

S
540
.8
.64
35
1997

HADR

Convenio de Cooperación Técnica y Científica entre el
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de
Colombia y el Centro Internacional de Agricultura
Tropical - 1995-1998

Sistemas de Producción
Agropecuarios Sostenibles para los
Llanos Orientales y la Región
Amazónica Colombiana

Informe Técnico 1996



Marzo 1997



UNIDAD DE INFORMACION Y
DOCUMENTACION

07 FEB. 2008

224626

Contenido

Introducción	1
Informes de Progreso 1996 y Programación de Actividades 1997	7A
Conociendo y Conservando los Pastos Tropicales para Mejores Pasturas	8
Ecotipos de Gramíneas y Leguminosas Tropicales con Adaptación Ambiental Conocida	11
Atributos de Adaptación de Gramíneas y Leguminosas a Suelos Fértiles	14
Gramíneas y Leguminosas con Alto Valor Nutritivo para Rumiantes	17
Nueva <i>Brachiaria</i> Resistente al Mión	20
Nuevos Cultivares de <i>Arachis</i> para Uso Múltiple	23
Caracterización de Biodiversidad Patogénica para el Mejoramiento de <i>Stylosanthes</i>	26
Componentes Forrajeros para Sistemas de Producción Agrícolas y Ganaderos	29
Mejoramiento de Arroz para Incrementar Volúmenes de Eficiencia de la Producción con Nuevas Variedades	32
Estudios sobre la Variabilidad del Agente Causal del Añublo del Arroz (<i>Pyricularia grisea</i>) para el Desarrollo de Variedades con Resistencia Durable en Colombia	37
Manejo Integrado de Malezas con Variedades más Competitivas	41
Cambios Ambientales en la Altillanura Resultantes de la Intensificación Agrícola	45
Lucha Contra la Degradación de Suelos: Desarrollo de Estrategias para Aumentar la Productividad y Conservar los Recursos Naturales	53
Dinámica del Uso de la Tierra en las Sabanas	59

Introducción

El convenio entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural -MADR y el Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT se desarrolló en 1996 dentro de los términos acordados en la reunión del Consejo Directivo, realizada el 28 de Marzo de 1996.

Durante 1996 la estructura de la administración de la investigación en CIAT fue reorganizada, cambiándose de programas por productos a proyectos por temas específicos. Este cambio obedeció a las instrucciones recibidas del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (GCAI), a través de la Secretaría Técnica -TAC. Esta nueva estructura se presenta en detalle en el Plan de Mediano Plazo 1998-2000.

De igual forma el MADR, durante 1996, estableció unas líneas generales de política sectorial, que deben seguir todas las actividades orientadas a enfrentar los problemas de pobreza rural y sostenibilidad de los recursos naturales. De hecho, el MADR le ha expresado al CIAT que las actividades de investigación cofinanciadas con el Convenio MADR-CIAT deben estar acordes con estos lineamientos generales y contribuir al alcance de los objetivos del Gobierno.

1. Lineamientos de la política sectorial

El MADR ha fijado los siguientes lineamientos de su política sectorial

- a. La necesidad de establecer acuerdos sectoriales de competitividad que le garanticen a los productores poder enfrentar los desafíos impuestos por la apertura de los mercados nacionales y poder aprovechar las oportunidades que emergen de los acuerdos con otros países y regiones. La competitividad se busca a través de los mejoramientos en la productividad física con el uso de variedades de mayor capacidad y en la reducción de los costos de producción, con la utilización racional y equilibrada de los recursos naturales. El principal instrumento para implementar este lineamiento de política son los programas de modernización por cadenas agroalimentarias.
- b. La reconversión de cultivos que no tengan un futuro claro, en términos de rentabilidad económica, dentro del marco de libre competencia. En este caso se encuentran los instrumentos relacionados con los programas de reconversión y diversificación, los programas de sustitución de cultivos ilícitos y los programas de empleo rural.
- c. El acceso al recurso tierra por parte de los pequeños cultivadores. Este lineamiento está condicionando a la creación de zonas productivas que

puedan ser sostenibles, económica, social y ambientalmente, en el mediano y largo plazo. Los principales instrumentos se encuentran en los programas de adjudicación de tierras, programas de creación y mantenimiento de las reservas campesinas y en los programas de extinción de dominio.

- d. La adecuación de tierras a través de la disponibilidad de riego. Este lineamiento está enfocado tanto para las tierras planas como para las zonas de laderas, con el diseño y construcción de pequeños distritos de riego. La población objetivo son los pequeños productores.
- e. El lineamiento de política denominado pacto social rural busca garantizar que los beneficios de toda inversión pública tenga una dimensión de equidad. Los instrumentos que se están aplicando están los programas de transferencia de tecnología agropecuaria y los programas de capacitación. Se busca que los productores participen de manera efectiva en la identificación de los principales problemas de su producción y en el diseño de posibles alternativas de solución.

2. Areas estratégicas de investigación en el CIAT

En la nueva nomenclatura del CGIAR se definen cinco áreas estratégicas de investigación:

- a. *Mejoramiento de la Productividad*: En esta área se encuentran los proyectos de investigación que tienen por objetivo el incremento de la productividad de los cultivos en los cuales cada centro internacional tiene un mandato. En el caso específico del CIAT en esta área estratégica se tienen cinco proyectos de investigación.

IP-1. Obtención de mejores frijoles mediante productividad sostenible, la eficiencia del uso de insumos y el alivio a la pobreza.

IP-2. Mantener la productividad de frijol en el Africa Subsahárica

IP-3. Cultivo de raíces y desarrollo: Mejoramiento genético de la yuca con una perspectiva mundial

IP-4. Mejoramiento del germoplasma de arroz para América Latina y el Caribe

IP-5. Gramíneas y leguminosas tropicales: Hacer uso óptimo de la diversidad genética para aplicaciones de múltiple propósito

- b. *Conservación de la Biodiversidad*: En esta área se encuentran los proyectos relacionados con la conservación de los bancos de germoplasma. Con el desarrollo de las nuevas herramientas de la biotecnología se está haciendo un énfasis en la caracterización individualización de los materiales en estos bancos. También se busca ampliar su inventario a través de la introducción de nuevas especies, especialmente nativas. Los proyectos del CIAT en esta área son:

SB-1. Conservación integral de los recursos genéticos neotropicales

SB-2. Desarrollo del germoplasma de cultivos haciendo mayor uso de la biodiversidad

- c. *Protección del Medio Ambiente*: En esta área se agrupan todos los proyectos relacionados con la preservación y uso de los recursos naturales. En la definición de recursos naturales se incluyen el suelo, el agua, la fauna y la flora. Bajo esta perspectiva CIAT ha formulado los siguientes proyectos:

PE-1. Manejo integrado de plagas para un ambiente más seguro

PE-2. Sistemas agrícolas productivos y regenerativos para suelos marginales y degradados de América Latina Tropical

PE-3. Manejo comunitario de los recursos en cuencas dentro de los agroecosistemas de laderas

PE-4. Sostenibilidad ambiental y dinámica del uso de la tierra en A.L.

PE-5. Manejo integral de los recursos naturales para intensificar la agricultura de pequeños cultivadores en el trópico

- d. *Fortalecimiento de los sistemas nacionales de investigación*: En esta área se concentran los proyectos relacionados con la capacitación, la transferencia, la formación de redes y el desarrollo de consorcios. El CIAT ha formulado tres proyectos en esta área:

SN-1. Empresas agrícolas rurales: vinculación de pequeños productores a mercados en crecimiento

SN-2. Fortalecimiento de los vínculos entre los sectores privado y público

SN-3. Métodos de participación de los agricultores en la investigación

e. *Mejoramiento de las políticas de investigación:* Los proyectos en esta área se concentran en los estudios ex-ante y ex-post de la difusión y adopción de los conocimientos científicos y tecnologías resultantes de la inversión en investigación. CIAT ha concentrado sus esfuerzos en un proyecto.

BP-1. Evaluación del impacto esperado y causado por la investigación.

3. El Convenio MADR-CIAT dentro de la agenda de investigación

El desarrollo del convenio MADR-CIAT se realiza dentro de la agenda de investigación de este centro. Sin embargo, deben hacerse algunas precisiones:

- i. El convenio MADR-CIAT tiene como áreas geográficas específicas la orinoquía y la amazonía colombiana.
- ii. El convenio tiene como objetivo general acelerar la internalización para Colombia de los conocimientos científicos y de los desarrollos tecnológicos que se generan en el CGIAR en general y en el CIAT en particular.
- iii. El convenio MADR tiene su gobernabilidad propia. Todas las acciones y actividades son coordinadas por el Comité Técnico o por el Consejo Administrativo, de acuerdo al contrato celebrado por las dos instituciones.
- iv. El CIAT está obligado a rendir anualmente informes técnico y financiero sobre las actividades que han sido acordadas en el año inmediatamente anterior.
- v. Anualmente se revisa y se concerta el plan de actividades a ejecutarse dentro del convenio MADR-CIAT.

Con base en este marco operativo del desarrollo del convenio MADR-CIAT, este está siendo implementado dentro de la agenda de investigación del CIAT de la siguiente manera: a) Seis de los dieciséis proyectos del CIAT están recibiendo recursos del convenio MADR-CIAT. b) Con estos recursos se financian diecisiete actividades de investigación. La distribución es la siguiente:

Proyecto CIAT SB-1: Conservación integral de los recursos genéticos neotropicales

Actividades convenio:

1. Mejoramiento de la base de recursos genéticos de pastos tropicales

Proyecto CIAT IP-4: Mejoramiento del germoplasma de arroz para América Latina y el Caribe

Actividades del convenio:

2. Mejoramiento germoplasma arroz seco
3. Resistencia durable al añublo
4. Mejoramiento control malezas arroz
5. Manejo integrado de plagas y del cultivo de arroz
6. Mejoramiento arroz riego

Proyecto CIAT IP-5: Gramíneas y leguminosas tropicales

Actividades convenio:

7. Mejoramiento Brachiaria
8. Mejoramiento Arachis
9. Mejoramiento Stylosanthes
10. Ecotipos con alta calidad forrajera
11. Atributos adaptativos a suelos ácidos
12. Ecotipos forrajeros con adaptación de producción

Proyecto CIAT PE-2: Sistemas agrícolas productivos y regenerativos para suelos marginales y degradados de América Latina

Actividades convenio:

13. Prototipos de sistemas sostenibles de cultivos para los Llanos Orientales
14. Cambios ambientales en la altillanura resultantes de la intensificación agrícola
15. Dinámica del uso del suelo en las sabanas y márgenes de bosques tropicales

Proyecto CIAT PE-4: Sostenibilidad ambiental y dinámica del uso de la tierra en América Latina

Actividades del convenio:

16. Diagnóstico y planeación de la investigación en la Amazonía y sabanas

Proyecto CIAT PE-5 : Manejo integral de los recursos naturales para intensificar la agricultura de pequeños cultivadores en el trópico

Actividades del convenio:

17. Componentes forrajeros para sistemas de producción

Estación Experimental de Carimagua.

6. Propuesta distribución presupuesto 1997

Los recursos del Convenio de Cooperación Técnica y Científica entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia y el CIAT son desembolsados en pesos colombianos. La contabilidad del CIAT se lleva en dólares americanos. Por lo tanto, la contabilización de estos recursos se hace a la tasa de cambio del día en que se reciben los fondos.

Para efectos de presupuestación se ha optado por tomar la tasa de cambio promedia proyectada entre el 1 de enero y el 31 de diciembre de 1997, equivalente a col\$ 1090. De esta forma los recursos aportados por el gobierno de Colombia al convenio en dólares americanos durante 1997 se estiman en US\$2.064.000.

La propuesta de distribución de estos recursos y las contrapartidas de CIAT, en 1997, son las siguientes, en miles de US\$:

Proyecto CIAT	Recursos Colombia	Contrapartida CIAT
SB-1 (Germoplasma)	100	718
IP-4 (Arroz)	500	1090
IP-5 (Pastos)	590	661
PE-2 (Suelos)	195	1086
PE-4 ((GIS)	73	936
PE-5 (Sistemas Prod.)	147	2323
SN-2 (Capacitación)	288	55
CIMMYT (Maíz)	171	
Total	2064	6869

7. Informes de progreso 1996 y programación de las actividades 1997 del Convenio

En las páginas siguientes se presentan los informes de progreso de las actividades llevadas a cabo durante el año 1996. Es de anotar el progreso obtenido en este segundo año de trabajo en las áreas cubiertas por los 15 proyectos. Ello ha implicado un esfuerzo especial por parte de los investigadores y sus equipos de trabajo en particular y por CIAT y sus socios en general. Por otra parte, cada informe está incluyendo la programación de las actividades a llevar a cabo durante 1997.

**Informes de Progreso
1996**

y

**Programación de las actividades
1997**

1. Título: Conociendo y conservando los pastos tropicales para mejores pasturas

**2. Coordinadores del proyecto: 1995-1996 B.L. Maass
1997-98 J.W. Miles**

3. Justificación

Los principales adelantos en el mejoramiento del germoplasma de especies forrajeras tropicales se han logrado mediante la explotación de la diversidad fitogenética natural que existe entre especies y dentro de ellas. La colección de leguminosas y gramíneas forrajeras tropicales que se mantiene en el CIAT es una de las más grandes del mundo, y representa la rica diversidad vegetal que existe en los trópicos húmedo y subhúmedo, especialmente la de leguminosas de América tropical y del sudeste asiático y la de gramíneas de África. La colección consta en la actualidad de 21,000 accesiones con semilla disponible de 15,700 accesiones para su distribución. Los principales géneros representados, en orden de cantidad, son *Stylosanthes*, *Desmodium*, *Centrosema*, *Zornia* y *Aeschynomene* en las leguminosas y *Brachiaria* y *Panicum* en las gramíneas. Las principales necesidades, en lo que se refiere a la colección de germoplasma, son asegurar su integridad contra el riesgo de pérdida, mediante la duplicación adecuada de semilla de alta calidad, y de seguir con la caracterización de este germoplasma para usarlo de manera adecuada en las distintas condiciones de producción agropecuaria.

4. Objetivo

Identificar, caracterizar y conservar el germoplasma forrajero productivo adaptado a diferentes sistemas de producción en los trópicos subhúmedo y húmedo.

5. Logros esperados

1. Nuevo germoplasma adquirido
2. Germoplasma conservado a corto y largo plazo
3. Germoplasma caracterizado e identificado
4. Germoplasma documentado
5. Germoplasma distribuido a las instituciones interesadas

6. Resumen de logros y actividades en marcha

Adquisición

Durante 1995-1996 la colección de forrajes tropicales adquirió 47 nuevas entradas, principalmente materiales nuevos de *Arachis* y *Paspalum* donados de EMBRAPA/CENARGEN y *Calliandra calothyrsus* donado de OFI (Oxford Forestry Institute, Gran Bretaña).

Se continuó la revisión de especies con potencial forrajero al elaborar un listado de las especies de gramíneas con mayor potencial forrajero, pertenecientes a las subfamilias Panicoideae y Chloridoideae nativas de Colombia. Se revisaron los herbarios colombianos de la Universidad del Valle en Cali, Universidad Nacional en Palmira, Universidad del Cauca en Popayán, Fundación Universitaria de Popayán y Universidad Tecnológica del Chocó en Quibdó. Se inició el estudio en los herbarios de la Universidad Nacional en Bogotá y la Universidad de los Llanos en Villavicencio sin terminar la revisión. Se registró un gran número de especies nativas de estas dos subfamilias, siendo más de 100 en el herbario Universidad del Valle. Los datos están siendo procesados.

