respecto a su Adaptación al Ambiente

El Programa evaluó germoplasma respecto a su adaptación a diferentes ambientes, es decir, su adaptación a las limitaciones abióticas (suelos ácidos e infértiles, y estación seca) y bióticas (plagas y enfermedades). Hay 8 sitios de selección importantes: para laderas (Quilichao y Pescador en Colombia); para sabanas (Carimagua en Colombia; Planaltina en Brasil); para tierras bajas en el trópico húmedo (San Isidro y Guápiles en Costa Rica, Florencia en Colombia, y Los Baños y Cavinti en el Sudeste Asiático); y para bosques semi-siempreverdes (Atenas en Costa Rica). En muchos de estos sitios se evaluaron grandes colecciones (Cuadro 2.4). Se destacan los resultados más importantes por ecosistema. Los resultados de los géneros clave —*Arachis*, *Brachiaria*, *Centrosema*, *Panicum*, *Paspalum* y *Stylosanthes*— se presentan en la sección sobre el Proyecto 2: Mejoramiento del Germoplasma de Especies Forrajeras.

Sabanas - Llanos, Colombia

Calopogonium mucunoides. Se han evaluado 30 accesiones en Carimagua y en Villavicencio. El establecimiento fue bueno, y la mayoría de las accesiones produjeron altos rendimientos de materia seca (RMS) en el primer corte. En Carimagua, el rebrote fue deficiente. Todas las accesiones fueron completamente defoliadas durante la estación seca del segundo año pos-establecimiento, y las plantas no crecieron nuevamente en la siguiente estación lluviosa. Las reservas de semilla en el suelo eran insuficientes, y no se presentó regeneración de las

plántulas. En Villavicencio, el desempeño durante la estación seca fue también deficiente, pero hubo buen rebrote y buena regeneración de plántulas después de las primeras lluvias. Se encontró una amplia variación con respecto al RMS, el desarrollo de estolones, la cobertura del suelo y la producción de semilla, que varió entre 8 y 110 g/m². Sin embargo, la alta incidencia de un virus isométrico en todas las accesiones puede limitar la utilidad de esta especie en el área de Villavicencio (G. Keller-Grein, F. Díaz y E. Cárdenas).

Pueraria phaseoloides. En Villavicencio se evaluaron 163 accesiones de *P. phaseoloides*. Ya en la fase temprana de evaluación, la mayoría de las accesiones presentaron deficiencias nutricionales, y el RMS disminuyó drásticamente con el transcurso del tiempo. Después de dos años de evaluación bajo corte, muchas de las accesiones desaparecieron o presentaron poco vigor, lo que originó una intensa invasión de malezas en las parcelas. Se identificó, sin embargo, a un grupo de accesiones con buen desempeño, especialmente con respecto al RMS estacional y al desarrollo de estolones (CIAT 9188, 17294, 17296, 17297, 17302, 17315, 17766, 18381, 20013 y 20224). El desempeño del testigo, CIAT 9900, fue deficiente (G. Keller-Grein y F. Díaz).

Nuevos ensayos con leguminosas. En 1993, se establecieron dos colecciones de leguminosas herbáceas en Carimagua que se evaluaron por su adaptación al ambiente: casi 400 accesiones de *Galactia striata* y cerca de 80 accesiones de *Chamaecrista rotundifolia* (syn. *Cassia rotundifolia*). Ambas colecciones presentaron un amplio rango de variación en cuanto a características morfológicas y a su adaptación general (B.L. Maass y E. Cárdenas).

Sabanas - Cerrados, Brasil

Además de las evaluaciones de *Paspalum* y *Arachis*, se evaluó una colección de 215 accesiones de *Calopogonium mucunoides*. Las siguientes accesiones se seleccionaron para multiplicación de semilla y evaluación posterior: CIAT 822, 884, 887, 7722, 8404, 8405, 8513, 9111, 9450, 18065, 18107, 18564, 20676 y 20709. Las accesiones CIAT 822 y 20709 mantuvieron hojas verdes durante la estación seca.

Cuadro 2.4. Germoplasma evaluado en los sitios principales de selección del Programa de Forrajes Tropicales del CIAT durante 1992-1993.

Género, especie	Laderas		Sabanas		Bosque SSV ^a	Tierras bajas del trópico húmedo	
	Cauca, Colombia ^b	Llanos, Carimagua	Cerrados, Brasil	MCAC ^d		Amazonía, Caquetá	Sudeste Asiático/Filipinas
				Atenas	Guápiles		
Leguminosas herbáceas							
<i>Aeschynomene</i> spp.	-	-	4	-	-	-	82
<i>Arachis</i> spp.	7	8 ^d	46	-	-	8	8
<i>Cajanus scarabaeoides</i>	-	28	15	-	-	15	-
<i>Calopogonium mucunoides</i>	4	30 ^e	215	-	-	34	8
<i>Canavalia</i> spp.	6	120	-	-	-	-	-
<i>Centrosema rotundifolium</i>	2	6 ^d	-	-	-	-	-
Otras spp. de <i>Centrosema</i>	43	27 ^d	-	-	-	6	45
<i>Chamaecrista rotundifolia</i>	8	80 ^b	8	-	-	49	-
<i>D. heterocarpon</i> ssp. <i>ovalifol.</i>	5	28 ^d	-	-	-	-	5
<i>Desmodium heterophyllum</i>	-	-	-	-	-	11	22
Otras spp. de <i>Desmodium</i>	24	57	-	-	-	11	39
<i>Dioclea guianensis</i>	-	19	-	-	-	19	-
<i>Galactia striata</i>	6	385 ^b	-	-	-	-	21
<i>Pseudarthria viscida</i>	-	33	-	-	-	-	-
<i>Pueraria phaseoloides</i>	3	163 ^d	-	-	-	8	4
Otras spp. de <i>Pueraria</i>	2	11 ^d	-	-	-	-	-
<i>Stylosanthes</i> spp.	5	97 ^b	-	-	-	5	42
<i>Uraria</i> spp.	-	38	-	-	-	-	-
<i>Zornia</i> spp.	-	-	-	-	-	7	34
Otras	39	4 ^e	-	-	-	-	23
Leguminosas arbustivas							
<i>Codariocalyx gyroides</i>	1	27	22	-	-	27	-
<i>Cratylia argentea</i>	2	11 ^e	11	1	1	11	2
<i>Desmodium velutinum</i>	3	107	-	-	1	83	14
<i>Flemingia macrophylla</i>	-	65	10	-	2	55	6
<i>Leucaena</i> spp.	5	-	23	90	-	-	-
<i>Sesbania</i> spp.	1	-	17	-	-	-	-
<i>Tadehagi</i> spp.	-	40	-	-	-	-	-
Otras	15	25	6	-	-	-	3
Total de leguminosas	181	1409	377	91	4	349	358
Gramíneas							
<i>Brachiaria</i> spp.	17	263	-	-	294	-	22
<i>Panicum maximum</i>	7	30 ^d	-	-	-	77	13
<i>Paspalum</i> spp.	6	-	78	-	-	35	-
Otras	17	-	-	-	-	31	-
Total de gramíneas	47	293	78	0	294	143	35

a. SSV = Bosque semi-siempreverde.

b. Establecido en 1993.

c. MCAC = México, Centroamérica y el Caribe.

d. En Carimagua y en Villavicencio, Colombia.

e. Solamente en Villavicencio.

Tierras bajas del trópico húmedo - Caquetá, Colombia

A comienzos de 1992, se iniciaron nuevas actividades de selección de germoplasma en la hacienda "La Rueda" cerca de Florencia, Caquetá, que pertenece al Fondo Ganadero del Valle. Además de la precipitación extremadamente alta, los suelos en este sitio presentan un drenaje interno deficiente. Las accesiones preseleccionadas de un amplio rango de leguminosas herbáceas se evaluaron en un régimen de corte de 9 semanas; el RMS se midió en los períodos de mínima y de máxima precipitación.

Desmodium. Además de *Desmodium heterocarpon* subsp. *ovalifolium*, ninguna otra especie de *Desmodium* (*D. heterocarpon*, *D. heterophyllum* y *D. strigillosum*) se adaptó a las condiciones ambientales. Entre las accesiones de *D. heterocarpon* subsp. *ovalifolium*, CIAT 350, 13095, 13125, 13400 y 13647 se establecieron, cubrieron el suelo rápidamente, y tuvieron el mejor desempeño en cuanto a RMS.

Pueraria phaseoloides. Todas las ocho accesiones de *P. phaseoloides* presentaron un buen establecimiento. Las accesiones que presentaron la mejor adaptación fueron CIAT 7978 y 17765, debido a la rápida cobertura del suelo y al mayor RMS en ambos estaciones (precipitación mínima y máxima). El desempeño de la accesión testigo CIAT 9900 fue especialmente deficiente durante el período de máxima precipitación.

Cajanus scarabaeoides y Zornia. La evaluación de una colección de germoplasma de 34 accesiones de *Cajanus scarabaeoides*, una especie nativa del trópico asiático, confirmó que esta especie es poco promisoría para las tierras bajas del trópico húmedo. Siete accesiones seleccionadas de *Zornia* casi desaparecieron por completo 16 meses después del establecimiento (B.L. Maass, C.G. Meléndez y G. Keller-Grein).

Leguminosas arbustivas de múltiple propósito - Llanos, Colombia

Desde 1989, se ha enfatizado la evaluación de especies de leguminosas arbustivas. En 1992 se concluyó la evaluación de las colecciones de *Cratylia*

argentea, *Desmodium velutinum*, *Flemingia macrophylla*, y especies de *Tadehagi*.

C. argentea se adaptó bien a las condiciones ambientales de tanto Carimagua como Villavicencio. Se presentaron diferencias en el RMS entre las accesiones en ambos sitios; los rendimientos fueron considerablemente mayores en Villavicencio que en Carimagua. La relación foliar del RMS total y la DIVMS fueron relativamente altas.

En el Cuadro 2.5 se resume la variación intraespecífica que se encontró para algunos rasgos agronómicos importantes y para la DIVMS de las evaluaciones de *D. velutinum*, *F. macrophylla* y *Tadehagi* spp. El RMS foliar varió considerablemente entre las estaciones. Todas las especies respondieron a la mayor fertilidad del suelo en cuanto a RMS foliar y ramas de rebrote primario, pero la DIVMS no se afectó. El RMS foliar medio fue más alto para *F. macrophylla*, lo que refleja la excelente adaptación de la mayoría de las accesiones a ese ambiente. La DIVMS, sin embargo, fue muy baja para estas especies y para *Tadehagi*, pero fue mucho mayor en las accesiones de *D. velutinum*.

Después de terminar la evaluación agronómica, se evaluó la aceptabilidad de las tres colecciones para el ganado en un rebrote de 12 semanas de edad durante la estación seca de 1993. Cada colección se separó con una cerca, y se sometió a pastoreo por tres novillos desde las 08:00 hasta las 16:00 horas durante cuatro días (dos días por repetición). Se registraron las accesiones consumidas por los animales, a intervalos de 10 minutos. La aceptabilidad, que se expresó como el índice de palatabilidad relativa (IP), varió sustancialmente entre las accesiones de *D. velutinum* (entre 0 y 4.9) y *Tadehagi* (entre 0 y 4.5). Como la disponibilidad del forraje de las accesiones preferidas disminuyó durante el primer día, los animales se vieron forzados a pastar las accesiones menos palatables el segundo día; esto llevó a una variación significativa en el IP entre los dos días. La aceptabilidad de *F. macrophylla* fue tan baja que no se justificó estimar su IP.

Con base en el desempeño agronómico y la aceptabilidad para el ganado, las accesiones más

Cuadro 2.5. Desempeño de leguminosas arbustivas (*Desmodium velutinum*, *Flemingia macrophylla* y *Tadehagi* spp.) en Carimagua.

Especie (no. de accesiones)	Característica ^a	Fertilización ^b	Precipitación máxima		Precipitación mínima	
			Media	Rango	Media	Rango
<i>D. velutinum</i> (48)	Rendimiento de MS foliar (g/plant)	C	7.9 a ^c	3.0-18.2	1.9 a	0.5-6.1
		P	6.2 b	1.3-11.2	0.9 b	0.1-2.2
	Rebrote primario (no. de ramas/planta)	C	22 a	7-45	13 a	4-24
		P	17 b	6-34	9 b	3-17
	DIVMS foliar (%) ^d	C			51.7	45.3-59.0
		P			52.8	46.9-59.1
<i>F. macrophylla</i> (23)	Rendimiento de MS foliar (g/planta)	C	23.2 a	1.1-41.7	6.2 a	0.3-13.4
		P	16.3 b	2.3-33.7	3.5 b	0.2- 6.9
	Rebrote primario (no. de ramas/planta)	C	5 a	2-9	9 a	2-23
		P	4 b	2-8	7 b	2-19
	DIVMS foliar (%)	P	20.3	8.2-35.8		
<i>Tadehagi</i> (41)	Rendimiento de MS foliar (g/planta)	C	12.1 a	4.7-27.9	2.1 a	0.5-4.4
		P	5.4 b	1.9-10.9	1.3 b	0.4-2.9
	Rebrote primario (no. de ramas/planta)	C	26 a	5-51	22 a	7-36
		P	21 b	5-37	18 b	7-33
	DIVMS foliar (%)	C			29.8	19.5-41.6
		P			30.7	21.9-43.2

a. Rebrote de 12 semanas.

b. Fertilización recomendada para el establecimiento de cultivos (C) o de pasturas (P).

c. Medias en cada columna que son seguidos de la misma letra no difieren significativamente ($P < 0.05$).

d. Digestibilidad *in vitro* de MS.

promisorias de *D. velutinum* fueron CIAT 23973, 23981 y 23990; las de *Tadehagi*, CIAT 13269, 23227 y 33111; y las de *F. macrophylla*, CIAT 21095 y 21079 (G. Keller-Grein y E. Cárdenas).

Leguminosas arbustivas de múltiple propósito - Tierras bajas del trópico húmedo, Colombia

Las colecciones de las leguminosas arbustivas *Codariocalyx gyroides*, *Cratylia argentea*, *Flemingia*

macrophylla y *Desmodium velutinum* se evaluaron respecto a su adaptación al ambiente en la hacienda "La Rueda" en Caquetá. El régimen de corte fue de 9 semanas, con una altura de corte de 100 y 50 cm. Sorprendió el vigor de casi toda la colección de *C. gyroides*, una especie conocida por su sensibilidad a los cortes frecuentes y a baja altura. El RMS foliar varió entre 51 y 221 g/planta en la estación de mínima precipitación, y entre 73 y 466 g/planta en la estación de máxima precipitación. La cantidad de

biomasa foliar que quedó después del corte siempre fue bastante alta, permitiendo el fácil rebrote de la especie. Las accesiones CIAT 3001, 13547, 13548, 23746, 33129, 33131 y 33134 presentaron el mejor desempeño en cuanto a RMS foliar en ambas estaciones evaluadas durante 1992-1993. En general, la producción de semilla fue también alta.

El vigor de *F. macrophylla* fue similar al de *C. gyroides*, y el rango de RMS foliar también (de 10 a 379 g/planta en la estación de mínima precipitación y de 20 a 509 g/planta en la estación de máxima precipitación). El desempeño de *Cratylia argentea* y de *D. velutinum*, aún más, se vio sustancialmente afectado por los suelos mal drenados presentes en el sitio experimental. El RMS foliar de *C. argentea* varió entre 28 y 142 g/planta en la estación de mínima precipitación y de 51 a 118 g/planta en la estación de máxima precipitación; la accesión más sobresaliente fue CIAT 18674. Las accesiones de *D. velutinum* tuvieron un desempeño deficiente (B.L. Maass, G. Keller-Grein y C.G. Meléndez).

Leguminosas arbustivas múltiple propósito - Costa Rica

Se evaluaron 90 accesiones de diferentes especies de *Leucaena* bajo corte —cada 8 semanas durante la estación húmeda y cada 12 semanas durante el período seco— en condiciones del trópico subhúmedo de Atenas, Costa Rica. El sitio experimental presenta suelo franco arcilloso, clasificado como inceptisol, con un pH de 5.9 y bajo contenido de P disponible (3.6 ppm); la precipitación total es de 1,600 mm, distribuida desde mayo hasta noviembre. Otros arbustos que se evaluaron fueron *Desmodium velutinum* CIAT 13218 y *Flemingia macrophylla* CIAT 17403 y 17407 en las condiciones húmedas de Guápiles, y *Cratylia argentea* CIAT 18516 en Atenas y en Guápiles.

Se observaron diferencias significativas dentro, y entre, las especies de *Leucaena*. Un análisis de conglomerados, realizado con el RMS total del forraje comestible (hojas y tallos delgados) de 12 cortes, arrojó 7 grupos diferentes. El grupo 7 comprendió sólo a *L. leucocephala* CIAT 17263, que dio el mayor RMS (3.6 kg/planta/corte), 20% del cual se produjo durante el período seco; esta accesión también

presentó el mejor rebrote durante la estación húmeda (170 cm en 8 semanas). Un grupo formado por *L. leucocephala* CIAT 18481, 18483, 17500, 7986 y 9993 y por *L. diversifolia* CIAT 17503 ocupó el segundo lugar en RMS (1.78 kg/planta, del cual el 18% se produjo durante el período seco). *L. leucocephala* CIAT 17502 (cv. Cunningham) y CIAT 18477 (cv. Perú) se situaron en los grupos que presentaron bajo RMS (345 y 890 g/planta, respectivamente, del cual el 17% y el 21% se produjeron durante la estación seca). En este experimento, el RMS presentó una correlación alta con la altura de la planta ($r^2 = 0.90$; $P < 0.001$).

C. argentea CIAT 18516 mostró una buena adaptación a condiciones húmedas y subhúmedas, aunque se observaron grandes diferencias en el RMS para los dos ambientes. En Guápiles, el RMS anual total fue de 16 t/ha, mientras que en Atenas este valor fue de 5 t/ha, del cual se produjo el 13% durante el período seco. En forma similar, *F. macrophylla* CIAT 17403 y 17407 y *D. velutinum* CIAT 13218 se adaptaron bien a las condiciones de Guápiles; esta última accesión produjo un rendimiento anual de 17 t de MS/ha. No se observó ninguna plaga o enfermedad importante, aunque si se presentó un leve ataque de psílidos en *Leucaena* en Atenas (P.J. Argel y A. Valerio).

Sudeste Asiático

A medida que aumente la población y continúe el desarrollo económico mundial, crecerá la demanda de carne y de productos lácteos en el Sudeste Asiático. Si se sostienen las tendencias proyectadas en el número de cabezas de ganado hasta finales de este siglo, se duplicará la demanda de los recursos de especies forrajeras en el Sudeste Asiático. El suministro de semilla de especies forrajeras adaptadas se considera un elemento clave si se quiere aumentar la producción pecuaria en el Sudeste Asiático y mejorar la fertilidad del suelo de la tierra en barbecho en los sistemas agrícolas de secano.

El Proyecto Regional de Semilla de Especies Forrajeras del Sudeste Asiático se estableció en enero de 1992 con cuatro países participantes: Indonesia, Malasia, Tailandia y Filipinas. Este proyecto se realiza conjuntamente con la División de

Cultivos y Pasturas Tropicales de CSIRO (Commonwealth Scientific and Industrial Organization), y es financiado por la Oficina Australiana para el Desarrollo Internacional (AIDAB). La sede del proyecto es el Instituto Internacional de Investigación de Arroz (IRRI) en Los Baños, Filipinas; allí se encuentra el principal sitio de evaluación y de multiplicación de semilla de especies forrajeras. Las diferentes especies se evalúan respecto a su tolerancia a los suelos ácidos en un oxisol ácido en Cavinti, que queda a 60 km de Los Baños. El objetivo es mejorar la oferta de alimento para animales de los pequeños agricultores en los cuatro países participantes.

Introducción y evaluación de especies forrajeras.

Un avance importante fue la introducción de 486 accesiones de germoplasma de especies forrajeras, en su mayor parte de la colección mantenida en el CIAT. Se representan 23 géneros y 54 especies de leguminosas y de gramíneas. Sesenta y siete accesiones que actualmente presentan un desempeño promisorio se someterán a ensayos multilocacionales; hay semilla o material de siembra vegetativo disponible de 10 gramíneas y de 34 leguminosas, para distribución o para evaluación a nivel de finca. Además de los sitios de evaluación de adaptación ambiental y de multiplicación en Los Baños y Cavinti, se han establecido ensayos de evaluación en 5 otras localidades en Filipinas, 3 en Malasia, 4 en Tailandia, y 7 en Indonesia.

Desempeño de especies clave. Los resultados de la evaluación agronómica de las leguminosas *Stylosanthes*, *Arachis pintoi*, *Centrosema* y de las gramíneas *Brachiaria* y *Paspalum* se presentan en la sección sobre el Proyecto 2: Mejoramiento del germoplasma de especies forrajeras. Se han seleccionado varias accesiones de floración tardía de *Desmodium ovalifolium* para ser sembrado en cercos, un uso altamente apropiado para esta especie. *D. heterophyllum* presenta un buen desempeño en una plantación de coco en Bicol.

Andropogon gayanus. La accesión CIAT 621 ha mostrado amplia adaptación a los suelos de baja fertilidad, incluyendo una arena marina en Malasia, un suelo arenoso podsólico en el sur de Tailandia, y sitios similares de baja fertilidad en Filipinas y

Kalimantan Oriental, Indonesia (B. Grof).

Africa Occidental y Central

Desde 1991, el CIAT ha colaborado con IEMVT/CIRAD y con ILCA en la evaluación de germoplasma de especies forrajeras en Africa Occidental y Central. El germoplasma se evaluó dentro de la red RABAOC (acrónimo en francés para la Red de Investigadores en Especies Forrajeras de Africa Occidental y Central; en inglés WECAFNET). En la actualidad, esta red forma parte de AFRNET (Red Africana de Recursos Alimenticios, auspiciada por CIID y coordinado por ILCA).

Todos los ensayos de RABAOC están localizados en la zona húmeda y subhúmeda de Africa Occidental y Central. Kolda en Senegal (17°55'O) y Bossembélé en la República Centroafricana (17°44'E) forman los límites longitudinales, y nuevamente Kolda (12°56'N) y N'Kolbisson en Camerún (3°50'N) representan los extremos de mayor latitud. Los ensayos se han realizado en 9 países, con 11 colaboradores, y en 13 sitios de ensayo, incluyendo dos sitios nuevos en Benin y Guinea. Los ensayos se establecieron empleando el protocolo de la RIEPT; se incluyeron 35 accesiones del CIAT (6 leguminosas arbustivas, 21 leguminosas herbáceas y 8 gramíneas), además de algún germoplasma local.

Desempeño de las especies. La adaptación de las especies varió entre los sitios. El desempeño en los diferentes sitios se evaluó en un taller que se realizó en abril de 1992; en cada sitio se le asignó a la especie un valor relativo de 0 a 5, con base en los siguientes criterios:

- facilidad de establecimiento;
- productividad durante la estación lluviosa;
- adaptación a la estación seca; y
- producción potencial de semilla.

El desempeño general de las especies se presenta en el Cuadro 2.6. El desempeño de las diferentes especies también se presentó en un taller que se realizó en Bamako en marzo de 1993. Las leguminosas herbáceas que se consideraron de mayor

Cuadro 2.6. Desempeño general de especies en ensayos RABAOC (20 = alto; 0 = bajo).

Especie, accesión	Desempeño
Leguminosas herbáceas	
<i>Centrosema pubescens</i> CIAT 5172	16
<i>Stylosanthes guianensis</i> cv. Pucallpa	15
<i>Cassia rotundifolia</i> cv. Wynn	14
<i>Centrosema macrocarpum</i> CIAT 5452	14
<i>Centrosema macrocarpum</i> CIAT 5713	13
<i>Aeschynomene histrix</i> CIAT 9690	13
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 10136	12
<i>Arachis pintoi</i> CIAT 17434	11
<i>Centrosema brasilianum</i> CIAT 5234	11
<i>Centrosema acutifolium</i> CIAT 5568	10
<i>Centrosema acutifolium</i> CIAT 5277	10
<i>Stylosanthes hamata</i> cv. Verano	10
<i>Centrosema pascuorum</i> cv. Cavalcade	9
<i>Stylosanthes capitata</i> cv. Capica	8
<i>Zornia glabra</i> CIAT 8279	7
<i>Desmodium ovalifolium</i> CIAT 13089	6
<i>Desmodium strigillosum</i> CIAT 13155	5
<i>Stylosanthes sympodiales</i> CIAT 1044	5
<i>Zornia latifolia</i> CIAT 728	5
<i>Stylosanthes macrocephala</i> CIAT 1281	2
Leguminosas arbustivas	
<i>Leucaena leucocephala</i> CIAT 17502	16
<i>Flemingia macrophylla</i> CIAT 17403	15
<i>Cajanus cajan</i> CIAT 18700	12
<i>Cratylia argentea</i> CIAT 18516	10
<i>Codariocalyx gyroides</i> CIAT 3001	10
<i>Desmodium velutinum</i> CIAT 33138	4
Gramíneas	
<i>Panicum maximum</i> T58	16
<i>Panicum maximum</i> CIAT 673	16
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 26646	14
<i>Brachiaria decumbens</i> CIAT 606	13
<i>Brachiaria brizantha</i> CIAT 6780	10
<i>Andropogon gayanus</i> CIAT 621	10
<i>Brachiaria dictyoneura</i> CIAT 6133	9
<i>Brachiaria humidicola</i> CIAT 6369	8

potencial para las áreas subhúmedas son: *S. guianensis* CIAT 184, *C. brasilianum* CIAT 5234 y *C. macrocarpum* CIAT 5452 y 5713. En algunos sitios, *S. guianensis* CIAT 10136 presentó el mejor desempeño durante la estación seca, y *D. ovalifolium* tuvo un buen desempeño en Ghana.

El desempeño de todas las gramíneas fue bueno en la mayoría de los sitios, pero se reportaron problemas en la producción de semilla.

Las leguminosas arbustivas se consideran el componente forrajero que tiene el mayor potencial para muchos sistemas de producción. En los ensayos de la RABAOC se evaluaron sólo unas pocas especies. *C. cajan* CIAT 18700 fue sobresaliente, pero es sólo una especie bianual. *L. leucocephala*, *F. macrophylla* y *C. argentea* (para suelos ácidos) mostraron cierto potencial.

Reuniones anuales. Los talleres anuales se celebraron en abril de 1991 en Bethania, Togo, para iniciar el proceso de investigación; en abril de 1992 en Bouaké, Côte d'Ivoire; y en marzo de 1993 en Bamako, Malí, para evaluar y discutir el trabajo futuro. Todos los miembros activos de la red, el coordinador B. Peyre de Fabrègues, y los representantes del CIAT y del ILCA asistieron a estas reuniones. El IEMVT financió las primeras dos reuniones, y el ILCA, mediante AFRNET, financió y organizó el taller en Bamako. Se piensa realizar el próximo taller en abril de 1994. Se buscará financiar una posición de agrónomo para Africa Occidental; esta persona se encargará de coordinar la evaluación de las especies forrajeras para los sistemas de producción y la producción de semilla.

En la reunión en Bamako, se reconoció que aunque se conoce bastante acerca de la utilización de los residuos de cosecha y los productos agro-industriales, es limitado el conocimiento que se tiene acerca del uso de leguminosas herbáceas mejoradas y de árboles de múltiple propósito como alimento complementario y en sistemas de pasturas (B. Peyre de Fabrègues y C.E. Lascano).

Germoplasma para evaluación regional

Las especies y accesiones que se recomiendan para evaluación agronómica en ensayos regionales se detallan en el cuadro 2.7, indicando los ecosistemas de mejor adaptación. Detalles especiales en cuanto a suelo y fertilidad requeridos, y manejo o sistema potencial de utilización se indican a continuación.

El Programa de Forrajes Tropicales y la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT tendrán disponible cantidades suficientes de semilla para realizar ensayos tipo ERA y ERB para todas las accesiones indicadas en el cuadro.

Cuadro 2.7. Germoplasma para evaluación de adaptación ambiental en ensayos regionales - lista de accesiones (número CIAT, si no indicado diferente) por ecosistema. Sombra: especies consideradas más importantes en el ecosistema; subrayado: material nuevo, más promisorio; negrilla: testigo.

Género y especie	Sabanas/ Llanos	Sabanas/ Cerrados	Bosque sub-húmedo	Bosque húmedo	Sureste Asia	Oeste Africa (RABAOC)
Leguminosas herbáceas						
<i>Aeschynomene americana</i>	-	-	IRFL 1725	IRFL 1725	-	-
<i>Arachis pintoii</i>	18748, 18744, 18745, 18750, 22160, 17434					
<i>Calopogonium mucunoides</i>	-	822, 20709, 20676, 19519, 9450, 719	-	-	8132	-
<i>Calopogonium caeruleum</i>	-	-	-	-	7304	-
<i>Centrosema acutifolium</i>	5568, 15086, 15816, 5112, 5277	-	5568, 15086, 15816, 5112, 5277	5568, 15086, 15816, 5112, 5277	-	5568
<i>Centrosema brasilianum</i>	-	5234	5657, 15387, 5234	-	-	5234
<i>Centrosema macrocarpum</i>	25522 ^a	25522	25522	25522	-	25522, 5713
<i>Centrosema pubescens</i>	5172, 5634 , 5189, 15160 , 15470, 438	15160, 15470, 438	5172			
<i>D. heterocarpon</i> ssp. <i>ovalif.</i>	-	-	-	-	13089, 3666, 3794, 13305	-
<i>Galactia striata</i>	-	-	-	-	17444, 18331, 964	-
<i>Pueraria phaseoloides</i>	7182, 8042, 17296, 17300, 17307, 18381, 9900	-	-			
<i>Stylosanthes capitata</i>	-	2320, 2353, 2546, 10280	-	-	-	-
<i>Stylosanthes guianensis</i>	11833, 11844, FM07-3, FM05-3, 2950	11833, 11844, FM07-3, FM05-3, 2950	11833, 11844, FM07-3, FM05-3, 2950	-	11833, 11844, FM07-3, FM05-3, 2950	11833, 11844, FM07-3, FM05-3, 2950
Híbridos						
Leguminosas arbustivas						
<i>Calliandra calothyrsus</i>	-	21252	21252	21252	21252	-
<i>Codariocalyx gyroides</i>	-	-	23748, 33129, 13979, 3001	23748, 33129, 13979, 3001	23748, 33129, 13979, 3001	-
<i>Cratylia argentea</i>	-	18672, 18957, 18674, 18516				
<i>Desmodium velutinum</i>	-	-	13220, 23134, 13218	-	13218	-
<i>Gliricidia sepium</i>	-
<i>Leucaena diversifolia</i>	-	-	17503	-	-	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	-	-	17263 , 18481, 18483, 17500, 7986, 17502	-	41/90 (CSIRO)	17502
Gramíneas						
<i>Brachiaria brizantha</i>	16827, 6780	16827, 6780	16827, 6780	16827, 6780	16318, 6780	26646
<i>Brachiaria humidicola</i>	-	26149, 6707, 16886/16888, 679	26149, 6707, 16886/16888, 679	26149, 6707, 16886/16888, 679	26149, 6707, 16886/16888, 679	-
Leguminosas herbáceas						
<i>Panicum maximum</i>	6799, 6944 , 6969, 16028, 16051, 26900 , BRA-008761, BRA-008788					
<i>Paspalum</i> spp.	-	BRA-009610 , BRA-009415, BRA-009687, BRA-010537, BRA-012874	-	-	BRA-009610	-

a. CIAT 25522 compuesto 'Ucayali' = CIAT 5432, 5447, 5452, 5674, 5713, 5735, 5740, 5887, 5959, 15014, 15047, 15097, 15098, 15102, 15115.

