

02S1B-77
Octubre, 1978

Programa de Ganado de Carne 1977

Esta publicación es una separata del
PROGRAMA DE PRODUCCION DE GANADO DE CARNE
del Informe Anual del CIAT, 1977

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado Aéreo 67-13 Cali, Colombia, S.A.

PERSONAL DEL PROGRAMA DE GANADO DE CARNE

(al 31 de Diciembre, 1977)

DIRECTORES DEL CIAT

Científicos principales

John L. Nickel, *PhD, Director General*
Alexander Grobman, *PhD, Director General Asociado, Cooperación Internacional*
Kenneth O. Rachie, *PhD, Director General Asociado, Investigación*

Personal asociado

Cecilia Acosta, *Asistente Administrativa*

PROGRAMA DE GANADO DE CARNE

Científicos Principales

Pedro A. Sánchez, *PhD, Edafólogo (Coordinador)*
Rainer Schultze-Kraft, *PhD, Agrónomo, Recursos Genéticos*
Kenneth D. Sayre, *PhD, Fitomejorador leguminosas*
Bela Grof, *PhD, Agrónomo de leguminosas*
C. Allan Jones, *PhD, Agrónomo de gramíneas*
John E. Ferguson, *PhD, Agrónomo, Producción de semillas*
Jake Halliday, *PhD, Microbiología de suelos*
Luis Alfredo León, *PhD, Química de suelos (Proyecto Fósforo del IFDC)*
William Fenster, *PhD, Especialista en fertilidad de suelos (Proyecto Fósforo del IFDC)*
James M. Spain, *PhD, Edafólogo, Desarrollo de praderas (con sede en Carimagua, Colombia)*
Walter J. Couto, *PhD, Edafólogo, Desarrollo de praderas (con sede en Brasil)*
Osvaldo Paladines, *PhD, Zootecnista, Nutrición*
Ingo Kleinbeisterkamp, *PhD, Zootecnista, Manejo Animal*
C. Patrick Moore, *PhD, Zootecnista (con sede en Brasilia, Brasil)*
Eduardo R. Aycardi, *PhD, Especialista en Salud Animal*
Gustavo Morales, *PhD, Patólogo*
Gustavo A. Nores, *PhD, Economista*

Luis E. Tergas, *PhD, Agrónomo, Adiestramiento y Pruebas regionales*

Científicos Visitantes

Thomas T. Cochrane, *PhD Especialista en recursos de tierras*
Nobuyoshi Maeno, *PhD, Entomólogo*

Científico Posdoctoral

Mario Calderón, *PhD, Entomólogo*

Investigadores Asociados

*Mario Aguilera, *DMV, Adiestramiento*
Rubén Darío Estrada, *MS, Economía*
Victor H. Guzmán, *MS, Patología Veterinaria*
Libardo Rivas, *MS, Economía*

Científico Visitante

Oghenetsevbuko Todo Edje, *PhD, Fisiología de semillas*

Investigadores Asociados Visitantes

Guido Delgadillo, *MS, Suelos/ Nutrición vegetal*
Jorge Luis Díaz, *MS, Utilización de forrajes*
Hendrik Jansen, *MS, Agronomía de leguminosas*
Rolf Minhorst, *MS, Manejo animal (con sede en Brasilia, Brasil)*
Frank Muller, *MS, Agronomía de leguminosas*
Eugenia de Rubinstein, *MS, Economía*

Investigadores Asistentes Visitantes

William F. Gómez, *Ing. Agr., Utilización de forrajes*
Fabio Calvo, *Ing. Agr., Desarrollo de praderas*