Conservación

La colección de forrajes tropicales al presente consta de 20.662 entradas, el 78% están multiplicadas y almacenadas a corto plazo, y el 40% de las multiplicadas están además almacenadas a largo plazo.

Con el objetivo de completar la multiplicación de todo el germoplasma originado en Colombia, durante 1996 se han incrementado alrededor de 200 entradas de este germoplasma. Aún quedan 680 entradas pendientes por multiplicar.

En el área de biología floral, se continuó el estudio de la herencia del color de semilla en *Centrosema plumieri* como marcador morfológico al cosechar ya la generación F₃.

Además se está completando el conocimiento de la biología reproductiva de *Brachiaria* para hacer una adecuada multiplicación de semilla, controlando riesgos de entrecruzamiento entre las diferentes entradas. Se determinó el modo reproductivo de 36 entradas.

Caracterización e identificación

Se están preparando tesis de pregrado y publicaciones de las caracterizaciones bioquímicas y morfológicas de germoplasma de *Stylosanthes capitata*, *S. guianensis*, *Arachis pintoi* y *A. repens*; y de la validación de la variedad botánica de *Centrosema macrocarpum* var. *andinum*.

Documentación

Se participó con mucho énfasis en el proyecto SINGER (Red de información de recursos genéticos del CGIAR) con la revisión y estandarización de la base de datos de pasaporte de la colección de forrajes que será presentada en la demostración del proyecto SINGER en la reunión de la semana de los centros internacionales (ICW) en Washington, USA. Después de esta demostración, la base de datos queda disponible en el INTERNET.

Distribución

El banco de germoplasma de forrajes tropicales distribuyó durante 1995 y 1996 más de 1400 muestras de germoplasma. Aproximadamente la mitad fue solicitada por investigadores del CIAT en Palmira y en otros sitios de evaluación. El 16% se entregó a otros centros internacionales y 31% a instituciones nacionales y universidades.

1. Título: Ecotipos de gramíneas y leguminosas tropicales con adaptación ambiental conocida

2. Coordinadores del proyecto: J.W. Miles, I. M. Rao

3. Justificación

Uno de los mandatos del CIAT es identificar leguminosas y gramíneas tropicales útiles para los trópicos húmedo (>1500 mm) y subhúmedo (750 a 1500 mm). El énfasis en el pasado fue la selección de gramíneas y leguminosas para ensamblar pasturas mejoradas en suelos ácidos de baja fertilidad en sistemas extensivos. Sin embargo, hay actualmente una fuerte demanda por leguminosas y gramíneas para sistemas ganaderos más intensivos y para mejorar el suelo y controlar la erosión en diferentes sistemas de producción. Por lo tanto, el nuevo enfoque del Proyecto de Forrajes es identificar germoplasma para uso múltiple en sistemas más intensivos de producción: (a) para rotaciones pastos-cultivos en sabanas, (b) para abonos verdes, (c) para cobertura en plantaciones y (d) para barreras vivas en laderas.

4. Objetivo

Evaluar e identificar germoplasma de gramíneas y leguminosas productivo para diferentes sistemas de producción en los trópicos húmedo y subhúmedo.

5. Logros esperados

- Gramíneas y leguminosas para ambientes con sequía estacional
- Gramíneas y leguminosas para tierras bajas en el trópico húmedo
- Gramíneas y leguminosas para sistemas cultivos-pastos
- Gramíneas y leguminosas para laderas de altitud media
- Sistemas de información sobre adaptación de especies forrajeras

6. Resumen de logros

6.1 Leguminosas para ambientes con sequía estacional

- Identificación de accesiones de *Galactia striata* (CIAT 20786, CIAT 8151 y accesiones nativas) por vigor de establecimiento en Quilichao.
- Prácticas apropiadas de siembra y manejo de corte (ras de suelo) en plantaciones establecidas) de la leguminosa semiarbusciva *Cratylia argentea*, muy adaptada a condiciones de sequía.

6.2 Leguminosas para laderas de altitud media

- El guandul (*Cajanus cajan*) fue una de las leguminosas arbustivas con mayor potencial para zona de laderas del Cauca donde predominan suelos de baja fertilidad (atributos positivos: alto rendimiento y no presenta problemas de plagas y enfermedades).
- Identificación de accesiones de guandul con alto potencial forrajero, para uso en barreras vivas, y para producción de grano.
- Siembra de colección de leguminosas arbustivas para caracterizar grado de adaptación a diferentes altitudes en suelos de laderas del Cauca. Especies más sobresalientes a través de sitios: *Leucaena diversifolia* CIAT 17271, *Pueraria wallichi* CIAT 21076 y 21287, *Rhynchosia schomburgkii* CIAT 22235 y 8215, *Sesbania sesban* CIAT 19678, y *Sesbania keniensis* CIAT 19165. Sin embargo, lento establecimiento de las especies evaluadas y diferente respuesta a fertilización debida a sitio.

6.3 Leguminosas para tierras bajas en el trópico húmedo

- Alta incidencia de antracnosis en el germoplasma de *Arachis* evaluado.
- Accesiones de *Arachis pintoi* mejor adaptadas y con mayor rendimiento han sido: CIAT 22157, 22160, 18752 y 18751.
- Selección de accesiones superiores de *Desmodium heterocarpon-ovalifolium* en el Caquetá, Colombia (precozes: CIAT 13110, 23618 y 13030; mayor rendimiento: CIAT 13305, 13105, 3788, 350, 13125 y el híbrido 33058).
- Identificación de la leguminosa arbustiva *Codariocalyx gyroides*, para los sistemas de ganado doble propósito en el Caquetá, Colombia.

6.4 Gramíneas para sistemas de cultivos-pastos en sabana

- Buen establecimiento de asociaciones de gramínea-leguminosa después de un cultivo de maíz en Carimagua. Los mayores rendimientos de biomasa se encontraron con la asociación *Panicum maximum* CIAT 6799 con *Centrosema pubescens* CIAT 5634 y *Brachiaria brizantha* CIAT 6780 con *Arachis pintoi* CIAT 22160.
- Mayor producción de maíz sembrado en asociación con gramíneas/ leguminosas se alcanzó con la leguminosa *Pueraria phaseoloides* CIAT 8042 en las dos asociaciones con gramínea (*P. maximum* y *B. brizantha*).

6.5 Sistemas de información sobre adaptación de especies forrajeras

- Implementación completa de la base de datos de germoplasma de forrajes en el sistema ORACLE, lo cual facilita el acceso a estos datos con fines de

análisis de distribución a través de sistemas de información geográfica (SIG).

- Generación de dos mapas de alta probabilidad de ocurrencia natural de *S. humilis* y *S. viscosa* con base en SIG.
- Por primera vez se integraron los datos de caracterización isoenzimática en *Stylosanthes* con los de SIG en un proyecto colaborativo con la Universidad de Birmingham, Reino Unido. Se encontraron relaciones de ciertos patrones isoenzimáticos con grupos climáticos definidos por SIG.

7. Actividades planeadas para 1997/1998

- Continuar evaluaciones de *Galactia striata* y *Cratylia argentea* en laderas.
- Siembra y evaluación por adaptación a diferentes ambientes de una colección de *Leucaena* spp. proveniente de OFI.
- Siembra y evaluación de una colección de *Paspalum* spp. procedente de Brasil para adaptación a suelos inundables.
- Evaluación de tolerancia a sequía de accesiones e híbridos de *Brachiaria* spp.
- Evaluación de tolerancia a sequía de accesiones de *Calliandra calothyrsus* proveniente de OFI.
- Análisis de adaptación a diferentes ambientes de accesiones de *Arachis pintoii* mediante integración del Sistema de Información Geográfica (SIG) con datos de ensayos agronómicos multilocacionales.

8. Producto tangible de este proyecto

Amplio rango de especies de gramíneas y leguminosas (herbáceas y arbustivas) con potencial para sistemas de producción contrastantes en sabanas, laderas y márgenes de bosque en Colombia.

1. Título: Atributos de adaptación de gramíneas y leguminosas a suelos infértiles

2. Coordinador del proyecto: I.M. Rao

3. Justificación

La baja disponibilidad de nutrimentos es la principal limitante para la adaptación y producción de especies forrajeras en el trópico. La adopción generalizada de cultivares de gramíneas y leguminosas depende de la eficiencia para obtener nutrimentos del suelo y su utilización para crecimiento. Las plantas adaptadas tienen atributos relacionados con su habilidad para obtener estos nutrientes en ambientes con pH bajo y alto aluminio. El entendimiento de estos mecanismos es fundamental para desarrollar métodos de selección de gramíneas y leguminosas más eficientes. El mejoramiento por adaptación a suelos de baja fertilidad, sin pérdida de rendimiento de forraje o calidad, contribuirá a la disminución en los requerimientos de insumos, en reducción de costos de producción animal y en menos problemas ambientales por degradación de pasturas y suelos.

Este proyecto de investigación estratégica enfatiza la identificación de los atributos de las raíces, parte aérea y reproductivos de genotipos de gramíneas y leguminosas que conduzcan a: (1) una mayor eficiencia en selección y mejoramiento; (2) identificación de las interacciones nutricionales críticas planta-suelo, planta-planta y planta-suelo-animal en sistemas de producción animal basados en pasturas; y (3) a la identificación de nichos ecológicos para germoplasma forrajero.

2. Objetivos

Identificar atributos de gramíneas y leguminosas asociadas con tolerancia a suelos de baja fertilidad y que contribuyen a la absorción y utilización eficiente de nutrientes, con el fin de desarrollar métodos confiables de selección de nuevas especies.

3. Logros esperados

- Identificación de atributos de gramíneas y leguminosas que confieren tolerancia a suelos de baja fertilidad.
- Determinación del papel de las raíces de gramíneas y leguminosas en el reciclado de nutrientes y almacenamiento de carbono en el suelo.
- Desarrollo de asociaciones estables de gramíneas-leguminosas para

sistemas de pastoreo.

4. Resumen de logros

4.1 *Atributos de adaptación de gramíneas y leguminosas seleccionadas a suelos de baja fertilidad*

- La variación genotípica en producción de área foliar y porcentaje de N en hojas respecto a la parte aérea de las especies de *Brachiaria*, es mayor que la variación en absorción de N del suelo.
- Se identificaron 3 atributos en genotipos de *Brachiaria* (producción de área foliar, longitud de la raíz y eficiencia de absorción de P por unidad de longitud de raíz), que podrían servir como índices de selección por tolerancia a suelos de baja fertilidad.
- Se demostró que la variación genotípica en *Brachiaria* en algunos atributos clave de la planta era mayor que la variación debida a cambios en la disponibilidad de nutrimentos en el suelo.
- Se demostró que *Brachiaria ruziziensis* está menos adaptado a Oxisoles de baja fertilidad, que otras especies de *Brachiaria* debido a su incapacidad para alterar el fraccionamiento de materia seca entre raíces y parte aérea a medida que la disponibilidad de nutrimentos disminuye en el suelo.
- Se demostró que en especies de *Brachiaria* y *Arachis*, atributos como longitud y ramificación de la raíz son factores principales en la absorción de P y Ca en suelos de baja fertilidad.
- Se demostró, en condiciones de invernadero, que el crecimiento de plantas de *Arachis pintoii* en suelos franco-arcillosos puede ser mejorado mediante la inoculación con micorrizas vesículo-arbusculares.

4.2 *Función de las raíces en adaptación a suelos de baja fertilidad*

- Se demostró que la producción de biomasa de las raíces fue mayor en pastos mejorados que en pastos de sabana nativa.
- Se encontró que pasturas mejoradas basados en leguminosas pueden almacenar cantidades significativas de C en el suelo.

4.3 *Asociaciones de gramíneas y leguminosas estables bajo pastoreo*

- Se demostró que las pasturas basadas en leguminosas no sólo pueden mejorar el suministro de N, sino que también pueden estimular el reciclaje de otros nutrientes como Ca.

5. Actividades planeadas para 1997/1998

5.1 *Atributos de adaptación de gramíneas y leguminosas a suelos de baja fertilidad*

- Determinar diferencias genotípicas en *Arachis pintoi* en absorción y utilización de N, P y Ca en un Oxisol.
- Determinar diferencias genotípicas en atributos de la raíz y biomasa aérea de 24 genotipos de *Arachis*, *Stylosanthes* y *Centrosema*, cultivados en un Oxisol franco-arcilloso con diferentes niveles de fertilizantes.
- Continuar los estudios sobre mecanismos bioquímicos y moleculares de tolerancia a estrés de suelo ácido en *Brachiaria*.

5.2 *Función de las raíces en la adaptación de gramíneas y leguminosas a suelos de baja fertilidad*

- Continuar mediciones en cambios de la biomasa y longitud de raíces de gramíneas-leguminosa sembradas en asociación y bajo condiciones de pastoreo en los llanos.
- Iniciar estudios de raíces en pasturas nativas y mejoradas en el piedemonte caqueteño.

5.3 *Asociaciones de gramíneas y leguminosas estables bajo pastoreo*

- Continuar la investigación de atributos de la parte aérea y de la raíz que mejoran la absorción de nutrimentos y la persistencia de las leguminosas en asociaciones con gramíneas.

6. Producto tangible de este proyecto

- Cultivares de gramíneas y leguminosas adaptadas a suelos infértiles que contribuirán a pasturas más estables, uso más eficiente de fertilizantes a mayor producción animal en zonas tropicales y a reducir efecto de gases de invernadero.

1. Título: Gramíneas y leguminosas con alto valor nutritivo para rumiantes

2. Coordinador del proyecto: Carlos E. Lascano

3. Justificación

La aceptabilidad y adopción de nuevas especies forrajeras por productores están determinadas por sus efectos benéficos sobre la producción animal (i.e. ganancia de peso y producción de leche). En consecuencia, las especies forrajeras nuevas deben caracterizarse en términos de calidad nutritiva y potencial de producción animal.

Un gran número de especies tropicales de leguminosas herbáceas y leñosas adaptadas a suelos ácidos y de baja fertilidad tienen niveles altos de taninos condensados. Para desarrollar métodos de selección por presencia de taninos en leguminosas tropicales y diseñar estrategias de utilización de estas leguminosas, es necesario comprender mejor cómo éstos y otros polifenoles afectan el consumo, digestibilidad y utilización de nitrógeno por rumiantes. Además, para definir estrategias de mejoramiento e identificar nichos ecológicos de nuevas especies forrajeras es necesario cuantificar interacciones genotipo x ambiente en términos de productividad y valor nutritivo.

4. Objetivo

Determinar el valor nutritivo y potencial de producción animal de nuevas especies de gramíneas y leguminosas seleccionadas para suelos ácidos en los trópicos subhúmedo y húmedo.

5. Logros esperados

- ▣ Metodología para selección de leguminosas con taninos y otros polifenoles.
- ▣ Estrategias de utilización de leguminosas con taninos.
- ▣ Definición de nichos ecológicos y sistemas de producción de gramíneas y leguminosas con base en producción y calidad.
- ▣ Definición de estrategias de selección y mejoramiento de gramíneas y leguminosas con base en atributos de calidad.
- ▣ Nuevas especies de gramíneas y leguminosas con alto potencial de producción animal disponibles para productores.