Cuadro 2.8. Germoplasma para evaluación en sistemas de producción - lista de accesiones (número CIAT) por ecosistema.

Género y especie	Sabana/ Llanos	Sabana/ Cerrados	Bosque subhúmedo	Bosque húmedo
Leguminosas herbáceas				
<i>Arachis pintoi</i>	-	22160	18744, 18748	18748, 18744
<i>Centrosema brasilianum</i>	-	5234 (BRA)	15387 (MCAC)	-
<i>Centrosema macrocarpum</i>	25522 ^a (f)	-	25522	25522
<i>Centrosema pubescens</i>	5634, 15160 (f)	5634, 15160	5634, 15160	5634, 15160
<i>S. guianensis</i> var. <i>vulgaris</i>	-	2950 ^b (BRA)	-	-
Hybrids of <i>Stylosanthes</i>	11833, 11844	-	-	-
Leguminosas arbustivas				
<i>Cratylia argentea</i>	-	-	18516	-
<i>Leucaena leucocephala</i>	-	-	17263 (MCAC)	-
Gramíneas				
<i>Brachiaria brizantha</i>	-	16488	26110	26110, 16827
<i>Brachiaria humidicola</i>	-	-	16888, 26149	16886, 26149
<i>Panicum maximum</i>	6799, 6944	-	-	-
<i>Paspalum</i> spp.	-	BRA-009610	-	-

a. Compuesto 'Ucayali'.

b. cv. Mineirao.

(f) = para sistema cultivo-pastos con fertilidad más alta del suelo.

(BRA) = para los Cerrados de Brasil.

(MCAC) = para México, Centro América y el Caribe.

Leguminosas herbáceas

Aeschynomene americana

Forrajera promisoría para el trópico húmedo. Nativa y de presencia frecuente en praderas bajo pastoreo donde no se utilizan herbicidas hormonales para controlar malezas de hoja ancha. Semilla de la accesión IRFL está solo disponible en MCAC.

Arachis pintoi

El material más distribuido, CIAT 17434, está liberado en Colombia como cv. Maní Forrajero Perenne y en Honduras como cv. Pico Bonito. Está muy bien adaptado en regiones con menos de tres meses de sequía. En la región MCAC (México, Centro América y Caribe), CIAT 18744 presenta superior cobertura a CIAT 17434 y 18748. En regiones de trópico húmedo en MCAC, CIAT 17434 produce mayor cantidad de semilla que CIAT 18744 ó 18748. CIAT 18750 es una accesión con alta capacidad de producción de semillas y buen comportamiento agronómico en Brasil (Campo Grande y Planaltina) y fue además seleccionada en las Filipinas. Agronómicamente, CIAT 22160 se comporta especialmente bien en períodos secos prolongados. Ha persistido tres períodos secos consecutivos en los Cerrados. La

producción de semillas es inferior a CIAT 17434.

Calopogonium caeruleum

La especie, y especialmente la accesión CIAT 7304, está bien adaptada en las Filipinas, proporcionando buena cobertura. Sin embargo, las plantas no viven más de dos años y su palatabilidad es muy baja, que resulta en consumo limitado.

Calopogonium mucunoides

Durante el período de máxima precipitación, las accesiones seleccionadas muestran producción y grado de adaptación semejantes, y todos son buenos a excelentes productores de semilla. Las plantas de esta especie no viven más de dos años. Por su alta retención de hojas en períodos de 4-6 meses de sequía se destacan CIAT 822 y 20709.

Centrosema acutifolium

En ecosistema de trópico húmedo tiene buen comportamiento agronómico, sin embargo en la región de MCAC alta incidencia de enfermedades, particularmente en suelos de baja fertilidad y con períodos secos de 3-4 meses. Una gran limitante es su baja y errática producción de semilla. La accesión

CIAT 5568 es mejor productor de semilla que CIAT 5277 (en Colombia cv. Vichada), aunque parece más susceptible a rhizoctonia en algunas regiones y/o períodos. Su persistencia bajo pastoreo es de 3 a 4 años dependiendo de la gramínea asociada y del manejo. Puede ser una opción para regiones de mayor fertilidad ó en sistemas de rotación cultivos/pasturas, donde la persistencia por más de tres años no sea clave.

Centrosema brasilianum

Se destaca el alto potencial agronómico de la especie. Es la especie de *Centrosema* con mayor producción de semilla y mejor adaptada a suelos ácidos de baja fertilidad. En el ecosistema Cerrado presenta buena producción tanto forrajera como de semillas. Buen comportamiento en períodos secos, y persistencia bajo pastoreo con manejo flexible. Puede ser una opción para sistemas de rotación cultivos/pasturas. Su desempeño no es muy bueno en trópico húmedo debido a ataque de rhizoctonia. La accesión CIAT 15387 se comporta agronomicamente similar o superior a CIAT 5234 en condiciones de trópico subhúmedo de MCAC.

Centrosema macrocarpum

Agronomicamente, la especie está muy bien adaptada al ecosistema trópico húmedo y subhúmedo. En Pucallpa, Perú, fueron seleccionados de una colección de 120 accesiones, 12 que componen el compuesto "Ucayali", que además incluye las 3 accesiones mejores en MCAC. Los parámetros agronómicos de mayor peso utilizados para la selección fueron: producción de MS y de semillas, y capacidad de enraizamiento en los tallos. En sabanas puede ser una opción para sistemas de rotación cultivos/pasturas, donde la persistencia por más de tres años no sea clave.

Centrosema pubescens

Especie de buen comportamiento agronómico. En un ensayo de evaluación agronómica realizado en 18 localidades, se destacaron CIAT 5634 y 15160 por su buen desempeño. También las mismas accesiones fueron superior al testigo (CIAT 438) por su producción de MS y de semilla, y poca susceptibilidad a enfermedades en Pucallpa, Perú. En MCAC, CIAT 5172 y 5189 fueron seleccionados por su mejor comportamiento agronómico.

Pueraria phaseoloides

En áreas del Cerrado con períodos de no más de 3 meses de sequía, presenta buen comportamiento agronómico. En Planaltina, Brasil, las accesiones seleccionadas mostraron excelente producción de semillas durante los 3 años consecutivos de

evaluación. Pueden ser una opción para regiones de mayor fertilidad o en sistemas de rotación cultivos/pasturas.

Stylosanthes guianensis

Las accesiones para evaluación de adaptación ambiental fueron seleccionadas de poblaciones relativamente precoces de var. *pauciflora* y tardías de var. *vulgaris*, resultantes del programa de fitomejoramiento del CIAT. Las accesiones CIAT 11833 y 11844 (var. *pauciflora*) se destacan por alta resistencia a antracnosis en Carimagua, Colombia, y relativamente buena producción de semilla. Las líneas FM05-3 y FM07-3 (var. *vulgaris*) se seleccionaron por su adaptación a condiciones de alta pluviosidad y resistencia a antracnosis y rhizoctonia en las Filipinas. CIAT 2950 fue liberado en Brasil como cv. Mineirão.

Leguminosas arbustivas

Calliandra calothyrsus

Aunque no se ha evaluado en los sitios mayores de selección del Programa de Forrajes Tropicales del CIAT, la especie se considera muy importante y se conoce su potencial de adaptación a suelos ácidos, como, por ejemplo, de la accesión CIAT 21252.

Codariocalyx gyroides

Es una especie muy bien adaptado a suelos ácidos y el clima del trópico húmedo. Tolera bien suelos con alto contenido de humedad, mal drenaje e inundaciones periódicas. Es muy importante destacar que una altura de corte inferior a 0.50 m perjudica su rebrote y persistencia. En Caquetá, Colombia, además ha sido bien consumida por ganado vacuno, y su producción de semilla es alta.

Cratylia argentea

Esta leguminosa semi-arbustiva es originaria de un amplio rango ambiental de Suramérica. Tolera y persiste en regiones con períodos secos prolongados. Se adapta a suelos ácidos pero no tolera mal drenaje. No parece sensible a cortes bajos. Muestra aceptable calidad forrajera, y su consumo es mejor cuando se corta y marchita el forraje.

Desmodium velutinum

No se adapta a los suelos muy ácidos e infértiles del ecosistema sabana, ni se distinguió en el trópico húmedo. Agronomicamente se comportó bien en MCAC en áreas con suelos algo más fértiles. Entre las leguminosas semi-arbustivas, se destaca por su buena calidad forrajera.

Glyricidia sepium

Aunque no se ha evaluado en los sitios mayores de selección del Programa de Forrajes Tropicales del CIAT, la especie se considera muy importante y se conoce su potencial forrajero y adaptación a suelos moderadamente ácidos. Actualmente el CIAT no dispone de semilla de esta especie.

Leucaena spp.

Se seleccionaron los materiales en MCAC con alto "stress" de sequía y en donde los suelos son moderadamente ácidos y fértiles. Pueden adaptarse a condiciones parecidas en Suramérica.

Gramíneas

Brachiaria brizantha

Gramínea con buen comportamiento agronómico en condiciones de suelos algo más fértiles en los ecosistemas sabana/Cerrado y trópico húmedo, y en MCAC. Para todas accesiones seleccionadas en condiciones naturales por su desempeño agronómico, se realiza un chequeo de susceptibilidad al salvazo en invernadero en donde la única accesión recomendada (CIAT 16827) demostró tolerancia similar al testigo CIAT 6780 (en Brasil cv. Marandú, en Costa Rica Diamantes 1). Actualmente se investiga la susceptibilidad de otros materiales promisorios.

Brachiaria humidicola

A pesar de tener una calidad forrajera relativamente baja, esta especie juega un papel importante por su buen desempeño agronómico, inclusive su tolerancia al salvazo. En el ecosistema Cerrado sirve especialmente para las Varzeas, donde se adapta bien a condiciones de mal drenaje. Las accesiones CIAT 16886 y 16888 se seleccionaron en MCAC y Pucallpa, respectivamente, sin embargo se parecen mucho morfológicamente.

Panicum maximum

Agronómicamente, las accesiones CIAT 6799 y 6944 se adaptaron muy bien a los suelos ácidos e infértiles de los Llanos en Carimagua, Colombia. Actualmente, estas dos accesiones han persistido dos años en un ensayo de pastoreo con cargas contrastantes. En Brasil, CIAT 26900 fue liberado como cv. Vencedor, y es material muy promisorio en MCAC. Otras accesiones promisorias en Brasil se están introduciendo al CIAT y pronto estarán disponibles para ensayos regionales.

Paspalum spp.

Gramínea promisorio para regiones inundadas y de mal drenaje. En Brasil, se destaca su alta producción de MS y de semilla. Se está introduciendo este germoplasma de *Paspalum* al CIAT y pronto estará disponible para ensayos regionales.

2.4 Evaluación de Ecotipos Seleccionados de Especies Forrajeras para Sistemas de Producción

Introducción. Cuando se evalúa germoplasma respecto a su adaptación al ambiente, es posible identificar un conjunto de ecotipos de especies forrajeras que aparentemente se adaptan bien a las condiciones edafoclimáticas de un ambiente específico, y que resisten a las enfermedades y a los insectos allí presentes. Pero luego se debe evaluar la productividad de esos ecotipos bajo un régimen de manejo en que se anticipa su posible uso. Es importante que el manejo del germoplasma en esta evaluación sea similar al manejo que los agricultores aplicarían en su propio sistema agrícola. Es importante también que se conozca la reacción de los agricultores a los ecotipos específicos de forrajeras que se evalúan.

Pasturas sometidas a pastoreo en las sabanas. Las nuevas especies que se someterán a ensayos en los sistemas de producción de pasturas en Carimagua son *Panicum maximum* (CIAT 6744 y 6977) y las selecciones avanzadas de los nuevos acervos génicos de *Stylosanthes*, resistentes a antracnosis.

Rotaciones de pasturas y cultivos para las sabanas. Se propone evaluar la accesión de *Arachis pintoi* CIAT 22160, que es tolerante a la estación seca, y varias accesiones de *Calopogonium mucunoides* y *Centrosema pubescens*.

AAMP para las laderas. *Cratylia argentea* se evaluará en Cauca, Colombia, como forraje complementario durante la estación seca.

Conservación del suelo en las laderas de altitud intermedia. *Arachis pintoi*, *Chamaecrista rotundifolia*, y *Pennisetum purpureum* (pasto elefante enano) se evaluarán en sistemas a base de yuca.

Barbecho mejorado. Se harán evaluaciones de *Codariocalyx gyroides* en las tierras bajas del trópico húmedo y de *Centrosema macrocarpum*, *Flemingia macrophylla* y *Cratylia argentea* en la zona de laderas del Cauca.

3. MEJORAMIENTO DEL GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS

Objetivo

Aumentar la utilidad de especies forrajeras claves mediante la manipulación genética u otros medios.

Justificación

La evaluación de la diversidad genética natural seguirá siendo importante en el desarrollo de especies de gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Sin embargo, es poco probable que se encuentren cultivares idóneos en la naturaleza. Por tanto, una vez que se hayan identificado especies forrajeras claves, la investigación se debe enfocar hacia la superación de limitantes bien definidos que pueden restringir su máxima explotación. Inicialmente se pueden adquirir colecciones de germoplasma con mayor diversidad en aquellos casos —como *A. pintoii*— en que se considere que la base genética existente es inadecuada. En aquellos casos en que los atributos o las combinaciones de caracteres que se desean no se encuentran en las grandes

colecciones de germoplasma natural (por ejemplo, *Brachiaria* spp. o *Stylosanthes* spp.), se requerirá de la manipulación genética dirigida, ya sea por métodos convencionales (fitomejoramiento) o por métodos más nuevos (o una combinación de los dos).

Este proyecto generará los acervos génicos de los cuales se podrán aislar mejores recombinantes genéticos para su posterior avance hasta el estado de cultivar. Específicamente, las combinaciones de atributos esenciales para un mejor desempeño —como la adaptación edáfica y la resistencia al salivazo en *Brachiaria* apomíctica, o la resistencia al antracnosis, la producción de semilla y la persistencia bajo pastoreo en *Stylosanthes*— se lograrán por métodos convencionales de mejoramiento de poblaciones, complementados cuando así se requiera por biotecnologías como la marcación de genes (gen de apomixis en *Brachiaria*) y la selección con la ayuda de marcadores (rasgos cuantitativos tanto en *Brachiaria* como en *Stylosanthes*).

3.1 Mejoramiento de *Brachiaria*

Introducción

En América están sembradas tropical aproximadamente 50 millones de hectáreas con especies de *Brachiaria*, en su mayor parte con *B. decumbens*. Esta especie se adapta bien a los suelos ácidos infértiles, pero el salivazo (Homoptera: Cercopidae) reduce severamente su productividad. Por otra parte, *B. brizantha* cv. Marandú, que es resistente al salivazo, tiene poca persistencia en suelos infértiles. Además, aunque *B. decumbens* es resistente a las hormigas cortadoras de hojas (Hymenoptera: Attini), otras especies de *Brachiaria* no lo son y, por tanto, es importante mantener esta resistencia. A mediados de la década de los 80, se reunió una importante colección de germoplasma, y ya se ha completado la evaluación regional de la misma. Un proyecto de mejoramiento utilizará técnicas nuevas para aprovechar la apomixis y crear

acervos génicos sintéticos con resistencia al salivazo y a las hormigas cortadoras de hojas, con buena calidad forrajera y buena persistencia en suelos ácidos de baja fertilidad. Otro resultado de esta investigación será una mejor comprensión de cómo se hereda la apomixis y cómo se marca el gen de la misma.

Recursos genéticos de *Brachiaria*

Taxonomía y variabilidad genética de *Brachiaria*. En un proyecto colaborativo con Royal Botanic Gardens en Kew, Reino Unido, bajo la dirección de Dr. S.A. Renvoize se estudió la taxonomía de *Brachiaria* en material vegetal vivo y en especímenes de herbario. Se encontraron diversos tipos de planta en algunas especies, por ejemplo 7 en *B. brizantha* y 5 en *B. jubata*. Se identificaron tipos intermedios entre las especies (B.L. Maass).

En colaboración con la Universidad de Bristol, Reino Unido, se caracterizaron más de 400 accesiones de las cinco especies de mayor importancia económica respecto a sus patrones de isoenzimas mediante electroforesis de geles de poliacrilamida (EGPA). Cinco sistemas de isoenzimas revelaron polimorfismo. A cada isoenzima se le aplicó análisis de conglomerados por separado, y finalmente a los cinco isoenzimas en conjunto. Cada isoenzima se diferenció entre las especies. Estos datos se están utilizando para analizar la variabilidad genética en el género (*B.L. Maass y C. Meghji*)

Se ha completado la caracterización del modo de reproducción de varias accesiones de *Brachiaria* que no se habían estudiado anteriormente (Valle & Glienke, 1991), como parte de un proyecto colaborativo entre la Universidad del Cauca, Popayán, y la Sección de Genética del PFT (*B.L. Maass y L.A. Ortega*).

Evaluación agronómica de germoplasma natural de *Brachiaria* en los Llanos, Carimagua

***Brachiaria humidicola*.** *B. humidicola* común (CIAT 679) está disponible comercialmente en diversos países de América Latina; se adapta bien a los suelos ácidos de baja fertilidad, incluyendo aquellos mal drenados. Esta gramínea es tolerante —pero no resistente— al salvazo, y en muchas áreas ha reemplazado a *B. decumbens* que es altamente susceptible a esta plaga. Su valor nutritivo, sin embargo, es pobre en comparación con *B. decumbens*.

En 1991 se estableció una colección de 54 accesiones de *B. humidicola*, junto con *B. humidicola* (CIAT 679), *B. brizantha* (CIAT 26646), *B. decumbens* (CIAT 606) y *B. dictyoneura* (CIAT 6133) como testigos. Después de la fase de establecimiento, la colección se evaluó respecto a su desempeño agronómico bajo un régimen de corte a intervalos de 12 ó 6 semanas en 1992 ó 1993, respectivamente; también se estudió la variación con respecto a la calidad nutritiva (especialmente el contenido de N y la DIVMS).

La colección muestra considerable variación en cuanto a diversos atributos morfológicos como el tamaño y la forma de la hoja, y el desarrollo de los estolones. Los datos preliminares sobre atributos agronómicos importantes y el valor nutritivo se resumen en el Cuadro 3.1. El rendimiento de MS, la proporción de hojas y la cobertura de la parcela difieren ampliamente entre accesiones en ambos períodos de precipitación. También existe considerable variación en la concentración de N y la DIVMS de las hojas. Varias accesiones nuevas presentaron un mejor desempeño agronómico que CIAT 679 y también parecen tener una mejor calidad nutritiva, similar a la de *B. decumbens* CIAT 606. Todavía quedan pendientes dos cortes adicionales y los análisis químicos de la parte principal de las muestras cosechadas, antes de hacer la selección final.

***Brachiaria* spp.** Como parte de la caracterización y evaluación de la colección de CIAT de *Brachiaria*, que comprende cerca de 700 accesiones, se ha evaluado una subcolección de 189 accesiones de 10 especies de *Brachiaria* en parcelas pequeñas en

Cuadro 3.1. Desempeño preliminar de una colección de *Brachiaria humidicola* en Carimagua.

Característica	Período de rebrote (semanas)	Precipitación máxima		Precipitación mínima	
		Media	Rango	Media	Rango
Rendimiento de MS (g/m ²)	12	176.6	78.6-455.8	87.2	37.3 -179.4
	6	71.6	29.8-156.9	17.9	6.0 - 33.7
Proporción de hojas (% de MS)	12	64.7	33.7- 92.9	54.4	26.9 - 80.8
	6	76.4	53.4- 95.4	85.4	57.2 - 98.3
Cobertura (%)	12	73.8	43.8- 88.8	-	-
	6	55.2	23.3- 79.2	40.1	12.5 - 66.3
DIVMS (% de MS foliar)	12	-	-	56.62	45.48- 63.81
Concentración de N (% de MS foliar)	12	0.86	0.55- 1.23	1.28	0.85- 1.80

Carimagua, aplicando el mismo régimen de corte como en el experimento con *B. humidicola*. El experimento se realiza con dos niveles de fertilización: uno que considera la recomendación para el establecimiento de pasturas en Carimagua (kg/ha: 20 P, 20 K, 12 S, 12 Mg y 40 N) y otro que se recomienda para el arroz de secano (kg/ha: 50 P, 100 K, 20 S, 5 Zn, 80 N, 300 cal dolomítica). Se intenta evaluar la respuesta del germoplasma a una mayor fertilidad del suelo. La evaluación bajo corte se interrumpió en 1993 durante 6 meses para realizar los estudios morfológicos y registrar el inicio de la floración y la producción de semilla.

Se observó considerable variación intraespecífica respecto a varios parámetros morfológicos como el hábito de crecimiento; el tamaño, la forma y la pubescencia de las hojas; y diversas características de las inflorescencias. El inicio de la floración (cuando 50% de las plantas de una accesión han comenzado a florecer) fue extremadamente variable. Por ejemplo, en el caso de las 95 accesiones de *B. brizantha*, comenzó entre abril y principios de septiembre; casi la mitad de las accesiones, sin embargo, empezaron a florecer entre finales de mayo y finales de junio. En general, la producción de semilla fue baja; las accesiones de *B. humidicola* en particular produjeron muy pocas semillas debido principalmente a una infección fúngica de las espiguillas.

El rendimiento de MS y la proporción de hojas difirieron notablemente entre y dentro de las especies. La mayoría de las accesiones presentaron una respuesta en producción de MS con una mayor fertilidad del suelo. Las accesiones más promisorias observadas hasta ahora han sido: *B. brizantha* CIAT 16130, 16467, 16473, 26032, 26124, 26555 y 26556, y las accesiones testigo 6297 (= cv. Marandú) y 26646 (= cv. La Libertad); y *B. humidicola* CIAT 16774, 16793, 16873, 16876, 26425 y 26573. Sin embargo, sólo se hará la selección de germoplasma promisorio para ensayos adicionales después de analizar los numerosos datos recolectados, incluyendo los de un último corte que se realizará a finales de la actual estación lluviosa para evaluar el rendimiento de MS y la calidad nutritiva.

En este ensayo la infestación de salivazos ha sido

irregular, y hasta ahora no ha sido posible registrar datos de campo confiables sobre la resistencia de los hospedantes (G. Keller-Grein y E. Cárdenas).

Evaluación agronómica en las tierras bajas del trópico húmedo - Guápiles, Costa Rica

Se evaluaron 294 accesiones de *Brachiaria* spp. En un período de dos años, las parcelas se cosecharon 16 veces a intervalos de 6 semanas. Se midieron el rendimiento de materia seca (RMS), la altura de la planta, la cobertura del suelo y la incidencia de plagas y enfermedades.

El análisis de conglomerados mostró diferencias entre y dentro de las especies respecto a los parámetros medidos. Se identificaron accesiones con mayor RMS que los cultivares comerciales estándares de *Brachiaria*.

El RMS presentó una alta correlación con la altura de la planta y la cobertura del suelo ($r^2 = 0.98$ ó 0.82 , respectivamente; $P < 0.001$). Las plagas y las enfermedades fueron insignificantes: sólo se registraron ataques leves del salivazo (*Aeneolamia* sp.) y de añublo foliar por *Rhizoctonia* (P.J. Argel y A. Valerio).

Evaluación agronómica en Los Baños, Filipinas.

Se evaluaron 22 accesiones avanzadas de *Brachiaria* spp. en el Vivero Central del Proyecto Regional de Semillas de Especies Forrajeras para el Sudeste Asiático. Las accesiones de *B. brizantha* (CIAT 16318), *B. humidicola* y *B. dictyoneura* tuvieron un buen desempeño en suelos de baja fertilidad, mientras *B. brizantha* cv. Marandú se desempeñó bien en suelos de mayor fertilidad. Varias accesiones recientemente introducidas también se consideran promisorias (B. Grof).

Resistencia al salivazo

La resistencia a diversas especies del salivazo es uno de los principales objetivos del proyecto de mejoramiento de *Brachiaria*. Este insecto puede causar pérdidas severas e impredecibles en el rendimiento de forraje y en la calidad del mismo. La resistencia genética parece ser la única medida de

control viable por razones económicas y ecológicas.

Existe excelente resistencia en el género. Se ha demostrado que la herencia de la resistencia obedece probablemente un control genético sencillo ya que la correlación de progenitor-progenie es alta ($r = 0.95$; $P < 0.0001$ para el porcentaje de supervivencia de ninfas; $r = 0.83$; $P < 0.001$ para la duración de la etapa ninfal).

El principal obstáculo a la utilización efectiva de la resistencia disponible en el proyecto de mejoramiento es la dificultad de medir la resistencia en grandes poblaciones segregantes de una manera confiable. Se perciben dos enfoques: i) mejorar la confiabilidad de la infestación en el campo y en el invernadero; ii) identificar los mecanismos bioquímicos de resistencia para desarrollar un método sencillo de selección en el laboratorio.

La selección en condiciones de invernadero es una medida confiable de la antibiosis de la planta hospedante. Se infestan artificialmente las plantas cultivadas en macetas, y se evalúa la supervivencia de las ninfas (Lapointe, et al. 1992). Sin embargo, con los recursos disponibles, la capacidad del presente método de selección en el invernadero se limita a aproximadamente 300 genotipos por año. Como el programa de mejoramiento está generando varios miles de recombinantes por año, el ensayo de invernadero es claramente inadecuado.

Ni la infestación natural ni la artificial en el campo en la estación de investigación de Carimagua han sido confiables. Las razones de este fracaso no son claras, y se han atribuido en ocasiones a la precipitación insuficiente y a la baja humedad relativa, o en otras a la depredación de los huevos del salivazo por las hormigas. En cualquier caso, los datos de campo del primer año no han sido buenos indicadores de una resistencia verdadera. En ensayos de selección en el invernadero se evaluaron 72 recombinantes de segunda generación, seleccionados con base en los recuentos de ninfas en el campo el primer año. No hubo relación entre los recuentos de ninfas en el campo y la resistencia según se midió por la emergencia de adultos en el ensayo de invernadero ($r = 0.08$; $P = 0.49$). Los puntajes del daño causado por el salivazo el segundo año

estuvieron más acordes con los resultados de invernadero ($r = 0.30$; $P < 0.01$).

Sin embargo, si se pospone la selección hasta el segundo año se reduciría a la mitad la tasa de avance genético. Por lo tanto, en 1993 se estableció otro ensayo cerca de Florencia, Caquetá, en la Cuenca Amazónica colombiana (precipitación anual superior a 4.000 mm) con la esperanza de lograr una infestación natural intensa y uniforme en la primera estación. Después de sólo dos meses en el campo (septiembre de 1993), esta siembra presentó una intensa infestación de ninfas. Para finales del año se espera tener una discriminación confiable de la resistencia de los hospedantes.

Los refinamientos en las metodologías de selección en el invernadero deben aumentar la capacidad, y quizás la precisión, de este ensayo de resistencia a las ninfas del salivazo. Más recientemente, hay investigaciones en curso para desarrollar un método que evalúe el daño causado por los adultos en las plántulas cultivadas en invernadero (S.L. Lapointe, G. Sotelo y J.W. Miles).

Hormigas cortadoras de hojas

Las hormigas cortadoras de hojas parecen no afectar las pasturas de los cultivos comerciales de *Brachiaria*. Los estudios han demostrado que esta resistencia se debe a que la gramínea inhibe el crecimiento de los 'jardines' de hongo micóticos de las hormigas. Esto se ha demostrado en el laboratorio, donde los extractos acuosos crudos de diferentes gramíneas afectan el crecimiento in vitro del hongo (Figura 3.1) y en el campo, cuando el forrajeo de las hormigas se restringe a genotipos específicos de gramíneas (Cuadro 3.2) (S.L. Lapointe).

Añublo foliar (*Rhizoctonia solani*)

En *Brachiaria* las enfermedades generalmente revisten poca importancia. El añublo foliar por *Rhizoctonia* puede causar serio daño foliar cuando se cultivan genotipos susceptibles en áreas húmedas.

La resistencia de la planta hospedante es el mejor método y el más económico para controlar la enfermedad. Se ha desarrollado un método de

Crecimiento fúngico (cm²)

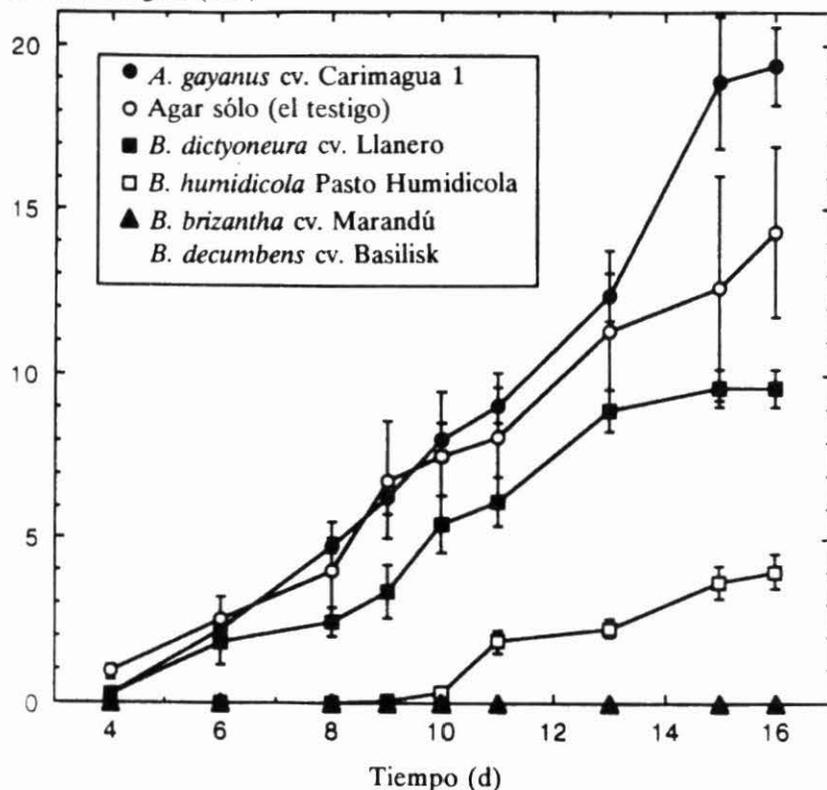


Figura 3.1 Crecimiento del hongo simbiótico atino en medio de agar que contiene homogeneizados de hojas enteras de cinco cultivares comerciales de forrajeras.