* Asignado a dos programas

Herbert Jeinrich, *Ing. Agr., Utilización de forrajes*

Investigadores Asistentes

Amparo V. de Alvarez, *Ing. Agr., Fitopatología*

Miguel Ayarza, *Ing. Agr., Suelos*

Daniel Belalcázar, *Ing. Agr., Recursos genéticos*

Francisco Bonilla, *Ing. Agr., Producción de semilla*

Raúl Botero, *DMV, Manejo animal*

Arnulfo Carabali, *Ing. Agr., Agronomía de gramíneas*

José Misael Cortés, *DMV, Salud Animal*

Patricia Chacón, *Biólogo, Entomología*

Martha Lucía Escandón, *Ing. Agr., Fitomejoramiento*

Jaime Escobar, *Zootecnista, Utilización de pastos*

Luis E. Forero, *Biólogo, Recursos genéticos*

Luis H. Franco, *Ing. Agr., Desarrollo de praderas*

Duván García, *Ing. Agr., Producción de semillas*

Hernán Giraldo, *Ing. Agr., Agronomía de leguminosas*

Ramón Gualdrón, *Ing. Agr., Suelos*

Fabio Gutiérrez, *Ing. Agr., Microbiología de suelos*

Uriel Gutiérrez, *Economista, Agrícola*

*Silvio Guzmán, *DMV, Adiestramiento Pruebas regionales*

Jorge Leal, *Zootecnista, Utilización de pastos*

Orlando Lozano, *DMV, Manejo animal*

Henry Llanos, *Ing. Agr., Proyecto fósforo*

Carlos Humberto Molano, *Ing. Agr., Agronomía de gramíneas*

Martha Stella Peña, *Química, Utilización de pastos*

Bernardo Rivera, *DMV, Salud animal*

Manuel Sánchez, *Ing. Agr., Agronomía de leguminosas*

Gustavo Adolfo Urrea, *Ing. Agr., Adiestramiento Pruebas regionales*

Fernán Alberto Varela, *Ing. Agr., Entomología Fitomejoramiento*

CONTENIDO

A-3	Estrategia y organización del programa	A-49	Factores limitantes de la fertilidad de los suelos de CIAT-Quilichao
A-3	Objetivos	A-51	Evaluación de rocas fosfóricas
A-4	Estrategia	A-52	Investigaciones iniciales hechas en invernadero
A-7	Estaciones Experimentales	A-53	Experimento de campo
A-7	Estudio del área de impacto	A-57	Evaluación de termofosfatos
A-10	Recursos genéticos	A-59	Aplicaciones de silicato y de magnesio
A-11	Colección e introducción de germoplasma de especies forrajeras	A-60	Roca fosfórica combinada con superfosfato triple
A-11	Multiplicación inicial del germoplasma y mantenimiento	A-61	Nutrición mineral de plantas forrajeras
A-13	Evaluación preliminar del germoplasma	A-61	Tolerancia al aluminio
A-14	Fitomejoramiento	A-63	Tolerancia al bajo nivel de fósforo disponible
A-16	Agronomía de leguminosas	A-65	Desarrollo de praderas
A-16	Establecimiento de criterios de selección	A-67	Sistema de establecimiento de praderas con bajas densidades de siembra
A-16	Clasificación de germoplasma de leguminosas	A-68	Requerimientos de fertilidad para el establecimiento convencional de praderas en Carimagua
A-19	<i>Stylosanthes</i>	A-70	Siembra en fajas alternas de asociaciones de Leguminosa-Gramínea
A-25	<i>Centrosema</i>	A-71	Fertilización de mantenimiento de pastos establecidos
A-25	<i>Desmodium</i>	A-71	Uso de cultivos anuales como precursores de las especies forrajeras
A-26	<i>Zornia</i>	A-71	Utilización de pastos
A-27	Evaluación de asociaciones bajo pastoreo	A-72	CIAT-Quilichao
A-31	Agronomía de gramíneas	A-72	Carimagua
A-32	Producción de semillas	A-77	Manejo animal
A-32	Multiplicación	A-77	Sistemas de hato
A-32	Tecnología de producción de semillas de leguminosas	A-77	Suplementación mineral
A-34	Tecnología de producción de semilla de gramíneas	A-80	Destete precoz
A-35	Protección de plantas	A-81	Uso de pastos mejorados
A-35	Barrenador del tallo	A-82	Suplementación de urea y melaza
A-37	Parásito del barrenador del tallo	A-82	Efectos estacionales
A-38	Hospedantes alternos	A-83	Mortalidad de terneros
A-38	Gusano de los botones	A-84	Evaluación de los sistemas de producción de ganado de carne en las regiones de sabana tropical de América Latina (Proyecto ETES)
A-38	Microbiología de suelos	A-86	Sistemas de manejo de hatos de cría
A-39	Colección de <i>Rhizobium</i>	A-86	Hato experimental
A-40	Selección de cepas	A-88	Salud Animal
A-40	Descripción de las etapas I, II y IV		
A-43	Experimentos en Quilichao		
A-45	Experimentos en Carimagua		
A-45	Recomendaciones de inoculación		
A-45	Portadores de inoculantes		
A-47	Caracterización de los suelos de las principales estaciones experimentales		

A-89	Leptospirosis Infectividad de <i>Leptospira hardjo</i> bajo un alto estrés nutricional	A-108	Sistemas alternativos de ganado en los Llanos
A-91	Infectividad de <i>Leptospira hardjo</i> en vacas bien alimentadas bajo inoculación artificial	A-108	Sistemas de cría
A-94	Estado epidemiológico del hato de Carimagua	A-114	Sistemas de engorde
A-95	Evaluación del área de impacto	A-116	Aspectos económicos de la fiebre altosa
A-95	Interacciones Enfermedades/Nutri- ción	A-119	Adiestramiento y Ensayos Regionales
A-108	Economía	A-120	Estrategia
		A-120	Adiestramiento
		A-121	Ensayos regionales
		A-122	Conferencias
		A-123	Publicaciones

Programa de Ganado de Carne

La reorientación del Programa de Ganado de Carne se completó durante el año. Se organizó un equipo interdisciplinario para atacar en forma sincronizada las barreras suelo-planta-animal, que limitan el aumento de la producción de carne en los ecosistemas de suelos ácidos. Se definió el área de impacto del Programa y está en progreso un estudio geográfico de los 850 millones de hectáreas de Oxisoles y Ultisoles de América tropical. Se desarrolló una estrategia de investigación y de transferencia de tecnología y se iniciaron operaciones en tres centros de investigación: CIAT-Quilichao, Carimagua y Brasilia. Se está organizando una red de ensayos regionales localizados a través del área de impacto a fin de iniciar evaluaciones extensivas durante 1978.

El objetivo del Programa es desarrollar y transferir tecnología efectiva y de bajos insumos para aumentar la producción de carne bovina en los suelos ácidos y de baja fertilidad de América tropical, principalmente mediante producción de especies forrajeras mejoradas durante todo el año, suplementadas por prácticas de manejo y salud animal económicamente favorables. Los siguientes hechos ilustran el progreso alcanzado durante 1977 con respecto a estos objetivos.