6. Resumen de logros

6.1 *Influencia de los taninos en la calidad nutritiva de leguminosas*

- Efecto positivo en consumo, digestibilidad y retención de nitrógeno en ovinos debido a reducción de taninos en leguminosas.
- Diferencias entre especies de leguminosas en clase de taninos presentes (i.e. hidrolizables y condensados).
- Diferencias en una misma especie de leguminosas en distribución de taninos en el tejido (i.e. solubles y ligados a proteína/fibra).
- Diferencias entre especies y dentro de especie de leguminosa en actividad biológica (i.e. afinidad con proteínas) de taninos solubles presentes.

6.2 *Influencia del ambiente en el valor nutritivo de especies forrajeras seleccionadas*

- Variación en digestibilidad de especies de *Brachiaria* más relacionada con genotipo que con factores ambientales (i.e. fertilidad del suelo y clima), lo cual indica que existen posibilidades de seleccionar genotipos de *Brachiaria* por calidad nutritiva.

6.3 *Potencial de producción animal de nuevas especies forrajeras*

- Incremento de 40% en producción de leche de vacas en pastoreo con un híbrido de *Stylosanthes guianensis* en asociación con *Brachiaria dictyoneura* cv. Llanero.
- Alto potencial de producción de leche con un genotipo de *Panicum maximum* seleccionado para suelos ácidos.

7. Actividades planeadas para 1997/1998

7.1 *Estudios sobre influencia de taninos en calidad nutritiva de leguminosas*

- Definir y cuantificar con cromatografía líquida de alta presión (HPLC) los tipos de taninos presentes en leguminosas seleccionadas.
- Estudiar el efecto de niveles de taninos solubles en actividad de bacterias ruminales a través de fermentación in vitro (i.e. producción de gas, ácidos grasos volátiles).
- Estudiar el efecto de niveles de taninos en la degradabilidad in vitro de proteínas.

- Uso de espectrofotometría infrarroja (NIRS) para medir taninos y otros atributos de calidad de forrajes

7.2 Estudios sobre influencia del ambiente en calidad nutritiva de gramíneas y leguminosas

- Determinar diferencias en calidad nutritiva de recombinantes genéticos de *Brachiaria* bajo diferentes niveles de fertilización.
- Determinar diferencias debidas a factores ambientales (i.e. 4 localidades en Colombia) en la calidad nutritiva y niveles de taninos en genotipos de *Desmodium ovalifolium*.
- Determinar diferencias debidas a factores ambientales (i.e 7 localidades en Colombia) en la calidad nutritiva de genotipos de *Arachis pintoii*.

7.3 Estudios sobre potencial de producción animal de nuevas especies forrajeras

- ▶ Multiplicar semilla del genotipo de *P. maximum* seleccionado para suelos ácidos y de ecotipos productivos de *B. brizantha* para pruebas en fincas con vacas lecheras.
- ▶ Multiplicar semilla de nuevos ecotipos de *Arachis pintoii* seleccionadas por alta productividad y persistencia en asociación con gramíneas para pruebas en fincas con vacas lecheras.

8. Producto tangible de este proyecto

Cultivares de gramíneas y leguminosas con alta calidad nutritiva que contribuirán a aumentar producción de leche y carne en zonas tropicales.

1. Título: Nueva *Brachiaria* resistente al mión

2. Coordinadores del proyecto: J.W. Miles, C. Cardona

3. Justificación

El género *Brachiaria* es la fuente de especies forrajeras más importantes y de mayor cultivo en el trópico. Solamente en el Brasil se estima que existen más de 50 millones de hectáreas con éste género. En Colombia existen aproximadamente 3 millones de hectáreas sembradas con especies de *Brachiaria* en diferentes zonas agroecológicas. Desafortunadamente, la principal especie de *B. decumbens* cv. *Basilisk*, utilizada por productores, es muy susceptible al ataque del salivazo (diversas especies y géneros de la familia Cercopidae, orden Homóptera). Se estimó que en 1995 el área afectada por esta plaga en el piedemonte llanero fue de 350.000 ha, con pérdidas cercanas a Col\$7.000 millones. *B. brizantha* cv. Marandú, liberado en Brasil, es altamente resistente al salivazo, pero no persiste en suelos de baja fertilidad predominantes en muchas zonas ganaderas. Un tercer cultivar comercial, *B. brizantha* cv. La Libertad, liberado por el Instituto Colombiano Agropecuario, es intermedio tanto en resistencia a salivazo como en persistencia.

Durante 1984-1985, el CIAT realizó una misión de recolección de germoplasma de *Brachiaria* en Africa Oriental y se recolectaron casi 800 nuevas accesiones de más de 20 especies. A partir de 1988 se inició en CIAT un programa de mejoramiento de *Brachiaria*, en el que se busca combinar la adaptación edáfica y persistencia de *B. decumbens* con la resistencia a salivazo de *B. brizantha*. Esta actividad se complementa con la selección de accesiones nativas de *Brachiaria* por rendimiento, producción de semilla y calidad nutritivas.

4. Objetivos

Mejorar la utilidad y productividad de *Brachiaria* mediante la identificación de accesiones de germoplasma natural en el género y generación de genotipos superiores con resistencia a salivazo a través de hibridización interespecífica.

5. Logros esperados

- Nuevos recursos genéticos de *Brachiaria*
- Marcadores moleculares de apomixis y resistencia al salivazo en *Brachiaria*
- Genética de la apomixis en *Brachiaria*
- Nuevos cultivares de *Brachiaria*, resistentes al mión de los pastos adaptados a suelos de baja fertilidad y con alta calidad nutritiva.

6. Resumen de logros

- El Proyecto de mejoramiento de *Brachiaria* se desarrolla en: (a) CIAT (labores de laboratorio, conservación de germoplasma natural e híbrido); (b) Carimagua (evaluación agronómica en ensayo de campo); (c) Montañita-Caquetá (evaluación agronómica en ensayos de campo, con énfasis en resistencia/tolerancia al mión de los pastos en colaboración con Agroganadera del Valle del Cauca); (d) Popayán y Chinchiná (multiplicación de semilla de materiales promisorios en colaboración con Cenicafé; y (e) en 12 localidades (ensayos agronómicos multilocacionales que incluyen cuatro sitios en los Llanos Orientales y uno en la Amazonía) en colaboración con Corpoica, universidades, particulares y Fondo Nacional del Ganado.

Los principales logros hasta la fecha han sido:

- Establecimiento de 12 ensayos agronómicos en ambientes que van desde el norte del Departamento de Bolívar hasta el Caquetá. El objetivo de los experimentos es exponer 20 accesiones seleccionadas, 2 híbridos y 2 testigos a un rango amplio de condiciones ambientales. Las accesiones experimentales son selecciones de una colección de germoplasma de *Brachiaria* hecha en el Africa entre 1984 y 1985. Los híbridos son los primeros productos de un proyecto de fitomejoramiento de *Brachiaria* que se lleva a cabo en CIAT desde 1988.
- Mejoramiento de una población sexual de *Brachiaria* para que sirva como base de futuros trabajos de desarrollo de nuevos cultivares de *Brachiaria*. Se seleccionaron 12 clones parentales con base en observaciones de campo (dos sitios) y laboratorio (infestación artificial con mión), los cuales se están recombinando para producir nuevas poblaciones segregantes.
- Publicación de las Memorias del Taller Internacional sobre la Biología, Agronomía y Mejoramiento de *Brachiaria*, que reúne una amplia gama de información sobre el género. Esta publicación representa un producto tangible de la investigación en *Brachiarias* a nivel mundial.
- Desarrollo de nueva metodología para mejorar la confiabilidad y eficiencia de selección de *Brachiaria* por resistencia genética al mión de los pastos.
- Publicación en una revista internacional de trabajo (Further evidence on the inheritance of apomixis in *Brachiaria*" por J.W. Miles y M.L. Escandón) que reporta resultados relevantes al diseño de esquemas eficientes para la producción de cultivares apomícticos superiores de *Brachiaria*.

- Comprobación de ligamento de un marcador molecular con el gen de apomixis en una segunda publicación híbrida de *Brachiaria*. Se han ubicado varios marcadores moleculares en región cercana al gen de apomixis, lo cual facilitará el proceso de determinación de modo reproductivo en poblaciones híbridas grandes.
- Establecimiento de parcelas de 10 selecciones promisorias de *Brachiaria* para producir semilla para ensayos de pastoreo en fincas de productores.

5. Actividades planeadas para 1997-1998

- Redefinir mapa molecular en la región del gen de apomixis de *Brachiaria*.
- Estudios de bioecología del mión de los pastos en diferentes regiones de Colombia (i.e. Llanos, Costa Norte y Amazonía).
- Desarrollar mejores metodologías para determinar resistencia/tolerancia al mión de los pastos.
- Someter población sexual de *Brachiaria* a ensayos de campo en los Llanos Orientales y Amazonía.
- Establecer ensayos de pastoreo en fincas en los Llanos Orientales y Amazonía para determinar la bondad de nuevas selecciones de *Brachiaria* en cuanto a productividad animal. Estas serán las primeras siembras de líneas seleccionadas de *Brachiaria* en escala semi-comercial y cuyos resultados servirán para eventuales liberaciones de nuevos cultivares comerciales en Colombia.
- Iniciar estudios colaborativos con CORPOICA sobre el potencial de nuevas selecciones de *Brachiaria* para sistemas de cultivos/pastos en los Llanos Orientales.

6. Producto tangible de este proyecto

- Nuevos cultivares de *Brachiaria* con resistencia a salivazo, tolerancia a suelos de baja fertilidad, rapidez de establecimiento y buena calidad nutritiva.

1. Título: Nuevos cultivares de *Arachis* para uso múltiple

2. Coordinador del proyecto: J.W. Miles

3. Justificación

Las especies silvestres de *Arachis* tienen alto potencial para uso en pasturas en asociación con gramíneas o como cultivos de cobertura en el trópico húmedo y subhúmedo. En este contexto leguminosas como el *Arachis* pueden contribuir mediante cobertura del suelo y fijación de N a la sostenibilidad de sistemas agrícolas y ganaderos. Los estudios 'ex-ante' sugieren una tasa de retorno social interna alta con el uso de *Arachis* en sistemas de producción contrastante (ganadería doble propósito, frutales u otros cultivos de árboles perennes). Sin embargo, el desarrollo de *Arachis* como leguminosa forrajera comercial actualmente se basa, casi exclusivamente, en un solo genotipo. Aunque este cultivar es exitoso, tiene varios problemas en el establecimiento y limitada tolerancia a las épocas prolongadas de sequía. Por lo tanto, es necesario desarrollar y evaluar accesiones adicionales con el objeto de extender el rango de adaptación de *A. pintoi* y asegurar la disponibilidad de genes de resistencia a enfermedades y la aparición posible de insectos en el futuro.

4. Objetivo

Extender el rango de adaptación de especies de *Arachis* mediante la ampliación de la base genética disponible a través de recolección, evaluación, estudios de diversidad genética para resistencia a enfermedades e insectos, y mejoramiento de prácticas de manejo.

5. Logros esperados

- Nuevo germoplasma de *Arachis*.
- Germoplasma de *Arachis* caracterizado para variación genética.
- Nuevo germoplasma de *Arachis* evaluado por adaptación ambiental.
- Tolerancia a enfermedades e insectos conocida en especies de *Arachis*.
- Germoplasma de *Arachis* de rápido establecimiento.
- Condiciones óptimas para producción y almacenamiento de semillas de *Arachis*.

6. Resumen de logros

6.1 Nuevo germoplasma

- Aumento en el número de accesiones de *A. pintoii* y de *A. repens* disponibles en el banco de recursos genéticos en CENARGEN (134) y CIAT-Colombia (72).
- Nuevo germoplasma de *Arachis pintoii* recolectado en áreas con menos de 1000 mm de precipitación.

6.2 Germoplasma caracterizado

- Caracterización morfológica e isoenzimática del nuevo germoplasma de *A. pintoii* mostró que el rango de variación ha aumentado a medida que se agregan nuevas accesiones. Existe una buena separación en grupos según su origen geográfico y no se han detectado genotipos duplicados en las accesiones mantenidas en el CIAT.

6.3 Evaluación de nuevo germoplasma por adaptación ambiental

- Evaluación multilocacional en 6 sitios de 19 nuevas accesiones de germoplasma introducido a Colombia, destaca el potencial agronómico de varias accesiones, entre ellas *A. pintoii* CIAT 22160, 18744, 18751 y 18747. Calidad forrajera de las accesiones nuevas parece ser tan buena o mayor que la del cultivar comercial *A. pintoii* CIAT 17434.
- Evaluación multilocacional de 32 accesiones adicionales de *Arachis* comenzó en 1996 en varios sitios de Colombia.

6.4 Tolerancia a enfermedades

- Estudios iniciales sobre enfermedades en *Arachis pintoii* mostró que *Cercospora*, *Rhizoctonia* y *Antracnosis* podrían ser de importancia económica en los llanos y márgenes de bosque.

6.5 Accesiones con mayor rapidez de establecimiento

- Se encontró que ciertas accesiones de *A. pintoii* (CIAT 22236, 2238 y 2241) se establecen más rápido que el cultivar comercial *A. pintoii* 17434.

6.6 Producción y almacenamiento de semillas

- Se encontró que la calidad de la semilla de *A. pintoi* depende del sitio de producción, de la manipulación poscosecha y del almacenamiento; el deterioro de la semilla puede ser rápido en condiciones húmedas, pero insignificante cuando la humedad ambiental es baja.

7. Actividades planeadas para 1997/1998

- Introducción a CIAT-Colombia de accesiones adicionales multiplicadas en Brasil y nuevas colecciones en Paraguay.
- Estudios en colaboración con ICRISAT y EMBRAPA/CENARGEN para determinar diversidad genética en *Arachis* con el uso de isoenzimas y marcadores moleculares.
- Evaluación de nuevas introducciones de *A. pintoi* y *A. repens* en colaboración con CORPOICA para la liberación de nuevos cultivares para diferentes regiones de Colombia con mejor adaptación, productividad y calidad.
- Seguimiento a estudios iniciales de aceptabilidad y adopción de *Arachis* por productores en Colombia.
- Producción de semillas de *Arachis* en asociación con el sector comercial, con asistencia en producción con almacenamiento y calidad de semilla.

8. Producto tangible de este proyecto

- Cultivares de *Arachis pintoi* para diferentes ecosistemas en Colombia y con potencial de uso diverso (i.e. pasturas asociadas, cobertura en plantaciones).

1. Título: Caracterización de biodiversidad patogénica para el mejoramiento de *Stylosanthes*

2. Coordinador del proyecto: Segenet Kelemu

3. Justificación

Stylosanthes guianensis es una leguminosa forrajera, con una amplia distribución natural en toda Suramérica tropical y subtropical. Es una de las especies de leguminosas forrajeras más importantes en Australia y en América del Sur. Sin embargo, una de las principales limitaciones para su uso generalizado como especie forrajera es la antracnosis, causada por el hongo *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Sacc. En Colombia se han registrado pérdidas de materia seca en *S. guianensis* entre 64% y 100%. El patógeno presenta una considerable variación en morfología y en patogenicidad, pero se conoce poco sobre la composición de razas del hongo en Suramérica, principalmente porque faltan cultivares y/o accesiones diferenciales apropiadas. Para que los programas de mejoramiento de *Stylosanthes* sean efectivos, es esencial conocer la forma en que las razas de los aislamientos del hongo se especialicen entre diferenciales apropiados y cómo se distribuyan geográficamente. Con esta información se pueden utilizar estrategias de despliegue de genes precisos para desarrollar cultivares de *Stylosanthes* con una resistencia estable contra la antracnosis en condiciones de campo.