Cuadro 3.2. Peso fresco total de 'jardines' de hongos de colonias de *Acromyrmex landolti* excavadas después de haber sido restringidas a uno de cinco cultivares de forrajeras durante 30 días (Carimagua, 1993).

Cultivar	Peso del hongo (g) ^{1,2}
Marandú	5.5 a
Pasto Humidicola	7.8 a
Basilisk	10.5 a
Llanero	37.0 b
Carimagua 1	37.3 b
Testigo (sabana nativa)	50.5 b

1. Medios en columnas seguidos de la misma letra no difieren entre sí (DMRT, $\alpha = 0.05$).
2. N = 4 colonias excavadas/cultivar.

inoculación artificial efectivo, que se puede reproducir fácilmente y que sirve para identificar resistencia en la planta hospedante. El método permite examinar un gran volumen de germoplasma. Los factores claves en el método son 100% humedad y esclerocios fúngicos viables, producidos en un medio líquido de peptona, sucrosa, y extracto de levadura.

Todas las plantas inoculadas se infectaron, lo que indica que el método es confiable. Las accesiones de *Brachiaria* reaccionaron de diferente manera a la infección artificial de *R. solani* (Cuadro 3.3). Cuarenta y dos accesiones de *B. decumbens*, *B. brizantha*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola*, *B. ruzizensis* y *B. jubata* se están evaluando en el campo (Caquetá, Colombia) y en el invernadero. (S. Kelemu y X. Bonilla).

Cuadro 3.3. Reacciones de cuatro accesiones de *Brachiaria* spp. a *R. solani* 6780.

Accesión	Incidencia de la enfermedad (%) [*]	Severidad de la enfermedad (%) ^{**}	Presencia de esclerocios en la planta ^{***}
606	100	10	+
6780	100	34	++
679	100	5	-
26646	100	10	+

* (Número total de plantas infectadas/número total de plantas inoculadas) X 100.

** [(Número total de hojas infectadas) x % de área foliar con añublo]/(número total de hojas) X 100.

*** + = muy pocos y pequeños; ++ = abundantes y grandes; - = ausencia.

Manipulación de la apomixis

La apomixis es una herramienta potente para fijar aún genotipos heteróticos, altamente heterocigotos. Especies comercialmente importantes de *Brachiaria* —*B. decumbens* y *B. brizantha*— son apomícticas tetraploides. Un tetraploide sexual de *B. ruziziensis* es compatible para usar en cruzamientos con ambas especies apomícticas (Ndikumana, 1985). El análisis de los sacos embrionarios de las poblaciones híbridas de primera y segunda generación (Valle & Glienke, 1993) indican un sencillo control genético de la apomixis, con un solo gen dominante que condiciona el potencial de la reproducción apomíctica (C. do Valle (EMBRAPA) y J.W. Miles).

Nuevos acervos génicos de *Brachiaria*

Se están organizando dos acervos génicos de *Brachiaria* con el fin de mejorar el potencial genético de este género mientras se aprovecha la apomixis en nuevos cultivares. Una población incluye genotipos tanto sexuales como apomícticos en proporciones que se manejan (dentro de límites) mediante la selección de progenitores de cada ciclo, con base en el modo de reproducción según se determinó en el análisis de los sacos embrionarios. Los segregantes apomícticos que se seleccionan en cada ciclo se convierten en candidatos para alcanzar el estado de cultivar después de evaluaciones adicionales.

Se está formando un segundo acervo génico sólo con híbridos sexuales de primer ciclo como progenitores iniciales. Esta población debe producir una progenie totalmente sexual.

La selección dentro de este acervo no se verá complicada por la necesidad de determinar el modo de reproducción. Se cruzarán clones sexuales de ciclo avanzado con apomícticos éliticos para producir recombinantes apomícticos mejorados que posteriormente avanzarán hasta el estado de cultivar.

Cerca de Florencia, Caquetá, se evalúan las plantas espaciadas en el campo; se pronostica que la alta precipitación garantizará una intensa infestación natural y uniforme de salivazos. En Carimagua también se realizan evaluaciones de otras características agronómicas y se espera lograr una recombinación (J.W. Miles).

Cultivo de tejidos en *Brachiaria*

Se examinó un rango de componentes de medios respecto a la inducción de callo y la regeneración de cinco especies de *Brachiaria*, incluyendo cultivares comerciales importantes. La inducción de callo de panículas inmaduras fue mejor en presencia de 2,4-D y de hidrolizado de caseína. Todas las especies respondieron bien a la inducción de callo de panículas inmaduras y de semilla madura.

Después de 30-40 días, los callos embriogénicos se transfirieron a un medio de regeneración. Después de 20-25 días en el medio de regeneración, los embriones somáticos se diferenciaron claramente del callo. La cantidad de callo dependió del medio y del genotipo. Los embriones germinados se transfirieron una semana después a tubos de ensayo para crecimiento adicional y finalmente se transfirieron a suelo en el invernadero.

Esta regeneración exitosa de *Brachiaria* permite que se inicien estudios sobre la variación somaclonal y que se contemple la transformación genética de *Brachiaria* (S. Lenis y W. Roca).

Cultivo de microsporas aisladas de *Brachiaria* spp.

En 1992 se inició un proyecto para producir genotipos dihaploides de *Brachiaria* mediante el cultivo de microsporas de *Brachiaria* tetraploide apomíctica. Estos dihaploides tienen por lo menos tres usos potenciales: i) Ayudarán a que se comprenda el control genético de la apomixis. (Si nuestro prototipo de un gen dominante que condiciona la apomixis es verdadero, entonces los dihaploides derivados de un apomíctico tetraploide deben segregarse 1:1 sexual:apomíctico.) ii) Los dihaploides sexuales ampliarán la base genética de sexuales disponibles para el trabajo de mejoramiento. iii) Un conjunto aleatorio de genotipos dihaploides derivados de los tetraploides proporcionarán material genético extremadamente útil para el desarrollo de un mapa del genoma *Brachiaria*.

Este proyecto ha logrado varios adelantos hasta la fecha: se ha determinado la etapa de desarrollo floral óptima para tomar muestras de microsporas; se ha evaluado la duración del tratamiento previo de las inflorescencias con temperaturas bajas; se han ensayado dos medios de cultivo: uno no dio resultado, mientras que se observó plasmólisis en el otro. Con el segundo medio se examinó una serie de diluciones. Se han cultivado las microsporas hasta la etapa premitótica, que es un requisito previo a la androgénesis (S. Lenis y W. Roca).

Avance en el mapeo del gen de la apomixis

La apomixis en el grupo de *B. decumbens*/*B. brizantha*/*B. ruziziensis* parece ser controlada por un solo gen dominante (Valle & Gleinke, 1993). Un marcador genético molecular estrechamente ligado al gen de la apomixis, que permitiría identificar el modo de reproducción de las plántulas pequeñas, mejoraría la eficiencia de trabajo de mejoramiento en *Brachiaria*. La identificación de este marcador es un primer paso necesario para el mapeo del gen de la apomixis y su posible transferencia eventual a otras especies de cultivos. Un proyecto en curso intenta identificar un marcador con base en la reacción en cadena de la polimerasa (PCR). Se ha implementado un procedimiento de extracción de ADN en especies de *Brachiaria* con base en el protocolo descrito por McCouch, et al. (1988). Se mezcló el ADN de tres individuos apomícticos o de seis individuos F_1 sexuales obtenidos de un cruzamiento que involucraba un clon tetraploide sexual de *B. ruziziensis* y una accesión apomíctica de *B. brizantha*. Hasta la fecha se han examinado 255 iniciadores. Se observó polimorfismo en 94 iniciadores entre los genotipos progenitor y entre las progenies F_1 . De estos iniciadores, 20 produjeron bandas que se relacionaron sólo con el fenotipo de la apomixis tanto en los progenitores como en las generaciones F_1 . Estos 20 iniciadores actualmente se evalúan en una población F_1 grande que se obtuvo de un cruzamiento entre un solo clon sexual de *B. ruziziensis* y uno apomíctico de *B. brizantha* para detectar marcadores PCR relacionados con el fenotipo de la apomixis. También se están empleando iniciadores polimorfos para construir un mapa de *Brachiaria* basado en PCR (F. Pedraza, J. Tohme y J.W. Miles).

Virología

Se aisló y se identificó un potivirus de *Brachiaria* como el agente causal de una enfermedad anteriormente desconocida de *Brachiaria* en América tropical. Este potivirus se asemeja mucho al virus del mosaico del pasto guinea y es transmitido por áfidos (F.J. Morales).

3.2 Mejoramiento de *Arachis*

Introducción

Arachis pintoi es única entre las leguminosas tropicales en el trópico húmedo por su capacidad de formar asociaciones estables con gramíneas vigorosas como las especies de *Brachiaria*. *A. pintoi* es persistente y su población hasta aumenta bajo una presión de pastoreo intensa y continua; su calidad nutritiva es buena. Además, *A. pintoi* ha demostrado ser una leguminosa de cobertura muy exitosa en numerosos cultivos hortícolas y arbóreos.

Sin embargo, su uso tiene algunas limitaciones. El cultivar CIAT 17434 (cv. Amarillo en Australia), de uso generalizado en la actualidad, no tolera las condiciones secas. Su establecimiento es lento y de éxito variable. Debido a la producción subterránea de semilla, los costos de la semilla son altos, aunque este cultivar también se puede establecer fácilmente por medios vegetativos. La otra limitación es de naturaleza más genérica. Pocos agricultores en América tropical están acostumbrados a utilizar las asociaciones de gramíneas y leguminosas, y esta leguminosa es poco conocida.

Lo que es más desconcertante es que el desarrollo de *A. pintoi* como una leguminosa forrajera comercial resultó de una sola introducción, CIAT 17434, aunque se había seleccionado previamente en Brasil, Estados Unidos y Australia. Por tanto, es necesario aumentar la base genética del germoplasma de *A. pintoi* y de otras especies de *Arachis* con valor forrajero potencial.

El Programa sigue un enfoque doble para aumentar la utilidad de este género. El primer enfoque consiste en ayudar a CENARGEN/EMBRAPA a ampliar la base genética mediante la recolección; de esta forma, se aumenta el rango de adaptación y se garantiza la disponibilidad de genes de resistencia en caso de brotes de enfermedad o de plagas en el futuro. El segundo enfoque facilita la utilización de *A. pintoi* cultivar CIAT 17434, actualmente exitoso, mediante la colaboración de los SNIA en la evaluación a nivel de la finca y mediante la capacitación.

Taller sobre *Arachis*

En la actualidad un grupo grande de científicos está interesado en *Arachis* como leguminosa forrajera y como cultivo de cobertura. Para aprovechar este interés y orientar la investigación hacia áreas prioritarias, se realizó un taller sobre *Arachis* en mayo de 1993.

Participaron científicos de Australia, Brasil, Colombia, Costa Rica y Estados Unidos, además de personal del CIAT.

Se revisó un amplio rango de temas que incluyeron: distribución, taxonomía, recursos genéticos y diversidad, biología reproductiva y fisiología, nutrición mineral, enfermedades y plagas potenciales, valor nutritivo y producción animal, biología de la semilla y sistemas de semilla. Se resumieron igualmente experiencias regionales en América tropical, Australia, Estados Unidos y el sudeste asiático. Los grupos de trabajo se concentraron en el estado y en las necesidades de germoplasma, en su evaluación y uso agronómico, y en su adopción. Las memorias del taller se publicarán en 1994.

Recursos genéticos de *Arachis*

Durante 1992-1993, E.A. Pizarro y B.L. Maass participaron en cuatro viajes de recolección en Brasil, bajo el liderazgo del Dr. J.F.M. Valls (EMBRAPA-CENARGEN). Se dio especial énfasis a especies silvestres de *Arachis* con potencial forrajero. Se recolectaron 79 accesiones, y estos se duplicarán en el CIAT después de una propagación inicial en Brasil. Se recibieron 40 accesiones de *A. pintoi* y *A. repens*, en parte material nuevo, de CENARGEN; este material está en proceso de multiplicación. La variación de isoenzimas en esta colección se está estudiando en colaboración con la Universidad del Valle, Cali (E.A. Pizarro, B.L. Maass y A. Ortíz).

Evaluación agronómica de accesiones de *Arachis*

Sabanas — Cerrados, Brasil. Se evaluaron 33 accesiones en condiciones de alto nivel freático e

inundación estacional durante la estación húmeda. Algunos atributos agronómicos de las mejores especies se presentan en el Cuadro 3.4. El rendimiento de semilla pura de accesiones pre-seleccionadas varió de 20 a 1.400 kg/ha. Las accesiones pre-seleccionadas difirieron en la abundancia de floración. La floración llegó a un punto máximo en diciembre y a un mínimo en abril. Se estableció un nuevo ensayo de 46 accesiones relacionadas con *Paspalum atratum* BRA-009610 en dos tipos de suelo representativos de las áreas de tierras bajas y las áreas altas con buen drenaje de la región de Cerrado. La retención de hojas verdes fue menor en las áreas altas de la región durante la estación seca, aunque una accesión, BRA-31143/CIAT 22160 fue mucho más vigorosa que las otras.

Tierras bajas del trópico húmedo — Caquetá, Colombia. En 1992, se establecieron ocho accesiones de germoplasma de *A. pintoi* y 15 de *A. glabrata* por semilla o vegetativamente. La diseminación y la cobertura del suelo fueron mayores para las accesiones de *A. pintoi* que para las de *A. glabrata*. Las mejores accesiones en términos de porcentaje de cobertura del suelo y de producción de MS en todo el año fueron *A. pintoi* CIAT 18748, 18751 y 18747 (B.L. Maass y C.G. Meléndez).

Tierras bajas del trópico húmedo — Los Baños, Filipinas. El Proyecto Regional de Semillas de Especies Forrajeras para el Sudeste Asiático evaluó siete accesiones de *A. pintoi*. CIAT 18750 se adapta mejor a suelos de baja fertilidad que el cultivar comercial Amarillo (CIAT 17434). En un suelo

Cuadro 3.4. Rendimiento de materia seca de la parte aérea y de las raíces, porcentaje de rendimiento que se presenta en la estación seca (entre paréntesis), relación raíz:parte aérea, y rendimiento de semilla de nueve accesiones de *Arachis* cultivadas en terreno estacionalmente inundado de los Cerrados, Planaltina, Brasil.^a

Especie	Accesión		Rendimiento de la parte aérea		Rendimiento de la raíz ^b	Relación raíz: parte aérea ^c	Rendimiento de semilla meses después de la siembra	
	BRA	CIAT	Año 1	Año 2			16	28
							(kg/ha)	(kg/ha)
<i>A. pintoi</i> (434)	31844	-	12.8(24) ^d	9.2(38)	12.7	0.8:1	440	310
	31852	-	9.4(31)	7.6(36)	6.1	1.1:1	830	650
	13251	17434	9.4(37)	9.5(36)	10.2	0.6:1	1240	890
	15121	18748	6.9(30)	6.8(29)	9.8	0.5:1	1170	1350
	15598	-	11.1(27)	9.7(37)	12.8	0.6:1		
	31143	22160	13.0(31)	11.0(30)	13.3	0.7:1	540	580
<i>A. repens</i>	31861	-	5.2(53)	5.8(45)	10.6	0.2:1	5	20
	12106	-	5.8(43)	5.6(56)	14.1	0.1:1	-	-
<i>A. glabrata</i>	17531	-	6.2(37)	2.8(48)	5.6	0.7:1	50	30

- Sembrado enero de 1990; año 1, estación lluviosa noviembre hasta marzo (1391 mm); estación seca abril hasta octubre (175 mm); año 2, estación lluviosa noviembre hasta marzo (1512 mm); estación seca abril hasta octubre (188 mm).
- Rendimiento acumulado en las raíces desde enero de 1990 hasta mayo de 1991.
- Utilización del rendimiento de la parte aérea en el momento de determinar el rendimiento en las raíces.
- Porcentaje de rendimiento durante la estación seca.

Oxisol en Cavinti, Laguna, el desempeño de CIAT 18750 fue el mejor de las siete accesiones introducidas. En un suelo fértil y en la segunda estación después de su establecimiento, CIAT 17434 ha recuperado un color verde normal y ha producido 1064 kg de semilla en vaina por hectárea (B. Grof).

Agronomía de establecimiento

Método de la propagación. En Chinchiná, Colombia, se compararon el establecimiento por semilla o por medio vegetativo. Se utilizaron cuatro densidades de plántula (entre 5-30 kg/ha) y segmentos de estolón primario de 25 cm de largo, basales o distales, sembrados a una sola densidad.

Los propágulos basales produjeron dos veces el número de plántulas y cubrieron el suelo el doble de rápido que los propágulos terminales. La densidad de siembra se relacionó positivamente con el número de plántulas y con la tasa de cobertura del suelo. Con base en el promedio de las cuatro densidades, las semillas produjeron un mayor número de plantas y cubrieron el suelo más rápidamente que los estolones. Sesenta días después de la siembra, la cobertura del suelo que originó de 10 kg de semilla/ha fue mayor que la cobertura originada de propágulos basales o terminales (Cuadro 3.5) (J.E. Ferguson).

En Guápiles, Costa Rica, se evaluaron el efecto del control de malezas y la selectividad de varios herbicidas en el establecimiento de *A. pintoii* CIAT 17434, empleando semilla o material vegetativo. El mejor control de malezas y la mejor selectividad se obtuvieron con la aplicación pre-emergencia de alaclor (1.4 ó 2.5 kg de i.a./ha) o pendimetalín (0.8 kg de i.a./ha). La aplicación pre-emergencia de oxifluorfén a 1.0 kg de i.a./ha o la aplicación posemergencia de una mezcla de metolaclor y Gramuron (5% v/v) dieron un buen control de malezas, pero causaron daño severo en *A. pintoii*, particularmente cuando se estableció por semilla (P.J. Argel).

Efecto de la fertilización con N en el establecimiento. El establecimiento lento de *A. pintoii* inhibe su adopción. Se conoce poco acerca de las razones de este establecimiento lento.

Se realizó un experimento en macetas en el invernadero para estudiar el efecto de la fertilización con N, aplicado como KNO₃ o (NH₄)₂SO₄ en tasas de hasta 150 kg de N/ha, en el crecimiento inicial y en la nodulación. Las semillas de *A. pintoii* se germinaron en arena y se trasplantaron a macetas con suelo Oxisol de Carimagua, inoculado con *Bradyrhizobium* cepa 3101.

Cuadro 3.5. El efecto del método de establecimiento en la población base de plantas y en la cobertura del suelo.

Tratamiento para el establecimiento	Población de plantas ¹		Cobertura del suelo	
	Densidad no/m ²	Emergencia % ²	40 días %	60 días %
Semilla, 5 kg/ha	3.4 e	98	2.7 d	20.9 c
Semilla, 10 kg/ha	6.6 d	93	7.7 c	35.2 b
Semilla, 15 kg/ha	10.3 b	97	14.2 b	48.6 a
Semilla, 30 kg/ha	20.4 a	96	21.9 a	53.8 a
Propágulos basales ³	7.8 c	97	4.3 cd	24.0 c
Propágulos terminales ³	4.1 e	51	2.3 d	10.1 d

1. A los 40 días después de la siembra.
2. Con base en el número de semillas o en el número mínimo de sitios de nódulos frescos.
3. Se sembraron propágulos en un volumen suficiente para proporcionar por lo menos el mismo número de sitios de nódulos frescos como semilla en el tratamiento de 10 kg de semilla/ha.
4. Los medios seguidos de la misma letra no difieren entre sí.

El peso seco de plantas de ocho semanas de edad fue aproximadamente un 30% mayor con 50-100 kg de fertilizante NO₃-N/ha que cuando no se aplicó N. El número de hojas y el área foliar también aumentaron. El número y el peso de los nódulos a las 8 semanas aumentaron con la dosis de fertilización con NO₃-N hasta 50 kg/ha. Las mayores dosis inhibieron la nodulación. La aplicación de NH₄-N también mejoró el rendimiento, pero no mejoró la nodulación.

Los resultados indicaron que la aplicación de dosis moderadas de fertilizante NO₃-N en el establecimiento aumentarán el peso seco de la planta y la nodulación; el establecimiento, por tanto, debe ser mejor cuando no hay plantas que compiten (R.J. Thomas y N.M. Asakawa).

Calidad de la semilla

En 1992 se realizaron en Yapacini, Bolivia, ensayos de germinación en seis lotes de semilla cosechados manualmente. Las semillas frescas sin germinar se sometieron a un ensayo de tetrazolio para determinar su viabilidad. Las plántulas normales más las semillas viables sin germinar se consideraron como el total de semillas viables. Luego se calculó la latencia como las semillas viables sin germinar como una proporción del total de semillas viables (Figura 3.2).

La germinación mejoró marcadamente cuando la semilla fresca se secó durante 14 días a 40 °C (Cuadro 3.6), lo que indica que este tratamiento previo reduce la latencia (J.E. Ferguson).

Sistema de manejo y rendimiento de la semilla

En Guápiles, Costa Rica, un sitio sin estación seca, se estudió el efecto de la frecuencia de defoliación (a intervalos de 2, 4 ó 8 meses versus ningún corte, durante un período de 69 semanas) en la floración, el rendimiento de la semilla y la calidad de la misma. CIAT 17434 produjo un mayor número de flores que CIAT 18744 (18 versus 12 flores/m²/día). La frecuencia de corte afectó el número diario de flores de CIAT 17434. Con intervalos de corte cortos se redujo la producción diaria de flores en CIAT 18744. El rendimiento de semilla fue mayor en CIAT 17434 que en CIAT 18744 (1.240 versus 370 kg/ha). El

Cuadro 3.6. El efecto del secamiento previo (14 días a 40 °C) en la germinación de semillas de *Arachis pintoii*¹ a las seis semanas poscosecha.

Tratamiento	Germinación ²		
	Semilla	Semilla en vaina	Medio
Ninguno (testigo)	25	18	22 ^{a*}
Secamiento previo	69	71	70 ^b
Medio	47 ^a	45 ^a	

1. Promedio de un lote de semilla de cada una de las tres accesiones: CIAT 17434, 18744, 18748.
 2. Plántulas normales a los 21 días, a 25 °C.
- * Medios seguidos de la misma letra no difieren entre sí (P = 0.05).

rendimiento de semilla de CIAT 17434 se redujo sólo con el menor intervalo de corte, mientras que en CIAT 18744 cualquier defoliación redujo el rendimiento de semilla.

La frecuencia de corte de las parcelas de multiplicación de semilla no afectó la calidad de la semilla, que se midió como la emergencia de semilla de 6 meses de edad. La calidad de la semilla de CIAT 17434 fue mejor que la de CIAT 18744 (53% de emergencia versus 28%; P < 0.05).

La semilla de *A. pintoii* CIAT 17434, CIAT 18744 y CIAT 18748 se cosechó a los 8, 12, 16 ó 20 meses después de la siembra en Guápiles, y a los 8, 16 ó 20 meses en San Isidro (bosque húmedo tropical estacional). En Guápiles, la fecha de cosecha no afectó el rendimiento de semilla, pero en San Isidro el rendimiento de todas las accesiones fue mayor cuando se cosechó a los 16 meses (medio general de 1.230 kg/ha). Se observó una marcada interacción entre el sitio y la accesión. En Guápiles, CIAT 17434 produjo una mayor cantidad de semilla (960 kg/ha en todas las cosechas) que CIAT 18744 o CIAT 18748 (160 ó 490 kg/ha, respectivamente), pero no se

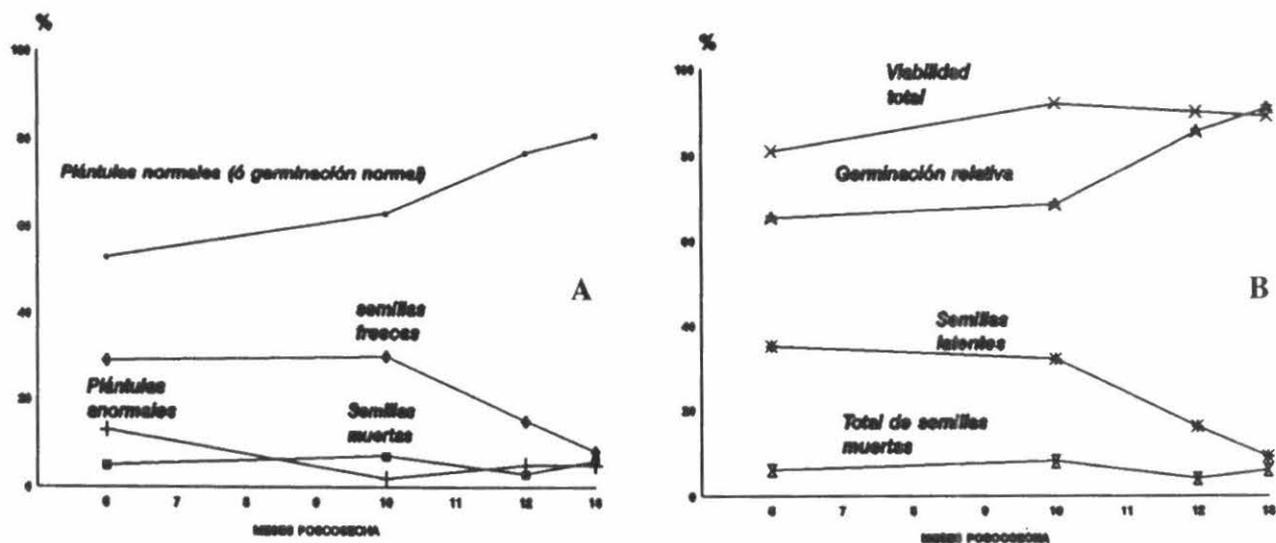


Figura 3.2 Proporción de los componentes de la calidad de la semilla de *Arachis pintoi*, valores promedio de seis lotes de semilla desde los 6 hasta los 13 meses poscosecha. A) Del ensayo de germinación sin tratamiento previo. B) Con ensayo con tetrazolio de las semillas sin germinar (i.e. después de A).

Viabilidad total = plántulas normales + viables sin germinar; germinación relativa = plántulas normales + viabilidad total; semillas latentes = viables sin germinar + viabilidad total; total de semillas muertas = semillas muertas + no viables sin germinar.

detectó una diferencia entre las accesiones en San Isidro. Aunque el suelo y el clima difieren entre los sitios, no se conoce el factor (o los factores) que ocasiona la diferencia en el rendimiento de semilla entre los dos sitios (P.J. Argel).

Liberación y producción de semilla

Se ha liberado *A. pintoi* en otros países. Los diferentes nombres de cultivar asignados en los diferentes países se relacionan todos con una sola accesión: CIAT 17434 (=CPI58113).

Desde la liberación del cultivar Amarillo en Australia en 1987, la empresa semillista Sauer e Hijos ha expandido la producción de su semilla. En 1991 se produjeron siete toneladas. Los precios son del orden

de US\$13/kg.

SEFO-SAM, en Bolivia, inicialmente produjo semilla bajo un contrato con el CIAT (1990-91). Después de lograr altos rendimientos de semilla en Yapacani, SEFO involucró a pequeños agricultores en la producción por contrato, y en 1992 se cosechó manualmente aproximadamente tres toneladas. Se ha exportado semilla a Brasil y a Colombia. En Colombia, se liberó 'maní forrajero perenne' en 1992, y cuatro empresas semillistas están ampliando su producción comercial. La semilla entró en el mercado a finales de 1993. En Honduras, el cultivar 'Pico Bonito' se liberó en agosto de 1993, y se distribuyó semilla básica multiplicada por la SRN a varios agricultores para su multiplicación (J.E. Ferguson).

Estudios sobre producción animal — Brasil

Se está registrando el desempeño animal en ensayos realizados en dos regiones diferentes del ecosistema de Cerrado y en un sitio del trópico húmedo. Las ganancias de peso vivo variaron de 200 a 600 g/animal/día (E.A. Pizarro y M. Barcellos).

Estudios sobre producción animal — Colombia

Efecto de la tasa de carga en la ganancia de peso vivo. En Carimagua se realiza un experimento para comparar las ganancias de peso vivo (GPV) de novillos pastando *B. humidicola* sola o en asociación con *Arachis pintoi* (CIAT 17434) con tres tasas de carga. En mayo de 1987, la leguminosa se introdujo en franjas en un lote existente de *B. humidicola*, y se fertilizó con 20 P, 100 Ca, 10 K, 11 Mg y 22 S (kg/ha). El pastoreo se inició en mayo de 1988 con los siguientes seis tratamientos: (1-3) la gramínea sola con 2, 3 ó 4 UA/ha y (4-6) la gramínea + la leguminosa con 2, 3 ó 4 UA/ha. Después de 4 años de pastoreo, el contenido de la leguminosa en el forraje en oferta había aumentado con el transcurso del tiempo. La GPV por animal ha sido consistentemente mayor ($P < 0.05$) en las pasturas de gramíneas y leguminosas, independientemente de la tasa de carga o del año de evaluación (Figura 3.3). Se ha observado el beneficio de la leguminosa tanto en la estación seca como en la húmeda.