Durante este año se duplicó la base genética de la colección de germoplasma de especies forrajeras tropicales del CIAT, adaptada a los ecosistemas de suelos ácidos, la cual alcanzó un total de 3.400

accesiones. También, se amplió considerablemente el número de accesiones de gramíneas y leguminosas bajo evaluación de campo, en ensayos de corte o pastoreo. En Carimagua, por ejemplo, el número de accesiones de leguminosas forrajeras ensayadas bajo pastoreo, aumentó de seis accesiones de una sola especie, el año pasado, a 30 accesiones de varias especies en 1977.

Se establecieron criterios específicos de selección para leguminosas y gramíneas forrajeras; el germoplasma más promisorio se organizó de acuerdo con su potencial para ecosistemas específicos.

Varias accesiones de *Stylosanthes capitata*, *Zornia* sp. y *Desmodium ovalifolium* fueron, entre las leguminosas, las más promisorias para las condiciones de alto estrés de la región de sabanas de Carimagua, la cual se caracteriza por su fertilidad extremadamente baja, suelo muy ácido y por ataques devastadores de enfermedades e insectos en las leguminosas; *Andropogon gayanus* parece ser la más promisorio de las gramíneas. *S. guianensis* ya no se considera promisorio para este ecosistema debido a su susceptibilidad a enfermedades y plagas y/o escaso potencial de producción de semilla.

Para las condiciones climáticas, edáficas y fitosanitarias un tanto de menor estrés de CIAT-Quilichao, *S. guianensis* 135 y 184, junto con el híbrido de *Centrosema* 438, parecen ser las más promisorias y se

evaluación. Las praderas de esta leguminosa, en asociación con *A. gyanus*, *Panicum maximum* o *Brachiaria decumbens*, produjeron aumentos uniformes de peso vivo, 561 g/novillo/día, a una capacidad de carga de 2,3 animales/ha durante un período anormalmente prolongado de sequía, el cual causó pérdidas severas en las praderas adyacentes. La producción de semilla del germoplasma más promisorio se desarrolla en forma normal.

Durante 1977, también se duplicó la colección de cepas de *Rhizobium* para leguminosas forrajeras del CIAT. Se desarrollaron técnicas efectivas de inoculación, con o sin cubierta de cal o fosfato de roca, para la mayoría de las accesiones prometedoras.

Se encontró que varias accesiones de leguminosas y gramíneas promisorias tenían requerimientos extremadamente bajos de fósforo, junto con una tolerancia excelente a niveles de aluminio considerados tóxicos para la mayoría de las plantas cultivadas.

La aplicación directa de fosfatos de roca, de reactividad baja a mediana, típicas en la mayoría de los depósitos de América Latina, presentó un comportamiento igual o mejor que el superfosfato cuando se aplicaron a las especies tolerantes al aluminio, cultivadas en los Oxisoles de Carimagua. Si se considera que el costo de un kilogramo de P_2O_5 como fosfato de roca equivale a un tercio o un cuarto del costo del superfosfato, el uso de estos materiales parece ser un componente importante de la emergente tecnología de bajos insumos.

Se aplicaron nuevos y promisorios métodos para el establecimiento de pastos y sistemas de mantenimiento, basados en técnicas de siembra espaciada, de bajo costo, así como siembra en fajas de 2,5 metros de ancho, de asociaciones leguminosa/gramínea, tales como *B.*

decumbens y *Pueraria phaseoloides*. En Quilichao, Carimagua y Brasilia, se iniciaron sistemas para métodos tradicionales y no tradicionales de establecimiento de praderas.

Los estudios sobre utilización a largo plazo de especies forrajeras y de sistemas de hato demostraron que sólo es posible obtener niveles muy limitados de producción de ganado en las sabanas nativas, si no se utilizan especies forrajeras mejoradas y de mayor persistencia. Los parámetros sanguíneos de vacas de cría Cebú las cuales pastaban en sabanas nativas, subrayan la necesidad de una mejor nutrición.

Mediante la evaluación de un ensayo sobre sistemas de hato, el cual se completó en Carimagua en 1977, se obtuvo excelente información sobre el comportamiento de los hatos en las sabanas nativas, durante cuatro años de reproducción. La suplementación mineral constituyó la práctica mejorada más significativa para las condiciones del ensayo. La suplementación con sal, el destete precoz y el uso de praderas de *Melinis minutiflora* durante la época húmeda, no son alternativas económicas. Entre las gramíneas mejoradas *H. rufa* no tuvo éxito bajo pastoreo debido a sus requerimientos relativamente altos de fósforo y potasio y a su menor tolerancia a los niveles altos de aluminio. *Brachiaria decumbens*, de bajos requerimientos de fertilizantes, produjo aumentos anuales de peso vivo de 150 a 200 kg/ha, aproximadamente 5 a 10 veces más que la sabana nativa. Bajo la lluvia intensa de Carimagua, estas praderas presentan síntomas severos de deficiencia de nitrógeno, lo cual plantea dudas acerca de la duración de su período de productividad como planta forrajera.

Durante el año, se integraron las actividades sobre transferencia de tecnología y de investigación. El adiestramiento se orienta hacia los objetivos del programa y la conducción de ensayos regionales en el área de impacto.