Además de la resistencia a la antracnosis, otras deficiencias en algunos ecotipos de *S. guianensis* son baja producción de semilla y pobre vigor de las plántulas, lo cual determina baja persistencia bajo pastoreo.

4. Objetivos

- Determinar la variabilidad del patrón de virulencia de aislamientos de *C. gloeosporioides* provenientes de América del Sur.
- Identificar genotipos de *S. guianensis* que diferencien las razas fisiológicas del patógeno.
- Identificar fuentes de resistencia en *S. guianensis* a la antracnosis.
- Desarrollar germoplasma de *Stylosanthes* con alto rendimiento de semilla, buen vigor de la plántula y resistencia a la antracnosis.

5. Logros esperados

- Nuevos acervos genéticos de *Stylosanthes*, con resistencia a la antracnosis

y alta productividad.

- Aislamientos de *C. gloeosporioides*, caracterizados con base en sus patrones de patogenicidad en los diferenciales y las líneas endogámicas existentes.
- Aislamientos de *C. gloeosporioides*, caracterizados con base en marcadores moleculares y en análisis bioquímico.
- Identificación de nuevas enfermedades de importancia comercial en *Stylosanthes*.
- Nuevos cultivares de *Stylosanthes* disponibles para productores.

6. Resumen de logros

Los estudios realizados bajo condiciones de estricta bioseguridad que aseguran que no haya escape del hongo del laboratorio han mostrado:

- Población de *C. gloeosporioides* altamente variable en América del Sur, centro de origen de *Stylosanthes* y posiblemente centro de diversidad del patógeno.
- Diversa y compleja población de *C. gloeosporioides*, el hongo que causa la antracnosis en *Stylosanthes*, en los Llanos de Colombia. Por lo tanto, los llanos, podría ser una buena localidad para selección por resistencia a la antracnosis en *Stylosanthes*, debido a composición diversa de la población patogénica existente
- Nuevas fuentes de resistencia a la antracnosis fueron identificadas entre genotipos de *Stylosanthes*.
- Nuevos genotipos de *S. guianensis* con alta producción de semilla fueron identificados.
- Un grupo de 12 genotipos compuestos de accesiones de *S. guianensis*, liberados como cultivares y líneas mejoradas fueron seleccionados y ensamblados para uso como diferenciales.
- El agente causal del complejo de muerte descendente y marchitamiento en *Stylosanthes* se identificó como *Lasiodiplodia theobromae*, un patógeno virulento no especializado que causa lesiones en la planta, con una amplia distribución mundial y con más de 500 plantas hospedantes.
- Algunas fuentes de resistencia a la muerte descendente y marchitamiento del patógeno *Lasiodiplodia theobromae* han sido identificados entre los genotipos de *Stylosanthes* evaluados.

7. Actividades planeadas para 1997/1998

- Caracterización bioquímica (enzimática) del hongo de *C. gloeosporioides*.
- Caracterización molecular (RAPD, RFLP) del hongo *C. gloeosporioides*.
- Estudios sobre la especialización fisiológica del hongo *C. gloeosporioides* en su interacción con el huésped (*S. guianensis*).
- Identificación de fuentes de resistencia en *S. guianensis* al patógeno

- Lasiodiplodia theobromae* causante de muerte descendente de la planta.
- Análisis de datos sobre caracterización molecular del hongo *C. gloeosporioides* utilizando varios paquetes estadísticos.

8. Producto tangible de este proyecto

Cultivares de *Stylosanthes guianensis* con alta producción de semilla, resistencia estable a antracnosis y otras enfermedades con utilidad para sistemas agrícolas (i.e. abono verde) y ganaderos (i.e. forraje) en diferentes ecosistemas.

1. Título: Componentes forrajeros para sistemas de producción agrícolas y ganaderos

2. Coordinador del proyecto: Carlos E. Lascano

3. Justificación

Las plantas forrajeras tienen usos múltiples, entre otros, son fuente de alimento para animales, mejoran la fertilidad del suelo y controlan la erosión en sistemas de producción en el trópico. Para asegurar la adopción de nuevos componentes forrajeros por productores es necesario evaluar su comportamiento en sistemas de producción conocidos; además, se debe asegurar su adaptación en un ambiente específico y desarrollar sistemas de multiplicación y distribución de semillas.

Este proyecto se considera como una interfase entre el desarrollo de germoplasma y la adopción por productores de los componentes forrajeros desarrollados por el Proyecto de Forrajes (IP5) del CIAT en colaboración con otros proyectos del CIAT (i.e. PE5) e instituciones nacionales.

4. Objetivo

Desarrollar y evaluar el impacto socioeconómico y ambiental de nuevos componentes forrajeros en diferentes sistemas de producción.

5. Logros esperados

- Leguminosas arbustivas para suelos ácidos de baja fertilidad.
- Leguminosas para mejorar sistemas de rastrojo.
- Forrajes para cobertura del suelo, control de erosión y de malezas.
- Asociaciones de gramíneas y leguminosas para tierras bajas.
- Asociaciones de gramíneas con leguminosa para sistemas agropastoriles.
- Multiplicación de semilla de líneas seleccionada
- Estudios socioeconómicos de adopción de leguminosas

6. Resumen de logros

- Incremento de un 10 a 15% en producción de leche mediante la suplementación de la leguminosa arbustiva *Cratylia argentea* en la época seca.
- Incremento de 0.5 litro de leche con vacas doble propósito en pasturas con *Arachis pintoi* en fincas del piedemonte caqueteño.
- Utilidad de la leguminosa *Centrosema macrocarpum* para mejorar suelos de ladera degradados por cultivos anuales.
- Compatibilidad de la leguminosa *Chamaecrista rotundifolia* en asociación con yuca en laderas de altitud media.

- Utilidad de la gramínea elefante enano cv. Mott (*Pennisetum purpureum*) como barrera viva en laderas de altitud media.
- Ecotipos de *Arachis pintoii* (CIAT 22160, 18744, 18748) más compatibles con *Brachiarias* que el cultivar comercial (CIAT 17434).
- Difusión en Colombia del *Arachis pintoii* por empresas comerciales de semilla.
- Mayor rentabilidad marginal, según análisis ex-ante, para la producción de leche en pasturas con *Arachis pintoii* que en pasturas fertilizadas con nitrógeno.

7. Actividades planeadas para 1997/1998

7.1 Leguminosas arbustivas para suelos ácidos

- Utilización de *Cratylia argentea* en combinación con caña de azúcar como suplemento para vacas de leche en época seca.
- Utilización de *Codariocalyx gyroides* como fuente de proteína para vacas lecheras en el piedemonte caqueteño.

7.2 Leguminosas para mejorar barbecho

- Medición del efecto residual de niveles de P en la producción de *Centrosema macrocarpum* en laderas del Cauca.
- Rapidez de establecimiento de varias leguminosas en asociación con *Brachiaria* bajo diferentes manejos de fertilización y labranza en laderas del Cauca.

7.3 Asociación de gramíneas y leguminosas para tierras bajas

- Medición de composición botánica de pasturas comerciales de *Brachiaria* con y sin *Arachis pintoii* y su efecto en producción de leche en fincas de ganado doble propósito del piedemonte caqueteño.
- Efecto de diferentes tipos de labranza en la recuperación de pasturas degradadas en el piedemonte caqueteño.

7.4 Multiplicación de semilla de líneas seleccionadas

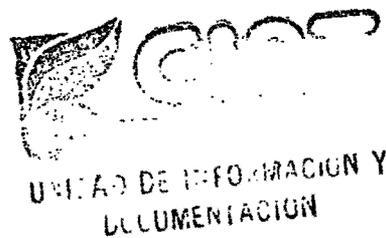
- Multiplicación de semilla de nuevos ecotipos de *P. maximum* y *B. brizantha* para pruebas regionales.
- Multiplicación de semilla de nuevos ecotipos de *Arachis pintoii* para evaluación en fincas del llano y Caquetá.
- Multiplicación de semilla de *Cratylia argentea* para evaluar su uso como fuente de proteína en época seca en fincas de ganado doble propósito de la costa norte de Colombia.

7.5 Estudios socioeconómicos sobre adopción de leguminosas

- Impacto económico potencial de tecnología basada en *Arachis pintoi* en los sistemas ganaderos doble propósito del Caquetá.

8. Producto tangible de este proyecto

- Cultivares de gramíneas y leguminosas (herbáceas y arbustivas) aceptables a productores para mejorar productividad animal y además contribuir al medio ambiente en sistemas de ladera, sabanas y márgenes de bosques.



1. Título: **Mejoramiento de arroz para incrementar volúmenes y eficiencia de la producción con nuevas variedades**

2. Personal científico: César P. Martínez, Marc Chatel (CIRAD-CA), Jaime Borrero, Zaida Lentini, Yolima Ospina Joe Tohme y un PostDoctorado.

3. Justificación

La investigación se realiza dentro del marco del convenio Corpoica-CIAT-Fedearroz responsable, hasta la fecha, de la obtención de 18 variedades mejoradas adecuadas a las distintas modalidades del cultivo presente en Colombia. Gracias a la masiva adopción de estas variedades y de mejores paquetes tecnológicos la producción total de arroz se triplicó rápidamente favoreciendo en primer lugar a los consumidores especialmente a los sectores más pobres a través de menores precios y en menor escala a los productores.

Pese a los esfuerzos realizados, la tendencia en la productividad promedia en el período 1972-1996 ha permanecido estable; por consiguientes, se habla de haberse alcanzado un techo tecnológico en la productividad. Además, la base genética del cultivo es bastante estrecha, lo cual incrementa los peligros de ataques masivos de plagas y enfermedades; la estrategia seguida ha sido la de mantener los altos rendimientos logrados en la década de los setenta pero incorporando mayor resistencia a las plagas y enfermedades prevalentes en el país y mejorando la calidad el grano. Por último, el incremento en los costos de producción ha disminuido la rentabilidad del cultivo lo cual afecta en gran manera la competitividad del arroz en el mercado exterior. Por tanto, es necesario complementar la estrategia pasada con otra mediante la cual se rompa el techo biológico de la productividad, se amplíe la base genética del cultivo y se logren incrementos sostenibles en la producción de arroz.

4. Objetivo del proyecto

Desarrollar poblaciones mejoradas con alto potencial de rendimiento y tolerancia a las principales plagas y enfermedades tales como Togasodes, virus de la hoja blanca, piricularia y escaldado de la hoja adecuadas a las condiciones se riego, secano mecanizado y suelos ácidos.

5. Enumeración de los productos del proyecto

- a. Desarrollo de poblaciones mejoradas mediante el uso de Selección Recurrente.
- b. Identificación y utilización de genes existentes en especies silvestres de

arroz para mejorar el potencial de rendimiento, la resistencia a enfermedades e insectos y la calidad del grano de las variedades mejoradas en Colombia a la vez que se identifiquen los genes de interés mediante técnicas de caracterización molecular.

c. Evaluación y caracterización del nuevo tipo de planta desarrollado por el Instituto Internacional de Investigaciones del Arroz (IRRI) y su utilización en el desarrollo de nuevas poblaciones.

d. Desarrollo de materiales de arroz bien adaptados a condiciones de secano desfavorecido de los Llanos y de las laderas andinas.

e. Capacitación científica de investigadores

6. Resúmenes de los principales avances hechos en 1996

a. Desarrollo de poblaciones mejoradas mediante Selección Recurrente. El objetivo específico de esta actividad es la formación y mantenimiento de poblaciones para las condiciones de riego, secano favorecido y secano de suelos ácidos (sabanas). Tres poblaciones (PCT6, PCT7 y PCT8) y un pool genético (GPCT9) se multiplicaron y mantuvieron en CIAT-Palmira; estas poblaciones son adecuadas para las condiciones de riego y secano favorecido. Se distribuyó semilla de estas poblaciones al Programa de Arroz de CORPOICA, con sede en el Centro Experimental Nataima en Espinal. En la Estación Experimental La Libertad, Villavicencio se multiplicaron y mantuvieron seis poblaciones (CNA-IRAT 5/0/4, CNA-IRAT A/0/2, CNA-IRATP/1/1, PCT-A/0/0/0, PCT-5/0/0/ y PCT-4/0/0/1 las cuales son adecuadas para las condiciones de secano encontradas en los suelos ácidos. Se formaron dos nuevas poblaciones (PCT-11 y PCT-13); la PCT-11 se formó con 26 progenitores escogidos entre las mejores líneas provenientes del programa convencional de mejoramiento para suelos ácidos y las mejores variedades comerciales de Brasil y Colombia. La población PCT-13 se formó para las condiciones de ladera de la zona Andina de Colombia y está constituida por 11 líneas mejoradas.

Los trabajos de mejoramiento para arroces de secano en suelos ácidos se concentran en el desarrollo de poblaciones a través del método de Selección Recurrente. Se mantiene un intercambio muy dinámico de germoplasma con Brasil. Recientemente se ha incrementado el esfuerzo con arroces de secano para altitud media. Este trabajo se realiza conjuntamente con Cenicafé y con el CIAO (en Santa Rosa de Cabal) para la zona cafetera. También se ha probado germoplasma en las laderas del Cauca donde el arroz puede ser un nuevo componente en arreglos de sistemas tradicionales de producción.

b. Identificación y utilización de genes provenientes de especies silvestres. El objetivo principal de esta actividad es la identificación y transferencia selectiva de bloques de genes asociados con características agronómicas de importancia

(rendimiento, resistencia a plagas y enfermedades, calidad, etc.) de las especies silvestres hacia las variedades mejoradas mediante el empleo de retrocruzamientos sucesivos y marcadores moleculares.

En 1994 se realizaron cruzamientos entre tres especies silvestres (*O. rufipogon*, *O. barthii* y *O. glaberrima*) con cuatro variedades de arroz riego. (BG90-2, Oryzica Llanos 5, Oryzica 3 y Morelos A88) y seis variedades de secano tolerantes a suelos ácidos. En 1995 se efectuó el primer retrocruce (RC₁) entre las variedades mejoradas de riego y secano y las especies silvestres; de acuerdo a las observaciones de campo, se seleccionaron los cruzamientos BG90-2/*O. rufipogon*, Oryzica Llanos 5/*O. rufipogon* y Caiapao/*O. rufipogon* y dentro de ellos las mejores plantas para formar el segundo retrocruce (RC₂). A comienzos de 1996 se evaluaron estos F1RC2 y se seleccionaron plantas individuales F2RC2, las cuales fueron sembradas en un ensayo replicado en cuatro localidades (CIAT-Palmira, Santa Rosa y La Libertad en Villavicencio y en Saldaña, Tolima) con y sin competencia de malezas; además, estos materiales fueron sembrados en invernadero para extracción de DNA; en estos momentos se están evaluando estos ensayos de campo y a finales de 1996 se estará analizando esta información.

c. Evaluación y caracterización del nuevo tipo de planta del IRRI. El objetivo principal fue evaluar y caracterizar el nuevo tipo de planta bajo dos sistemas de siembra (trasplante y siembra directa con semilla pregerminada) y diferentes densidades (100, 175 y 250 kg/ha de semilla en siembra directa y las distancias 10x10, 15x15 y 20x20 cm en trasplante). El experimento se realizó en CIAT-Palmira, con un diseño experimental de parcelas sub-subdivididas y 3 repeticiones; se evaluaron 11 líneas del nuevo tipo de planta y cuatro testigos comerciales (Perla, Oryzica 1, Oryzica Yacu 9 y BR-Irga 409). La fertilización utilizada fue de 60 kg/ha de K₂O, 60 kg/ha de P₂O₅ y 160 kg/ha de nitrógeno; se tomaron datos sobre los componentes de rendimiento y las principales características fisiológicas y agronómicas.