Efecto del sistema de pastoreo en la ganancia de peso vivo. Se diseñó un segundo experimento de pastoreo en Carimagua para comparar el pastoreo alternativo versus el rotacional (4 potreros) de *B. dictyoneura* sola o en asociación con *A. pintoi* (CIAT 17434). La GPV ha sido consistentemente mayor en las pasturas de *A. pintoi* que en las pasturas de gramínea sola, independientemente del sistema de pastoreo (Figura 3.4). El pastoreo alternativo en la asociación, con 2 UA/ha, dio la mayor GPV (166 kg/UA/año) y el mayor contenido de la leguminosa en el forraje en oferta (C.E. Lascano y C. Plazas).

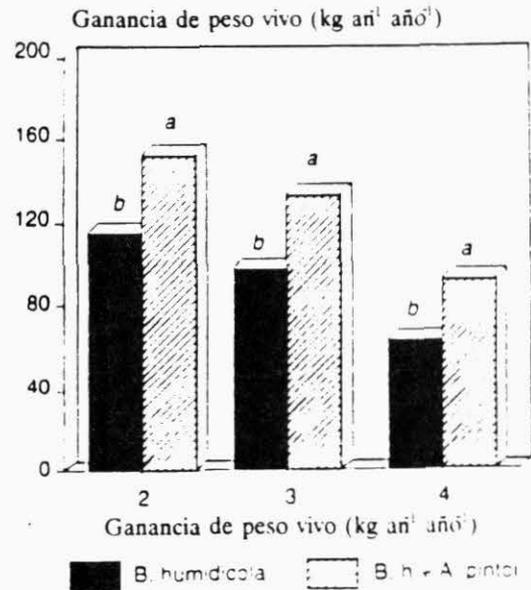


Figura 3.3 Ganancia anual de peso vivo en pasturas de *B. humidicola* con o sin *A. pintoi* bajo un sistema de manejo con tres tasas de cargas (promedio de 4 años de pastoreo).

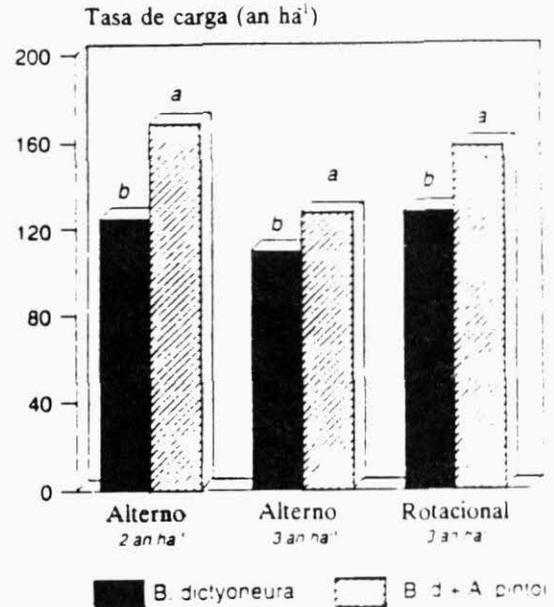


Figura 3.4 Ganancia de peso vivo de animales en pasturas de *B. dictyoneura* con o sin *A. pintoi* en diferentes sistemas de manejo del pastoreo (promedio de 3 años de pastoreo).

3.3 Mejoramiento de *Stylosanthes*

Introducción

Las especies de *Stylosanthes* han sido las leguminosas

tropicales más exitosas comercialmente en una escala global. Por ejemplo, se han sembrado 800.000 ha con *S. scabra* en Australia, y actualmente se cultiva *S. guianensis* CIAT 184 en gran escala en China. En América tropical, el uso de especies de *Stylosanthes* se ha limitado por la enfermedad de antracnosis y por su poca persistencia en pasturas debido a la baja producción de semilla y al vigor deficiente de las plántulas.

Recursos genéticos de *Stylosanthes*

Adquisición de nuevo germoplasma. Durante un viaje a Goiás y Mato Grosso, Brasil, a finales de agosto de 1992, se recolectaron 12 accesiones de *S. capitata* de floración tardía. Este nuevo germoplasma está listo para la multiplicación inicial de semilla. (E.A. Pizarro).

Caracterización morfológica y bioquímica. Se está realizando la caracterización morfológica y bioquímica de las grandes colecciones de germoplasma de *S. capitata* y *S. guianensis* (aproximadamente 300 ó 1.400 accesiones, respectivamente) en colaboración con la URG del CIAT, la Universidad del Valle en Cali y la Universidad Nacional de Colombia — Seccional Palmira. Varios de los sistemas de isoenzimas revelaron polimorfismos fuertes que ayudarán a identificar las accesiones y que conducen a una mejor comprensión de la estructura de las poblaciones y la diversidad genética de estas especies claves (A. Ortíz y B.L. Maass).

Evaluación agronómica de accesiones de *Stylosanthes*

Sabanas — Llanos, Colombia. Se inició la selección respecto a adaptación general, con énfasis en la resistencia a la antracnosis, para aquellas accesiones de *S. guianensis* que aún no se habían evaluado. En 1993 se establecieron 100 accesiones en Carimagua (B.L. Maass y E. Cárdenas).

Sabanas — Cerrados, Brasil. En un ensayo

agronómico se midió el efecto del riego complementario durante la estación seca en el rendimiento de semilla de una línea altamente promisoría de *S. guianensis* var. *vulgaris* (CIAT 2950 = BRA-017817). Con riego desde junio hasta agosto, el rendimiento de semilla aumentó cuatro veces desde 82 kg de semilla pura/ha hasta 333 kg. Esta accesión fue liberada por el CPAC como cultivar Mineirão en octubre de 1993 (E.A. Pizarro y M. Barcellos).

Tierras bajas del trópico húmedo — Caquetá, Colombia. En un ensayo agronómico en Florencia, Caquetá, las cinco accesiones de *S. guianensis* seleccionadas en el trópico húmedo de Pucallpa, Perú, se establecieron bien y cubrieron completamente el suelo. Los datos de rendimiento confirmaron el desempeño sobresaliente de CIAT 184 (cv. Pucallpa). El rendimiento de esta línea fue especialmente alto durante el período de precipitación mínima. La segunda mejor accesión fue CIAT 10136 (B.L. Maass y C.G. Meléndez).

Tierras bajas del trópico húmedo — Los Baños, Filipinas. El Proyecto Regional de Semillas de Especies Forrajeras para el Sudeste Asiático en Los Baños, Filipinas, introdujo 12 accesiones de *S. guianensis* y 30 de *S. capitata*. Varias accesiones de *S. guianensis* presentan buena adaptación a pasturas de baja fertilidad sembradas con *Imperata*. Los criterios de selección incluyen: resistencia a la antracnosis, floración a mediados de la estación, alto rendimiento de semilla, gran área foliar residual y recuperación rápida después de defoliación extensa, y retención de hojas después de la madurez reproductiva. El desempeño de *S. guianensis* CIAT 184 es bueno en todos los sitios en el área de interés. Se han sembrado ocho hectáreas con CIAT 184 para producción de semilla (B. Grof).

Estudios sobre la enfermedad de antracnosis en especies de *Stylosanthes*

La enfermedad de antracnosis en especies de *Stylosanthes*, causada por *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. y Sacc., es el principal factor que limita el uso de esta importante leguminosa forrajera. El patógeno presenta considerable variabilidad morfológica y patógena. No se conoce bien la distribución de razas en

América del Sur debido a que: a) faltan métodos confiables de inoculación artificial; y b) faltan líneas hospedantes que sean diferenciales. Esta falta de comprensión de la diversidad de patógenos constituye un obstáculo crítico en el mejoramiento de *Stylosanthes*. Para comprender la diversidad de patógenos se realizan las siguientes actividades:

1. Mejoramiento de los métodos de inoculación existentes, o desarrollo de métodos nuevos.
2. Reunión de líneas puras hospedantes de *S. guianensis* que sean diferenciales, para ensayos en cuatro localidades de campo en Brasil y Colombia.

Estos estudios se realizarán en colaboración con la División de Cultivos Tropicales y Pasturas del CSIRO y con EMBRAPA.

Salud de la semilla de *Stylosanthes*

Ochocientas semillas cada una de dos accesiones de *S. guianensis* se esterilizaron superficialmente; las semillas luego se examinaron respecto a microorganismos asociados. Se aislaron varios hongos, pero en ningún caso su incidencia (% de semillas infectadas) excedió el 0.5% (S. Kelemu, C. Fernández y J. Badel).

Inhibición del crecimiento de *Colletotrichum gloeosporioides* y otros fitopatógenos importantes por bacterias antagonicas y sus productos extracelulares.

Aunque el uso de la resistencia de la planta hospedante es el mejor método de control de enfermedades, el uso de microorganismos antagonicos y sus productos puede ser una alternativa útil para los patógenos que tienen una gran variabilidad. Para que esta alternativa sea viable, es importante conocer por qué, cuándo y cómo estos microorganismos y sus productos afectan el desarrollo de fitopatógenos.

El crecimiento micélico de doce días de *C. gloeosporioides* en presencia de células de *Bacillus subtilis* fue menos que la mitad de su crecimiento en un filtrado de cultivo libre de células (Figura 3.5) (Kelemu y Badel, 1993). Se ha identificado un

número de otras bacterias antagonicas, incluyendo cepas de *Rhizobium* spp. (S. Kelemu, J. Badel, C. Moreno y R. Thomas)

Manipulación genética de una bacteria gramnegativa antifúngica/antibacteriana, que produce antibiótico ('Bact. I')

Etapas de la clonación molecular de genes que codifiquen los antibióticos

Se aisló una bacteria gramnegativa, tentativamente designada como 'Bact. I', de semillas de *S. guianensis* cosechadas en 1992 en la estación de investigación en Carimagua. Esta bacteria mostró un amplio rango de propiedades antifúngicas y antibacterianas.

La marcación de esta bacteria con un marcador capaz de ser seleccionado, por ejemplo, la resistencia a rifampicina fue fundamental para la manipulación genética adicional. En un medio apropiado se seleccionó un mutante resistente a la rifampicina con producción mejorada de antibióticos. Utilizando este marcador con capacidad de selección, se estableció un procedimiento eficiente de conjugación. Mediante la conjugación se movilaron vectores de plásmidos que portaban Tn5 a células receptoras Bact. I mutantes que eran resistentes a la rifampicina.

Se desarrolló un bioensayo rápido para detectar la producción de antibióticos.

Puesto que las cepas de *E. coli* que se emplean comúnmente para propósitos de clonación son altamente sensibles al producto de Bact. I, fue necesario crear una cepa mutante de *E. coli* que es resistente al producto inhibitorio o un mutante de Bact. I que no tiene de la capacidad de producir el producto antifúngico/antibacteriano. Se desarrolló una cepa mutante de *E. coli* DH5 que resiste el producto inhibitorio de Bact. I.; sin embargo, el nivel de resistencia no es suficiente para que el mutante sea utilizado como un hospedante de clonación.

Para crear un mutante de Bact. I mediante Tn5, se examinaron cerca de 15.000 transconjugantes que portaban pSUP202::Tn5 en agar nutritivo con poblaciones de *E. coli* respecto a la pérdida de producción de antibióticos. Todos los

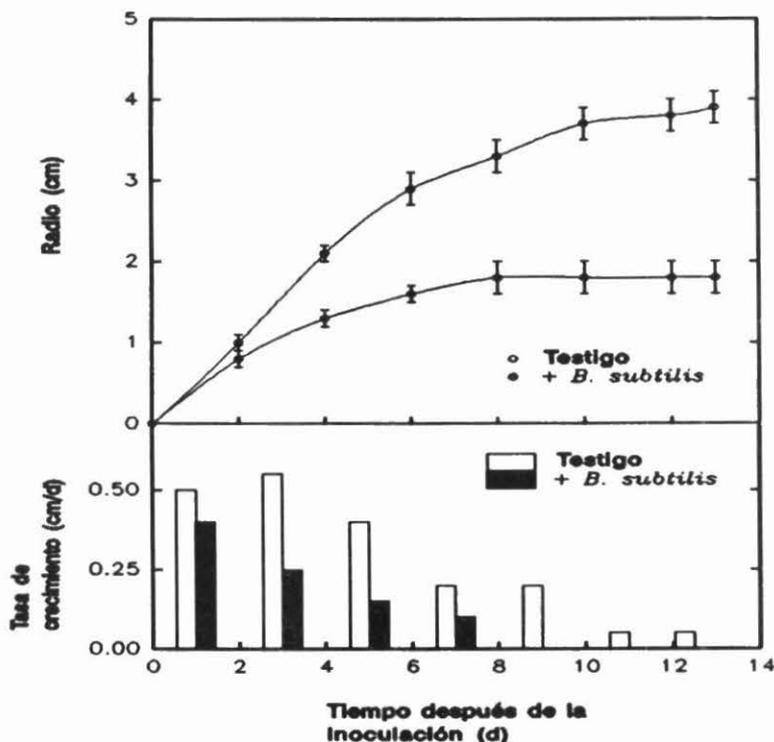


Figura 3.5 Inhibición del crecimiento micélico de *Colletotrichum gloeosporioides* por *Bacillus subtilis* I2 en agar nutritivo. Los símbolos representan los medios de cinco repeticiones y las barras indican la desviación estándar (Kelemu, S. y Badel, J. Australasian Plant Pathology. Trabajo aceptado para publicación).

transconjugantes retuvieron su capacidad de producir antibiótico. Recientemente se obtuvieron varios mutantes que no producen antibióticos detectables utilizando mutagénesis química (ácido nitroso) (Figura 3.6). Se separaron los mutantes de secreción de los mutantes de producción de antibiótico. Previamente se construyó una genoteca de Bact. I en 'pBluescript'. Se construirá una nueva genoteca en un vector cósmido del mutante.

El gen aislado de Bact. I se transferirá a *S. guianensis* para crear plantas resistentes a un amplio rango de hongos y bacterias.

Producción de semilla

La producción de semilla continúa siendo un punto importante del proyecto de mejoramiento de *S. guianensis*. Después de un gran aumento inicial en el rendimiento de semilla entre el primer ciclo y los ciclos posteriores de poblaciones sometidas a avance masal de generaciones, no hay una tendencia clara en

el rendimiento de semilla debido a la gran variación de un año a otro. Sin embargo, se han registrado altos rendimientos (más de 50 kg/ha) en estas poblaciones en condiciones de campo en Carimagua, sin la protección de insecticidas contra el gusano *Stegasta*; esto indica que se ha mejorado el potencial genético de rendimiento en comparación con la población original o que ha aumentado la resistencia genética al gusano *Stegasta*.

Se registraron altos rendimientos de semilla (80-100 kg/ha) cuando se aplicaron insecticidas en áreas más grandes (2,000 m²) sembradas con dos líneas de *S. guianensis* var. *pauciflora* que se derivaron de la selección genealógica y que están en proceso de multiplicación para distribución (J.W. Miles).

Nuevos acervos génicos de *Stylosanthes*

Desde 1983 se han manejado poblaciones heterogéneas de *S. guianensis* mediante el avance masal anual de generaciones; se comenzó con una

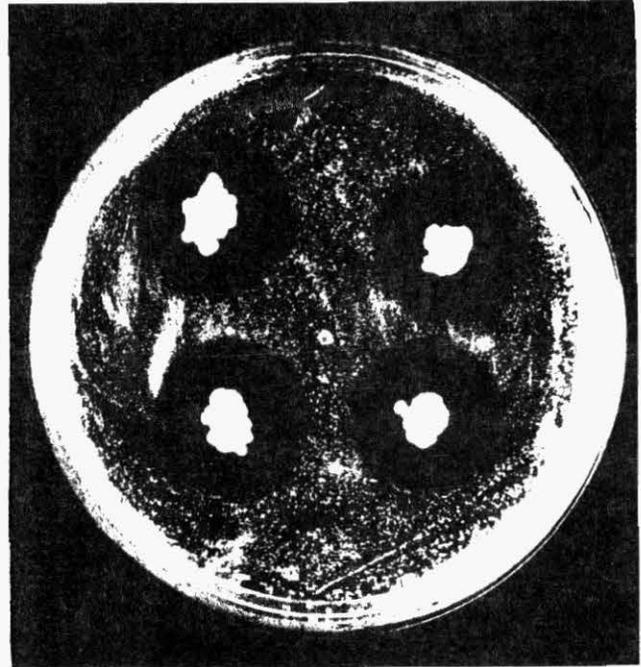
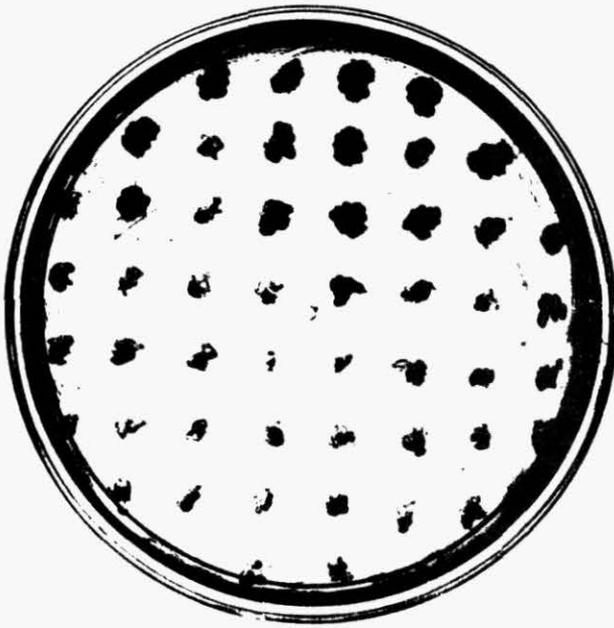


Figura 3.6 Ensayo en plato para detección de antibióticos: (A) células Bact. I de tipo silvestre y células resistentes a la rifampicina derivadas de Bact. I con antibióticos que inhiben las células de *E. coli* DH5 α ; (B) mutantes sin antibiótico y células que producen antibiótico.

población inicial F₂ derivada de una mezcla de la semilla F₂ de 45 cruzamientos biparentales dialélicos que involucraban un conjunto seleccionado de 10 accesiones parentales de *S. guianensis*. A partir del primer avance generacional, se aplicaron a subpoblaciones diferentes fechas de cosecha que cubrían un rango de seis meses. El objetivo de este ejercicio fue evaluar el efecto de un método sencillo de selección en el rendimiento de semilla, en la resistencia a la antracnosis y en la precocidad de floración.

El efecto de las diferentes fechas de cosecha en la precocidad fue notorio desde el primer ciclo. Mientras el grupo inicial de accesiones progenitoras incluyó cinco líneas de *S. guianensis* var. *vulgaris* y cinco de *S. guianensis* var. *pauciflora*, las poblaciones precoces ahora parecen ser poblaciones esencialmente puras de *S. guianensis* var. *vulgaris* y las poblaciones tardías, de *S. guianensis* var. *pauciflora*. Los resultados preliminares de un pequeño ensayo sembrado en Carimagua en 1993 indican que la resistencia a la antracnosis de las poblaciones aun

más precoces es significativamente mejor que la resistencia de los testigos de *S. guianensis* var. *vulgaris* CIAT 184 y CIAT 136.

La selección de progenies derivadas de estas poblaciones continuó en el segundo año en las Filipinas. Las poblaciones segregantes representan una base genética muy amplia y, por tanto, dan una buena oportunidad para seleccionar rasgos agronómicos y resistencia a enfermedades que sean deseables. Se realizaron dos ciclos de selección en cada una de las seis poblaciones de progenie híbridas respecto a alta producción de semilla y conformidad al fenotipo tropical y vigoroso del var. *vulgaris*, con resistencia a la antracnosis. Otro grupo de segregantes transgresivos presentan floración temprana y un tipo de porte bajo, con libre producción de semilla; este grupo está diseñado para la subsiembra en cultivos como el arroz de secano o la yuca. Aproximadamente 2,500 progenies de segunda generación de estos grupos seleccionados se establecieron para la multiplicación de semilla en Los Baños y Cavinti, Laguna (J.W. Miles y B. Grof).

3.4 Mejoramiento de *Panicum*

Recursos genéticos de *Panicum*

En 1992, se recibió de CNPGC, a través de CENARGEN, una donación de más de 30 accesiones de germoplasma de *Panicum maximum*, originarias de la colección francesa de ORSTOM. Este nuevo germoplasma se encuentra actualmente en cuarentena antes de la multiplicación inicial de su semilla en Colombia (B.L. Maass).

Evaluación agronómica

La Sección de Agronomía del anterior Programa de Pastos Tropicales seleccionó cinco accesiones de *P. maximum* para suelos ácidos, con base en un rendimiento de forraje superior bajo cortes periódicos en dos sitios contrastantes (es decir, sabana bien drenada o piedemonte) en Colombia. Estas accesiones (CIAT 6177, 6799, 6944, 6973 y 16042) se incluyeron en un experimento de pastoreo en parcelas pequeñas en Carimagua. Las accesiones de gramíneas, sembradas individualmente en asociación con *Centrosema acutifolium* (CIAT 5568) y *C. brasilianum* (CIAT 5234), se sometieron a pastoreo durante 20 meses (desde octubre de 1991 hasta junio de 1993) con dos intensidades de pastoreo (1 ó 2 UA/ha).

Las accesiones 6799 y 6944 fueron más productivas y persistentes que las otras accesiones, independientemente de la intensidad de pastoreo o el período de muestreo (Cuadro 3.7). La gramínea en oferta en las pasturas con las accesiones 6799 y 6944, con una baja intensidad de pastoreo, no cambió con el transcurso del tiempo. Sin embargo, las mismas accesiones con una alta intensidad de pastoreo sufrieron una reducción de 75% o de 45% en la

gramínea en oferta, respectivamente, desde la primera hasta la última evaluación. El contenido de la leguminosa (% de forraje en oferta) en la pastura ha sido considerablemente mayor con las accesiones menos productivas de *P. maximum*. En el último período de evaluación (junio de 1993), las pasturas sembradas con las accesiones 6177 y 6973 presentaron una dominancia de la leguminosa. Las dos accesiones avanzadas (6799 y 6944) fueron también seleccionadas en un ensayo agronómico en ICA-La Libertad, cerca de Villavicencio, Colombia. Estas dos accesiones, junto con *P. maximum* cv. Vencedor, se evaluarán en ensayos de pastoreo para medir el desempeño animal (C. Lascano, G. Keller-Grein y E. Cárdenas).

Cuadro 3.7 Productividad de la gramínea y contenido de la leguminosa en pasturas de *Panicum maximum* sometidos a pastoreo (Carimagua).

Accesión (No. CIAT)	Gramínea en oferta* (kg MS/ha)	Contenido de leguminosa* (%)
6944	928	36
6799	780	37
16042	328	70
6177	158	89
6973	103	93
DMS 0.05	186	7

* Promedio de seis periodos de evaluación (octubre de 1991 hasta junio de 1993) y dos presiones de pastoreo.

3.5 Mejoramiento de *Paspalum*

Recursos genéticos de *Paspalum*

Se recibió de CENARGEN una donación importante de 86 accesiones nuevas de *Paspalum* spp. Estos se

encuentran en cuarentena fitosanitaria antes de la multiplicación inicial de su semilla en Colombia. Además de este material nuevo, el CIAT mantiene una colección de 115 accesiones de *Paspalum* spp., 79

de las cuales se caracterizaron morfológicamente respecto a 34 descriptores durante la multiplicación de semilla en CIAT-Quilichao. La mayoría de las accesiones se adaptaron bien a las condiciones de suelo ácido de Quilichao. La colección presenta una alta variación, particularmente respecto a hábito de crecimiento, anchura de la hoja y madurez de floración (A. Ortíz, J. Belalcázar y B.L. Maass).

Evaluación agronómica

Sabanas — Cerrados, Brasil. En 1992 se completó la evaluación agronómica de 42 accesiones de *Paspalum* spp. en un Latosol rojo-amarillo. El rendimiento promedio de MS acumulado durante las estaciones lluviosas de 1991 y 1992 varió de 0.5 a 21 t/ha. Los rendimientos de semilla difirieron

sustancialmente entre accesiones (desde 0 hasta 1.500 kg de semilla pura/ha). En 1992, se estableció un nuevo ensayo para evaluar todo el germoplasma disponible de *Paspalum* en CENARGEN. Los testigos fueron accesiones seleccionadas de *Paspalum* y *Brachiaria*, además de las gramíneas comerciales empleadas en el área (E.A. Pizarro y M. Barcellos).

Tierras bajas del trópico húmedo — Los Baños, Filipinas. En las evaluaciones realizadas por el Proyecto Regional de Semillas de Especies Forrajeras para el Sudeste Asiático, dos accesiones de *P. atratum* y una de *P. guenoarum* presentaron una buena producción, tolerancia a la sombra y gran valor nutritivo. Otras características importantes fueron la tolerancia a las condiciones de suelo saturado y alto nivel freático (B. Grof).

3.6 Mejoramiento de *Centrosema*

Evaluación agronómica de accesiones de *Centrosema*

Sabanas — Llanos, Colombia. *C. rotundifolium* es nativa a los ambientes de suelo muy arenoso, poca precipitación y estación seca larga en el nordeste del Brasil. Características valiosas son un hábito de crecimiento estolonífero, una producción de semilla anficárpica y una adaptación a suelos pobres. En Carimagua se han evaluado cinco accesiones y en Villavicencio, seis. Los rendimientos de MS fueron relativamente bajos y difirieron entre los períodos de precipitación. En Carimagua la accesión CIAT 25120 fue el más promisorio respecto al rendimiento de MS y la reserva de semilla en el suelo. En Villavicencio, esta accesión, junto con CIAT 5260, presentó el mejor desempeño. En ambos sitios, todas las accesiones fueron susceptibles a los insectos chupadores de hojas, al añublo foliar por *Rhizoctonia* y a la mancha foliar por *Phoma*. Se necesita organizar una base de germoplasma más grande para evaluar el potencial agronómico de esta especie. Se están estudiando la fenología y la producción de semilla de *C. rotundifolia* en colaboración con la Universidad de Hohenheim, Alemania (G. Keller-Grein, F. Díaz, E. Cárdenas y B.L. Maass).

Laderas — Cauca, Colombia. En 1993 se establecieron 45 accesiones de diez especies de *Centrosema* en las laderas de altitud intermedia en el

Departamento del Cauca, Colombia; se evaluó la adaptación al ambiente, con énfasis en la adaptación a temperaturas más frescas. Dos sitios de evaluación a nivel de la finca están situados a 1.200 ó 1.600 m.s.n.m. Aunque se sembró relativamente tarde en la estación lluviosa, todos los materiales se establecieron bien. *C. pascuorum* y *C. plumieri* presentaron la tasa más rápida de cobertura del suelo en ambos sitios (B.L. Maass y F. Díaz).

Tierras bajas del trópico húmedo — Caquetá, Colombia. De las especies de *Centrosema* que se evaluaron, varias accesiones de *C. acutifolium* se adaptaron mejor y produjeron los mayores rendimientos de MS tanto en la estación lluviosa como en la estación seca. Presentaron una rápida cobertura del suelo y, por tanto, compitieron con las malezas. Cada una de las otras especies, como *C. pubescens*, *C. macrocarpum* y *C. capitatum*, tuvieron una accesión sobresaliente. Ningún problema de enfermedad se observó en estas especies. Sin embargo, todas las accesiones presentaron severos ataques de insectos comedores de hojas. Las otras especies de *Centrosema* (*C. brasilianum*, *C. grazielae*, *C. plumieri*, *C. rotundifolium*, *C. schiedeanum* y *C. tetragonolobum*) no se adaptaron bien. *C. brasilianum* fue afectado notoriamente por el añublo foliar por *Rhizoctonia*. Con excepción de *C. acutifolium*, el desempeño de todas las especies fue mejor en el

período de mínima precipitación que en el período de máxima precipitación; esto indica que estas especies pueden adaptarse mejor a los ambientes más secos (B.L. Maass y C.G. Meléndez).

Tierras bajas del trópico húmedo — Los Baños, Filipinas. El Proyecto Regional de Semillas de Especies Forrajeras para el Sudeste Asiático introdujo 56 accesiones de cinco especies de *Centrosema*. Aunque *C. acutifolium* y *C. macrocarpum* crecieron bien en suelos ácidos (en Matalom, Leyte, y en Kalimantan Occidental) y mostraron buena tolerancia a la sombra de los cocoteros en Bicol, sólo CIAT 5277 (*C. acutifolium*) produjo semilla en Los Baños. Ninguna accesión de *C. macrocarpum* produjo semilla. Cuatro accesiones de *C. pubescens* (CIAT 442, 438, 15160 y 15470) presentaron altos rendimientos de MS y una producción de semilla normal (B. Grof).

Añublo foliar por *Rhizoctonia*

La falta de un método de inoculación que se puede

reproducir para esta enfermedad —la más importante de *Centrosema*— ha sido un obstáculo en el mejoramiento genético de *Centrosema* (CIAT — 1984, 1987, 1988, 1989, 1990). En 1993 se desarrolló un método confiable de inoculación.

Se produjeron esclerocios de *Rhizoctonia solani* 5596 en un medio líquido de peptona-sucrosa-extracto de levadura.

Los esclerocios secados al aire se colocaron en la superficie de suelo en contacto con las plantas de dos meses de edad cultivadas en macetas (1 esclerocio/planta). Se mantuvo 100% de humedad durante un período de incubación de cinco días.

La enfermedad se evaluó ocho días después de la inoculación. *C. brasilianum* (5234) y *C. tetragonolobum* (15444) reaccionaron de manera diferente a un aislamiento de *R. solani* (Cuadro 3.8).

En condiciones de invernadero se evalúan 14 accesiones de *C. brasilianum* (S. Kelemu y X. Bonilla).

Cuadro 3.8. Reacción de dos especies de *Centrosema* a *Rhizoctonia solani* CIAT No. 5596.

Accesión	\bar{x} número de hojas con añublo/planta	Severidad de la enfermedad (%) [*]	Incidencia de la enfermedad (%) ^{**}
5234	25.7 ± 4.5	54	100
15444	9.2 ± 1.39	22	100

* (Hojas infectadas/número total de hojas) X 100.

** (Número total de plantas infectadas/número total de plantas inoculadas) X 100.

4. ATRIBUTOS DE LA PLANTA RESPECTO A MEJOR CALIDAD DEL FORRAJE, PERSISTENCIA, ADAPTACION AL SUELO Y MEJORAMIENTO DEL SUELO

Objetivo

Identificar los atributos de la planta relacionados con calidad del forraje, persistencia, adaptación y mejoramiento del suelo con el fin de desarrollar mejores métodos de evaluación de germoplasma de especies forrajeras.