ESTRATEGIA Y ORGANIZACION DEL PROGRAMA

La producción de ganado de carne constituye en América Latina, una de las actividades agrícolas más importantes, y una fuente importante de proteína para sus 300 millones de habitantes. El consumo per cápita de carne de res, en América Latina tropical, es tres veces mayor que el de África tropical y casi 16 veces mayor que el de Asia. El consumo per cápita de 16 kg/año se aproxima al de Europa Occidental. Esta es probablemente una razón importante para que haya menos desnutrición causada por falta de proteína en los trópicos de América Latina que en los de África y Asia. Según estudios realizados en Cali, Colombia, familias pertenecientes a todos los estratos económicos invierten 10-12 por ciento de su ingreso total en carne de res, lo que fundamenta el hecho de que la carne de res es uno de los alimentos básicos de América Latina.

Aproximadamente, dos tercios de la carne de res de América Latina se produce en sus regionales tropicales, donde se encuentra el 71 por ciento de su población de bovinos. Sin embargo, la productividad anual por cabeza de ganado en América tropical es aproximadamente la mitad de la productividad de las regiones templadas de América del Sur y casi una cuarta parte de la productividad de los Estados Unidos y Canadá.

Esta brecha de tecnología es más amplia cuando se considera la demanda cada vez mayor de carne de res de bajo costo, y el potencial para producción de carne de las vastas áreas de suelos ácidos, de baja fertilidad, clasificadas como Oxisoles y Ultisoles con vegetación natural de sabana o selva. Estas regiones en conjunto cubren aproximadamente la mitad de la superficie terrestre de América tropical y se caracterizan por una alta precipitación anual con una estación seca de intensidad variable, buenas condiciones físicas del suelo pero una fertilidad nativa del suelo

extremadamente baja y una pobre infraestructura. En estas áreas, la principal barrera a la producción de ganado de carne es la falta de una fuente adecuada de forraje para todo el año, lo cual se debe a severas limitaciones de agua y de suelo.

A medida que aumentan las presiones de población, la producción de ganado de carne en los suelos fértiles, con buen nivel de pH que existen en América tropical, no podrá competir con la producción de cultivos alimenticios, en tanto que sucede exactamente lo contrario en las extensas áreas de suelos ácidos de baja fertilidad.

A mediados de 1976, la Junta Directiva del CIAT ordenó al Programa concentrar sus esfuerzos hacia el aumento de la producción en estas áreas, con énfasis en la superación de los problemas de nutrición animal.

El año de 1977 se dedicó, en gran medida, a la orientación del Programa en esta dirección; se desarrolló un objetivo claro, una estrategia de investigación, se reclutó nuevo personal, se hicieron nuevas instalaciones para hacer investigación, apropiadas para el tipo de trabajo a efectuarse y se diseñaron medios para la transferencia de tecnología a las instituciones nacionales.

OBJETIVOS

El objetivo del Programa de Ganado de Carne es desarrollar y transferir tecnología efectiva para aumentar la producción de ganado de carne en zonas de suelos ácidos y baja fertilidad de América tropical, principalmente mediante la producción de especies forrajeras mejoradas durante todo el año.

El resultado esperado de las actividades del Programa es el desarrollo de sistemas mejorados de producción de especies forrajeras, en términos de calidad como de cantidad, complementados por sistemas de manejo y prácticas de salud animal, económicamente viables.

La orientación del Programa hacia los ecosistemas de suelos ácidos también representa un esfuerzo significativo dirigido al desarrollo de: los 300 millones de hectáreas de sabanas con suelos ácidos y baja fertilidad que existen en América Latina, y la proporción creciente de los 550 millones de hectáreas de suelos similares, actualmente cubiertos de selvas, los cuales están siendo desmontados con el propósito de establecer pastos. Se considera que estas extensas áreas constituyen uno de los recursos subutilizados más importantes del mundo, los cuales ofrecen un potencial enorme para aumentar la producción de alimentos a escala mundial. La utilización del ganado de carne puede servir como herramienta fundamental para lograr una producción agropecuaria eficiente y ecológicamente adecuada de estas áreas y por lo tanto, constituir un factor importante en el desarrollo económico e integral de estos países.

ESTRATEGIA

La estrategia de investigación y extensión se ilustra en la Figura 1. Mediante la recolección de plantas realizadas en todo el mundo y las actividades de la nueva sección de fitomejoramiento, ha sido posible reunir una amplia variedad de especies forrajeras las cuales se multiplican en viveros de campo o de invernadero, se seleccionan según su tolerancia a las principales plagas de insectos y enfermedades, a la toxicidad de aluminio y a la baja disponibilidad de fósforo, típicas de los Oxisoles y Ultisoles del área de impacto. Las accesiones sobrevivientes se

someten a observaciones de crecimiento, vigor y otras características agronómicas, en pequeñas parcelas en el campo de la estación de Quilichao. La semilla de las accesiones promisorias se multiplica para someterla a ulteriores ensayos, los cuales incluyen las necesidades de inoculación para la fijación efectiva del nitrógeno en las leguminosas y ensayos de laboratorio sobre consumo y digestibilidad. Posteriormente se efectúan los ensayos de corte, de compatibilidad de asociaciones de gramíneas y leguminosas, de frecuencia de corte, de altura, de requerimientos de fertilización y de tolerancia a la sequía.