Se encontraron diferencias significativas entre las líneas del nuevo tipo de planta (NTP) y las variedades testigos. En siembra directa las líneas NTP tuvieron una mayor altura de planta, mayor número de días a floración, mayor longitud de panícula y mayor peso de 1000 granos, pero las variedades testigos presentaron un mayor rendimiento promedio, mayor índice de cosecha y menor porcentaje de esterilidad. En trasplante las líneas NTP presentaron mayor número de días a floración y mayor peso de 1000 granos, pero las variedades testigos presentaron un mayor rendimiento promedio, mayor índice de cosecha, mayor altura, mayor longitud de panícula y menor porcentaje de esterilidad. En condiciones de siembra directa y en la densidad de 1000 kg/ha las líneas NTP tuvieron el mayor rendimiento, mayor índice de cosecha, mayor peso de 1000 granos y menor porcentaje de esterilidad.

En trasplante las líneas NTP presentaron menor número de días a floración, mayor rendimiento, mayor longitud de panícula y mayor peso de 1000 granos en el distanciamiento 10x10.

Los mayores rendimientos promedios para las líneas NTP y las variedades testigos se presentaron en trasplante en el espaciamiento 10x10. El mayor índice de cosecha para las líneas NTP y las variedades se presentó en trasplante en el espaciamiento 15x15 y el menor porcentaje de esterilidad para las líneas NTP estuvo en el espaciamiento 20x20. En términos generales las líneas del NTP y las variedades testigos, tuvieron un mayor rendimiento, longitud de panícula, peso de 1000 granos, índice de cosecha, altura de planta y menor porcentaje de esterilidad bajo condiciones de trasplante.

En siembra directa, las líneas IR65600-96-1-2-2, IR66158-38-3-2-1 y la variedad Oryzica Yacu 9, tuvieron los más altos rendimientos y los más altos índices de cosecha. La línea IR66158-38-3-2-1, tuvo el más alto peso de 1000 granos, el menor porcentaje de esterilidad estuvo en la línea IR65600-61-3-1-3 y la mayor longitud de panícula se presentó en la línea IR66738-118-1-2.

Bajo trasplante el más alto rendimiento estuvo en la variedad Oryzica Yacu 9, seguido de la línea IR65600-96-1-2-2, Oryzica 1 y la IR65600-61-3-1-3. El menor porcentaje de esterilidad fue de la línea IR65600-61-3-1-3, el mayor índice de cosecha fue de la variedad Oryzica Yacu 9 y la línea IR65600-96-1-2-2; el mayor peso de 1000 granos estuvo en las líneas IR65600-87-2-2-3 y IR66155-2-1-1-2. La mayor longitud de panícula fue de la línea IR66738-118-1-2.

Con base en los resultados obtenidos se seleccionaron algunas líneas del NTP como progenitores donantes de las características deseables; se realizaron inicialmente 215 cruces simples y se están realizando 30 retrocruces y 8 cruces dobles con el objetivo de incorporar el nuevo tipo de planta en el germoplasma adaptado a las condiciones de Colombia. Por otra parte se introdujeron del IRRI nuevas líneas F3-F5 del NTP (460), la mayoría con grano largo y delgado, los cuales serán evaluados en CIAT-Palmira en 1997.

e. Arroces de secano. Se seleccionaron once líneas para desarrollo de una población. Estas líneas están bien adaptadas a secano de altitudes medias, típicas de la franja baja del eje cafetero: seis vienen de Madagascar, cuatro de los cruces para sabanas del CIAT y otra de IRAT. Con Cenicafé se han probado algunos materiales promisorios que han mostrado alto rendimiento en intercalados con café (5.0 t/ha). En el proyecto CIAT/CIRAD/Cenicafé se introdujeron 113 líneas de las cuales se seleccionaron 64 que tienen baja esterilidad, buen tipo de planta, buen rendimiento y precocidad. Cenicafé está evaluando la línea CT 10069-27-3-1-4 desde 1993 para lanzarla en la zona cafetera. Las pruebas de eficiencia ya se están desarrollando con Corpoica.

En cuanto a los trabajos de mejoramiento para la Altillanura, estos se concentran en el desarrollo de poblaciones mediante selección recurrente, dado que Corpoica discontinuó los trabajos específicos de mejoramiento para lanzar variedades en ese ecosistema.

d. Capacitación científica. Se realizaron dos talleres; el primero sobre el uso de la Selección Recurrente en el Mejoramiento Poblacional, el cual tuvo una duración de 10 semanas (abril 30-julio 06). El CIAT concedió becas a representantes de Corpoica y Fedearroz. Entre agosto 20-23/96 se realizó en Villavicencio el IV Taller Agropastoril con el objetivo de revisar los avances logrados en los sistemas de producción para las condiciones de los suelos de sabana de los Llanos Orientales. Participaron, entre otros, funcionarios del ICA y Corpoica. Por otra parte, durante el año recibieron capacitación en servicios en las áreas de fitomejoramiento y entomología 3 técnicos de Corpoica y uno de Fedearroz. Por último, un estudiante de la Universidad del Valle está realizando una tesis de grado concerniente al marcaje de genes que controlan la resistencia a la enfermedad virosa de la hoja blanca en arroz.

7. Planes para 1997

Se sugiere el siguiente plan de acción para 1997:

- a. Selección Recurrente: pasar estas actividades a CIRAD-CA bajo la dirección del Dr. Marc Chatel.
- b. Dada su relevancia y el estado de desarrollo en que se encuentra el sub-proyecto de segregación transgresiva (cruzamientos interespecíficos con arroz silvestres) se recomienda darle alta prioridad a la continuación de esta actividad bajo la supervisión directa del Dr. J. Tohme y la asistencia del Ing. Jaime Borrero.
- c. Nuevo tipo de planta: James Gibbons y el FLAR deberán estar en capacidad de continuar con la evaluación y selección de las 460 líneas F3-F5 que fueron seleccionadas recientemente en el IRRI.
- d. Secano: se continuarán evaluando materiales para las zonas de laderas tanto en el eje cafetero (estación de Paraguaycito) como en el Cauca (Pescador).

1. Título: Estudios sobre la variabilidad del agente causal del Añublo del Arroz (*Pyricularia grisea*) para el desarrollo de variedades con resistencia durable en Colombia

2. Coordinador del proyecto: Fernando Correa, Fitopatologo.

Investigadores colaboradores: Joe Tohme, Unidad de Biotecnología. James Gibbons, FLAR. Marc Chatel, CIRAD.

3. Objetivos

El principal objetivo del proyecto es estudiar las interacciones planta-hongo en el sistema arroz-pyricularia que conllevan a cambios en el patógeno y posteriormente al rompimiento de la resistencia en las variedades de arroz en Colombia. Estos estudios nos permitan desarrollar estrategias de mejoramiento para obtener una resistencia estable al patógeno e implementar medidas efectivas para la liberación de dicha resistencia. Es nuestro objetivo también trabajar con investigadores nacionales para asegurar la adopción de las nuevas tecnologías desarrolladas que ayuden a estabilizar la producción y calidad del arroz, reducir los costos de producción y el uso de pesticidas, mediante el uso de una resistencia más estable al añublo. Los trabajos durante 1996 se han realizado tanto en los invernaderos y laboratorios del CIAT en Palmira como en el Departamento del Meta (estaciones Santa Rosa y Matazul).

4. Resumen del progreso del proyecto

Las principales actividades del proyecto que se están desarrollando durante el presente año incluyen:

a) la caracterización de la estructura genética y de la virulencia así como sus frecuencias de poblaciones del hongo recolectadas en este mismo año en el Departamento del Meta.

Estos estudios han permitido determinar la dinámica poblacional del hongo en la Estación Experimental de Santa Rosa, la cual ha sufrido cambios con respecto a los años anteriores en cuanto a la frecuencia observada de las principales familias genéticas del hongo encontradas. En resumen, se ha observado un incremento sustancial en la familia genética SRL-4, ligada más probablemente al incremento en el área comercial de la variedad Oryzica Caribe 8, susceptible a dicho linaje. También se ha observado un incremento en la familia genética SRL-2 como respuesta a la siembra de la variedad Selecta 3-20 y Oryzica Yacu 9, susceptibles a dicha familia. La familia genética SRL-6 mantiene una alta frecuencia debido a la susceptibilidad de la variedad Oryzica 1. La familia genética SRL-5 ha disminuido significativamente en frecuencia

debido a la desaparición casi total de la variedad Cica 8 de los campos comerciales. Las familias SRL-1 y SRL-3 no fueron detectadas en la población estudiada, pudiéndose explicar su baja presencia a la desaparición del área comercial de las variedades Metica 1 (susceptible a SRL-3) y a la no siembra de la variedad Cica 9 (susceptible a SRL-1). Como aspecto importante, se tiene la observación de un aumento en la virulencia del linaje SRL-4, lo cual se está utilizando para la identificación de aislamientos que representen el espectro de virulencia de este linaje en la identificación de fuentes potenciales de resistencia a dicha familia y que nos permita identificar y liberar líneas de arroz con resistencia previniendo así posibles epifitias.

b) la identificación de fuentes de resistencia dentro del germoplasma de arroz del CIAT a las diferentes familias genéticas del hongo.

Un total de trescientas líneas de arroz del banco de germoplasma de arroz y 202 variedades comerciales de arroz de Latinoamérica han sido evaluadas por su resistencia a *Pyricularia* bajo condiciones de campo e invernadero a las diferentes familias genéticas del patógeno para ser utilizadas como progenitores en cruzamientos o en la disección de genes de resistencia al hongo. En general, se determinó que muy pocos materiales son resistentes a todos los linajes y que muchas líneas pueden ser utilizadas en cruzamientos con el objetivo de excluir toda la capacidad en virulencia detectada en el patógeno. Más de 50 cruzamientos han podido ser diseñados a partir de estos estudios que potencialmente podrían rendir líneas resistentes a toda la población del patógeno, llevando además otras características deseables.

c) prueba bajo condiciones de campo e invernadero de diferentes métodos para el desarrollo de resistencia estable utilizando líneas de arroz desarrolladas bajo el método de exclusión de linajes y selección recurrente.

A partir de 145 líneas F4 desarrolladas de la combinación de los genes de resistencia Pi-1 y Pi-2 se identificaron 45 líneas altamente resistentes al hongo las cuales posiblemente sean verdaderamente "doble" resistentes, es decir que lleven y expresen los dos genes de resistencia mencionados, los cuales han sido demostrados en estudios anteriores que en combinación confieren resistencia a toda la población de *Pyricularia* tanto en Colombia como en otros países. Dichos estudios serán corroborados con el uso de marcadores moleculares e invernadero. Un total de 85 líneas provenientes del segundo ciclo de selección recurrente a partir de 30 progenitores han sido identificadas como altamente resistentes a *Pyricularia*. Su resistencia es altamente probable que sea controlada por la acción de varios genes provenientes de varios de los progenitores usados bajo esta metodología. Dichos materiales serán distribuidos a diferentes investigadores en el país para ser usados como progenitores.

d) caracterización de la resistencia a seis familias genéticas del añublo (P.

grisea) en líneas recombinantes desarrolladas a partir del cruce entre Oryzica Llanos 5 (resistente) y Fanny (susceptible) para ser utilizadas en la identificación de marcadores moleculares asociados con diferentes genes de resistencia.

Un total de 213 líneas recombinantes han sido caracterizadas por su resistencia a 12 aislamientos del hongo representantes de 6 diferentes linajes genéticos encontrados en Colombia. La información está siendo utilizada por la Unidad de Biotecnología para la identificación de marcadores moleculares asociados con los genes mayores de resistencia presentes en la variedad Oryzica Llanos 5. Una vez sean identificados estos marcadores, estos podrán ser utilizados en la identificación de materiales segregantes o avanzados que contenga dichos genes.

5. Planes para 1997

a) Caracterizar la diversidad genética de *Pyricularia grisea* en diferentes zonas arroceras de Colombia.

- Recolección de muestras del hongo de diferentes zonas arroceras en el país.
- Determinación de la estructura genética y virulencia mediante el uso de marcadores moleculares e inoculaciones en invernadero.
- Identificar aislamientos altamente virulentos para la identificación de fuentes de resistencia relevantes a las diferentes zonas de Colombia.
- Determinar posibles mecanismos (parasexualidad) que conlleven a cambios en virulencia del patógeno y sus implicaciones en el desarrollo de resistencia.

b) Identificación de fuentes de resistencia potenciales para ser utilizados en cruzamientos.

- Evaluación y selección de fuentes de resistencia al hongo bajo condiciones de campo (Santa Rosa).
- Identificación de fuentes de resistencia a las diferentes familias genéticas del hongo mediante la inoculación en invernadero de germoplasma de arroz con aislamientos identificados en el punto anterior.
- Identificación de líneas de arroz con resistencia amplia (resistencia a toda la población del patógeno) o complementaria (resistencia a parte de la población) para programar cruzamientos que conlleven al desarrollo de líneas con resistencia completa mediante la acumulación de diferentes genes de resistencia.
- Generación de líneas avanzadas altamente resistentes bajo condiciones de campo provenientes de cruzamientos entre líneas de arroz con resistencia complementaria identificadas en este proyecto en años anteriores.

c) Uso de marcadores moleculares en la identificación de líneas de arroz con genes de resistencia complementarios.

- Identificación de líneas de arroz provenientes del cruzamiento entre los genes de resistencia Pi-1 y Pi-2 que contengan ambos genes mediante el uso de marcadores moleculares.
- Determinar mediante inoculaciones en invernadero y evaluaciones en campo si la presencia de los genes Pi-1 y Pi-2 en una línea de arroz confiere resistencia completa a toda la población del hongo en Colombia.
- Iniciar estudios sobre la estabilidad de la resistencia controlada por la acumulación de los genes de Pi-1 y Pi-2 bajo condiciones de campo, tanto en el tiempo como en el espacio.
- Iniciar la incorporación de los genes Pi-1 y Pi-2 en variedades comerciales de arroz susceptibles al añublo mediante el uso de marcadores moleculares asociados con dichos genes.

d) Disección de genes de resistencia mayores (genes dominantes) y menores (resistencia cuantitativa, QTL) en la variedad altamente resistente Oryzica Llanos 5.

- Evaluación de la resistencia de líneas recombinantes (RIL) del cruzamiento entre Oryzica Llanos 5 (resistente) y Fanny (susceptible) a diferentes familias genéticas del hongo para la identificación de genes en O. Llanos 5.
- Identificación de marcadores moleculares asociados a genes de resistencia presentes en la variedad O. Llanos 5 (colaboración con Dr. Joe Thome, Unidad de Biotecnología).

e) Capacitación y disseminación de nuevas tecnologías en investigaciones sobre *Pyricularia grisea* para el desarrollo de resistencia durable al añublo.