Justificación

Calidad del forraje. Algunas especies de leguminosas herbáceas y leñosas adaptadas a suelos ácidos tienen un limitado valor nutritivo debido a factores anticualidad, como los taninos. Una mejor comprensión de los mecanismos relacionados con reducción de consumo y digestibilidad por factores anticualidad permitirá desarrollar metodologías de selección de germoplasma y diseñar estrategias de alimentación.

Persistencia de la leguminosa. Muchas especies de leguminosas herbáceas se adaptan bien a condiciones edáficas y climáticas limitantes, pero no persisten en asociación con gramíneas bajo pastoreo. Un mejor conocimiento de los atributos de la planta que contribuyen a supervivencia de las leguminosas en pasturas mixtas contribuiría a que sea más eficiente la selección de las leguminosas para pastoreo y al diseño de estrategias de manejo del pastoreo para mejorar la persistencia.

Adaptación al suelo. Una baja disponibilidad de nutrientes en el suelo es una de las principales limitaciones a la producción de forraje en los suelos ácidos del trópico. La adopción generalizada de las especies forrajeras depende de la extracción eficiente de nutrientes del suelo y en su utilización para el crecimiento. Una mejor comprensión de los mecanismos de adaptación a los suelos ácidos-infértiles permitirá desarrollar métodos de selección que sean más eficientes para el desarrollo de germoplasma superior.

Contribución al mejoramiento del suelo. En el contexto de la agricultura sostenible, las especies forrajeras desempeñan un papel en el mejoramiento del suelo y en el control de la erosión, además de su

uso más tradicional como recurso alimenticio. Un mejor conocimiento de los factores que contribuyen a una mayor fijación de nitrógeno por las leguminosas y al aumento de materia orgánica en el suelo permitirá diseñar sistemas agropastoriles mejorados.

Resumen de principales logros

Calidad del forraje

- Se encontraron diferencias en calidad entre y dentro de las especies de leguminosas arbustivas. Las leguminosas arbustivas como *Cratylia argentea* y *Desmodium velutinum* tienen un bajo nivel de taninos y una mayor digestibilidad en comparación con otras especies evaluadas.
- Se verificó que la liofilización de las muestras de forraje es un método apropiado de conservación para analizar los taninos presentes en leguminosas tropicales debido a la menor formación de complejos de éstos con las proteínas y la fibra de la planta.
- Se demostró que la reducción de los taninos en *Desmodium ovalifolium* con polietileno glicol (PEG) resulta en un mayor consumo, en aumento en amonio ruminal y en una mayor retención de nitrógeno en ovinos.
- Se encontró que la aceptabilidad y el consumo de *Cratylia argentea* por los ovinos son bajos cuando el forraje es fresco-inmaduro, pero no cuando el forraje es fresco-maduro. El marchitamiento o el secado al sol de *C. argentea* supera parcialmente el problema de la aceptabilidad por ovinos.

Adaptación al suelo

- *Arachis pintoi*, una leguminosa forrajera tropical, fue más eficiente en adquirir fósforo ligado al aluminio (P-Al) y fósforo orgánico de un suelo ácido que la gramínea forrajera tropical, *Brachiaria dictyoneura*.
- Se desarrolló un bioensayo con plántulas y

se demostró que las diferencias interespecíficas en la adaptación a suelos ácidos entre tres especies de *Brachiaria* no están relacionadas con la toxicidad de aluminio.

- Se describieron y fotografiaron los síntomas foliares de trastornos nutricionales en *Brachiaria decumbens*, *Arachis pintoi*, *Stylosanthes capitata* y *Centrosema acutifolium*.

Persistencia de las leguminosas

La sección de Ecofisiología del Programa de Sabanas realizó varios estudios sobre la persistencia de algunas leguminosas. Los estudios sobre *Arachis* se incluyen en el Informe Anual de ese Programa y en las memorias de un taller sobre *Arachis* "Biología y Agronomía de *Arachis*" que el CIAT publicará en 1994.

Contribución al mejoramiento del suelo

La sección de Reciclaje de Nutrientes del Programa de Sabanas realizó estudios sobre la contribución de las leguminosas al mejoramiento del suelo; los resultados de los mismos se incluyen en el Informe Anual de ese Programa y en las memorias de un taller sobre *Arachis* "Biología y Agronomía de *Arachis*" que el CIAT publicará en 1994.

4.1 Estudios sobre la calidad del forraje

La mayor parte de la investigación sobre las leguminosas arbustivas y arbóreas en América tropical se ha restringido a unos pocos géneros—*Leucaena*, *Gliciridia* y *Erythrina*— que crecen bien en suelos de acidez y fertilidad moderadas. Hay una creciente necesidad de identificar leguminosas arbustivas y arbóreas con buena adaptación a los suelos ácidos e infértiles de los países tropicales. En estudios preliminares realizado por el Programa de Forrajes Tropicales se identificaron leguminosas arbustivas adaptadas a suelos ácidos. Sin embargo, la mayoría de estas especies tienen un bajo valor alimenticio debido a la presencia de factores anticalidad, como los taninos.

Por tanto, durante los últimos dos años los estudios se han concentrado en: 1) examinar la colección de leguminosas arbustivas del CIAT respecto a calidad y a factores anticalidad, 2) comparar algunos métodos de laboratorio para analizar taninos, 3) evaluar los efectos del método de conservación de muestras en la calidad de las leguminosas herbáceas y arbustivas

que contienen taninos, 4) definir el efecto del nivel de taninos en la nutrición animal y 5) Consumo potencial de algunas leguminosas arbustivas.

Evaluación de leguminosas respecto a calidad y factores anticalidad

Se ha evaluado una colección limitada de leguminosas arbustivas sembradas en Carimagua y Quilichao respecto a factores anticalidad. Los resultados mostraron diferencias en calidad entre y dentro de las especies. Las leguminosas arbustivas como *Cratylia argentea*, *Desmodium velutinum* y *Uraría* spp. presentan un bajo nivel de taninos y una digestibilidad significativamente mayor que las otras especies evaluadas (*Flemingia macrophylla*, *Tadehagi* spp., *Calliandra* spp., *Phyllocladus* spp.). En las leguminosas arbustivas como *F. macrophylla*, se presenta variación dentro de las accesiones respecto al nivel de taninos y a la digestibilidad in vitro. Sin embargo, las accesiones de *F. macrophylla* con un nivel más bajo de taninos (CIAT 18437, 20626, 21079 y 21090) todavía tienen una digestibilidad muy baja (rango de 25% a 31%), lo que indica que la posibilidad de seleccionar accesiones de *F. macrophylla* respecto a una mejor calidad es limitada (C. Lascano, N. Narváez y E. Cárdenas).

Métodos de laboratorio para el análisis de taninos

Para seleccionar leguminosas respecto a taninos, se necesita un método de análisis de gran exactitud y precisión, que tenga un bajo costo. Existen varios métodos de laboratorio para determinar el nivel de taninos condensados en el tejido vegetal. Se compararon un método modificado de vainilina y dos métodos de butanol, empleando un solvente orgánico común (70% de metanol acuoso, 0.5% de ácido fórmico y 0.05% de ácido ascórbico) y utilizando muestras de *Calliandra* spp. y *Tadehagi* spp.; y taninos purificados como estándares en las muestras. Los resultados indicaron una alta correlación positiva ($r = +0.9$) entre vainilina-HCl y butanol-HCl, pero correlaciones negativas ($r = -0.7$ y -0.8) entre estos métodos y el butanol-H₂SO₄. La variación dentro de los métodos fue considerablemente mayor con butanol-H₂SO₄, que también dio valores altos de taninos condensados extractables en *Calliandra* spp. Esto se relacionó con la presencia de taninos tanto hidrolizables como condensados en *Calliandra* spp.

Aunque el método de butanol-HCl no es tan rápido como el método modificado de vainilina-HCl, requiere una menor cantidad de reactivos y los resultados se pueden reproducir con facilidad. Por tanto, se cree que el método de butanol-HCl es

aceptable y que se puede emplear en la selección de leguminosas respecto a taninos condensados extractables. Los estudios futuros examinarán el efecto de los solventes orgánicos en la extracción de los taninos condensados en algunas leguminosas arbustivas (R. Cano, B. Torres y C. Lascano).

Método de conservación de muestras de leguminosas que contienen taninos

En el proceso de definir los métodos de selección apropiados para leguminosas que contienen taninos es importante considerar la preparación de las muestras. Varios informes en la literatura indican que el secado al horno de leguminosas de clima templado que tienen alto contenido de taninos condensados puede ocasionar mayor polimerización y reacción de los taninos con las proteínas de la pared celular. En contraposición, la congelación de las muestras de forraje en el campo, seguido de liofilización, parece reducir la polimerización y la formación de complejos de taninos con las proteínas de la planta. Se determinó el efecto de secar (secado al horno a 60°C y liofilización) o no secar (fresco-congelado)

muestras en relación a niveles de taninos y en capacidad de precipitación de proteína de los taninos en leguminosas con diferentes niveles de taninos. Los resultados indicaron que el método de secado tuvo un efecto significativo en la capacidad de extracción de taninos y en la capacidad de estos precipitar proteína. Las muestras de forraje liofilizadas presentaron las concentraciones más altas de taninos extractables y también la mayor capacidad de precipitar proteína, mientras que las muestras frescas congeladas presentaron niveles inferiores de taninos extractables y menor capacidad de precipitar proteína.

Se estudio, además, el efecto del método de secado en la distribución de los taninos en el tejido vegetal y se confirmaron resultados previos: las muestras de leguminosa liofilizadas presentaron niveles de taninos extractables mayores que las muestras secadas al horno (Cuadro 4.1). Sin embargo, el resultado más interesante fue que la reducción en los taninos extractables en las muestras de leguminosa secadas al horno se acompañó de un aumento de los taninos ligados a la proteína de la planta y, en menor grado,

Cuadro 4.1. Efecto del método de secado en los taninos extractables y ligados con proteína y fibra en las hojas de algunas leguminosas tropicales.

Leguminosas (No. CIAT)	Método de secado	Taninos condensados (%)			Total
		Extractables	Ligados a la proteína	Ligados a la fibra	
<i>Desmodium ovalifolium</i> (350)	Secado al horno	2.9	0.6	0.7	4.2
	Liofilización	4.5	0.4	0.5	5.4
<i>Phyllodium</i> spp. (23958)	Secado al horno	13.3	3.9	1.5	18.7
	Liofilización	14.5	3.6	1.7	19.8
<i>Tadehagi</i> spp. (13269-274)	Secado al horno	13.8	1.0	0.8	15.6
	Liofilización	16.0	0.3	0.2	16.4
<i>Dioclea guianensis</i> (19391)	Secado al horno	18.6	4.4	3.2	26.2
	Liofilización	20.3	3.2	1.6	25.0
<i>Flemingia macrophylla</i> (17403)	Secado al horno	22.5	11.5	3.2	37.3
	Liofilización	27.6	7.8	3.1	38.8
Promedio	Secado al horno	14.2 ^b	4.3 ^a	1.9 ^a	20.4
	Liofilización	16.6 ^a	3.1 ^b	1.4 ^b	21.1
SEM		0.20	0.06	0.01	0.19

a,b Los promedios en la misma columna para cada variable de respuesta son diferentes (P < .05).

a la fibra de la misma. En conclusión, el nivel total de taninos (es decir, extractables + ligados) fue similar en las muestras secadas al horno y en las liofilizadas.

En resumen, las muestras de leguminosa liofilizadas originaron una mayor cantidad de taninos extractables debido a que éstos formaron menos complejos con las proteínas de la planta. Esto, junto con la facilidad de preparación y manejo de las muestras, hace que la liofilización sea el mejor método de conservación de muestras disponible para el análisis de taninos en especies forrajeras (R. Cano, B. Torres y C. Lascano).

Efecto de los niveles de taninos en la alimentación animal

Para desarrollar un programa de mejoramiento genético con leguminosas que contienen taninos o para desarrollar sistemas de alimentación basados en leguminosas con niveles contrastantes de taninos, es importante comprender cómo los taninos presentes en las leguminosas tropicales afectan la nutrición de animales rumiantes. Con este fin, se realizaron una serie de experimentos *in vitro* e *in vivo* en el CIAT.

Utilizando el sistema *in vitro*, se estudió cómo los taninos en especies de leguminosas que diferían en su contenido de taninos podrían afectar la producción de amonio y la desaparición de fibra. En estos estudios se usó polietileno glicol (PEG) como un agente que reacciona con taninos. Los niveles de amonio en *A. pintoi* (CIAT 17434) con un bajo nivel de taninos fueron altos después de 48 h de incubación, independientemente de la adición de PEG (Figura 4.1). En contraposición, se observó un bajo nivel de amonio (< 50 mg/litro) en *Desmodium ovalifolium* (CIAT 350), que tiene un alto nivel de taninos. Al ligar los taninos en *D. ovalifolium* con PEG, la producción de amonio después de 48 h de incubación fue dos veces mayor que en el forraje sin tratar. El bajo nivel de amonio encontrado en *D. ovalifolium* puede ser un factor limitante para la síntesis de proteína bacteriana.

Los resultados del trabajo *in vitro* con especies de leguminosas de calidad contrastante indicaron que los taninos también pueden disminuir la digestión de la

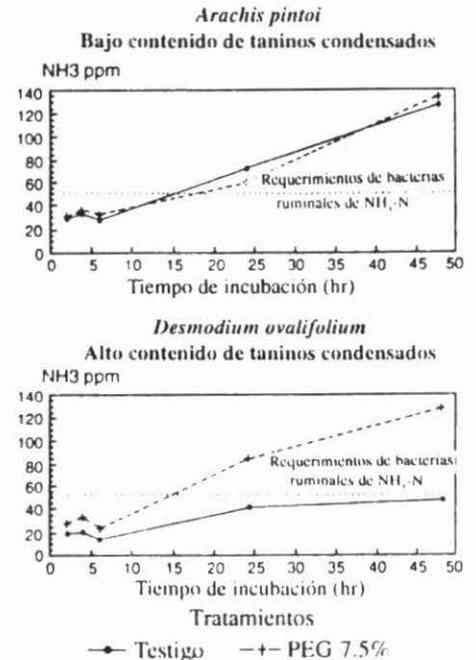


Figura 4.1 Niveles de amonio (NH₃-N) *in vitro* en diferentes tiempos de incubación de especies de leguminosas que varían en su contenido de taninos condensados, con o sin PEG.

pared celular en algunas especies de leguminosas. Al ligar los taninos en *D. ovalifolium* y *Tadehagi* spp. con PEG, hubo mayor digestión de fibra después de 48 h incubación con inóculo del rumen. La gran cantidad de residuos de pared celular de *D. ovalifolium* y *F. macrophylla* sin PEG, después de 48 h de incubación *in vitro*, indica que los taninos formaron complejos con las proteínas de la pared celular que no fueron solubilizadas por la solución neutral detergente.

Los resultados del trabajo *in vitro* sirvieron de base para el diseño de varios ensayos de alimentación con *D. ovalifolium* (CIAT 350) en la estación de Quilichao. En esos experimentos, se empleó PEG para ligar los taninos en el forraje suministrado a ovinos en jaulas metabólicas. Se encontró que el consumo de *D. ovalifolium* aumentó en un 24% cuando se redujeron los taninos extractables con PEG de 4.6% a 1.7%. También se observó un gran aumento en el amonio ruminal cuando se redujeron

los taninos en *D. ovalifolium*. Sin embargo, al reducir los taninos en *D. ovalifolium* con PEG, no aumentaron la digestibilidad de la materia orgánica ni la de la fibra neutro detergente como se había pronosticado con base en el trabajo in vitro.

También se estudió el efecto de los taninos en el flujo de N al intestino delgado y en la excreción de N en heces y orina. Se suministró *D. ovalifolium* tratado con PEG y sin tratar a ovinos con fistulas en el rumen y el duodeno. Los resultados demostraron que la reducción de taninos en *D. ovalifolium* con PEG tuvo un gran efecto en el flujo y en la excreción de N (Cuadro 4.2). Cuando se suministró forraje de *D. ovalifolium* con bajo nivel de taninos, una menor cantidad de N llegó al intestino delgado, pero las heces contenían menos N. Como resultado, el N retenido por el animal fue considerablemente mayor con *D. ovalifolium* tratado con PEG.

El trabajo con ovinos indicó que los taninos en *D. ovalifolium* y posiblemente en otras leguminosas tropicales tienen implicaciones positivas y negativas en la nutrición de animales rumiantes. El alto nivel de taninos en *D. ovalifolium* protegió la proteína de la degradación por los microorganismos del rumen y, como resultado, una mayor cantidad de N llegó al intestino delgado (es decir, proteína sobrepasante). Sin embargo, el alto nivel de taninos redujo el consumo, disminuyó el nivel de amonio en el rumen y aumentó la pérdida de N en las heces. Con esto, se redujo la retención de N significativamente y se presentó, en general, una baja eficiencia en el uso del nitrógeno. Por tanto, un programa de fitomejoramiento orientado hacia la disminución del nivel de taninos en las leguminosas como *D. ovalifolium* podría tener un gran impacto en la producción animal (J. Carulla, N. Narváez y C. Lascano).

Cuadro 4.2. Efecto de la reducción de taninos en *Desmodium ovalifolium* con polietileno glicol (PEG) en el flujo y la excreción de nitrógeno (N) por ovinos.

Medidas	Tratamientos			DMS _{0.05}	SEM
	-PEG	+PEG (3.5%) ¹	+PEG (7.5%) ¹		
Taninos extraíbles (%)	4.1	1.7	1.6		
Insumo de N (g/kg ^{0.75} /día)	0.93	0.97	1.0	0.01	0.001
Flujo de N al duodeno (%) ²	87	65	54	10.7	1.02
N eliminado en las heces (%) ²	40	26	23	2.3	0.22
N ₂ eliminado en la orina (%) ²	33	36	34		
N retenido (%) ²	27	39	43		

1. Proporción de PEG en el forraje en oferta. 2. Como porcentaje del insumo de N.

Consumo de la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea*

Cratylia argentea es una leguminosa arbustiva recolectada en los Cerrados del Brasil, en el Estado de Matto Grosso. Esta leguminosa arbustiva tiene varios atributos agronómicos positivos: crece bien en suelos ácidos infértiles, se establece rápido, tolera la sequía y tiene un rebrote vigoroso después de la defoliación. Por otra parte, *C. argentea* presenta buenas propiedades nutricionales: un alto contenido

de proteína, una digestibilidad relativamente alta, y ausencia de taninos condensados.

Dado el alto potencial forrajero de *C. argentea*, se debe evaluar su valor potencial de consumo. Observaciones preliminares indicaron que vacas en pastoreo rechazan *C. argentea* inmadura, cultivada como banco de proteína. Sin embargo, las vacas consumieron *C. argentea* cuando se cortó el forraje y se dejó marchitar. Con base en estas observaciones preliminares, se diseñaron varios experimentos para

determinar el efecto del tratamiento poscosecha en el consumo y la aceptabilidad relativa de *C. argentea*. Durante periodos cortos de tiempo se ofrecieron hojas picadas frescas, marchitas o secadas al sol de *C. argentea* (inmadura y madura), además de tallos delgados.

Los resultados indican que el tratamiento poscosecha afectó el consumo de forraje consumido en 20 minutos) cuando el forraje en oferta era inmaduro, pero no cuando era maduro (Cuadro 4.3). El consumo *C. argentea* inmadura se duplicó cuando el forraje que se ofreció a los ovinos se dejó marchitar

o se secó al sol en comparación con el forraje fresco. Fue interesante observar que el consumo de *C. argentea* fue considerablemente mayor con forraje maduro que con forraje inmaduro, independientemente del tratamiento poscosecha.

Las observaciones hechas durante los ensayos de alimentación indicaron que la edad y la experiencia previa de los ovinos podrían afectar la preferencia por *C. argentea* fresca o secada al sol. En consecuencia, se diseñó un experimento para evaluar los factores tanto del animal como de la planta que afectan la preferencia relativa de *C. argentea*. Los

Cuadro 4.3. Efecto del tratamiento poscosecha en el consumo de *Cratylia argentea* por ovinos sin experiencia previa.

Tipo de forraje	Tratamiento poscosecha				SEM
	Fresco	Marchito 24 h	Marchito 48 h	Secado al sol	
Inmaduro ¹	28 ^b	52 ^a	61 ^a	53 ^a	10.7
Maduro ²	97	125	--	120	15.7

1. Rebrote de 3-4 meses.

2. Población de tres años de edad para multiplicación de semilla.

a,b Promedios en la misma hilera son diferentes ($P < .05$).

resultados presentados en el Cuadro 4.4 indican que cuando los ovinos pueden elegir entre *C. argentea* fresca o seca, ellos seleccionan más el forraje seco, independientemente de la madurez del forraje o de la edad o experiencia previa de los animales. Sin embargo, fue interesante observar que los ovinos adultos discriminaron menos entre *C. argentea* madura-fresca y madura-seca que los ovinos jóvenes. Igualmente, los ovinos sin experiencia previa con *C. argentea* discriminaron menos entre el forraje fresco y seco que aquellos con experiencia previa, independientemente de la madurez del forraje.

En resumen, los resultados indicaron que los problemas de consumo y de aceptabilidad de *C. argentea* pueden ser especialmente serios con forraje inmaduro. Sin embargo, al marchitar o secar al sol el forraje inmaduro se supera parcialmente el problema

de aceptabilidad. Como ocurre con la mayoría de las leguminosas, los factores del animal, como la edad y la experiencia previa, desempeñan un papel en la aceptabilidad de *C. argentea*. En consecuencia, se deben considerar los factores de la planta y del animal cuando se diseñen estudios para medir la ganancia de peso vivo y/o el rendimiento de leche de los animales con suplementación de *C. argentea*, ya sea en sistemas de bancos de proteína para pastoreo o en sistemas de corte y acarreo.

El bajo consumo y la baja aceptabilidad de *C. argentea* fresca e inmadura, y en menor grado cuando es fresca y madura, sugieren que algún compuesto anticualidad puede estar presente en el forraje. Cualquier compuesto presente en *C. argentea* parece perderse parcialmente cuando el forraje se deja marchitar o se seca o cuando la planta es madura. Se

Cuadro 4.4. Efecto de la edad y de la experiencia previa de los ovinos en la preferencia relativa (PR) por *Cratylia argentea* madura e inmadura, seca o fresca.

Tipo de	Forraje en	Edad ¹		Sig. ²	Experiencia previa ³		Sig.
		Jóven PR (%)	Adulto PR (%)		Sin PR (%)	Con PR (%)	
Inmaduro ⁴	Fresco	23 ^b	25 ^b	NS	32 ^a	17 ^d	0.05
	Seco	77 ^a	75 ^a		68 ^b	83 ^a	
Maduro ⁵	Fresco	23 ^d	32 ^c	0.05	37 ^a	17 ^d	0.05
	Seco	77 ^a	68 ^b		63 ^b	83 ^a	

1. Jóven = 6-8 meses y peso promedio de 17 kg; Adulto = 10-12 meses y peso promedio de 26 kg.

2. Significancia de la interacción del tipo de forraje con la edad o con la experiencia previa.

3. Experiencia previa con *C. argentea* = 26 días.

4. Rebrote de 3-4 meses.

5. Cultivo de 3 años de edad para la multiplicación de semilla.

a,b,c,d. Para cada tipo de forraje, los medios seguidos de letras distintas son diferentes ($P < .05$).

analizaron muestras de hojas de *C. argentea* inmadura y madura respecto a la presencia de los factores anticalidad conocidos, en colaboración con la Unidad de Biotecnología del CIAT. Los resultados indicaron que *C. argentea* sólo contenía trazas de taninos condensados, de alcaloides, de cianógenos y de cumarina. Sin embargo, el estudio reveló la presencia de otras hidroxycumarinas fuera de cumarinas y de terpenos. No se pudo determinar si estos compuestos son responsables del bajo consumo de *C. argentea* fresca (M. Raaflaub, P. Avila y C. Lascano).

4.2 Estudios sobre la adaptación al suelo

Los resultados obtenidos de experimentos en invernadero realizados durante los últimos dos años indican que el carbono fijado por las especies forrajeras adaptadas a suelos ácidos con deficiencia de nutrimentos es preferencialmente distribuido hacia las raíces para su crecimiento, a expensas de la expansión foliar y el crecimiento de la parte aérea. En estos estudios también se encontró una mayor respuesta al suministro de fósforo (P) en el suelo ácido en la gramínea *Brachiaria dictyoneura* que en tres especies de leguminosas (*Arachis pintoi*,

Stylosanthes capitata y *Centrosema acutifolium*) en términos de crecimiento de la parte aérea y las raíces. Esta mayor respuesta a la oferta de P en la gramínea evaluada se relacionó con una mayor eficiencia de uso de P (g de forraje producido por g de P en la parte aérea). Sin embargo, la eficiencia de absorción de P (medida como mg de P absorbido por unidad de peso o de longitud de la raíz) fue varias veces mayor en las leguminosas evaluadas que en la gramínea.

La absorción de fósforo por las plantas de especies forrajeras, con un suministro determinado de P en un suelo, se puede mejorar mediante: 1) un sistema radicular que proporcione mayor contacto con el P; 2) una mayor absorción por unidad de raíz, debido a mejores mecanismos de absorción; y/o 3) una capacidad de utilizar las formas orgánica o inorgánica insolubles de P que son poco disponibles, para las plantas. La asociación de micorrizas vesículo-arbusculares puede afectar significativamente a cada uno de estos atributos. Se requiere información sobre estos mecanismos para explicar las diferencias en la eficiencia de absorción de P entre especies de gramíneas y leguminosas en suelos ácidos.

Obtención de fósforo de diferentes fuentes de P

Se realizó un estudio en invernadero para determinar si la mayor eficiencia de absorción de P de las especies de leguminosas adaptadas a suelos ácidos se debió a una mejor capacidad de las leguminosas de movilizar el P de las formas menos solubles de fosfato (P-Al) y de fuentes de P orgánica. Se cultivaron una gramínea (*Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133) y una leguminosa (*Arachis pintoi* CIAT 17434) en monocultivo o en asociación (gramínea + leguminosa). Se emplearon dos tipos contrastantes de suelo ácido (Oxisol) de Carimagua: franco arenoso (Alegria, 65% de arena) y franco arcilloso (Pista, 18% de arena). Ambos suelos se caracterizaron por un pH bajo (< 5.1) y una alta saturación de Al (> 77%), pero el suelo franco arenoso presentó niveles inferiores de materia orgánica y de nitrógeno total en comparación con el suelo franco arcilloso. El P disponible en el suelo fue cerca de 2 ppm en ambos tipos de suelo antes de la aplicación de fertilizantes. El suelo se colocó en recipientes (40 kg de suelo) y se fertilizó a una tasa (kg/ha) de: 40 N, 66 Ca, 28 Mg, 100 K, 20 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo. Las fuentes de P que se utilizaron fueron: fosfato dicálcico (P-Ca), fosfato aluminico (P-Al), ácido fítico (P orgánica), y estiércol de ganado (P de estiércol). En el experimento se incluyó un testigo sin adición de P. Se escogió la tasa de 20 kg/ha para cada fuente. El P de estiércol representa una combinación de las formas inorgánica y orgánica de P. En cada recipiente se cultivaron 20 plantas y se agregó agua desionizada según se requería. Los recipientes se organizaron en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, y las plantas todos los tratamientos fueron inoculados con micorrizas (*Glomus occultum*), mientras que la leguminosa se inoculó con una cepa efectiva de *Rhizobium* (CIAT 3101). Las plantas se cosecharon después de 74 días de crecimiento.

Debido a que las diferencias en la obtención de P fueron más contrastantes entre la gramínea y la leguminosa que entre los dos tipos de suelo, sólo se presentan los resultados obtenidos en el suelo franco arcilloso. La producción de biomasa de la parte aérea por unidad de superficie de suelo fue mayor con una fuente de P-Ca que con P-Al, con P orgánica y con P de estiércol en la gramínea y leguminosa

(Figura 4.2). Con una fuente de P-Ca, la gramínea produjo dos veces la cantidad de biomasa de la parte aérea que la leguminosa. Las plantas de la gramínea aumentaron la producción de biomasa de la parte aérea en 6.6 veces con una fuente de P-Ca, en comparación con el testigo (sin adición de P). La biomasa de la parte aérea de la leguminosa aumentó en 2.2 veces con una fuente de P-Ca. Cuando no se adicionó P, la leguminosa y la asociación de la gramínea y la leguminosa produjeron más biomasa de la parte aérea que la gramínea sola. La respuesta de la gramínea en producción de biomasa de raíces y de parte aérea fue similar con las diferentes fuentes de P (Figura B).

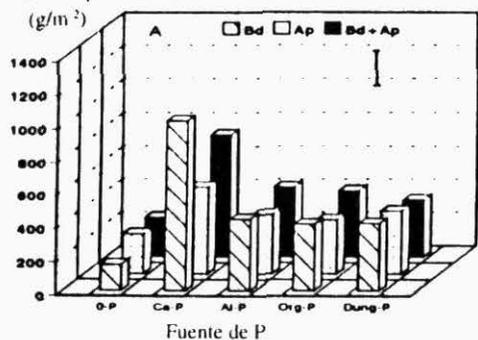
En el caso de la leguminosa, las diferencias en la producción de biomasa de las raíces con diferentes fuentes de P no fueron significativas. La mayor producción de biomasa de las raíces para ambas especies se observó con la fuente P-Ca.

En este estudio, *B. dictyoneura* y *A. pintoi* obtuvieron más P del suelo cuando éste se suministró en forma de P-Ca en comparación con las otras tres fuentes (Figura 4.3). Cuando no se adicionó P al suelo, la parte aérea de la leguminosa o de la asociación de la gramínea y la leguminosa absorbió 3 veces más P por unidad de superficie del suelo que la gramínea en monocultivo. El P absorbido por la parte aérea de la gramínea en asociación con la leguminosa, sin adición de P al suelo, fue 2.3 veces mayor que lo de la gramínea en monocultivo.

La capacidad de *A. pintoi* de adquirir una mayor cantidad de P por unidad de superficie de suelo en comparación con la gramínea se mantuvo con las diferentes fuentes de P agregadas al suelo. Es interesante notar que las plantas de *A. pintoi* cultivadas en monocultivo o en asociación con *B. dictyoneura* absorbieron más de dos veces la cantidad de P de P-Al en comparación con las plantas de la gramínea. Cuando la gramínea y la leguminosa se cultivaron juntos, el efecto no fue aditivo, lo que indica que tanto *B. dictyoneura* como *A. pintoi* están explotando la misma fuente de P.