Luego se examina el material más promisorio en ensayos regionales realizados por instituciones nacionales que prestan su colaboración en el área de impacto, a fin de estimar en forma rápida la adaptación a los distintos medios. Seguidamente se desarrolla la tecnología necesaria de producción de semilla y se lleva a cabo una mayor producción de semilla a fin de permitir la siembra de 5 a 10 hectáreas de las accesiones promisorias. Estas líneas promisorias se someten a ensayos de intensidad de pastoreo los cuales contemplan distintas variables tales como tasas de carga, intervalos de pastoreo y niveles de fertilidad, principalmente para evaluar la persistencia bajo pastoreo sin efectuar mediciones de los animales propiamente. Posteriormente se realiza un segundo nivel de ensayos regionales en los cuales se evalúan las variables agronómicas y la persistencia bajo pastoreo en el área de impacto. Todo el germoplasma descartado durante este proceso se envía a la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT para su mantenimiento y posibles usos futuros. Mediante la evaluación del área de impacto se definirán las características de los 850 millones de hectáreas de interés en cuanto a clima, suelos, topografía, sistemas existentes de producción de praderas y ganado de carne, problemas de salud animal y aspectos económicos de la industria ganadera. Este conocimiento aumentará la habilidad del

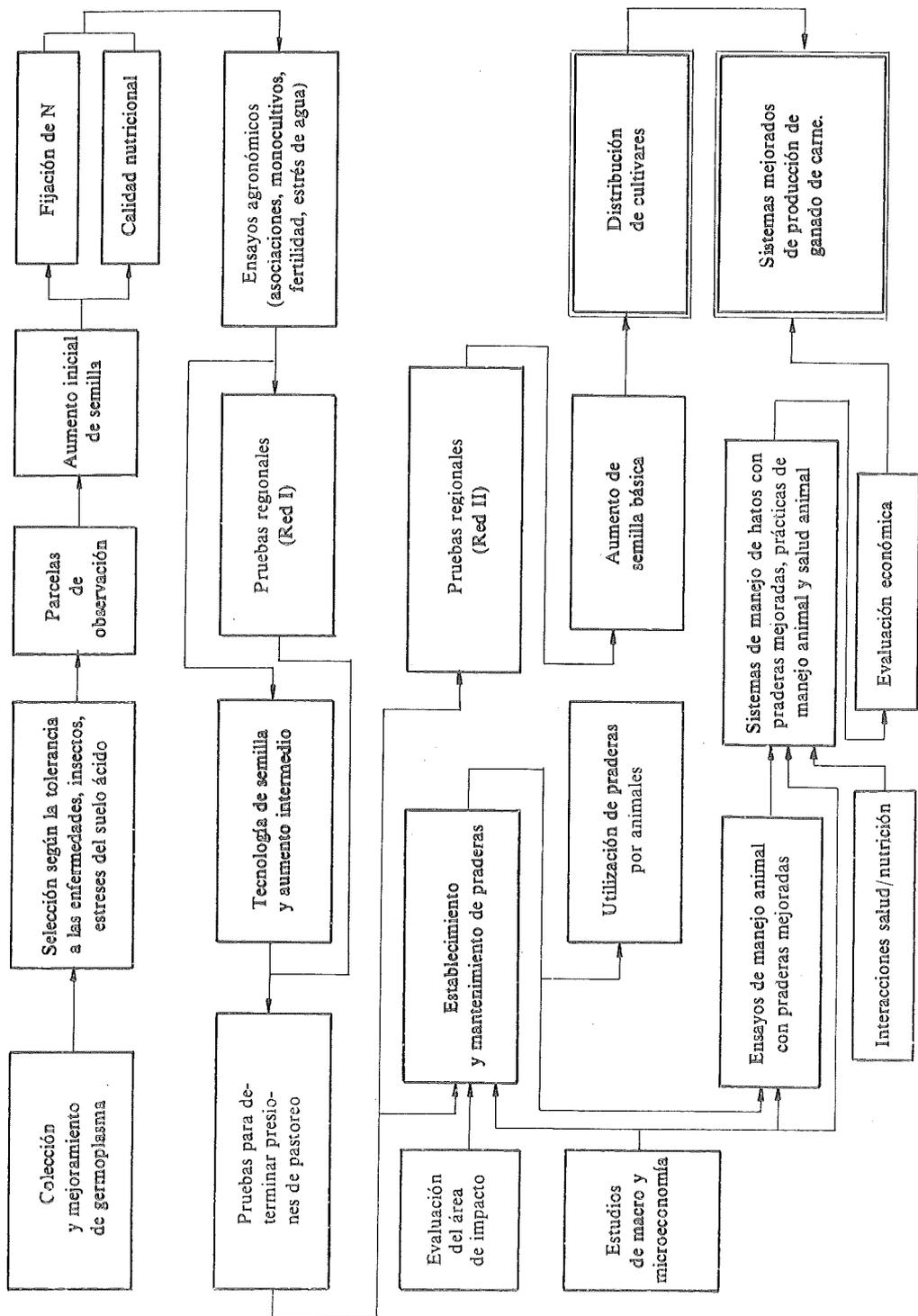


Figura 1. Diagramas secuencial de actividades y estrategias del Programa de Ganado de Carne.

Programa para enfocar su tecnología hacia los aspectos más importantes. Entre éstos se cuentan los diferentes métodos de establecimiento y mantenimiento de praderas, incluyendo la sobresiembra de sabanas nativas, la siembra de asociaciones de gramíneas leguminosas ya sea directamente o precedidas por cultivos anuales, y praderas bajo manejo intenso en pequeñas áreas irrigadas o en los parches de suelos fértiles existentes en muchos ranchos. Los resultados de estos esfuerzos y los ensayos regionales permiten efectuar la evaluación final de los cultivares potenciales mediante parámetros de comportamiento animal, como por ejemplo ganancias de peso vivo. Posteriormente se reproduce la semilla básica y se recomiendan nuevos cultivares para la distribución.