- Realización de taller sobre el añublo del arroz con mejoradores y fitopatólogos de la región para el intercambio de experiencias y conocimientos en las diferentes estrategias usadas en el desarrollo de resistencia estable a la enfermedad.
- Capacitación/entrenamiento dirigido a investigadores nacionales en el área de *Pyricularia* en los laboratorios y campo del proyecto de arroz en el CIAT.
- Desarrollo de tesis de Doctorado por parte del Profesor Rubén Darío Zarate, Universidad Nacional, Palmira, sobre diversidad genética de *Pyricularia* en diferentes hospederos en Colombia.
- Entrenamiento e investigación del Ingeniero Agrónomo Diana Delgado, becario de Colciencias/CIAT sobre la identificación de fuentes de resistencia al añublo del arroz.

1. **Título:** Manejo integrado de malezas con variedades más competitivas

2. **Coordinador del proyecto:** Luis R. Sanint

Científicos participantes: James Gibbons, Marc Chatel,
Jaime Flores

3. **Objetivos**

El objetivo global del proyecto es estudiar diferentes alternativas de manejo de las malezas en el cultivo del arroz que permitan reducir los costos de producción y contaminación del medio ambiente mediante la disminución y/o racionalización del uso de herbicidas. Otro objetivo es trabajar con investigadores nacionales a través de proyectos colaborativos para asegurar la transferencia y adopción de las nuevas tecnologías desarrolladas que ayuden a disminuir costos y estabilizar la producción del arroz. Este proyecto abarca varios sub-proyectos que se detallan a continuación:

Germoplasma de arroz más competitivo con malezas

Objetivo

Estudiar tipos de plantas de arroz con características que le permitan competir mejor con las malezas en los diversos ecosistemas aprovechando la variabilidad que existe en la capacidad competitiva de los diferentes cultivares de arroz, preservando el potencial productivo.

a) Resumen del Progreso del Proyecto

Durante el presente año se terminó de procesar los materiales recolectados en el experimento de campo del segundo semestre de 1995 y se procedió a analizar los datos obtenidos en el año 1994 y 1995, y preparar el material para su publicación. El trabajo permitió encontrar que la competencia de *Echinochloa colona* en promedio para todas las variedades en estudio redujo la producción de arroz en un 42% y el rango fue de 25% y 62% lo que indica la diversidad de materiales en su capacidad competitiva y permite establecer categorías de competencia como susceptibles, intermedios y tolerantes. Este resultado permite establecer los parámetros que están ligados fuertemente a la competencia y el momento a ser evaluado dicho parámetro

b) Planes para 1997

Realizar cruzamientos dialélicos usando progenitores con menos de 25% de reducción de rendimiento.

Genotipos de arroz con tolerancia a la submersión

Objetivos

Esta actividad busca identificar genotipos con habilidad para emerger a través de una lámina de agua, o con tolerancia a condiciones de siembra anaeróbica mediante: a) la adquisición de germoplasma tolerante identificado por el IRRI (Dr. Yamauchi), b) la adaptación de una técnica de selección desarrollada en IRRI, c) la selección de germoplasma incluyendo líneas de CIAT, d) identificar las bases enzimáticas y/o bioquímicas de la tolerancia a la submersión y e) usar los materiales seleccionados como progenitores para los cruzamientos y/o utilizar técnicas moleculares avanzadas para la transferencia de estas características a las variedades comerciales. Con este propósito se podrá reducir costos de producción por el menor uso de herbicidas y lograr una menor intoxicación de los operarios y contaminación del medio ambiente.

a) Resumen del Progreso del Proyecto

La principal actividad del proyecto en el presente año es la multiplicación de semillas de los mejores materiales seleccionados (21) en el año 1995 para probar en campo con el propósito de corroborar su capacidad de tolerancia observada en invernadero.

b) Planes para 1997

Mediante el Proyecto especial ofrecido por COLCIENCIAS - BID, III FASE a científicos jóvenes se realizarán las siguientes actividades:

- Cruzamientos para introducir la tolerancia a la submersión en germoplasma de arroz mejorado, y para comprender los mecanismos de herencia de tal característica. Cruzamientos dialélicos usando progenitores con más de 90% de emergencia bajo agua, seguido de pruebas en campo con siembra directa bajo inundación.
- Identificar las bases enzimáticas de la tolerancia a la submersión en laboratorio (extracción de enzimas, HPLC, electroforesis).

Umbral de competencia de malezas

Objetivos

Establecer una metodología que permita definir umbrales de daño económico en el cultivo de arroz ocasionado por la competencia con malezas multiespecíficas, para lo cual es necesario:

- Hallar una función de pérdida que permita hacer predicciones o tomar decisiones de control a partir de diversos niveles de infestación de malezas.
- Establecer la forma más adecuada y precisa de expresar la presión competitiva de comunidades de especies mixtas de malezas.
- Cuantificar el efecto de la época de emergencia de las malezas respecto al cultivo sobre el daño que éstas causan al cultivo.

a) Resumen del Progreso del Proyecto

Este proyecto se llevó a cabo en CIAT-Palmira en el año 1993 y 1994 y en Saldaña-Tolima en el año 1995 conjuntamente con Fedearroz. Los datos obtenidos en Saldaña fueron procesados y analizados durante el presente año.

b) Plan para 1997

- Establecer ensayos a nivel nacional conjuntamente con Fedearroz y Corpoica con fines técnicos, demostrativos y de entrenamientos.

Detección de resistencia a propanil en Echinochloa colona

Objetivos

- Evaluar la posibilidad de cuantificar niveles de resistencia a propanil en plantas de Echinochloa, midiendo directamente por HPLC y por Espectrofotometría la cantidad de propanil (DPA) o el metabolito (DCA) remanente en el tejido vegetal luego de su aplicación en plantas resistentes (R) y susceptibles (S), o de su adición in vitro.
- Evaluar la acción sinérgica de anilofos sobre propanil para controlar Echinochloa resistente.
- Estudiar posible presencia de biotipos resistentes a propanil con resistencia cruzada a otros gramínicidas.

a) Resumen del Progreso del Proyecto

Durante el presente año se está realizando las siguientes actividades:

- Detección de degradación por medio de HPLC a nivel de casa de malla asperjando las plántulas con el producto y en laboratorio a través de extracción de enzimas. La detección de resistencia por HPLC se basa en la cuantificación directa de propanil a nivel celular, los datos obtenidos por este método fueron inconsistentes lo que sugiere un estudio más profundo para desarrollar un

protocolo específico para este fin.

- Detección de degradación en laboratorio por método de espectrofotometría. Este método cuantifica la presencia directa del metabolito principal de la degradación de DPA, 3-4Dicloroanilina(DCA). En el presente trabajo se observó clara diferencia en la concentración de DCA en el extracto entre biotipo Resistente y Susceptible.

En definitiva, a los efectos de la detección y monitoreo de la resistencia a propanil, sería conveniente trabajar con el método espectrofométrico (UV) con extracto de tejido de plantas jóvenes. Este es un método sencillo y espectrofómetros existen en muchos laboratorios en el país. Este análisis sustituirá al más tedioso y lento método actual de hacer curvas de respuestas para las muestras procedentes del campo.

b) Planes para 1997

El primer paso para abordar el problema de la resistencia es detectar los lotes problema y monitorear la evolución de resistencia en relación a diversas alternativas de manejo.

En colaboración con Fedearroz, se realizan monitoreos permanente a nivel nacional en cultivo de arroz. Las muestras de *Echinochloa* spp. serán evaluadas a través de espectrofotometría.

Este proyecto se tiene programado realizar conjuntamente con la Sociedad Colombiana de Fisiología Vegetal y Control de Malezas (COMALFI), a través de su comité de resistencia a herbicidas que tratará de unir esfuerzos de Universidades, Centros Internacionales, Compañías privadas y Federación de productores para abordar el problema.

Las mejores treinta variedades para tolerancia a la submersión están siendo evaluadas en colaboración con un becario de Colciencias y se están haciendo cruzamientos con las mismas para seleccionar las mejores líneas. Esta característica le confiere al arroz la capacidad de germinar debajo del agua y competir mucho mejor con las malezas.

1. **Título:** Cambios ambientales en la altillanura resultantes de la intensificación agrícola

2. **Coordinador del proyecto:** Erik Veneklaas

Colaboradores: Nathalie Beaulieu, Patrick Hill

La altillanura colombiana es tradicionalmente percibida como una región de ganadería extensiva. Actualmente, debido a mejoras en el acceso y a las nuevas agro-tecnologías, esta amplia extensión de las tierras de sabana está siendo transformada hacia usos más intensivos, incluyendo pasturas con variedades africanas, y algunos cultivos anuales y perennes. Estos son cambios bastante drásticos que requieren una evaluación de impacto ambiental, el que puede ser potencialmente importante. En este momento, el conocimiento básico del funcionamiento ecológico de la Altillanura a nivel de paisaje es muy incompleto. En 1996 comenzamos a estudiar el paisaje y a definir prioridades de investigación que proveerán una mejor comprensión de los efectos posibles de la intensificación agrícola. Un aspecto clave de nuestro proyecto es el reconocimiento de los diferentes ecosistemas componentes de ese paisaje y de sus interrelaciones mutuas.

En este proyecto elucidará los cambios esperados según varios escenarios de Intensificación Agrícola.

La región seleccionada por el estudio es la cuenca del río Yucao, entre Puerto López y Puerto Gaitán. Esta cuenca hidrográfica que abarca 2400 Km² consiste de la *Altillanura plana* y la *Serranía*, dos formas fisiográficas distintas de la sabana bien drenada. Algunas de las razones más importantes para seleccionar esta cuenca fueron (i) que se trata de una de las pocas grandes cuencas sin una influencia hidrológica andina; (ii) la disponibilidad de series históricas de caudales; (iii) la experiencia de CIAT en la región, incluyendo un capital acumulado de bases de datos.

Una imagen satelital de Landsat (de enero 1996) fue analizada por Euan Crawford (Laboratorio de SIG) con el fin de obtener estimaciones de uso de tierra. Una clasificación supervisada produjo los siguientes resultados para la cuenca del Yucao:

Categoría de uso de tierra	Porcentaje del área
Pastura mejorada	7.9
Pastura nativa	27.4
Pastura quemada	16.2
Suelo desnudo/ pastura degradada	15.5
Vegetación de transición	16.5
Bosque en galería	15.7
Agua	0.9

Tomando en cuenta que la superficie cultivada es despreciable, el paisaje consiste principalmente de pastizales nativos, dado que la mayoría de las áreas quemadas, degradadas y denudadas probablemente también pertenecen a esta categoría. Las pasturas mejoradas ya son importantes a nivel local y se espera que se incrementen. La superficie boscosa, a la cual gran parte de la "vegetación transicional" debería agregarse, es mas importante que lo que se cree normalmente. Su valor ecológico es probablemente mucho mas alto. Esta inferencia se basa en el patrón de distribución espacial del ecosistema, un esquema dendrítico que se extiende a través del paisaje (Figura 1). Las distancias desde cualquier punto del paisaje hasta un curso de agua son cortas y todas las líneas de drenaje cruzan la zona boscosa. En consecuencia el bosque tiene un gran efecto potencial sobre los flujos de sedimentos (suelo, materia orgánica) y nutrientes disueltos. Asimismo, se infiere la existencia de interacciones bióticas entre ecosistemas, de importancia potencial para el control de plagas y enfermedades.

La Altillanura, a pesar de su alta precipitación, se caracteriza por una estación seca muy marcada (Figura 2). Las reservas de agua del suelo no duran mucho; mientras que la descarga de caudales tiene un retardo de por lo menos un mes con respecto a las lluvias, la misma cae rápidamente al cesar las precipitaciones (Figura 2). Esta importante limitante se debe a una combinación de reservas de acumulación exiguas (al menos en términos de disponibilidad para los cultivos/pasturas actualmente utilizados) y una alta evapotranspiración. Hay un margen para la optimización del uso del agua pero ello requiere de un análisis detallado de la hidrología de la región. Nuestras actividades actuales incluyen un análisis de series temporales de los datos de lluvias y caudales históricos (1976-1993). Posteriormente coleccionaremos datos para parametrizar un modelo hidrológico. El modelo facilitará asimismo el estudio de los flujos de materia particulada y nutrientes disueltos.

Nuevamente, el reconocimiento explícito de la posición clave de los bosques de galería será un componente importante (Figura 3).

Los aspectos mencionados de la ecología de las sabanas son ejemplos claros de procesos a nivel de paisajes. Existen otros valores del paisaje o de algunos de sus componentes que son importantes desde el nivel de la finca hasta el global. Muchos recursos están concentrados en los bosques. La información proveniente de los agricultores indica que muchas especies animales y vegetales son utilizadas. Los usos principales son madera, postes y animales de caza. La diversidad de los bosques similares en otras sabanas latinoamericanas es alta. Actualmente, estamos realizando un inventario para caracterizar la composición florística de los bosques en galería y la distribución de sus diferentes tipos. Adicionalmente describiremos aspectos estructurales y mecanismos naturales de regeneración, inferibles a partir de la estructura y distribución espacial de las poblaciones, síndromes de dispersión, etc.

La contribución de los bosques al secuestro de carbono en los paisajes de sabana es muy significativa si aceptamos la suposición (este dato será cuantificado) que el contenido de carbono por unidad de área de este ecosistema es considerablemente mayor que el de los pastizales de la sabana.

No obstante, existe señales que el secuestro de carbono puede ser significativo bajo pastos mejorados con gramíneas de origen africano.

Los ecosistemas de arroyos (*caños*) han sido poco estudiados pero son ecológicamente únicos. Contienen importantes comunidades de peces (muchos de ellos tanto comestibles como ornamentales) las que en este ecosistema en gran parte heterotrófico deben depender en gran medida de los insumos de materia orgánica originados en la vegetación de las llanuras aluviales, que en la mayoría de los casos está representada por los bosques.

La consideración de los valores ambientales (servicios ecológicos) de la Altillanura para el desarrollo de opciones ecológicamente sostenibles y económicamente viables de usos de tierras está obstaculizada por la dificultad de cuantificar los costos y beneficios. En colaboración con los doctores Joyotee Smith y Raúl Vera hemos trabajado en un estudio de evaluación contingente.

Con la salida de estos científicos del CIAT el proyecto ya entra en una nueva fase.

Durante mucho tiempo ha sido muy difícil encontrar imágenes de sensores remotos para la cuenca. Ahora por medio del proyecto Canadiense - Globesar-2, tenemos la posibilidad de obtener imágenes radar del satélite Radarsat. En colaboración con el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), por fin podremos usar todas las herramientas de sensores remotos para hacer una clasificación ecológica de la región y también, seguir un monitoreo de los

procesos de intensificación. La Sra. Nathalie Beaulieu será responsable de este aspecto del trabajo y de mantener una colaboración fructífera con el IGAC.

La materia orgánica (Mo) del suelo podría ser un indicador potente del estado y dinámica de la salud de un ecosistema o práctica agronómica. En el CIAT, ya tenemos varios años de experiencia con técnicas para medir las varias reservas de carbón en el suelo. Adjunto con los otros aspectos del estudio emplearemos estas técnicas para medir la Mo del suelo bajo vegetación natural y de varios estados de intervención. El Sr. Patrick Hill hará este estudio como parte de su trabajo para obtener el grado de PhD en la Universidad de Wageningen en Holanda. Esperamos en el futuro calibrar unos modelos de la dinámica de carbón en esos suelos ácidos tropicales.