Sin embargo, esta capacidad de *A. pintoi* de adquirir

Biomasa de la parte aérea



Biomasa radical

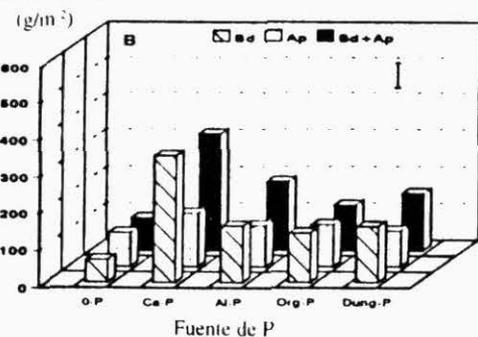


Figura 4.2 Producción de biomasa en la parte aérea (A) y en las raíces (B) en *B. dictyoneura* (Bd), *A. pintoii* (Ap), y una asociación de Bd + Ap, cultivadas con diferentes fuentes de P en un suelo franco arcilloso.

P en competencia con una gramínea puede ser un atributo importante, que contribuye a su persistencia en pasturas asociadas bajo pastoreo.

La relación entre el P absorbido por la parte aérea y la longitud de la raíz mostró que las raíces de la leguminosa adquirieron una mayor cantidad de P por unidad de longitud de raíz que las raíces de la gramínea. La capacidad superior de las raíces de *A. pintoii* de adquirir P de diferentes fuentes de fósforo se relacionó con niveles más altos de P inorgánico en las raíces y con la actividad de la enzima fosfatasa ácida en las raíces (Cuadro 4.5). La mayor eficiencia de uso de P (g de forraje producido por g de P absorbido en total) observada en *B. dictyoneura* se relacionó con un nivel más alto de actividad de la enzima fosfatasa ácida en las hojas.

Estos resultados indican que la compatibilidad

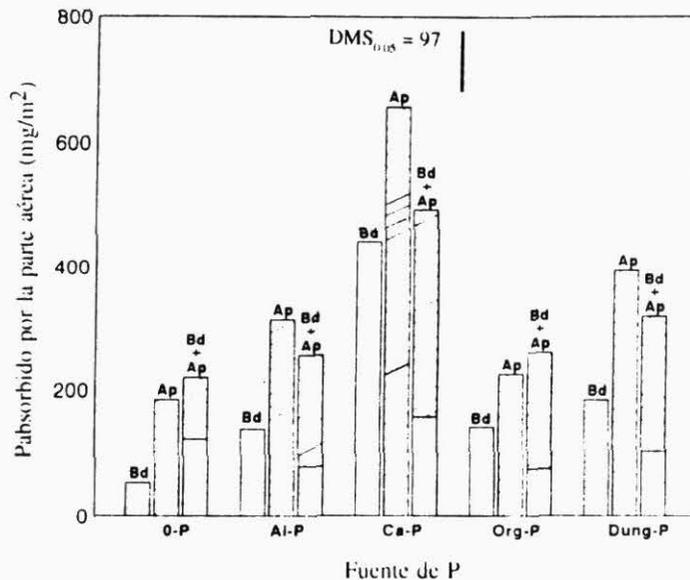


Figura 4.3 Absorción de fósforo por la parte aérea por metro cuadrado de superficie del suelo en *B. dictyoneura* (Bd), *A. pintoii* (Ap), y una asociación de Bd + Ap, cultivadas con diferentes fuentes de P en un suelo franco arcilloso.

superior de *A. pintoii* con gramíneas agresivas como *Brachiaria* spp. puede deberse en parte a su capacidad de adquirir fósforo de las formas menos disponibles que están presentes en los suelos ácidos infértiles. (I.M. Rao, V. Borrero y R. García).

Desarrollo de métodos de selección de especies de *Brachiaria* por tolerancia a suelos ácidos

El avance en el mejoramiento genético de *Brachiaria* spp. (proyecto sobre mejoramiento de especies) dependerá del desarrollo de metodologías de selección rápidas y confiables que faciliten la evaluación de un número grande de genotipos respecto a su tolerancia a las condiciones de suelo ácido. El crecimiento de plantas forrajeras en suelos ácidos no es frecuentemente limitado por la actividad de H^+ , sino más bien por la toxicidad de Al y/o la deficiencia de nutrientes esenciales como Ca, P y N.

Cuadro 4.5. Características fisiológicas de las hojas y las raíces de *B. dictyoneura* (Bd) and *A. pintoi* (Ap) cultivadas con diferentes fuentes de P en suelo franco arcilloso.

Medidas	Fuente de P								
	Sin P		P-Ca ¹		P-Al ²		P-Org ³		DMS (P=0.05)
	Bd	Ap	Bd	Ap	Bd	Ap	Bd	Ap	
P foliar (%)	0.04	0.09	0.06	0.15	0.03	0.11	0.05	0.09	0.01
Fosfatasa ácida de las hojas ($\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$)	20.6	3.18	10.1	1.71	11.7	3.17	17.8	1.54	3.77
Eficiencia de uso de P (g/g)	2370	973	2058	622	2640	863	2448	1115	349
P en raíces (%)	0.02	0.08	0.02	0.16	0.02	0.10	0.02	0.08	0.016
Pi en raíces ($\mu\text{mol}/\text{g}$ de peso fresco/min.)	14	46	7.5	261	15	104	15	58	22
Fosfatasa ácida de la raíz ($\mu\text{mol}/\text{g}$ de peso fresco/min.)	2.3	2.7	0.51	2.23	1.08	1.74	1.09	1.59	0.84

¹. Fosfato dicálcico. ². Fosfato aluminico. ³. Fosfato orgánico.

En consecuencia, es esencial verificar si las diferencias en la tolerancia a suelos ácidos de algunas especies de *Brachiaria* (basada en la persistencia en condiciones de campo) están relacionadas con la toxicidad de Al o con la deficiencia de nutrientes.

Selección por tolerancia a la toxicidad de Al en el suelo. Se incluyeron tres especies de *Brachiaria* empleadas en el programa de mejoramiento (*B. decumbens* cv. Basilisk, *B. brizantha* cv. Marandú y *B. ruziziensis* cv. Común) en un estudio sobre la toxicidad de Al. En términos de persistencia, *B. decumbens* se adapta mucho mejor a las condiciones de suelo ácido que las otras dos especies. En el invernadero, se cultivaron plántulas de las tres especies anteriores de gramínea en tubos plásticos largos y delgados (25 cm de largo y 3 cm de ancho), que contenían suelo Oxisol franco arcilloso (Pista) de Carimagua; el experimento duró 60 días. Estos tubos permiten el desarrollo de sistemas radiculares casi lineales. Una tapa frontal móvil permitió el

acceso repetido al sistema radicular en crecimiento. La tasa de fertilización (kg/ha) empleada fue: 40 N, 66 Ca, 28 Mg, 100 K, 50 P, 20 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.1 B y 0.1 Mo. Se agregó AlSO_4 al suelo a tasas de 50, 100, 200 y 500 mg/kg de suelo para aumentar el Al intercambiable en la solución de suelo.

Debido a que el crecimiento por elongación de la raíz es muy sensible al Al en la solución de suelo, se midió la densidad de la longitud de la raíz (DLR) como una función del Al intercambiable en el suelo. La DLR de las tres especies disminuyó con el aumento en el Al intercambiable en el suelo (Figura 4.4). El nivel de disminución en la DLR debida a incrementos de Al intercambiable fue muy similar para las tres especies de *Brachiaria* evaluadas. La sensibilidad de Al en términos de crecimiento de la parte aérea fue también muy similar.

Los resultados de este experimento indican que las diferencias en la adaptación al suelo ácido entre las tres especies de *Brachiaria* evaluadas quizás no se

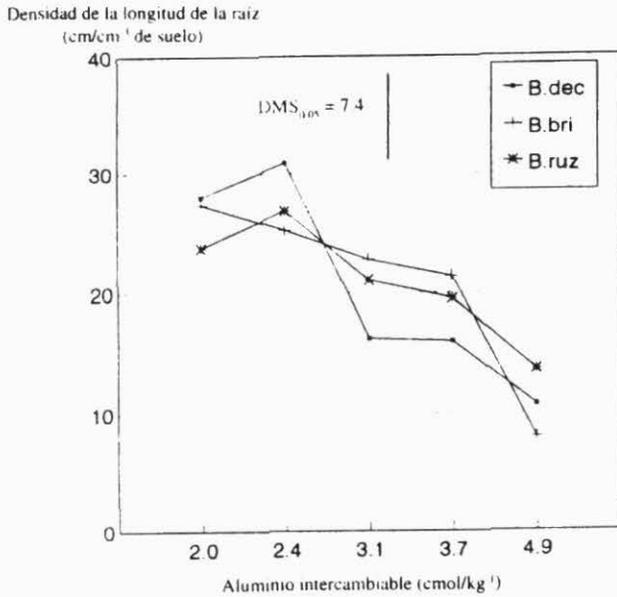


Figura 4.4 Densidad de la longitud de la raíz por unidad de volumen de suelo en tres especies de *Brachiaria* (*B. decumbens*, *B. brizantha* y *B. ruziziensis*) según el efecto del aluminio intercambiable en un suelo franco arcilloso.

pueden atribuir a la toxicidad de Al, sino más bien a la tolerancia al bajo suministro de nutrientes. Los resultados preliminares de un estudio reciente de

invernadero indicaron que las diferencias en la adaptación al suelo ácido entre las tres especies de *Brachiaria* podrían deberse a los cambios en la expansión foliar y a la distribución del nitrógeno en la forma de proteína soluble en las hojas (I.M. Rao, V. Borrero y R. García).

Síntomas de trastornos nutricionales en las hojas de varias especies de gramíneas y leguminosas tropicales.

Actualmente se cuenta con la descripción y con fotografías de los diferentes síntomas de toxicidad de Mn y de deficiencia de N, P, K, Mg, Ca, S y Zn que se desarrollan en las hojas, además de los síntomas de toxicidad de Al en las raíces para las siguientes especies: *B. decumbens* CIAT 606, *A. pintoii* CIAT 17434, *Stylosanthes capitata* CIAT 10280 y *Centrosema acutifolium* CIAT 5277.

Los trastornos nutricionales de la planta se manifiestan con mayor frecuencia como irregularidades de crecimiento; por tanto, la diferenciación entre dos o más deficiencias puede ser difícil. Debido a que muchos de los síntomas de deficiencia son similares, puede ser de suma importancia identificar dónde se presenta la deficiencia. Se ha desarrollado una clave de los síntomas de deficiencia de nutrientes en algunas especies de forrajeras tropicales para ayudar a identificar un síntoma específico de deficiencia. (I.M. Rao, V. Borrero y R. García).

5. UTILIZACION DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS EN DIFERENTES ECOSISTEMAS

Objetivo

Mejorar la utilización del germoplasma de especies forrajeras en diferentes sistemas de producción y en diferentes ecoregiones.

Justificación

Como los forrajes se utilizan en un rango tan diverso de ambientes y de sistemas de producción, es necesario entender la interacción germoplasma x ambiente y definir sus "nichos" relevantes. En el caso de las leguminosas, éstas no sólo requieren un manejo diferente al que se le da a las gramíneas, sino que se conocen pocos casos en América tropical en que su adopción haya sido exitosa y, por tanto, la credibilidad en su uso es baja. Por lo tanto, es necesario definir y evaluar especies forrajeras en sistemas prototipos en colaboración con los Programas de Agroecosistemas del CIAT y los Sistemas Nacionales de Investigación y Desarrollo Agrícolas (SNIA). A través de las redes de investigación en las diversas ecoregiones, los SNIA pueden participar en el desarrollo y la entrega a los agricultores de germoplasma mejorado de especies forrajeras. Finalmente, se debe evaluar el valor económico de las especies forrajeras para al agricultor y para a la comunidad.

Entre los logros del proyecto sobresalen los talleres realizados, y la tarea en ese respecto de sincronizar los esfuerzos de desarrollo de sistemas de suministro de semilla con la evaluación de asociaciones de gramíneas y leguminosas a nivel de finca.

5.1 Sistemas con base en especies forrajeras y su evaluación a nivel de finca en Costa Rica

En la actualidad se evalúan la persistencia y la productividad bajo pastoreo de la leguminosa forrajera *Arachis pintoi* CIAT 17434 en asociación con gramíneas estoloníferas en varios sitios del trópico húmedo de Costa Rica, en colaboración con instituciones nacionales y regionales de investigación.

Bajo la dirección del Instituto Tecnológico de Costa Rica (ITCR), se miden la persistencia de esta leguminosa y su compatibilidad en San Carlos (precipitación, 3060 mm distribuidos a través de todo el año, temperatura media, 26.7°C y suelo Inceptisol con un pH de 5.8, 4.5 ppm de P extractable y bajo contenido de Al). Se ha observado una buena compatibilidad de *A. pintoi* en asociación con las gramíneas *B. brizantha* CIAT 664, *B. brizantha* cv. Diamantes 1 (CIAT 6780), *B. dictyoneura* CIAT 6133 y *C. nlemfuensis* (pasto estrella). Se ha utilizado un sistema de pastoreo rotacional con 7 días de pastoreo y 35 días de descanso. Después de cinco ciclos de pastoreo, la proporción de leguminosa en la pastura varió de 10 a 21% con 3.0 UA/ha y de 5 a 9% con 1.5 UA/ha. Por lo tanto, el contenido de *Arachis* es mayor la carga más alta. Los incrementos en carga redujeron la disponibilidad de materia seca en la pastura, excepto en la asociación con pasto estrella, y como consecuencia la proporción de malezas fue mayor, especialmente en la asociación con *B. dictyoneura*.

En un ensayo de pastoreo en Guápiles, bajo la dirección del Ministerio de Agricultura (MAG), se viene midiendo ganancia de peso vivo en una pastura de *B. brizantha* (cv. Diamantes 1) y *A. pintoi*. Las pasturas se manejan con un sistema de pastoreo rotacional con 7 días de pastoreo, 21 días de descanso, y existen dos cargas (1.5 y 3.0 UA/ha). Después de 16 ciclos de pastoreo, las ganancias medias de peso vivo animal fueron superiores a 500 g/día en las asociaciones de gramíneas y leguminosas, mientras que con *B. brizantha* solo, la ganancia de peso vivo fue significativamente inferior particularmente con la carga más alta (345 g/animal/día).

La producción de leche de vacas de doble propósito se midió en una asociación de *A. pintoi* con pasto estrella en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Turrialba. La producción diaria de leche aumentó en un 14% (de 9.5 a 10.8 kg/vaca/día) en las vacas que pastorearon la asociación en comparación con las vacas que pastorearon la gramínea sola, fertilizada anualmente con 100 kg de N/ha. La asociación fue

también efectiva en suprimir la invasión de malezas y de gramíneas nativas.

El proyecto silvopastoril en Guácimo y Río Frío, coordinado por el CATIE con el apoyo financiero del CIID, reinició sus actividades en 1993. En el proyecto se continúa la evaluación de pasturas en cinco fincas pequeñas con ganado de doble propósito en el área de Río Frío y de una finca en Guácimo. En estas fincas se sembró *B. brizantha* cv. Diamantes 1 en monocultivo o en asociación con *A. pintoi*. Todavía no hay datos disponibles sobre la producción de leche o sobre la composición botánica y el desempeño de la pastura. Las actividades en marcha incluyen la introducción del árbol Poró (*Erythrina berteroana*) en las pasturas existentes. En dos fincas se ha sembrado Poró a distancias de siembra de 6 x 6 y de 9 x 9 m, en áreas de 0.4 y 0.5 ha, respectivamente.

Otra actividad que se realiza es la siembra de 2.0 ha de Poró y de Madero negro (*Gliricidia sepium*) como bancos de proteína. Se planea introducir *A. pintoi* como una leguminosa de cobertura. (P.J. Argel).

5.2 Sistemas de semilla

Un sistema de semillas se define como la combinación de componentes, procesos y fuerzas que impulsan (especialmente respecto a organización, interacción y apoyo) la producción y comercialización de la semilla de una o varias especies para un grupo específico de usuarios o clientes de una manera continua.

Los sistemas de semilla de especies forrajeras son más complejos que el concepto generalizado de los sistemas de semilla referidos a variedades híbridas de los principales cultivos de grano. Los sistemas de semilla de gramíneas forrajeras funcionan bien cuando son movidos por una gran demanda y cuando la producción de semilla se realiza en regiones geográficas favorecidas (por ejemplo, *Brachiaria* spp. en Brasil). En marcado contraste, los sistemas de semilla de leguminosas en América del Sur apenas existen más allá de alguna cosecha oportunista de semilla de *P. phaseoloides* en algunos años. Mientras que se han liberado cultivares pioneros de unas cuantas especies nuevas de leguminosas en América Latina, el suministro de su semilla a nivel comercial sigue siendo incipiente. Por tanto, se requiere de

estudios adicionales si se ha de desarrollar sistemas de semilla que tengan éxito, especialmente para las especies nuevas. Se han iniciado estudios sobre los componentes que limitan los sistemas de semilla de *Brachiaria* y de *Arachis*.

Cultivo en asociación para la producción de semilla

El sistema de cultivo dentro del cual se genera la semilla puede afectar notablemente la factibilidad económica de la producción de semilla. La asociación es frecuentemente la clave de una producción viable y permite que los costos por unidad sean inferiores. El sistema agropastoril en que se siembran arroz y pasturas juntos es bastante atractivo para los agricultores en algunas partes de los Llanos de Colombia. En este sistema la disponibilidad y el costo de las semillas de especies forrajeras son consideraciones importantes.

En Matazul, en los Llanos colombianos, se realizó un experimento en colaboración con el Programa de Sabanas del CIAT, para determinar la factibilidad de producir semillas de forrajeras dentro del sistema de arroz pastos. Las especies forrajeras fueron *Brachiaria dictyoneura* 'Llanero' en asociación con *Stylosanthes capitata* 'Capica'. Las variables experimentales incluyeron a) el sistema de siembra (hileras vs. a voleo) y la época de siembra (simultánea vs. 15 y 30 días después de siembra para las especies forrajeras). Después de la cosecha del arroz en septiembre, se utilizó la pastura para la producción de semilla, primero de Capica en diciembre, y luego de Llanero en junio. Esto también dio lugar a diferentes épocas de iniciación del pastoreo. Los resultados se resumen en el Cuadro 5.1. El rendimiento del arroz con las pasturas fue inferior al obtenido con arroz solo. La disminución en el rendimiento de arroz fue menor cuando se retardó la siembra de la gramínea + leguminosa. Mientras el crecimiento de las plántulas de 'Capica' mejoró cuando se sembró con arroz, ni el sistema ni la época de siembra afectaron los rendimientos de semilla. El rendimiento de semilla de 'Capica' fue del orden de 36 kg/ha en diciembre. La siembra en hileras y la siembra simultánea con el arroz favorecieron el rendimiento de semilla de 'Llanero'. El rendimiento máximo fue de 40 kg/ha en julio de 1993. Actualmente estos resultados se están analizando desde el punto de vista económico (J.E. Ferguson y J.I. Sanz).

Cuadro 5.1. Producción de semilla de especies forrajeras dentro de un sistema de arroz/pastos en Matazul, Colombia.

Sistema de cultivo / Tratamiento	Rendimiento (kg/ha)			Fecha	
	Monocultivo	Cultivo asociado ¹			
		A	B		C
Monocultivo de arroz					
Grano de arroz ²	3,200	-	-	Sept. 1992	
Arroz/Pasturas					
Grano de arroz	-	2,800	3,000	3,000	Sept. 1992
Pastura ³	-	(se asume que es el mismo)		Nov. 1992	
Arroz/Pastura/Semilla de forrajeras					
a) Grano de arroz	-	2,800	3,000	3,000	Sept. 1992
Semilla de leguminosa ⁴	-	30	45	35	Dic. 1992
Pastura	-	(se asume que es el mismo)		Enero 1993	
b) Grano de arroz	-	2,800	3,000	3,000	Sept. 1992
Semilla de leguminosa	-	30	45	35	Dic. 1992
Semilla de gramínea ⁵	-	44	26	26	Julio 1993
Pastura	-	(se asume que es el mismo)		Sept. 1993	

1. Arroz, *Brachiaria dictyoneura* y *Stylosanthes capitata* sembrados: A = simultáneamente; B = pastura sembrada 15 días después del arroz; C = pastura sembrada 30 días después del arroz; 2. "Paddy", es decir, semilla con cáscara, contenido de humedad de 12%, > de 90% de semilla pura; 3. Asociación establecida de *B. dictyoneura* + *S. capitata*; 4. Vainas con semilla, > de 90% de semilla pura; 5. > de 90% de semilla pura.

5.3 Tecnología de bajo costo para el establecimiento de leguminosas

Estudios previos demostraron que se puede usar un macro-pelet que contiene semilla y fertilizante para introducir leguminosas en pasturas mejoradas de gramíneas con labranza mínima y sin control de malezas.

Estudios más recientes compararon el uso de una bolsa de papel que contiene semilla y fertilizante con los tratamientos de macro-pelet y de siembra a voleo. Con leguminosas de semilla más pequeña, la germinación fue mayor con la técnica de la bolsa de papel que con el macro-pelet, pero lo contrario ocurrió con las leguminosas de semilla grande, por ejemplo *Arachis pintoi*. La densidad inicial de plantas fue mayor en el tratamiento de siembra a voleo que en los otros dos tratamientos, pero la supervivencia

fue mucho menor en ausencia de fertilizante cerca de la semilla. La germinación hubiera sido mayor con la técnica de la bolsa de papel si el papel hubiera sido más resistente.

Otro resultado significativo fue que cuando se aplicó el fertilizante cerca de la semilla, el establecimiento de *A. pintoi* fue mucho más rápido (N. Kitahara).

5.4 Desarrollo institucional y cooperación institucional

Capacitación en investigación

Cuatro estudiantes de doctorado están realizando su trabajo de tesis con personal del Programa, mientras seis estudiantes de instituciones europeas participan en diferentes estudios. Así mismo, nueve representantes de instituciones colombianas de

investigación y desarrollo recibieron una capacitación que les permitió continuar como capacitadores dentro de sus organizaciones. Siete agrónomos de instituciones de investigación latinoamericanas recibieron capacitación especializada por parte del personal científico del Programa.

Publicaciones

'Pasturas Tropicales'. La Unidad de Comunicaciones del CIAT continuó publicando esta revista científica dedicada a la divulgación de resultados de investigación sobre forrajes tropicales. La revista sigue siendo la única publicación internacional en este campo que acepta artículos en español o en portugués; es, por tanto, el único medio en que muchos científicos de más o menos instituciones de América Tropical pueden publicar los resultados de sus investigaciones.

Sin embargo, debido a recortes presupuestales, no se puede seguir contando con la asistencia editorial que se financiaba con fondos del presupuesto básico del CIAT. El PFT se ha comprometido a encontrar una fuente alternativa de financiación y, mientras tanto, asumirá la financiación de la publicación.

'Resúmenes sobre Pastos Tropicales'. Debido a recortes presupuestales se ha descontinuado la producción y la distribución de esta publicación periódica que incluía resúmenes analíticos, en español, de artículos sobre investigación y desarrollo de especies forrajeras tropicales.

Talleres

La RIEPT de Sabanas. La primera reunión de la subred de Sabanas se celebró en Brasilia, desde el 23 hasta el 26 de noviembre de 1992, con el apoyo financiero y logístico del CIID, la FAO y EMBRAPA/CPAC. Ochenta y cuatro miembros de 33 instituciones de Argentina, Bolivia, Brasil, Colombia, Paraguay y Venezuela participaron en la reunión, y presentaron 98 trabajos relacionados con la evaluación de pasturas en sabanas del trópico americano. Cuarenta y cinco trabajos trataron sobre evaluación agronómica y 23, sobre temas relacionados.

Investigación a nivel de la finca en América Central. Se realizó un taller regional titulado, "Evaluación de Asociaciones de Gramíneas y Leguminosas a Nivel de la Finca. Diseño de Proyectos y Obtención de Semilla", desde el 7 hasta el 19 de junio de 1993 en Costa Rica y Panamá. Asistieron representantes de nueve países, junto con los conferencistas invitados y miembros del Programa de Forrajes Tropicales. El Dr. Pedro Argel coordinó el taller.

El objetivo del taller fue fortalecer el capítulo centroamericano de la RIEPT mediante una mejor capacidad institucional de realizar investigación participativa sobre evaluación de asociaciones de leguminosas y gramíneas a nivel de finca. El taller incluyó cuatro módulos, a saber:

- (i) Marco conceptual para la investigación a nivel de la finca sobre asociaciones de leguminosas y gramíneas.
- (ii) Estudios de caso sobre experiencias regionales.
- (iii) Viaje de estudio (incluyendo visitas a fincas ubicadas en la región que va desde el occidente de Costa Rica hasta el este de Panamá).
- (iv) Diseño de proyectos empleando el método de Marco Lógico.

Al terminar el Taller en Ciudad de Panamá, se logró tener las propuestas preliminares de proyectos de investigación en fincas en 8 países de Centro América y El Caribe. Las Memorias del Taller estarán disponibles a principios de 1994.

Comité Asesor de la RIEPT: Foco en semillas. La octava reunión del Comité Asesor Técnico de la RIEPT se celebró en Villavicencio, Colombia, del 18 al 21 de noviembre de 1992. Quince miembros, en representación de 14 países, 8 conferencistas invitados y miembros del Programa de Forrajes Tropicales participaron activamente en el evento, que fue coordinado por el Dr. John Ferguson.

El tema elegido fue "Expansión del Suministro de Semilla de Especies Forrajeras Tropicales". El programa se organizó en cinco módulos complementarios que trataron sobre:

- (i) Desarrollo de sistemas de suministro y mercadeo de semilla.
- (ii) Multiplicación inicial de semilla y su distribución.
- (iii) Producción y mercadeo por las empresas semillistas.
- (iv) Vínculos entre los participantes y los componentes.
- (v) Grupos de trabajo que buscaron definir prioridades en relación con: (a) grupos de participantes y sus interrelaciones, (b) el suministro de semilla para ampliar la investigación sobre asociaciones gramíneas-leguminosas a nivel de finca, (c) un programa realista de investigación en semillas de especies.

Las memorias del Taller estarán disponibles a principios de 1994.

Además, en una reunión de grupo se discutieron la estructura futura y las actividades de la RIEPT; los participantes asistieron también a un día de campo organizado por el ICA en el cual se liberó *Arachis pintoi* CIAT 17434 en Colombia con el nombre de 'mani forrajero perenne'.

RIEPT

En 1992 se celebraron una reunión del Comité Asesor y dos talleres. En 1993 no se realizaron reuniones de la RIEPT o talleres, debido a la discontinuación de la financiación del CIID para tales actividades a finales de 1992 y a la incapacidad de atraer nuevos recursos financieros.

Sin embargo, la evaluación de germoplasma forrajero en la RIEPT todavía funciona muy bien; esto es evidente en la distribución de germoplasma nuevo para 43 ensayos regionales en 10 países durante 1992-1993. Con este informe se circulará una lista del nuevo germoplasma que se recomienda para evaluación regional.

Se continúa recibiendo datos que son enviados por los colaboradores de la RIEPT y de RABAO (Red de Germoplasma en el Oeste de África); estos datos se incluyen a la base de datos de evaluación de germoplasma de forrajeras tropicales que mantiene el PFT. Sin embargo, con la discontinuación del servicio de codificación de datos del CIAT y el recorte de personal de la Unidad de Biometría, la

codificación y el análisis de estos datos se han convertido en una tarea onerosa para el Programa. Actualmente se estudia el posible uso de un sistema electrónico de entrada y transferencia de datos para los colaboradores de la RIEPT.

La RIEPT, una red de gran cobertura, se descentralizó en tres redes regionales:

- (i) MCAC — México, América Central y el Caribe.
- (ii) Sabanas.
- (iii) Trópico húmedo.

La RIEPT-MCAC ha desarrollado múltiples actividades durante los dos últimos años. Se ha prestado asistencia en la formación de redes nacionales de investigadores en forrajeras y se espera que en el futuro próximo estas redes se consoliden y nombren representantes a Comité Regional de la RIEPT- (Mexico, Centro América y El Caribe) MCAC. La RIEPT-MCAC publicará un boletín informativo, y se planea celebrar la primera reunión del Comité Regional de la RIEPT-MCAC en 1994.

Es probable que estas nuevas redes regionales se concentren en diferentes áreas de investigación colaborativa, y no sólo en evaluación de germoplasma.

Distribución de germoplasma para la evaluación ecoregional

Unidad de Recursos Genéticos (URG). En 1992-1993, la URG recibió 313 solicitudes de germoplasma de forrajes, y distribuyó 7213 muestras de 83 géneros a diferentes países (ver Proyecto 1, Cuadro a). Esta distribución de germoplasma incluyó germoplasma nuevo para 43 ensayos regionales en 10 países. Se distribuyeron principalmente materiales avanzados, recomendados por el PFT. El número de solicitudes de *Arachis* y de germoplasma de leguminosas arbustivas, como *Cratylia argentea* y *Cajanus cajan*, aumentó notablemente. Además, hubo gran solicitud de especies que sirven como cobertura del suelo y que controlen la erosión, como *Chamaecrista rotundifolia* y las gramíneas *Pennisetum purpureum* cv. Mott (pasto elefante enano) y *Vetiveria zizanioides* (A. Ortíz y B.L. Maass).

Distribución regional, Costa Rica. Desde septiembre de 1991 hasta agosto de 1993, se recibió un total de 184 solicitudes de semilla básica y experimental de germoplasma promisorio para pasturas de los miembros de nueve países pertenecientes a la RIEPT-MCAC. El 68% de las solicitudes procedieron de Costa Rica —el país sede del Programa de Forrajes Tropicales en la región (Cuadro 5.2). Se suministraron 456 kg de semilla (235 kg de semilla de leguminosas y 222 kg de semilla de gramíneas), con el fin de establecer ensayos regionales de tipo A, B, C y D, así como parcelas de

multiplicación de semilla. Otras solicitudes de semilla fueron para experimentos sobre cultivos de cobertura o experimentos de invernadero. Las leguminosas más solicitadas fueron *Arachis pintoi* CIAT 17434, 18744 y 18748, *Centrosema macrocarpum* CIAT 5713 y 5452, y *Stylosanthes guianensis* CIAT 184. Las gramíneas más solicitadas fueron *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133, *B. brizantha* CIAT 6780, 667 y 664, y *B. humidicola* CIAT 6369 (P.J. Argel).