Los ensayos de manejo animal se realizan con los sistemas de praderas promisorios a fin de sincronizar los niveles nutricionales mejorados con las necesidades de los diferentes tipos de animales en el hato, mediante el apareamiento estacional, el destete precoz y otras prácticas de manejo. Se identifican las enfermedades del ganado Cebú que presentan tendencias a desaparecer con una mejor nutrición así como también las enfermedades que presentan tendencias a aumentar como consecuencia de la mayor densidad animal debida a la mejor nutrición. Enseguida se afronta el control de estas enfermedades. Se reúne un paquete de tecnologías nuevas el cual consiste en praderas mejoradas y prácticas de manejo y salud animal, a fin de cuantificarlo a nivel de hato. Después de las evaluaciones económicas, se tendrán sistemas mejorados de producción de ganado de carne.

La complejidad del programa y la naturaleza del área de impacto hacen imperativo que la investigación y la cooperación internacional se integren en forma total. El entrenamiento de personal

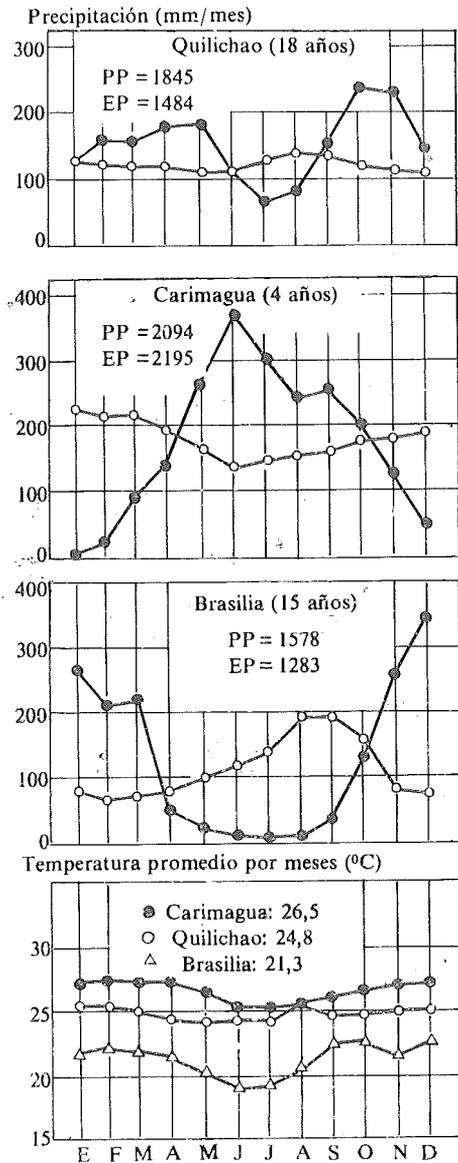


Figura 2. Precipitación promedio (PP), evapotranspiración potencial (EP) y regimenes de temperatura en las tres principales estaciones experimentales en las cuales el Programa de Ganado de Carne hace investigación. Quilichao, Departamento del Cauca, Colombia = latitud: 3°06'N, longitud: 76°31'O; elevación: 990 m. Carimagua, Departamento del Meta, Colombia = latitud: 4°2'N, longitud: 71°10'O; elevación: 200 m. Brasilia, Distrito Federal Brasilia = latitud: 15°36'S; longitud: 47°42'O; elevación: 1010m.

de instituciones nacionales se relaciona con su papel como colaboradores actuales o potenciales en ensayos regionales y en otros medios de transferencia de tecnología.

ESTACIONES EXPERIMENTALES

Debido a las condiciones fértiles, de alto contenido de bases de los suelos que existen en la sede del CIAT en Palmira, la mayor parte de la investigación de campo se debe realizar en otros lugares. Las instalaciones de la sede del CIAT sirven como base, de trabajos de invernadero, laboratorio y consulta en la biblioteca. Durante 1977, se efectuaron arreglos para hacer experimentación en tres localidades con el propósito de cumplir con los objetivos del Programa; estos lugares brindan un amplio rango de condiciones climáticas y edáficas.

Las tres localidades son: CIAT-Quilichao, a 40 kilómetros al sur de Cali, el Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), en Carimagua, en los Llanos de Colombia, y el Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC) de la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuaria (EMBRAPA), a 35 kilómetros al noreste de Brasília, en Brasil. En la Figura 2 se presentan datos climáticos a largo plazo. La diferencia más importante entre estas localidades es la duración de la estación seca. En Quilichao, en el año, hay dos estaciones secas, de poca duración pero intensas, cada una de las cuales dura 2 ó 3 meses. En Carimagua, hay una fuerte estación seca, de cuatro meses y en Brasília, una fuerte estación seca, de seis meses de duración.

Los suelos de Quilichao se clasifican como Ultisoles; los suelos de Carimagua y de Brasília, son Oxisoles. Todos son ácidos (pH 4,1 a 4,9), de alta saturación de aluminio (64 a 82 por ciento), de muy bajo contenido de fósforo disponible y deficientes en muchos nutrimentos. Sin embargo, su estructura bien granulada proporciona excelentes propiedades físicas. En la sección sobre Fertilidad del Suelo se incluye información sobre las características edáficas. Además de las características climáticas y edáficas, las tres localidades ofrecen contrastes significativos en cuanto a presencia de plagas y enfermedades que atacan a las leguminosas forrajeras. La incidencia de antracnosis y de barrenadores del tallo, en Carimagua, es alta; moderada a leve en Quilichao y todavía de poca importancia en Brasília.