Productos esperados

1. Un método para definir, por medio de sensores remotos (radar y TM) los cambios en el bosque en galería.
2. Una definición ecológica de dichos cambios.
3. Un modelo hidrológico para explicar la hidrología de la cuenca. Este modelo debe explicar los cambios previstos con uso intensificado de la zona.
4. Averiguar si los sensores remotos de radar pueden o no diferenciar los diferentes usos de tierra y estados de degradación del suelo.
5. Averiguar si hay o no, relaciones entre señales visuales (sensores remotos, mezcla de malezas etc.) con las medidas de Mo en el suelo. Si es positivo, que dichas señales sean indicadores eficaces de sostenibilidad .

- Figura 1.** Estructura del paisaje de la Altillanura: pastizales de sabana con un sistema dendrítico de cursos de agua bordeados por bosques en galería. Las líneas continuas representan curvas de nivel. Las flechas indican rutas probables de la escorrentía transportando nutrientes disueltos y materia particulada.
- Figura 2.** Promedios multianuales de precipitación y caudales para la cuenca del Yucao.
- Figura 3.** Perfil del sistema sabana-bosque en galería-curso de agua y sus principales aspectos hidrológicos.

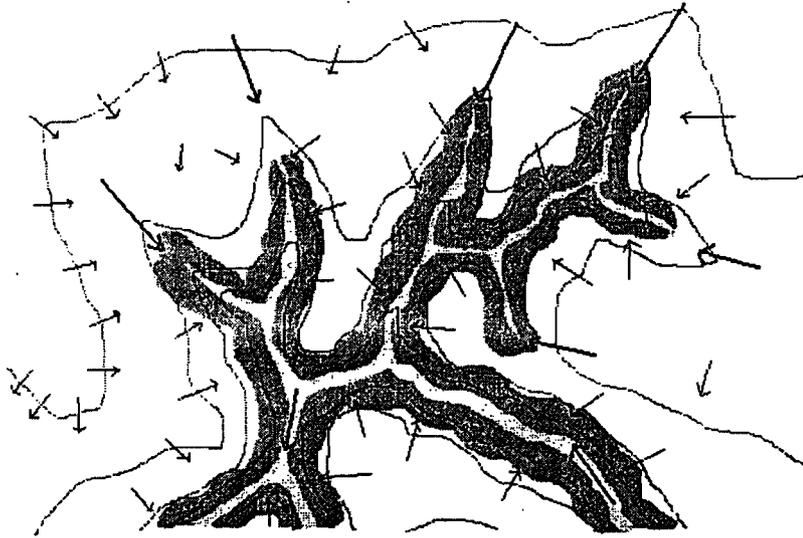


Figura 1.

Cuenca Rio Yucao

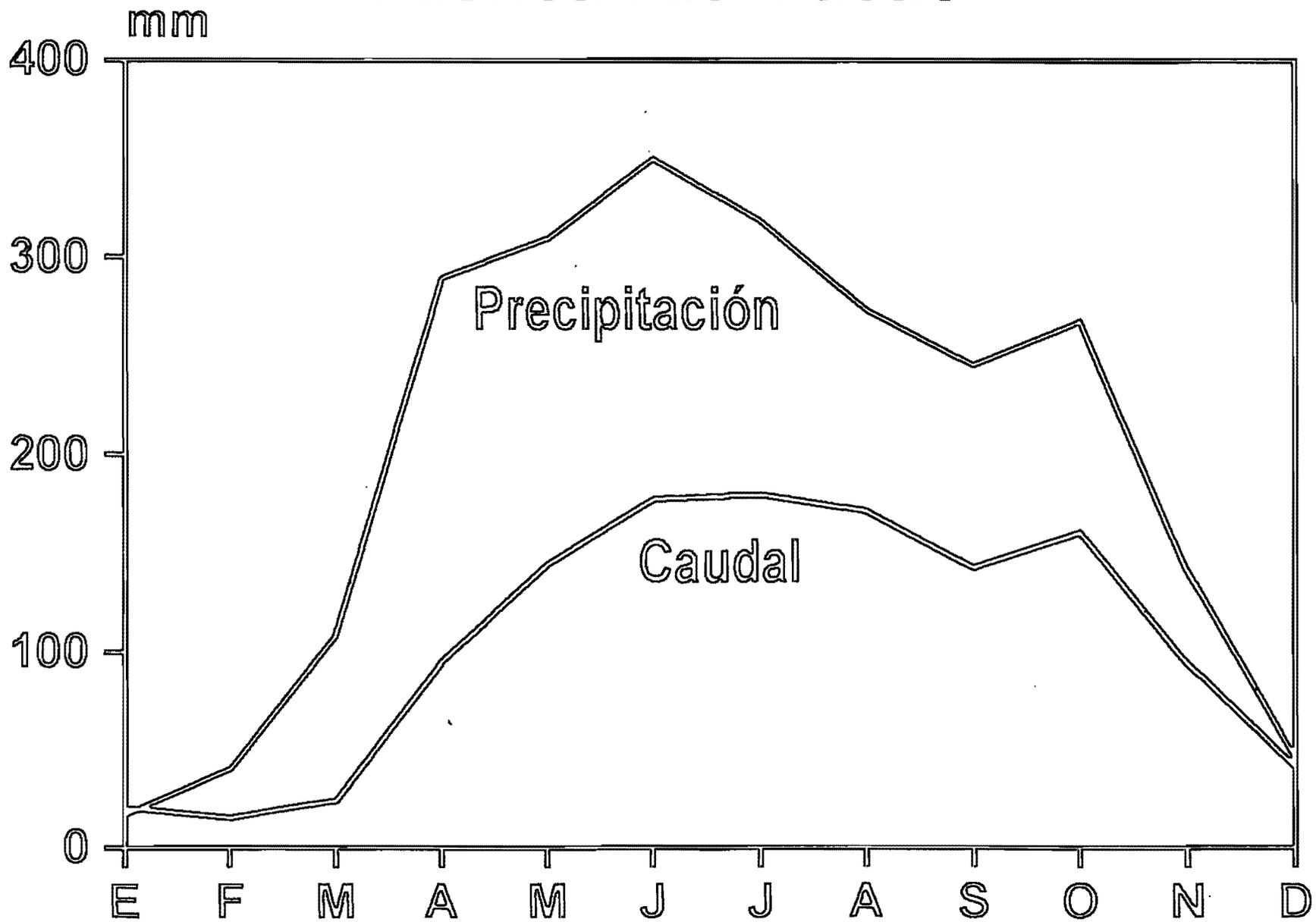


Figura 2.

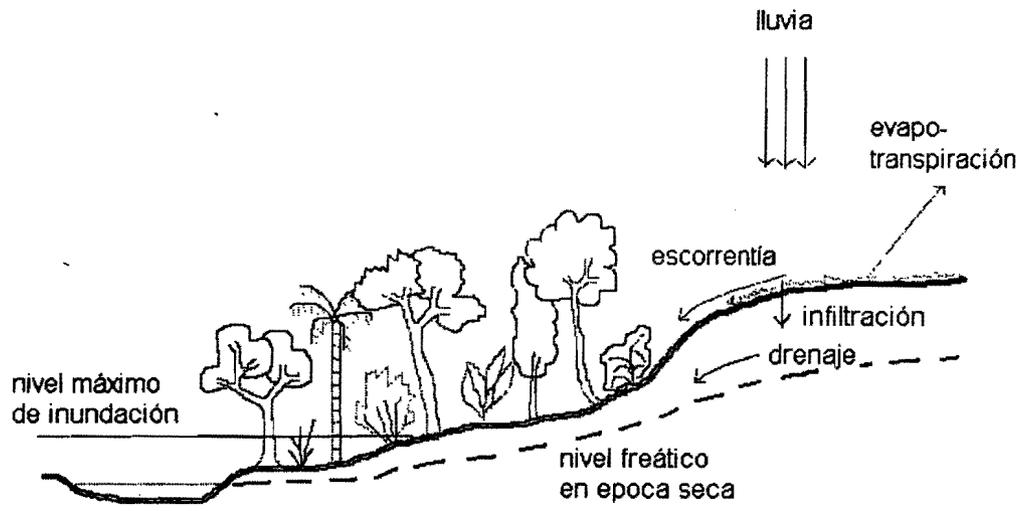


Figura 3.

- 1. Título: Lucha contra la degradación de suelos: Desarrollo de estrategias para aumentar la productividad y conservar los recursos naturales**

Este proyecto combina los dos proyectos anteriores titulados:

1. Prototipos de sistemas sostenibles de cultivos para los Llanos (TL01).
2. Mecanismos y modelos de química de suelos y de procesos físicos y biológicos (TL02).

2. Coordinador del proyecto: Richard J. Thomas.

3. Sitio del proyecto: Llanos orientales (sabanas) y Depto. del Cauca (laderas)

4. Justificación

Se necesita aumentar la producción agrícola para alimentar la población urbana creciente y para proveer suficiente ingreso a los agricultores de pequeña escala. Sin embargo, los aumentos no deberían ser obtenidos con pérdida de la sostenibilidad ni con aumento de la degradación de los suelos. El proyecto busca estudiar los componentes de los sistemas y desarrollar conocimientos que nos permitan apoyar la toma de decisiones para un aumento sostenible en la producción, con un mínimo de efectos, que deterioren el medio ambiente.

5. Objetivo

Identificar principios estratégicos para el manejo de sistemas de producción ecológica y económicamente viables, basados en el entendimiento de los procesos claves que a nivel de campo ocurren entre el suelo, la planta y el agua.

6. Logros esperados para las sabanas y laderas

1. Identificar componentes compatibles en los sistemas de producción, para lograr un incremento en la productividad y una mayor eficiencia en el uso de los recursos naturales.
2. Desarrollar estrategias para el mejoramiento de suelos marginales y recuperación de áreas degradadas.
3. Diseñar herramientas de diagnóstico y predictivas para sobreponerse a la especificidad de sitios de investigación.
4. Aumentar la capacidad institucional para un mejor manejo del suelo, del agua y los nutrientes.

7. Resumen de logros

Se enfoca el proyecto a los logros esperados en dos ensayos de sistemas ubicados en los Llanos en el C.N.I.-Carimagua y en la Parroquia de Pescador en Cauca así como en ensayos satélites. El ensayo "Culticore", establecido en Carimagua en 1993, investiga las interacciones y sus efectos en el uso de recursos (suelos así como insumos) de diferentes componentes en sistemas de producción de monocultivos, rotaciones con leguminosas por grano o abono verde, y sistemas agropastoriles. De igual manera, el ensayo "agrosilvopastoril" de Pescador se enfoca en las interacciones entre diferentes mezclas de componentes caracterizados por sus diferentes hábitos de desarrollo de raíces sembrado en suelos anteriormente bajo barbecho o una rotación maíz/frijol.

Productividad y uso de recursos naturales

- i. en los sistemas del Culticore, se cosechó en 1996 un máximo de 3.1 t/ha de arroz (cv. Llanos-10) y 4.1 t/ha de maíz (cv. Sikuaní) cuando se manejaban las malezas bien.
- ii. aun cuando no siempre consistente, las rotaciones con abonos verdes han producido incrementos de 600-1000 kg/ha de grano.
- iii. a causa de lluvias muy buenas, la soya (cv. Altillanura 2) produjo 2.9 t/ha de grano.
- iv. en las laderas, las aplicaciones previas de gallinaza siguen con efectos positivos en producción en todos los sistemas y demuestran la necesidad de insumos aun en sistemas con barbecho sobre suelos muy degradados.

Leguminosas, abonos verdes y ciclaje de nitrógeno

Se pueda atribuir los incrementos de producción en rotaciones con leguminosas en parte a su capacidad de fijar nitrógeno de la atmósfera lo cual podría reducir el uso de los fertilizantes inorgánicos. Pero existe un rango muy amplio en esta capacidad y existe también el riesgo de pérdidas del N fijado. En ensayos en los Llanos así como las laderas, se observaron que:

- v. los cultivos de abono verde caupí y soya, fijan menos del 30% de sus requerimientos por medio de fijación biológica,
- vi. dentro de un rango de leguminosas arbustivas evaluadas, las especies más exitosas, *Indigofera constricta*, *Calliandra calothyrsus* and *Cratylia argentea*, fijan un máximo de 40% de sus requerimientos de N.

Implica que es necesario buscar y seleccionar cepas mas eficientes en la fijación de nitrógeno. También se observó que:

- vii. los cereales arroz y maíz recuperaron menos que 30% del N derivado a través de la mineralización de los abonos verdes incorporados en el suelo bajo sistemas de rotación, y en consecuencia,
- viii. hubo pérdidas altas y significativas del nitrógeno restante en el suelo por la lixiviación a través del perfil.

Eso implica la necesidad de investigar métodos y materiales alternativos para manejar estos sistemas. En contraste, ensayos utilizando urea marcado con el isótopo ^{15}N mostraron:

- ix. la recuperación en arroz y maíz entre 30 y 80% del nitrógeno aplicado. Sin embargo,
- x. hubo indicaciones de pérdidas significativas por lixiviación especialmente en sistemas de maíz.

Eso implica que se necesita desarrollar estrategias para mejorar el enraizamiento de cultivos en el subsuelo para aumentar la recuperación del nitrógeno lixiviado.

Ciclaje de fósforo en suelos de alta capacidad de fijación

El fósforo es el nutriente más limitante para el crecimiento de los cultivos en los suelos de los Llanos. Hasta la fecha existía el concepto que estos suelos fijan con fuerza P aplicado en fertilizante. Ensayos iniciados hace 4 años en los Llanos Orientales han demostrado que:

- xi. hay una alta disponibilidad para los cultivos de los residuos de P aplicado como superfosfato triple a los oxisoles que implica la posibilidad de bajar los insumos de fertilizantes a través del tiempo, cuando se mejoraría la fertilidad de los suelos.
- xii. se observaron tendencias positivas de largo plazo en la incorporación de fósforo en formas orgánicas en suelo bajo sistemas de producción que incluyen pastos, aunque las formas orgánicas no parecen tener mucha importancia en la dinámica de fósforo en el corto plazo bajo cultivos ni en sistemas de monocultivo ni de rotaciones.
- xiii. Las determinaciones sobre balances nutricionales en sistemas agropastoriles contrastantes han demostrado que algunos de éstos tienden a mejorar o a mantener la calidad del suelo en el largo plazo.

Adquisición de nutrientes

El mejoramiento del uso y ciclaje de nutrientes depende en el desarrollo de un sistema radicular extensivo y eficiente. En el ensayo Culticore así como en los satélites, se observaron que:

- xiv. la biomasa y longitud de raíz pasto-leguminosa (*B. humidicola* + *A. pintoii* + *S. capitata* + *C. acutifolium*) fue mayor (1.96 t/ha) que en sabana nativa (0.93 t/ha) aunque la sabana nativa tuvo un sistema radicular más fino y más adaptado a condiciones de baja fertilidad. No obstante,
- xv. la colonización de micorrizas fue mayor en sistema cultivo-pastura que en sabana nativa, un hecho que hace el sistema radicular efectivamente más extensivo y facilita la adquisición de nutrientes en especial el fósforo.
- xvi. Aun cuando el aumento en suministro de fósforo mejoró el crecimiento

radicular de maíz, su distribución fue limitada en el subsuelo por la alta concentración de aluminio y baja disponibilidad de fósforo y calcio. Eso limita la recuperación de nutrientes en el subsuelo y muestra la necesidad de desarrollar cultivares más adaptados a los suelos ácidos.