Cuadro 5.2. Distribución de la semilla de germoplasma forrajero promisorio en América Central.

País	Solicitudes (no.)	Leguminosas (kg)	Gramíneas (kg)
Costa Rica	125	108.3	125.0
Cuba	1	9.0	-
República Dominicana	7	41.0	26.4
El Salvador	6	3.5	2.8
Guatemala	14	5.9	7.0
Honduras	12	11.2	30.1
México	7	20.1	0.1
Nicaragua	8	14.5	14.0
Panamá	4	21.0	16.1
Total	184	234.5	221.5

Liberación de cultivares

Como resultado de numerosos ensayos multilocacionales de germoplasma promisorio, las instituciones nacionales de varios países liberaron nuevos cultivares (Cuadro 5.3). En el Apéndice 1 se presenta una lista de los cultivares de especies forrajeras liberados en América del Sur (L.H. Franco y B.L. Maass).

5.5 Evaluación del impacto económico

Como parte del proceso de definición de actividades de investigación prioritarias para incluir en el Plan Operativo del próximo decenio, los programas del CIAT se han sometido a una evaluación socioeconómica. Los indicadores de eficiencia económica como Valor Presente Esperado de los

beneficios sociales y la Tasa Interna de Retorno se estimaron para cada proyecto del PFT, en colaboración con la Sección de Evaluación de Impacto.

Se investigaron cuatro fases, a saber: (i) definición de los coeficientes económicos y técnicos

(ii) simulación de la evolución de los mercados de productos en relación con el cambio tecnológico, por ejemplo la carne y la leche. De esta manera se estimaron los beneficios sociales derivados de la nueva tecnología, su distribución en el tiempo y entre los productores y consumidores, según el tamaño de la finca y el ingreso.

(iii) determinación de la inversión relacionada con cada proyecto. (iv) estimación de los indicadores de eficiencia económica de los recursos financieros invertidos. Este tipo de análisis se ha realizado para los ecosistemas de sabanas, márgenes forestales y

Cuadro 5.3. Nuevos cultivares liberados por los SNIA en diferentes países de América tropical durante 1992-1993.

Especie	Accesión CIAT (no.)	País y año	Nombre del cultivar
Leguminosas			
<i>Arachis pintoi</i>	CIAT 17434	Colombia (1992) Honduras (1993)	Maní Forrajero Perenne Pico Bonito
<i>Stylosanthes guianensis</i>	CIAT 2950	Brasil (1993)	Mineirão
Gramíneas			
<i>Andropogon gayanus</i>	CIAT 621	Guatemala (1992)	ICTA-Real
<i>Brachiaria dictyoneura</i>	CIAT 6133	Panamá (1992)	Gualaca
<i>Brachiaria humidicola</i>	CIAT 679	Colombia (1992)	Pasto Humidicola

laderas; para los sistemas de producción de doble propósito y los de engorde; para las pasturas a base de *Brachiaria* spp.; para las asociaciones de leguminosas y gramíneas incluyendo *Arachis pintoi*,

Stylosanthes spp., *Centrosema* spp. y *Desmodium* spp., y para diversos sistemas de cultivos integrados con pasturas (L. Rivas). Los resultados de este análisis estarán disponibles durante 1994.

Apéndice 1. Gramíneas y leguminosas liberadas como cultivares comerciales adaptados a los suelos ácidos del trópico americano (1980-1993).

Especie	Accesión CIAT no.	Nombre del cultivar	Año de liberación	País		
A. Gramíneas						
<i>Andropogon gayanus</i>	621	Carimagua 1	1980	Colombia		
		Planaltina	1980	Brasil		
		Sabanero	1983	Venezuela		
		Veranero	1983	Panamá		
		San Martín	1984	Perú		
		Llanero	1986	México		
		Andropogon	1988	Cuba		
		Veranero	1989	Costa Rica		
		Otoreño	1989	Honduras		
		Gamba	1989	Nicaragua		
		ICTA- Real	1992	Guatemala		
		<i>Brachiaria dictyoneura</i>	6133	Llanero	1987	Colombia
				Gualaca	1992	Panamá
Ganadero	1993			Venezuela		
<i>Brachiaria brizantha</i>	6780	Marandú	1984	Brasil		
		Brizantha	1987	Cuba		
		Gigante	1989	Venezuela		
		Insurgente	1989	México		
		Diamantes 1	1991	Costa Rica		
<i>Brachiaria decumbens</i>	26646	La Libertad	1987	Colombia		
<i>Brachiaria humicicola</i>	606	Brachiaria	1987	Cuba		
		Chontalpo	1989	México		
		Señal	1989	Panamá		
		Pasto Peludo	1991	Costa Rica		
<i>Panicum maximum</i>	679	INIAP-Napo	1985	Ecuador		
		Aguja	1989	Venezuela		
		Humidicola	1989	Panamá		
		Chetumal	1990	México		
		Humidicola	1992	Colombia		
<i>Panicum maximum</i>	26900 16031	Vencedor	1990	Brasil		
		Tanzania 1	1990	Brasil		
B. LEGUMINOSAS						
<i>Arachis pintoi</i>	17434	Amarillo	1990	Australia		
		Maní Forrajero Perenne	1992	Colombia		
		Pico Bonito	1993	Honduras		
<i>Centrosema pubescens</i>	438	El Porvenir	1990	Honduras		
		Villanueva	1993	Cuba		
<i>Centrosema acutifolium</i>	5277	Vichada	1987	Colombia		
<i>Clitoria ternatea</i>	20692	Tehuana	1988	México		
		Clitoria	1990	Honduras		
<i>Desmodium ovalifolium</i>	350	Itabela	1989	Brasil		
<i>Leucaena leucocephala</i>	21888	Romelia	1991	Colombia		
<i>Pueraria phaseoloides</i>	9900	Jarocho	1989	México		
<i>Stylosanthes capitata</i>	10280	Capica	1983	Colombia		
<i>S. guianensis</i> var. <i>vulgaris</i>	184	Pucallpa	1985	Perú		
		Bihuadou (Zhuhuacao)	1987	China		
		Mineirao	1993	Brasil		
<i>S. guianensis</i> var. <i>pauciflora</i>	2243	Bandeirante	1983	Brasil		
<i>S. macrocephala</i>	1281	Pioneiro	1983	Brasil		

6. PROYECTO INTERPROGRAMAS

6.1 Reciclaje de nutrientes y producción animal

Objetivo

Comprender cómo funcionan las pasturas asociadas de gramíneas y leguminosas y así poder construir modelos de los procesos dominantes que permitan predecir el efecto de las diferentes opciones de manejo en la persistencia de la pastura, en el reciclaje de nutrientes y en la producción animal relacionada.

Justificación y antecedentes

Las pasturas a base de leguminosas aumentan la producción animal en forma significativa en comparación con pasturas mejoradas de solo gramíneas. En estas pasturas, las leguminosas desempeñan un papel clave — fijan nitrógeno, estimulan el reciclaje de otros nutrientes, y mejoran tanto la cantidad como la calidad del forraje en oferta. Sin embargo, las pasturas a base de leguminosas son a menudo inestables, y se conoce poco acerca del manejo que se les debe dar para mantener una proporción adecuada de la leguminosa. Un equipo multidisciplinario de los programas de Sabanas y de Forrajes Tropicales (PFT) estudia los principales procesos involucrados en las pasturas de solo gramíneas y las de gramíneas y leguminosas en un experimento a largo plazo en la estación de investigación en Carimagua; allí se han establecido diferentes pasturas de solo gramíneas y de gramíneas en asociación con leguminosas en dos tipos de suelo.

Los científicos del PFT tienen la responsabilidad de estudiar las relaciones suelo-planta al igual que el consumo de forraje y la producción animal; los científicos del Programa de Sabanas son responsables de estudiar la dinámica de la pastura y el reciclaje de nitrógeno y de nutrientes minerales. En este informe sólo se presentan los resultados detallados de la investigación sobre las relaciones suelo-planta y la producción animal, pero se da un breve resumen de los resultados en general. El diseño experimental utilizado se detalló en los informes de 1990 y 1991 del antiguo Programa de

Pastos Tropicales. En el Informe Anual del Programa de Sabanas se presentan los detalles de otras investigaciones en curso sobre este proyecto.

La producción animal en las pasturas de gramíneas y leguminosas se relaciona estrechamente con la cantidad de leguminosa en la pastura. Por lo tanto, si el contenido inicial de la leguminosa fue alto y luego disminuyó, la producción animal siguió estrechamente este patrón y hubo poco efecto residual de la leguminosa. El nitrógeno lábil en el sistema parece ser la fuerza motriz dominante. Por tanto, cualquier factor que afecte la producción de leguminosas tendrá un gran impacto en el sistema. En uno de los suelos se presenta deficiencia de potasio; esta deficiencia ejerce un efecto significativo, pero diferencial, en las dos leguminosas en ese tipo de suelo, y se convierte obviamente en otra variable que hay que manejar.

Aspectos destacados de la investigación sobre las relaciones suelo-planta y la producción animal

- La producción de biomasa radical en las pasturas mejoradas presentó un mayor aumento en el suelo franco arenoso que en el suelo franco arcilloso.
- La proporción de raíces de leguminosa en las pasturas bien establecidas de leguminosas y gramíneas fue menos del 20% de la biomasa total de las raíces, pero similar a la proporción de leguminosa.
- La presencia de leguminosa en cualquier asociación tuvo un mayor efecto en la producción animal que el nivel inicial de fertilización o la carga, especialmente en el suelo franco arenoso.

Relaciones suelo-planta

Las actividades específicas de investigación fueron: (i) cuantificar la producción de biomasa de raíces, la distribución de las raíces y la longitud de las mismas; (ii) estimar la proporción de biomasa de raíces de la leguminosa en una asociación con gramíneas; (iii) determinar la composición nutricional de las raíces; (iv) estimar la dinámica de los nutrientes en el suelo; y (v) determinar las características físicas del suelo.

Dinámica de las raíces. Un mejor entendimiento de la dinámica de las raíces es en el estudio, del reciclaje de nutrientes. La determinación secuencial de la biomasa radical debe reflejar el resultado neto de nuevo crecimiento que presentan las raíces y la pérdida de raíces por muerte y descomposición. El pastoreo intensivo reduce el crecimiento de las raíces, y se debe estudiar, por tanto, las implicaciones que esto pueda tener.

En los estudios con raíces se usaron cilindros con suelo no perturbado que contenían raíces para determinar distribución, biomasa y longitud de las raíces en diferentes pasturas sometidas a pastoreo con una carga media. Los tratamientos de pasturas que se estudiaron fueron los siguientes:

Sitio con suelo franco arenoso:

<i>B. dictyonera</i> solo (<i>Bd</i>)	fertilización inicial baja
<i>Bd</i> + <i>C. acutifolium</i> (<i>Bd</i> + <i>Ca</i>)	fertilización inicial baja
<i>Bd</i> + <i>S. capitata</i> (<i>Bd</i> + <i>Sc</i>)	fertilización inicial baja
<i>Bd</i> + <i>C. acutifolium</i> (<i>Bd</i> + <i>Ca</i>)	fertilización inicial alta
Pastura nativa	sin fertilización

Sitio con suelo franco arcilloso:

<i>B. dictyonera</i> solo (<i>Bd</i>)	fertilización inicial baja
<i>Bd</i> + <i>C. acutifolium</i> (<i>Bd</i> + <i>Ca</i>)	fertilización inicial baja
<i>Bd</i> + <i>A. pintoii</i> (<i>Bd</i> + <i>Ap</i>)	fertilización inicial baja
<i>Bd</i> + <i>A. pintoii</i> (<i>Bd</i> + <i>Ap</i>)	fertilización inicial alta
Pastura nativa	sin fertilización

El bajo nivel de fertilización (kg/ha) consistió en 20 P, 20 K, 50 Ca, 20 Mg, 12 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.5 B y 0.1 Mo; el nivel alto (kg/ha) fue de 60 P, 60 K, 150 Ca, 60 Mg, 24 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.5 B y 0.1 Mo.

Las pasturas de sabanas nativas presentaron una biomasa radical mucho menor y una longitud de raíces más corta (2 Mg/ha y 8-17 km/m²,

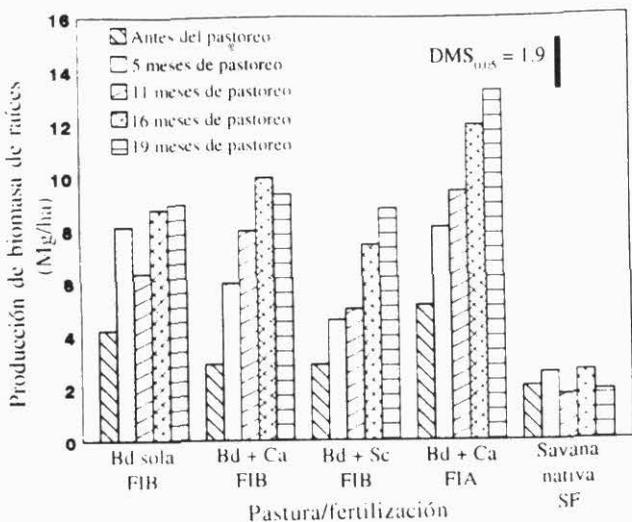
respectivamente) en comparación con las pasturas mejoradas (de 4 a 5 Mg/ha y 22 km/m²). Más del 60% de la biomasa total de las raíces se encuentra en los 30 cm superiores del suelo y más del 50% de la longitud de la raíz viva en los 20 cm superiores. Antes de iniciar el pastoreo (a comienzos de la estación lluviosa), con un bajo nivel de fertilización, la biomasa total de las raíces en el tratamiento de la gramínea sola (*Bd*) fue mayor que la de las dos asociaciones (*Bd* + *Ca* y *Bd* + *Sc*) en el sitio con suelo franco arenoso y que la de una de las asociaciones (*Bd* + *Ca*) en el sitio con suelo franco arcilloso (Figura 6.1). Debido al establecimiento deficiente de *A. pintoii* en la asociación en el suelo franco arcilloso, la biomasa total de las raíces en la pastura de gramíneas y leguminosas fue muy similar a la biomasa de la pastura de gramínea sola. El tratamiento con fertilización inicial alta aumentó la biomasa total de las raíces en ambos suelos para la asociación de *Bd* + *Ca*.

La biomasa de raíces aumentó con el tiempo en todas las pasturas, pero mucho más en el suelo franco arenoso que en el suelo franco arcilloso (Figura 6.1). Hubo respuesta a la mayor tasa de fertilización en el suelo franco arenoso pero no en el suelo franco arcilloso. En el suelo franco arcilloso, la pastura de gramínea sola presentó un mayor número de raíces que las asociaciones de gramíneas y leguminosas, pero en el suelo franco arenoso presentó un cantidad similar de raíces. La biomasa radical permaneció baja en las pasturas nativas.

Los cambios en la biomasa radical bajo pastoreo con el transcurso del tiempo reflejan la influencia de diversos factores, incluyendo el aporte de nitrógeno de la leguminosa, el pastoreo, el tipo de suelo y el nivel de fertilidad. El aumento de la biomasa de raíces con el tiempo en el suelo franco arenoso sugiere que la gramínea puede estar explorando un mayor volumen de suelo para obtener agua y nutrientes limitantes como N, K, P y Ca. Los resultados sobre longitud de la raíz mostraron tendencias similares a los de la producción de biomasa de raíces.

Estimación de las raíces de leguminosa en una asociación. La proporción de raíces de leguminosa

Sitio franco arenoso



Sitio franco arcilloso

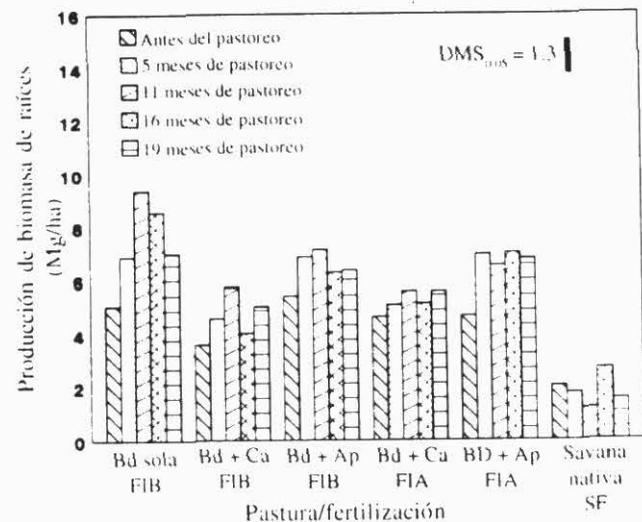


Figura 6.1. La biomasa total de raíces según el tipo de suelo y la aplicación de fertilizantes en diversas pasturas establecidas en sitios con suelo franco arenoso y suelo franco arcilloso. Las muestras se tomaron antes de comenzar el pastoreo, y a los 5, 11, 16 y 19 meses después del pastoreo con una carga intermedia. FIB = Fertilización Inicial Baja; FIA = Fertilización Inicial Alta; SF = Sin Fertilización (ver texto para las tasas de aplicación).

en las pasturas de *Bd + Ca* con una baja aplicación de fertilizante, en el suelo franco arenoso, se determinó mediante el análisis de isótopos de carbono estables (Figura 6.2). La diferencia en fotosíntesis entre gramínea (C_4) y leguminosa (C_3) permite estimar la proporción de gramínea y de leguminosa con isótopos de carbono. La proporción de raíces de leguminosa fue menos del 20% en el perfil de suelo. Hubo más biomasa de raíces en los 20 cm superiores del suelo en la pastura de gramínea sola que en la asociación con leguminosa. Una mayor proporción de raíces en los 20 cm superiores del suelo puede originar una mayor absorción de los nutrientes liberados de los residuos vegetales y, por lo tanto, menor pérdida de nutrientes por lixiviación.

Composición nutricional de las raíces. Aunque la proporción de raíces de leguminosa en las asociaciones de gramíneas y leguminosas fue menos del 20%, la concentración de N en las raíces aumentó en el tratamiento de fertilización inicial baja. La concentración de Ca en las raíces en la asociación de *Bd + Ca* en el suelo franco arenoso aumentó de 2 a 3 veces. Las raíces de las asociaciones de gramíneas y leguminosas en el suelo franco arcilloso presentaron mayor concentración de K y menor concentración de Ca en comparación con las raíces de asociaciones similares en el suelo franco arenoso. Sorprendentemente, las raíces de gramíneas nativas presentaron una mayor concentración de N (0.3-0.4%) que las raíces del tratamiento de la gramínea sola (*Bd*) (0.2-0.3%) en ambos suelos.

Dinámica de los nutrientes en el suelo. Se hizo un seguimiento de los cambios en P extractable y del K y Ca intercambiables en una pastura de gramínea sola (*Bd*), con fertilización inicial baja, y en la asociación de gramínea y leguminosa *Bd + Ca*, con fertilización inicial alta y baja, a diferentes profundidades de suelo en ambos sitios. Los contenidos de P, K y Ca disponibles en el suelo para el crecimiento de las plantas disminuyeron a través del tiempo tanto en las pasturas de *Bd* como en las de *Bd + Ca* en ambos sitios. Sin embargo, esa disminución fue más pronunciada en el sitio con suelo franco arcilloso. En la asociación de *Bd + Ca*, con un alto nivel de fertilización, el P disponible en

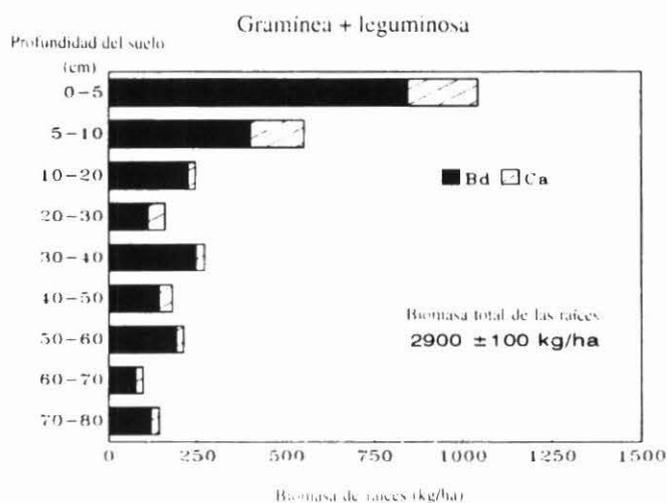
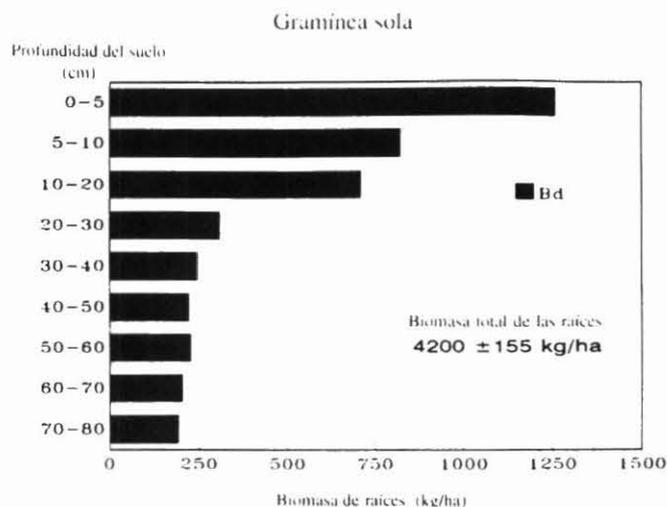


Figura 6.2 Distribución de la biomasa de raíces en una pastura de gramínea sola (*B. dictyoneura*) y una de gramíneas y leguminosas (*B. dictyoneura* + *C. acutifolium*) antes de iniciar el pastoreo en el suelo franco arenoso con fertilización inicial baja. La proporción de raíces de leguminosa en la asociación de gramíneas y leguminosas se determinó mediante el análisis de isótopos estables de carbono.

el suelo, antes de someter la pastura a pastoreo, fue mayor en el suelo franco arenoso que en el franco arcilloso. Pero 11 meses después del pastoreo, el P disponible en los 5 cm superiores del suelo fue mayor que el P disponible antes del pastoreo; esto indica un posible reciclaje del P.

El K intercambiable fue mayor en el suelo franco arcilloso que en el franco arenoso. También hubo una indicación del reciclaje de K en las pasturas mejoradas en los 5 cm superiores del suelo en el suelo franco arcilloso. El Ca intercambiable en la capa entre 0 y 10 cm en el suelo franco arcilloso fue mucho mayor que el del suelo franco arenoso para cada tipo de pastura. El seguimiento de la dinámica de los nutrientes del suelo permitirá evaluar nivel de fertilizante residual en ambos suelos.

Características físicas del suelo. Cada año, a comienzos de la estación lluviosa, se midieron en las pasturas mejoradas la capacidad de absorción de agua, la conductividad hidráulica, la densidad volumétrica y la estabilidad estructural del suelo. Estas mediciones también se realizaron en una pastura de sabana nativa como punto de referencia. La labranza afectó las propiedades físicas del suelo en ambos tipos de suelo. Al aumentar la biomasa de raíces en el suelo franco arenoso, aparentemente se redujo la capacidad de absorción de agua y la conductividad hidráulica, tanto en la pastura de gramínea sola con fertilización inicial baja como en las asociaciones de gramíneas y leguminosas con fertilización inicial alta. Se presentaron pequeñas diferencias en la densidad volumétrica entre los tratamientos (I.M. Rao y P. Herrera).

Producción animal

Se registraron las ganancias de peso vivo durante 5 ciclos de pastoreo (700 días de pastoreo) en las pasturas de gramínea sola y en pasturas de gramíneas y leguminosas establecidas en dos sitios (franco arenoso y franco arcilloso) en Carimagua (Informe Anual de PPT, 1990; 1991).

En el sitio con suelo franco arenoso, las ganancias promedios de peso vivo fueron mayores ($P < .05$) en las pasturas con leguminosas (*C. acutifolium* y *S. capitata*) que en las pasturas puras de *B. dictyoneura*

(Cuadro 6.1). Sin embargo, es interesante observar que la disminución en la ganancia de peso vivo en el tiempo en las pasturas asociadas se relacionó con la pérdida de la leguminosa en las mismas. En las pasturas con *C. acutifolium*, la leguminosa prácticamente desapareció hacia finales del segundo ciclo de pastoreo, mientras que la leguminosa en las pasturas con *S. capitata* disminuyó significativamente hacia finales del tercer ciclo de pastoreo.

En el sitio con suelo franco arcilloso, las ganancias promedios de peso vivo fueron mayores ($P < .05$) en las pasturas con *C. acutifolium* que en las pasturas con la gramínea sola o con la gramínea + *A. pintoii* (Cuadro 6.1). En este sitio, *C. acutifolium* presentó un buen establecimiento y ha persistido en un rango de tratamientos de manejo (es decir, nivel inicial de fertilización y carga). En contraposición, el establecimiento de *A. pintoii* no fue bueno y, por

Cuadro 6.1. Ganancia diaria de peso de novillos en pasturas de *Brachiaria dictyoneura* sola y asociada con leguminosas en dos sitios con textura de suelo contrastante. Las pasturas se establecieron con fertilización inicial baja (kg/ha: 20 P, 20 K, 50 Ca, 20 Mg, 12 S, 2 Zn, 2 Cu, 0.5 B, 0.1 Mo).

Sitios	Pasturas (An/ha)	Ciclos de pastoreo [*]					Media
		1	2	3	4	5	
		(g/UA/day)					
Suelo franco arenoso ^{**}	<i>B. dictyoneura</i> (1.5)	218	171	165	136	59	150
	+ <i>C. acutifolium</i> (1.5)	588	524	370	290	75	369
	+ <i>S. capitata</i> (1.5)	508	495	375	261	156	359
	SEM						39
	LSD _{0.05}						127
Suelo franco arcilloso ^{***}	<i>B. dictyoneura</i> (2.0)	438	179	348	173	267	281
	+ <i>C. acutifolium</i> (2.0)	519	336	486	323	459	424
	+ <i>A. pintoii</i> (2.5)	472	200	344	243	317	315
	SEM						31
	LSD _{0.05}						101

* Ciclo de pastoreo ** Días de pastoreo = 700 (30.07.91 hasta 25.05.93)

*** Días de pastoreo = 700 (19.09.91 hasta 15.07.93)

tanto, su aporte al forraje en oferta ha sido poco. En ambos sitios se analizó el efecto del tratamiento de fertilización y la tasa de carga en las ganancias de los animales. El tratamiento de fertilización no afectó ($P > .05$) la ganancia promedio de peso vivo en las pasturas de gramíneas y leguminosas en ambos sitios. Sin embargo, en ambos sitios la ganancia de los animales fueron inferiores en las pasturas de *B. dictyoneura* + *C. acutifolium* sometidas a pastoreo con cargas altas (2.0 UA/ha en el suelo franco arenoso y 2.5 UA/ha en el suelo franco arcilloso).

En este experimento, la leguminosa ha ejercido un

mayor efecto en ganancia de peso vivo que el tratamiento de fertilización o carga animal. En el sitio con suelo franco arenoso, la ganancia de peso vivo fue de dos a tres veces mayor en la pastura de gramíneas y leguminosas que en las pasturas de gramíneas solas, cuando el contenido de la leguminosa en la pastura fue de 13% (*C. acutifolium*) a 35% (*S. capitata*). Sin embargo, a medida que disminuyó el contenido de leguminosa, la ganancia de peso vivo también disminuyó, sin ninguna indicación de un efecto residual de la leguminosa. En el sitio con suelo franco arcilloso, se han registrado ganancias de peso vivo en la asociación con *C. acutifolium* de

20% a 90% mayor que en la pastura de gramínea sola, presentándose el mayor beneficio en la estación seca (ciclos de pastoreo 2 y 4). Además, en el sitio con suelo franco arcilloso, la ganancia de peso animal disminuyó en 40% en un período de 2 años en la pastura de gramínea sola, pero permaneció

relativamente estable en el mismo período en las pasturas de *C. acutifolium*. Estos resultados, en suelos con textura y nivel de fertilización contrastantes, confirman la importancia de la persistencia de la leguminosa para una producción animal sostenible (C. Lascano y C. Plazas).

7. LISTA DE LAS PUBLICACIONES DEL PERSONAL DEL PROGRAMA DE FORRAJES TROPICALES DEL CIAT (1992-1993)

Revistas Científicas

- Argel, P.J. y Valerio, A. 1992. Selectividad de herbicidas y control de malezas en *Arachis pintoi*. *Pasturas Tropicales* 14(2): 23-26.
- Ferguson, J.E.; Cardozo, C.I.; y Sánchez, M.S. 1992. Avances y perspectivas en la producción de semilla de *Arachis pintoi*. *Pasturas Tropicales* 14(2):14-22.
- Jones, R.J. y Lascano, C.E. 1992. Oesophageal fistulated cattle can give unreliable estimates of the proportion of legumes in the diets of resident animals grazing tropical pastures. *Grass and Forage Science* 47:128-132.
- Kelemu, S. y Badel, J. 1993. *In vitro* inhibition of *Colletotrichum gloeosporioides* and other phytopathogenic fungi by an Amazonian isolate of *Bacillus subtilis* and its cell-free culture filtrate. *Australasian Plant Pathology*. (Aceptado para publicación)
- Kelemu, S. y Collmer, A. 1993. *Erwinia chrysanthemi* EC16 produces a second set of plant-inducible pectate lyase isozymes. *Applied and Environmental Microbiology* 59:1756-1761.
- Lascano, C.E. y Palacios, E. 1993. Intake and digestibility by sheep of mature grass alone and in combination with two tropical legumes. *Tropical Agriculture*. (Aceptado para publicación)
- Maass, B.L. y Ocampo, C.H. 1993. Isozyme polymorphism provides fingerprints for germplasm of *Arachis glabrata* Benth. *Genetic Resources and Crop Evolution*. (Entregado para aprobación)
- Maass, B.L.; Torres, A.M.; y Ocampo, C.H. 1993. Morphological and isozyme characterisation of *Arachis pintoi* Krap. et Greg. nom. nud. germplasm. *Euphytica*. (En impresión)
- Mosquera, P. y Lascano, C.E. 1992. Producción de leche de vacas en pasturas de *Brachiaria decumbens* solo y con acceso controlado a bancos de proteína. *Pasturas Tropicales* 14:2-10.
- Pizarro, E.A.; Amaral, R.; y Vera, R.R. 1993. Efecto de diferir la época de utilización en la producción y calidad de *Panicum maximum*. *Pasturas Tropicales* 15(1):23-29.
- Pizarro, E.A.; Ayarza, M.A.; Spain, J.M.; Carvalho, M.A.; y Souza, M.A. de 1993. *Stylosanthes guianensis*: efecto de la irrigación estratégica en la producción de semillas. *Pasturas Tropicales*. (En impresión)
- Rao, I.M.; Roca, W.M.; Ayarza, M.A.; Tabares, E.; y García, R. 1992. Somaclonal variation in plant adaptation to acid soil in the tropical forage legume *Stylosanthes guianensis*. *Plant and Soil* 146:21-30.
- Rao, I.M.; Ayarza, M.A.; y Thomas, R.J. 1993. The use of carbon isotope ratios to evaluate legume contribution to soil enhancement in tropical pastures. *Plant and Soil*. (Entregado para aprobación)
- Rao, I.M.; Zeigler, R.S.; Vera, R.; y Sarkarung, S. 1993. Selection and breeding for acid-soil tolerance in crops: upland rice and tropical forages as case studies. *BioScience* 43(7):454-465.
- Rondon, M.A. y Thomas, R.J. 1993. A piston-action ball mill for the rapid preparation of plant and soil samples for the automated analysis of ¹⁵N and ¹³C. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25. (En impresión)
- Thomas, R.J. 1992. The role of the legume in the nitrogen cycle of productive and sustainable pastures. *Grass and Forage Science* 47:133-142.
- Thomas, R.J. y Asakawa, N.M. 1993. Decomposition of leaf litter from tropical forage grasses and legumes. *Soil Biology and Biochemistry* 25:1351-1361.