Aunque la producción de ganado de carne es la principal actividad en las tres localidades y la productividad de las praderas nativas es baja, el grado de desarrollo de infraestructura también ofrece un rango de posibilidades económicas. La cercanía de Quilichao al área metropolitana de Cali contrasta con las condiciones bastante desarrolladas del Cerrado, cerca a Brasília. Ambos, a su vez, son totalmente diferentes de la estación de Carimagua, relativamente aislada, representativa de un área con malas carreteras y escasa infraestructura de comunicaciones.

Muchas de las secciones del Programa han estado operando por varios años y han acumulado una cantidad significativa de información. En 1977 se establecieron nuevas secciones, las cuales están en las primeras etapas de su desarrollo.

ESTUDIO DEL AREA DE IMPACTO

El área de impacto del Programa consiste en 850 millones de hectáreas de
Programa de Ganado de Carne

suelos ácidos y de baja fertilidad natural, clasificados como Oxisoles y Ultisoles. El

Cuadro 1. Distribución de Oxisoles y Ultisoles en países de América Latina, calculada con base en los Mapas de Suelos del Mundo, de la FAO, a escala de 1:5 millones.

Pais	Millones de hectáreas	Porcentaje del país	Importancia ¹
Brasil	572,71	68	***
Colombia	67,45	57	*
Perú	56,01	44	**
Venezuela	51,64	58	***
Bolivia	39,54	57	**
Guyana	12,25	62	***
Surinam	11,43	62	***
Paraguay	9,55	24	*
Ecuador	8,61	23	*
Guyana Francesa	8,61	94	***
México	4,42	2	
Panamá	3,59	63	***
Honduras	3,13	29	**
Nicaragua	2,92	30	**
Cuba	2,42	21	*
Chile	1,37	2	
Argentina	1,28	0,4	
Guatemala	0,96	9	
Costa Rica	0,70	14	*
Haití	0,52	19	*
Jamaica	0,45	41	**
Trinidad	0,42	84	***
República Dominicana	0,42	9	
Belice	0,40	19	*
Puerto Rico	0,16	18	*
Guadalupe	0,09	47	**
Martinica	0,05	43	**
Totales:			
América Latina ²	851,10	42	**
América Tropical	848,45	51	***
América del Sur Tropical	828,21	59	***
América Central y Caribe	15,80	23	*

¹ *** Más del 50% del país.

** Más del 25% del país.

* Más del 10% del país.

² Incluye los siguientes países donde no hay suelos Oxisoles ni Ultisoles: Uruguay, El Salvador, Antigua, Bahamas, Barbados, Curacao y Antillas Menores.

Cuadro 1 presenta la distribución de estos suelos en América tropical; en este cuadro, los diferentes países están mencionados en un determinado orden basado en la extensión e importancia que estos suelos tienen en ellos.

En su mayor parte, estas áreas están escasamente pobladas y dedicadas a la producción de ganado de carne. Con el propósito de obtener información más detallada, a mediados de 1977, se inició un estudio para clasificar los recursos que ofrecen tales áreas y lograr así una síntesis económica basada en características geográficas. Esta síntesis servirá para diseñar más adelante estrategias sobre transferencia de tecnología generada por el Programa e instituciones colaboradoras. El estudio y análisis del "área de impacto" se completará en dos años.

Se adoptó la metodología del "Sistema de Tierra" desarrollada por Christian y Stewart, en el norte de Australia. Para nuestros fines, un "Sistema de Tierra" se define como "un área o grupo de áreas a través de las cuales se manifiesta un patrón recurrente de clima, paisaje y suelo". Los parámetros ambientales que afectan la utilización de la tierra se clasifican en el orden siguiente:

1. Clima

- a. Energía radiante recibida
- b. Temperatura
- c. Evapotranspiración potencial
- d. Balance hídrico
- e. Otros factores climáticos

2. Paisaje

- f. Geomorfología
- g. Hidrología

3. Suelo

- h. Características físicas
- i. Características de fertilidad

Programa de Ganado de Carne

El profesor George Hargreaves, con su asociado Karl Hancock, de la Universidad Estatal de Utah (EE.UU.), realizan el trabajo climático utilizando datos meteorológicos provenientes de más de 1000 estaciones meteorológicas situadas en el área de impacto. Para definir el patrón de paisajes del terreno, se usan imágenes obtenidas vía satélite las cuales se complementan con reconocimientos aéreos y terrestres. También, se está formando una colección completa de imágenes LANDSAT¹ correspondiente al área de impacto. Las características de fertilidad del suelo se describen según el Sistema de Clasificación de Suelos según su fertilidad, desarrollado por el Dr. Stanley Buol y sus colaboradores, en la Universidad Estatal de Carolina del Norte.

Este estudio se complementará con una determinación preliminar de las condiciones de crecimiento de las principales plantas forrajeras gramíneas y leguminosas presentes en el área; esta determinación constituirá una guía para definir cuáles especies forrajeras se deben estudiar. Además, se intentará demarcar los límites geográficos que corresponden a las principales enfermedades del ganado vacuno, con la colaboración de la sección de Salud Animal de Programa.