Compactación de suelos e infiltración de agua

Siempre existe el concepto que los suelos Oxisoles de los llanos aunque muy infértiles tienen propiedades físicas muy buenas. Por el contrario se observó en un estudio realizado en Carimagua que hay constreñimientos físicos importantes para el desarrollo de agricultura en esta zona:

- xvii. se observó tasas de infiltración de agua muy bajas en la superficie del suelo en pasturas degradadas así como en sabana nativa que indica una capa sellada a causa del impacto de la lluvia y baja estabilidad estructural del suelo.
- xviii. se observó un efecto positivo de la labranza en el Culticore sobre la tasa de infiltración. Sin embargo,
- xix. la labranza excesiva podría destruir la estructura de los suelos que son realmente muy débiles. Para cuantificar este proceso se inició un ensayo en el Llano con diferentes intensidades de labranza.
- xx. Las evaluaciones de propiedades y procesos físicos hechas en los ensayos de sistemas de producción a largo plazo en el Llano han demostrado que es posible utilizar algunas propiedades (infiltración, distribución de tamaño de agregados, estabilidad estructural) como indicadores de sostenibilidad de suelos porque son susceptibles a cambio con el uso.

Macrofauna de suelos

La actividad de la macrofauna de suelo es un factor clave en el mantenimiento de la salud del suelo. En trabajos realizados en los años anteriores, se ha mostrado diferencias importantes y grandísimas en las poblaciones de las lombrices bajo diferentes sistemas del uso de la tierra. Recientemente se demostraron efectos de la lombriz sobre el ciclaje de nutrientes y propiedades físicas del suelo. En particular, se halló que las lombrices de la tierra, especie *Martiodrilus*,

- xxi. aumentan la mineralización del nitrógeno de la materia orgánica de suelo alrededor de 30-40 kg-N/ha/año,
- xxii. aumentan la disponibilidad de fósforo en el suelo bajo pastos mejorados y sabana nativa de los Llanos,
- xxiii. incrementan las tasas de infiltración de agua, la estabilidad de agregados y la capacidad de intercambio catiónico.

Estos resultados enfatizan la importancia de manejar la tierra y los sistemas para mejorar la actividad biológica del suelo.

Mantenimiento de la materia orgánica de suelos

La conservación de la materia orgánica de suelo es importante no solo para el ciclaje de nutrientes sino para el mantenimiento de su estructura física.

- xxiv. Con el uso de mezclas gramíneas-leguminosas en las áreas marginales de ladera, se podría incrementar el contenido de la materia orgánica activa del suelo y el mejoramiento de la disponibilidad del P.
- xxv. Las leguminosas han demostrado ser mejores que los barbechos naturales en la restauración de la estabilidad estructural y en el incremento de la materia orgánica.
- xxvi. Se están haciendo esfuerzos para identificar herramientas de diagnóstico para monitorear la calidad del suelo en relación con riesgos de erosión. La relación carbohidratos extractables con agua caliente vs. contenido de materia orgánica, resulta en alta correlación con estabilidad estructural.

8. Planes para 1997

- ◇ El ensayo de rotación cultivos-pasturas a largo plazo (Culticore) en Carimagua continuará su segundo ciclo de rotación, con la participación activa de CORPOICA. Este esfuerzo tendrá fuertes vínculos con el proyecto de CORPOICA titulado "Evaluación de sistemas agropastoriles en suelos ácidos de la Orinoquia Colombiana". Este experimento también puede utilizarse para propósitos de capacitación con universidades locales. Igualmente continuará el ensayo a largo plazo sobre sistemas agrosilvopastoriles que se está llevando a cabo conjuntamente con CIPASLA en las laderas del Dpto. del Cauca.
- ◇ El trabajo sobre suelo-agua-nutrientes y en particular el desarrollo de indicadores de calidad del suelo ya desarrollado en los Llanos Orientales, será extendido para incluir las laderas de Colombia.
- ◇ Un proyecto conjunto CIAT-CORPOICA ha sido preparado sobre la microbiología de suelos tropicales y será incluido en este proyecto.
- ◇ Las experiencias obtenidas en los ensayos de sistemas agropastoriles/agrosilvopastoriles y de suelos están demostrando que es posible acercarse a la sostenibilidad de suelos a través del desarrollo de técnicas nacidas de la investigación que conduzcan al enriquecimiento físico, químico y biológico de la capa arable del suelo. Por lo tanto se hace necesario continuar este tipo de investigaciones a largo plazo.

9. Logros esperados en 1997

- ◇ Cuantificación de la descomposición de la materia orgánica y flujos de nitrógeno y fósforo en sistemas de arroz, maíz, arroz-abono verde, maíz-abono verde, arroz-pasturas.
- ◇ Cuantificación del valor residual y el destino en el suelo de fósforo aplicado a las rotaciones arroz-caupí y maíz-soya.
- ◇ Identificación de propiedades físicas de suelos relacionadas con su

susceptibilidad a la degradación.

Lista de estudiantes colombianos realizando tesis

Alberto Meléndez	Ing. Agr
Jairo Alexander Cepeda	Ing. Agr.
Luz Helena Caicedo	Ing. Agr.
Dora Mariana Arias	Ing. Agr.
Leonardo Cobo	Ing. Agr.
Andrés Felipe Rangel	Ing. Agr.
Yaneth Conta Díaz	Ing. Agr.
Hernán Javier Baracaldo	Ing. Agr.
Guillermo Preciado	M.Sc.
Hugo Ruiz	M.Sc.
Ana María Patiño	M.Sc.
Arnulfo Gómez	Ph.D.
Horacio Rivera	Ph.D.
Wilma Trujillo	Ph.D.
Marco Rondón	Ph.D.
Edgar Madero	Ph.D.
Alex Feijoo	Ph.D.

1. Título: Dinámica del uso de la tierra en las sabanas

2. Coordinador del proyecto: P. Jones

3. Antecedentes

El Proyecto 21 cubre diversas áreas del trópico Sur Americano, pero el presente informe se concentra exclusivamente en las actividades conducidas en Colombia, y concretamente en los Llanos Orientales.

Desde el año 1978, CIAT ocasionalmente en conjunto con instituciones nacionales de Colombia, ha monitoreado los cambios en el uso de la tierra en la Altillanura de los Llanos Orientales, con el propósito de establecer relaciones causales entre políticas del sector, uso de los recursos por los productores y uso de tecnologías. Como consecuencia de estos estudios, se han adaptado y ajustado las prioridades de investigación del Centro y se ha discutido ampliamente los resultados con instituciones como ICA (anteriormente) y Corpoica y algunas Universidades (al presente), las implicancias para la investigación y desarrollo agropecuario de la región.

Durante el período 1994-1996 se han actualizado resultados anteriores, se comenzó a desarrollar nuevas herramientas y metodologías de investigación, y se condujeron nuevos estudios que relacionan la valorización del recurso tierra con las oportunidades y limitaciones para la adopción de nuevas tecnologías.

4. Objetivos

- a. Adaptar y validar técnicas basadas en el uso de imágenes de satélite y sensoramiento remoto para estimar el grado de intervención antrópica, y sus consecuencias, en las sabanas de la Altillanura;
- b. Establecer las relaciones entre infraestructura, valor de la tierra y oportunidades para la adopción de tecnología en la Altillanura.

5. Productos obtenidos

- a. Con la colaboración inicialmente del IGAC y posteriormente de una Universidad Francesa, se adecuó un método que permitió relacionar la interpretación de imágenes del satélite SPOT con resultados de campo obtenidos en Carimagua, que permiten estimar la superficie de sabanas nativas en diferentes estados de alteración.
- b. Los estudios a nivel más micro en sabanas planas y en partes de la serranía en el sector comprendido entre Pto. López y Carimagua, identificaron diferencias muy significativas en la composición y diversidad botánica entre ambos tipos de topografía y aún dentro de toposecuencias dentro de cada una. El análisis detallado de estos resultados y sus relaciones con características biofísicas y de manejo está en progreso.

- c. Se condujeron encuestas a nivel de productor en el sector comprendido entre Pto. López y Carimagua en dirección Este, y hasta unos 50 km en dirección sur, para determinar cambios ocurridos en el uso de la tierra desde la anterior encuesta realizada en 1992. Los resultados dieron origen a una tesis de M.S. en la Universidad del Valle. En esencia, los resultados muestran un grado muy alto de intervención antrópica en las áreas más cercanas a la carretera Pto. López-Pto. Gaitán, donde el porcentaje de pasturas introducidas llega al 50%, decreciendo a medida que se llega a regiones más apartadas. El promedio de toda la región encuestada es de 20%, que se compara con el 2% encontrado inicialmente en 1979. Para los 4.8 millones de hectáreas de sabana bien drenada, se estima que la capacidad de carga es de 1,726,000 vacunos, comparada con la estimación de 959,000 realizada en 1979.
- d. Al mismo tiempo, se estimó que en 1995 el 53% de los productores estaba utilizando fertilizantes químicos en el establecimiento y/o mantenimiento de pasturas (3% en 1979), y que las propiedades se subdividieron pasando de un tamaño medio de 5162 ha en 1979 a 1857 ha en 1995. Es interesante anotar que el tamaño promedio de las propiedades en áreas planas y con moderada infraestructura se ha reducido a 418 hectáreas.
- e. La gran mayoría de los productores entrevistados es consciente de cambios negativos en los recursos naturales, incluyendo degradación de la sabana nativa, del bosque de galería, y disminución de la fauna.
- f. Se condujeron numerosos análisis económicos para determinar tasas internas de retorno de diferentes opciones tecnológicas de pasturas en diferentes ubicaciones dentro del paisaje de la Altillanura. Estos han sido publicados en diferentes fuentes.
- g. Finalmente, se desarrolló un modelo de simulación a nivel de finca para estimar que factores han influenciado la intensificación del sector ganadero de la Altillanura. Los resultados muestran que a pesar de que ha habido ganancias especulativas con el precio de la tierra, el sector se ha intensificado en gran medida gracias a que las diferencias en producción entre las pasturas introducidas y la sabana nativa es lo suficientemente grande como para superar el efecto negativo de la especulación. Por implicancia, y en la situación reciente de precios y mercados, solamente tecnologías que ofrezcan las características antes mencionadas tienen opción de ser adoptadas a corto plazo.
- h. Los resultados anteriores han sido comparados con los de otros países y se hipotetiza en consecuencia, que una vez que la situación de mercados y de políticas se estabilice, los productores serán más receptivos a nuevas tecnologías aún si éstas no ofrecen ganancias espectaculares. Sin embargo, la preocupación con la preservación de recursos naturales persiste y probablemente requerirá de políticas específicas.

6. Estado actual

- a. Las investigaciones realizadas hasta la fecha sobre dinámica de la sabana nativa está en proceso de análisis y se anticipa que a mediados de 1997 los resultados estarán en vías de publicación y de distribución para discusión.
- b. Los análisis bioeconómicos están en vías de publicación.
- c. Con estos resultados se terminó esta fase del proyecto.

7. Planes para 1997

- a. Los análisis de los recursos naturales, con énfasis en la dinámica de los bosques de galería y el uso de imágenes de satélite para su evaluación están en progreso; no se anticipan resultados significativos antes de mediados de 1997.
- b. La base de datos georeferenciada que incluye mapas de suelos, topografía, hidrología, cubierta de vegetación, uso de la tierra y vías está en avanzado estado de desarrollo. Se anticipa que esté disponible en 1997, sujeto a la obtención de imágenes LANDSAT recientes.
- c. Dependiendo de los recursos disponibles, se planea iniciar en 1997 trabajos en una cuenca piloto (Río Yucao) de la Altillanura, para entender mejor el funcionamiento ecológico de los diferentes ecosistemas dentro de la cuenca (sabana alta, bajos, y bosques de galería) en términos de los balances materiales, energético e hídrico. Ello involucraría a un equipo multidisciplinario en los trabajos de campo y de laboratorio de SIG.

8. Publicaciones y Tesis

Land speculation and intensification at the frontier: a seeming paradox in the Colombian savanna, J. Smith, J. V. Cadavid, A. Rincón and R. Vera (aceptado para publicación en *Agricultural Systems*)

Utilisation de données SPOT HRV pour la cartographie de savanes et pâturages dans les Llanos de Colombie, C.M. Girard & G. Rippstein (1994) *Bul. S.F.P.T.* 133: 11-19 & 47-48.

Una aproximación al manejo de la sabana nativa en la altillanura, R. A. Serna-Isaza & G. Rippstein (1996) 1er. Seminario-Taller Agropecuario del Municipio de Arauca, 25-26 Julio 1996.

Comportamiento y limitantes de la adopción de pastos y cultivos asociados en los Llanos Orientales de Colombia, J. V. Cadavid Herrera, (1995) Universidad del Valle, Facultad de Ciencias Sociales y Económicas, Tesis de Grado en Maestría en Economía Aplicada, 157 p.

Etude de comportement alimentaire des bovins et capacité d'exploitation de la savane colombienne, G. Allard (1995), Mémoire de Stage de D.E.S.S., Université Paris XII Val de Marne, UFR de Sciences, 80 p. + Anexos.

Degradación de pasturas mejoradas por presencia de especies no deseadas en Carimagua, Llanos Orientales, Meta (Colombia), M. E. Escobar Berón (1995), Tesis de Grado, Zootecnista, Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Palmira, Valle, 90 p. y 44 anexos.

Etude d'un système d'exploitation de la savane des Llanos Orientales de Colombie par la rotation des brûlis, Jane Corbin (1996). Mémoire de fin d'Etudes, ISTOM/Institut d'Agro-Développement International, Cergy-Pontoise/France. 55 p + Anexos.

Impact des pratiques agricoles sur la macrofaune des sols dans quelques pâturages et cultures des Llanos Orientaux de Colombia, Thibaud Decaëns (1993). Mémoire de Stage de D.E.S.S., Université Paris XII Val de Marne, UFR de Sciences. 55p. + Anexos.

Dynamique de la végétation des savanes des Llanos Colombiens sous différentes charges et différents temps de repos après feux, Marc Roumeas (1995). Mémoire de Stage de D.E.S.S., CIRAD-EMVT/INA-PG/Ecole National Vét. Alfort/Museum Hist.National de Paris, 71 p.

La quema y la sucesión secundaria de la vegetación en sectores de la estación biológica Carimagua, Llanos Orientales, Patricia Torrijos Otero (1996). Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de Bióloga,

Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Santafé de Bogotá, Colombia. 116 p + Anexos.

Caractérisation des savanes d'une région des Llanos Orientaux de Colombie, Cécile Grollier (1995). Mémoire de fin d'Etudes. ISTOM/Ecole d'Agro-Développement International, Cergy-Pontoise/France. 67 p + Annexes.

The botanical and chemical composition of the serranía grasslands in the Llanos Orientales of Colombia, Jeannette Broekhuijsen (September 1994), Thesis Grassland Science, Department of Agronomy : Wageningen Agricultural University, Wageningen, Holanda. 106 p.

Vegetation dynamics and liveweight changes in the Llanos Orientales of Colombia: a study of a proposed management system, Lonneke Peters (1994), Thesis Grassland Science, Department of Agronomy : Wageningen Agricultural University, Wageningen, Holanda. 80 p + Anexos.