Thomas, R.J.; Fisher, M.J.; Ayarza, M.A.; y Sanz, J.I. 1993. The role of forage grasses and legumes in maintaining the productivity of acid soils in Latin America. *Advances in Soil Science*. (En impresión)

Valle, C.B. do y Miles, J.W. 1992. Breeding of apomictic species. *Apomixis Newsletter* 5:37-47.

Valerio, A.; Pizarro, E.A.; y Argel, P.J. 1993. Introducción y evaluación de gramíneas forrajeras tropicales en Centroamérica: trópico subhúmedo. *Pasturas Tropicales*. (En impresión).

Trabajos Presentados a Conferencias

Argel, P.J. y Valerio, A. 1993. Effect of crop age on seed yield of *Arachis pintoi* at two sites in Costa Rica. In: Proc. XVII International Grassland Congress; 8-21 Febrero, 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

Ayarza, M.A.; Rao, I.M.; Thomas, R.J.; Fisher, M.J.; Lascano, C.E.; y Herrera, P. 1993. Standing root biomass and root distribution in *Brachiaria decumbens/Arachis pintoi* pastures. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

Badel, J. y Kelemu, S. 1993. Inhibición "in vitro" de *Colletotrichum gloeosporioides* y otros hongos fitopatogénicos por (un) antibiótico(s) producido(s) por *Bacillus subtilis*. (Resumen). XIV Congreso Asociación Colombiana de Fitopatología y Ciencias Afines, Agosto 25-27 de 1993, Santa Marta, Colombia.

Bolaños, M.C.; Thomas, R.J.; y Sylvester-Bradley, R. 1993. Serological relationships among *Bradyrhizobium* strains for tropical forage legumes. In: Palacios, R., Mora, J. y Newton, W.E. (eds.). *New horizons in nitrogen fixation*. Kluwer Academic Pubs., Dordrecht, Holanda. p. 597.

Bradley, R.S. y Ferguson, J.E. 1993. Commercial seed production of tropical forage grasses and legumes in Costa Rica. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

Cameron, D.F.; Miller, C.P.; Edey, L.A.; y Miles, J.W. 1993. Advances in research and development with *Stylosanthes* and other tropical pastures legumes. In: Proc. XVII International Grasslands Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

Collmer, A.; Kelemu, S.; y Bauer D. 1993. Molecular biology of pathogenicity in *Erwinia chrysanthemi* EC16. In: Proc. V International Symposium on Biotechnology and Plant Protection, University of Maryland, College Park, Estados Unidos. (En impresión)

Ferguson J.E. y Sauma, G. 1993. Towards more forage seeds for small farmers in Latin America. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

Ferguson, J.E.; Hidalgo, F.; Vela J.; Silava, C.; y Reyes, R. 1993. A seed supply project for tropical pasture species in the Amazon of Peru. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

Gordon, I.J. y Lascano, C. 1993. The foraging strategies of ruminant livestock on intensively managed grasslands: potential and constraints. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

Fisher, M.J.; Lascano, C.E.; Thomas, R.J.; Ayarza, M.A.; Rao, I.M.; Rippstein, G.; y Thornley, J.H.M. 1993. An integrated approach to understand soil-plant-animal interactions on grazed legume-based pastures on tropical acid soils. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)

- Keller-Grein, G. 1993. Agronomic evaluation of *Centrosema* germplasm on an acid Ultisol in the humid tropics of Peru. I. *Centrosema macrocarpum* Benth. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Rockhampton, Australia. (En impresión)
- Keller-Grein, G. 1993. Agronomic evaluation of *Centrosema* germplasm on an acid Ultisol in the humid tropics of Peru. II. *Centrosema tetragonolobum* Schultze-Kraft & Williams. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Rockhampton, Australia. (En impresión)
- Keller-Grein, G. y Passoni, F. 1993. Agronomic evaluation of *Centrosema* germplasm on an acid Ultisol in the humid tropics of Peru. III. Selected *Centrosema* Benth. accessions. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Rockhampton, Australia. (En impresión)
- Keller-Grein, G.; Amézquita, M.C.; Lema, G.; y Franco, L.H. 1993. Multilocational testing of grasses and legumes in the humid tropics of South America. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Rockhampton, Australia. (En impresión)
- Kerridge, P.C. y Argel, P.J. 1993. *Arachis pintoi*: una leguminosa productiva y persistente para pastos tropicales. Ciencia e Investigación Agraria (Chile) 20(2):29.
- Lascano, C.E. y Carulla, J. 1992. Quality evaluation of tropical trees and shrubs with tannins for acid soils. In: Proc. XXIX Annual Meeting of the Sociedade Brasileira de Zootecnia (SBZ), Julio 19-24, Lavras, MG, Brasil, p. 107-129.
- Lascano, C.E.; Maass, B.; y Thomas R.J. 1992. Multipurpose trees and shrubs at CIAT. Paper presented at the Consultative Meeting on ICRAF's proposal for the development of a Multipurpose Tree Germplasm Resource Centre, 2-5 Junio, Nairobi, Kenia.
- Lascano, C. y Avila, P. 1993. Milk yield of cows with different genetic potential on grass and grass-legume pastures. In: Proc. XVII International Grassland Congress, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Maass, B.L. y Torres, A.M. 1992. Outcrossing in the tropical forage legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Abstracts of the XIII EUCARPIA Congress, 465-466. 6-11 Julio 1992, Angers, Francia.
- Maass, B.L. y Bojórquez, C.L. 1993. Performance of subterranean clover in the central Andes of Peru. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Maass, B.L. y Schultze-Kraft, R. 1993. Characterization and preliminary evaluation of a large germplasm collection of the tropical forage legume *Stylosanthes scabra* Vog. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Maass, B.L. y Schultze-Kraft, R. 1993. *Arachis pintoi* — an example of domestication of a wild legume. Abstracts of the Symposium -Tropische Nutzpflanzen. 22-24 Septiembre 1993, Hamburg, Alemania.
- Maass, B.L. y Torres, A.M. 1993. A flower colour marker in the tropical forage legume *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Pizarro, E.A.; Valls, J.F.M.; Carvalho, M.A.; y Charchar d'Avila, M.J. 1993. *Arachis* spp.: introduction and evaluation of new accessions in seasonally flooded land in the Brazilian Cerrado. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Rao, I.M.; Ayarza, M.A.; Thomas, R.J.; Fisher, M.; Sanz, J.I.; Spain, J.; y Lascano, C. 1992. Soil-plant factors and processes affecting sustainable production in acid soils of lowland tropics. Afiche presentado en International Crop Science Congress, 14-22 Julio 1992, Ames, Iowa, Estados Unidos.

- Rao, I.M.; Ayarza, M.A.; Thomas, R.J.; Fisher, M.J.; Lascano, C.; y Borrero, V. 1993. Adaptation responses of tropical grass-legume associations to acid soils. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Rao, I.M.; Borrero, V.; Ayarza, M.A.; y García, R. 1993. Adaptation of tropical forage species to acid soils: the influence of varying phosphorus supply and soil type on plant growth. In: Proc. Third International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH, Brisbane, Queensland, Australia. (En impresión)
- Rao, I.M.; Borrero, V.; Ayarza, M.A.; y García, R. 1993. Adaptation of tropical forage species to acid soils: the influence of varying phosphorus supply and soil type on phosphorus uptake and use. In: Barrow, N.J. (ed.). Plant nutrition — from genetic engineering to field practice. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Holanda. p. 345-348.
- Thomas, R.J.; Lascano, C.E.; Perdomo, P.; y Maass, B.L. 1992. Woody forage legumes for the acid soils of tropical America. Trabajo presentado en Conference on Tropical Trees: the Potential for Domestication. 23-28 Agosto 1992, Edinburgh, Gran Bretaña.
- Thomas, R.J.; Rao, I.M.; Ayarza, M.A.; Sanz, J.I.; Fisher, M.; y Lascano, C. 1992. How much pasture legume is needed to avoid depletion of soil reserves? Afiche presentado en International Crop Science Congress, 14-22 Julio 1992, Ames, Iowa, Estados Unidos.
- Thomas, R.J. 1993. How much nitrogen fixation is needed to avoid depletion of soil reserves in pastures. In: Palacios, R., Mora, J. and Newton, W.E. (eds.). New horizons in nitrogen fixation. Kluwer Academic Pubs., Dordrecht, Holanda. p. 749.
- Thomas, R.J. y Asakawa, N.M. 1993. Nitrogen fixation by three tropical forage legumes in an acid-soil savanna of Latin America. In: Palacios, R., Mora, J. and Newton, W.E. (eds.). New horizons in nitrogen fixation. Kluwer Academic Pubs., Dordrecht, Holanda. p. 750.
- Thomas, R.J.; Fisher, J.M.; Lascano, C.E. y Argel, P. 1993. *Arachis pintoi* — the tropical white clover. In: Palacios, R., Mora, J. and Newton, W.E. (eds.). New horizons in nitrogen fixation. Kluwer Academic Pubs., Dordrecht, Holanda. p. 751.
- Thomas, R.J.; Fisher, M.J.; Lascano, C.E.; Rao, I.M.; Ayarza, M.; y Asakawa, N. 1993. Nutrient cycling via forage litter in tropical grass/legume pastures. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993. Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Torres, A.M. y Maass, B.L. 1992. Biología reproductiva y entrecruzamiento de *Centrosema brasilianum* (L.) Benth. Trabajo presentado en XIII Meeting of the Colombian Association of Herbariums (ACH). 5-11 Septiembre 1992, Cartagena, Colombia.
- Torres, A.M.; Maass, B.L.; y Ocampo, C.H. 1992. Caracterización morfológica e isoenzimática de *Arachis pintoi* Krap. & Greg. nom. nud. Trabajo presentado en XIII Meeting of the Colombian Association of Herbariums (ACH). 5-11 Septiembre 1992, Cartagena, Colombia.
- Valle, C.B. do; Maass, B.L.; Almeida, C.B.; y Costa, J.C.G. 1993. Morphological characterisation of *Brachiaria* germplasm. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda, y Queensland, Australia. (En impresión)
- Valls, J.F.M.; Pizarro, E.A.; y Carvalho, M.A. 1993. Evaluation of a collection of *Paspalum* sp. aff. *P. plicatulum* for the Cerrado ecosystem, Brazil. In: Proc. XVII International Grassland Congress. 8-21 Febrero 1993, Palmerston North, Nueva Zelanda y Queensland, Australia. (En impresión)
- Vera, R.R.; Thomas, R.J.; Sanint, L.R.; y Sanz, J.I. 1993. Development of sustainable ley-farming systems for the acid-soil savannas of tropical America. In: Symposium on the Ecology and Sustainable Agriculture in Tropical Biomes. Anais da Academia Brasileira de Ciencias. (En impresión)

Zeigler, R.S.; Pandey, S.; Miles, J.W.; Gourley, L.M.; y Sarkarung, S. (n.d.) Advances in the selection and breeding of acid-tolerant plants: rice, maize, sorghum, and tropical forages. In: Proc. Third International Symposium on Plant-Soil Interactions at Low pH. (En impresión)

Trabajos presentados en Talleres

Argel, P.J. 1992. Consideraciones forrajeras sobre el pasto ratana (*Ischaemum ciliare*) y alternativas para mejorar su productividad. 1992. Memorias Seminario Taller: El pasto Ratana (*Ischaemum ciliare*) en Costa Rica: Alternativa o Problema en Nuestra Ganadería? Ed. Dos Pinos, Comité de Educación y Bienestar Social. p. 1-8. (Sin lugar de publicación.)

Argel P.J. 1992. Experiencia regional con *Brachiaria dictyoneura* CIAT 6133. (Tema presentado en Panamá, 27 Agosto 1992, durante la liberación oficial de esta gramínea como cv. Gualaca).

Argel, P.J. 1992. Liberación de nuevos cultivares forrajeros en Centroamérica. In: Memorias Taller: Ferguson, J.E. (ed.). Avances en los Programas de Suministro de Semillas de Especies Forrajeras en Centroamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 122. p. 137-142.

Argel, P.J. 1992. Perspectivas regionales en pasturas y semillas de especies forrajeras para Centroamérica, México y El Caribe. In: Memorias Taller: Ferguson, J.E. (ed.). Avances en los Programas de Suministro de Semillas de Especies Forrajeras en Centroamérica. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 122. p. 125-132.

Argel, P.J. 1993. Regional experience with forage *Arachis* in Central America and Mexico. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)

Argel, P.J. 1993. Estado actual y perspectivas de la red internacional de evaluación de pastos tropicales para México, Centroamérica y el Caribe (RIEPT-MCAC). (Tema presentado en el taller titulado "Evaluación de Gramíneas y Leguminosas en Fincas: Diseño de Ensayos y Producción de Semillas", realizado en Costa Rica and Panamá, junio 6-17, 1993; 6 p. (En impresión)

Argel, P.J. 1993. Experiencias forrajeras con *Arachis pintoi* en América tropical. (Tema presentado en II Panamanian Livestock Congress celebrado en Santiago, 30 Julio, 1993). 22 p.

Avila, P.; Pizarro, E.A.; y Franco, L.H. 1992. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Carimagua, Puerto Gaitán, Meta, Colombia. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 199-218.

Carvalho, M.A. y Pizarro, E.A. 1992. Estudo da distribuição de raízes em *Brachiaria* spp. no Cerrado. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 659-661.

Carvalho, M.A.; Maciel, D.; y Pizarro, E.A. 1992. *Calopogonium mucunoides*: evaluación agronómica de ecotipos en el Cerrado. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 115-119.

Carvalho, M.A.; Pizarro, E.A.; Valls, J.F.M.; y Maciel D. 1992. *Paspalum plicatulum*: evaluación agronómica de ecotipos en el Cerrado. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 247-250.

- De la Cruz, R.; Suárez, S.; y Ferguson, J.E. (1993) The contribution of *Arachis pintoii* as a ground cover in some farming systems of tropical America. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)
- Estrada, R.D.; Seré, C.; Ferguson, J.E.; y Best, R. 1993. Vínculos entre la investigación en fincas, la extensión y el desarrollo agropecuario. Obtención de semillas de nuevos cultivares para un proyecto de transferencia de tecnología. In: Investigación con Pasturas en Fincas. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 124. p. 115-121.
- Ferguson, J. E. 1992. Avances en el desarrollo del suministro de semillas de especies forrajeras tropicales en Costa Rica y otros países. Memorias Segundo Taller 1991. Organizado por MAG-CIAT, Atenas, Costa Rica, 29 Abril-3 Marzo 1991. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 98. 138 p.
- Ferguson, J.E. (ed. coord.) 1992. Avances en los programas de suministro de semillas de especies forrajeras en Centro América. Memorias Primer Taller Regional 1992. Organizado por SRN-CIAT, Comayagua, Honduras 2-7 Marzo 1992. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 122. 181 p.
- Ferguson, J.E. (1993). Seed biology and seed systems of *A. pintoii*. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)
- Franco, L.H.; Molina, D.L.; y Pizarro, E.A. 1992. Establecimiento y producción de gramíneas y leguminosas forrajeras en Las Leonas, Puerto López, Meta, Colombia. In: Pizarro, E.A. (ed.). 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 189-198.
- Kelemu, S.; Lapointe, S.; y Morales, F. (1993) Diseases and pests of wild *Arachis* species. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)
- Kerridge, P.C. y Lascano, C.E. 1993. Primary and secondary evaluation of forage germplasm. Trabajo presentado en AFRNET Workshop, Bamako, Mali, 29 Marzo a 3 Abril, 14 p.
- Lascano, C. y Ferguson, J.E. 1993. Problemas específicos de la investigación con pasturas en fincas. In: Investigación con pasturas en fincas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Documento de Trabajo No. 124. p. 103-114.
- Miles, J.W.; Thomas, R.J.; Lascano, C.; Fisher, J.M.; Vera, R.; y Sanz, J.I. 1993. Evaluation of *Stylosanthes* for selected farming systems of tropical America. In: Proc. of the workshop *Stylosanthes* as a Forage and Fallow Crop, 26-30 Octubre, 1992, Kaduna, Nigeria. (ILCA, Addis Ababa, Etiopía). (En impresión)
- Oliveira, M.A.S.; Teixeira, R. Souza, M.A.; y Pizarro, E.A. 1992. Efeito da cigarrinha das pastagens *Deois flavopicta* (Stal, 1854) no comportamento dos diferentes ecotipos de *Brachiaria* spp. no D.F. - Brasilia. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 501-505.
- Pizarro, E.A.; Amaral, R.; y Vera, R. 1992. *Panicum maximum*: efecto de la época de diferimiento en producción y calidad. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 675-677.
- Pizarro, E.A. y Carvalho, M.A. 1992. Cerrado: introducción y evaluación agronómica de forrajeras tropicales. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 1-68.

- Pizarro, E.A.; Franco, L.H.; y Molina, D.L. 1992. Establecimiento y adaptación de 20 accesiones de *Pueraria phaseoloides* en Las Leonas, Puerto López, Meta, Colombia. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 125-132.
- Pizarro, E.A.; Carvalho, M.A.; Valls, J.F.M.; y Maciel, D. 1992. *Arachis* spp.: evaluación agronómica en áreas bajas del Cerrado. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 353-356.
- Rao, I.M. 1993. Adaptation of plants to acid soils. In: Proc. of the workshop Managing Legume-Based Pastures in the Tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia.
- Rao, I.M. y Kerridge, P.C. (1993) Mineral nutrition of forage *Arachis*. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)
- Sánchez, M. y Ferguson, J.E. 1992. Suministro de semillas forrajeras nuevas para evaluación en fincas; caso CIAT-CRECED Colombia. In: Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT). Documento de Trabajo No. 117. p. 507-519.
- Sanchez, M. y Ferguson, J.E. 1992. Fondo rotatorio de semillas forrajeras. In: Taller de la 7a. Reunión del Comité Asesor de la RIEPT, Expansión del Suministro de Semillas de Forrajeras Tropicales, Agosto 1992, Villavicencio, Colombia. (En impresión)
- Schultze-Kraft, R. y Keller-Grein, G. 1993. Screening of *Stylosanthes* in Latin America: the CIAT-RIEPT experience. In: Proc. of the workshop *Stylosanthes* as a Forage and Fallow Crop, 26-30 Octubre, 1992, Kaduna, Nigeria. (ILCA, Addis Ababa, Etiopía). (En impresión)
- Seré, C.; Estrada, R.D.; y Ferguson, J.E. 1993. Estudios de adopción e impacto en pasturas tropicales. In: Investigación con Pasturas en Fincas. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 124. p. 129-146.
- Simpson, C.E.; Valls, J.F.M.; y Miles, J.W. (1993) Reproductive biology and the potential for genetic recombination in *Arachis*. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)
- Sobrinho, J.M.; Pizarro, E.A.; Viana, H.A.; y Oliveira, M.A.S. 1992. Avaliação de ecotipos de *Brachiaria* spp. quanto a resistência a cigarrinha das pastagens na região de Goiania, GO. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 497-499.
- Souza, M.A.; Pizarro, E.A.; Carvalho, M.A.; Grof, B.; y Schultz, A.L. 1992. Avaliação agronómica de gramíneas e leguminosas forrajeras em Planaltina, D.F., Brasilia. In: Pizarro, E.A. (ed.) 1992. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT): Resúmenes de Trabajos. 1a. Reunión de la RIEPT-Sabanas. Noviembre 23-26, 1992. Brasilia, Brasil. p. 159-167.
- Thomas, R.J. (1993) Rhizobium requirements, nitrogen fixation and nutrient cycling in forage *Arachis*. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)
- Thomas, R.J. y Lascano, C.E. 1993. The benefits of forage legumes for livestock production and nutrient cycling in pasture and agropastoral systems of acid-soil savannas of Latin America. Symposium on Nutrient Cycling and Livestock Production, ILCA, Etiopía. Noviembre 1993. (En impresión)

Valls, J.F.M.; Maass, B.L.; y Lopes, C.R. (1993) Genetic resources of wild *Arachis* and genetic diversity. In: Kerridge, P.C. and Hardy, B. (eds.). Biology and agronomy of forage *Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)

Otros

Argel, P.J. y Pizarro, E.A. 1992. Germplasm case study: *Arachis pintoi*. In: Pastures for the Tropical Lowlands: CIAT's contribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. p. 57-73.

Ferguson, J.E. 1992. Experiences at the interface of research and development with tropical pastures. In: Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. p. 101-120.

Franco, M.A.; Ocampo, G.; Melo, E.; y Thomas, R.J. 1993. Catalogue of Rhizobium strains for tropical forage legumes, 5th edition. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. CIAT Working Document No. 14. 123 p.

Keller-Grein, G. y Schultze-Kraft, R. 1992. Preliminary agronomic evaluation of a *Stylosanthes viscosa* Sw. collection. Genetic Resources Communication No. 15. 35 p.

Rao, I.M.; Ayarza, M.A.; Thomas, R.J.; Fisher, M.J.; Sanz, J.I.; Spain, J.M.; y Lascano, C.E. 1992. Soil-plant factors and processes affecting productivity in ley farming. In: Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. p. 145-175.

Rao, I.M.; Ayarza, M.A.; Borrero, V.; y García, R. 1993. Plant nutritional disorders of tropical forage species. RIEPT manual on agronomic evaluation. (En impresión)

Thomas, R.J.; Lascano, C.E.; Sanz, J.I.; Ara, M.A.; Spain, J.M.; Vera, R.R.; y Fisher, M.J. 1992. The role of pastures in production systems. In: Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contribution. CIAT, Cali, Colombia. p. 121-144.

Torres, A.M.; Belalcázar, J.; Maass, B.L.; y Schultze-Kraft, R. 1993. Inventory of tropical forage species maintained at CIAT. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Working Document No. 125. 36 p.

Libros

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1993. Investigación con pasturas en fincas. VII Reunión del Comité Asesor de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. RIEPT. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de trabajo No. 124. 277 p.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). 1992. Pastures for the tropical lowlands: CIAT's contribution. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento CIAT No. 211. ISBN 958-8183-45-X. 238 p.

Escobar, E.; Belalcázar, J.; y Rippstein, G. 1993. Botánica, taxonomía y distribución geográfica (Botany, taxonomy and geographic distribution). Clave de las principales plantas de sabana de la altillanura de los Llanos Orientales en Carimagua, Meta, Colombia. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Publicación CIAT No. 227. ISBN 958-9183-49-2. 92 p.

Franco, M.A., Mesa, E. y Franco, L.H. 1992. Análisis sobre localidad y evaluación de germoplasma de Centroamérica, México y el Caribe. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, RIEPT. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. 208 p.

Franco, M.A., Ramírez, G. y Franco, L.H. 1992. Análisis sobre localidades y evaluación de germoplasma en sabanas. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, RIEPT. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia, 241 p.

Franco, M.A.; Ocampo, G.I.; Melo, E.; y Thomas, R. 1993. Catalogue of *Rhizobium* strains for tropical forage legumes. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. 123 p.

Kerridge, P.C. y Hardy, B. (eds.) (1993) *Biology and agronomy of forage Arachis*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)

Paladines, O. y Lascano, C. (eds.) 1993. *Forage germplasm under small-plot grazing: evaluation methodologies*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Publicación CIAT No. 210. ISBN 958-9183-42-5. 249 p.

Pizarro, E.A. 1992. *Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, RIEPT. 1a. Reunión - Sabanas, Brasilia, Brasil*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 117. 686 p.

Schultze-Kraft, R., Keller-Grein, G; y Clements, R.J. (eds.) (1993) *Centrosema: biología, agronomía y utilización*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. (En impresión)

Torres, A.M.; Belalcázar, J.; Maass, B.L.; y Schultze-Kraft, R. 1993. *Inventario de especies forrajeras tropicales mantenidas en el CIAT*. Centro Internacional de Agricultura Tropical: Cali, Colombia. Documento de Trabajo No. 125. 36 p.

8. LISTA DE PERSONAL

Científicos Principales

PETER C. KERRIDGE, Ph.D., Agrónomo Especialista en Forrajas, Líder del Programa

PEDRO ARGEL, Ph.D., Agrónomo Especialista en Forrajas, Agronomía — México, América Central y el Caribe (con sede en San José, Costa Rica)

JOHN E. FERGUSON, Ph.D., Agrónomo Especialista en Forrajas, Biología de la Semilla

BERT GROF, Ph.D., Agrónomo Especialista en Forrajas, Consultor, Proyecto Regional de Semilla de Especies Forrajas para el Sudeste Asiático (Hasta diciembre de 1993) (con sede en Los Baños, Filipinas)

SEGENET KELEMU, Ph.D., Fitopatóloga, Fitopatología

STEPHEN LAPOINTE, Ph.D., Entomólogo, Entomología (Transferido al Programa de Yuca en Brasil en octubre de 1993)

CARLOS E. LASCANO, Ph.D., Nutricionista de Rumiantes, Calidad de Forrajes/Nutrición de Rumiantes

BRIGITTE L. MAASS, Dr. sc. agr., Especialista en Germoplasma, Investigación en Recursos Genéticos

JOHN W. MILES, Ph.D., Genetista, Genética

ESTEBAN A. PIZARRO, Ph.D., Agrónomo Especialista en Forrajas, Agronomía — Cerrados, Brasil (con sede en Planaltina, Brasil)

IDUPULAPATI RAO, Ph.D., Fisiólogo de Nutrición Vegetal, Nutrición Vegetal

WERNER STÜR, Ph.D., Agrónomo Especialista en Forrajas, Proyecto Regional de Semilla de Especies Forrajas para el Sudeste Asiático (con sede en Los Baños, Filipinas) (a partir de diciembre de 1993)

Senior Research Fellows

GERHARD KELLER-GREIN, Dr. sc. agr., Agrónomo

NORIHISA KITAHARA, Ph.D., Científico Especialista en Pasturas (TARC) (Se retiró en junio de 1993)

Asociados de Investigación

LIBARDO RIVAS, Economista, Oficina del Líder

RAUL BOTERO, Veterinario y Zootecnista, Oficina del Líder

Asistentes de Investigación

LUIS HORACIO FRANCO, Agrónomo, Oficina del Líder

JAVIER ASDRUBAL CANO, Economista Agrícola, Oficina del Líder

GERARDO RAMIREZ, Estadístico, Oficina del Líder

CARLOS IVAN CARDOZO, Agrónomo, Biología de la Semilla

MANUEL SANCHEZ, Agrónomo, Biología de la Semilla

FERNANDO DIAZ, Agrónomo, Germoplasma

CARLOS GUILLERMO MELENDEZ, Agrónomo, Germoplasma

JORGE LUIS BADEL, Bioquímico, Fitopatología

ALEXANDRA VALDERRAMA, Bióloga Especialista en Genética, Fitopatología

MARTHA ESCANDON, Agrónoma, Genética

EDGAR CARDENAS, Zootecnista, Genética

GUILLERMO SOTELO, Biólogo, Entomología

GUILLERMO ARANGO, Biólogo, Entomología
(Se retiró en septiembre de 1993)

OSCAR GUZMAN, Agrónomo, Entomología (Se
retiró en junio de 1993)

BLANCA TORRES Calidad de Forrajes/Nutrición
de Rumiantes (Se retiró en octubre de 1993)

NELMY NARVAEZ, Zootecnista, Calidad de
Forrajes/Nutrición de Rumiantes

PATRICIA AVILA, Zootecnista, Calidad de
Forrajes/Nutrición de Rumiantes

CAMILO PLAZAS, Zootecnista, Calidad de
Forrajes/Nutrición de Rumiantes

AIRES C. MARCELO, Agrónomo (Cerrados, Brasil)

ALFREDO VALERIO, Agrónomo, Selección de
Germoplasma (América Central, Costa Rica)

VICENTE BORRERO, Agrónomo, Nutrición
Vegetal

PEDRO HERRERA, Agrónomo, Nutrición Vegetal

Secretarias

BLANCA NHORA AGUIRRE

JULIA GOMEZ

MAGDA LAMBERT (Brasília, Brasil)

MARTHA REYES

ANA VEGA (San José, Costa Rica)

DELIA OSPINA DE FRANCO

9. Donantes — Proyectos Complementarios

Donante/Proyecto	Duración	Total Comprometido (US\$)
Australia - AIDAB		
Red de investigadores en forrajeras en el Sudeste Asiático	1991-1994	773,000
<i>Stylosanthes</i> con resistencia estable al antracnosis	1988-1993	395,000
Canadá — IDRC		
Red de investigadores en forrajeras tropicales	1988-1992	683,000
Fondo para la Producción de Semilla de Pasturas	1990-1992	15,000
Alemania — BMZ		
Dinámica de fósforo en la rizosfera	1991-1994	131,471
Gran Bretaña — ODA		
Revisión taxonómica del germoplasma de <i>Brachiaria</i>	1992-1993	23,158
Japón — TARC		
Investigación sobre pasturas nativas mejoradas	1989-1994	386,000