Una vez trazadas las demarcaciones de los Sistemas de Tierra, se procederá a definir las áreas geográficas de mayor prioridad para la introducción de tecnologías mejoradas para incrementar la producción de ganado de carne, lo cual se hará de acuerdo a consideraciones económicas. Este trabajo, realizado por el economista del Programa, se complementará mediante estudios de campo de prácticas de manejo animal en áreas específicas, lo que ayudará a identificar cuáles son los sistemas de producción que actualmente operan. La identificación de

¹ LANDSAT = Las imágenes LANDSAT captan no sólo luz visible sino también infrarroja, lo cual provee más detalles de los que podría visualizar el ojo humano. Constituyen mosaicos y ofrecen vistas de la tierra, en colores, casi exactos. N. del Ed.

los sistemas de producción se hará bajo la dirección del especialista en manejo animal de Programa.

Debido a que el estudio traspasa fronteras nacionales, involucra la cooperación de varias instituciones nacionales. En Brasil, en donde se ha comenzado el trabajo, el proyecto se realiza de manera conjunta con el Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados, de EMBRAPA y tiene como coordinador al Dr. Luiz Guimaraes de Azevedo.

En este momento, los estudios climáticos hechos por el Dr. Hargreaves y colaboradores se realizan normalmente, así como también la organización de la revisión de la literatura y los aspectos cartográficos.

Ya se ha hecho la primera comprobación preliminar *in situ* de la interpretación de las imágenes obtenidas vía satélite, las cuales cubren aproximadamente 200 millones de hectáreas; esta comprobación se hizo en las principales regiones de sabanas en América tropical, incluyendo la región centrooccidental de Brasil y una parte oriental de Bolivia, entre las latitudes 10°S y 20°S. Esto representa aproximadamente el 23 por ciento del área de impacto y el 60 por ciento de las regiones de sabana. Actualmente, se están revisando las imágenes vía satélite, de acuerdo con las evaluaciones de campo y se lleva a cabo la compilación de los datos para su clasificación eventual y su almacenamiento en un banco de datos, antes de la preparación del informe correspondiente.

Se pueden adelantar algunos resultados provisionales:

1. En el área estudiada hasta la fecha, aproximadamente el 40 por ciento de las tierras se clasifican como sabanas bien drenadas, principalmente, con suelos Oxisoles; el 25 por ciento, son sabanas mal drenadas, principalmente con suelos Ultisoles y el resto comprende otros ecosistemas. La producción de ganado, en las sabanas bien drenadas, está generalmente limitada por la falta de forraje durante la estación seca, mientras que en las sabanas mal drenadas se presenta a menudo falta de forraje, durante la estación lluviosa, debido a las inundaciones y a la escasez de tierras altas no inundables, de fácil acceso y con especies forrajeras adecuadas.

2. Más del 85 por ciento de las sabanas bien drenadas están cubiertas de una vegetación arbustiva continua, llamada comúnmente "Cerrado" en Brasil; sólo una parte relativamente pequeña se puede clasificar como sabana abierta. Debido a que la densidad de la vegetación arbustiva tiene una correlación positiva con la fertilidad del suelo, este hecho indica que estas sabanas, aunque sin duda tienen suelos de baja fertilidad, pero no tan extremadamente baja como la de los suelos de la altiplanicie de los Llanos Orientales de Colombia. Más aun, frecuentemente se encuentran en estas sabanas algunas áreas pequeñas con suelos más fértiles localizadas generalmente a lo largo de los patrones de drenaje.

3. Es evidente que existen extensas áreas en el occidente de Brasil, las cuales podrían ser utilizadas en forma más intensiva para la producción de ganado, con la aplicación de una tecnología innovativa que tenga un bajo costo de aplicación.

RECURSOS GENETICOS

El objetivo de esta Sección es aumentar y ampliar la diversidad genética del germoplasma de especies forrajeras tropicales

con potencial para el área de impacto. Las actividades comenzaron a finales de 1976; durante 1977, se concentraron en los

siguientes aspectos: 1) recolección de germoplasma mediante colección directa e intercambio con otras instituciones; 2) aumento inicial y mantenimiento de germoplasma existente; 3) evaluación preliminar del germoplasma; y 4) su identificación y clasificación mediante un herbario de referencia.

COLECCION E INTRODUCCION DE GERMOPLASMA DE ESPECIES FORRAJERAS

Desde la creación de la Sección de Recursos Genéticos, en 1977, el CIAT ha aumentado significativamente su colección de germoplasma de especies forrajeras (Figura 3). Este aumento es el resultado de expediciones sistemáticas de recolección por regiones con suelos Oxisoles y Ultisoles, tales como en los Llanos Orientales de Colombia, especialmente en los departamentos del Meta y Vichada; en los Llanos de Venezuela, en los estados de Bolívar, Anzoátegui y Monagas, y en regiones del Cerrado brasileño, en el estado de Mato Grosso. La última expedición se hizo con la participación de científicos del CIAT, EMBRAPA y CSIRO (Australia).

Estas expediciones sistemáticas y algunos viajes ocasionales de recolección dentro de Colombia, han contribuido considerablemente a enriquecer la colección de germoplasma de especies forrajeras del CIAT, la cual se especializa en materiales provenientes de regiones con suelos muy ácidos en ecosistemas de sabanas de bosque tropical. Además de la recolección directa, se obtuvo germoplasma mediante intercambio con otras instituciones. La principal contribución se logró a través del Proyecto de Leguminosas Forrajeras de la Universidad de Indias Occidentales, con sede en Belice y Antigua, auspiciado por el International Development Research Centre (IDRC, Canadá). Durante 1977, la recolección directa, más las introducciones mediante intercambio, duplicaron la colección de

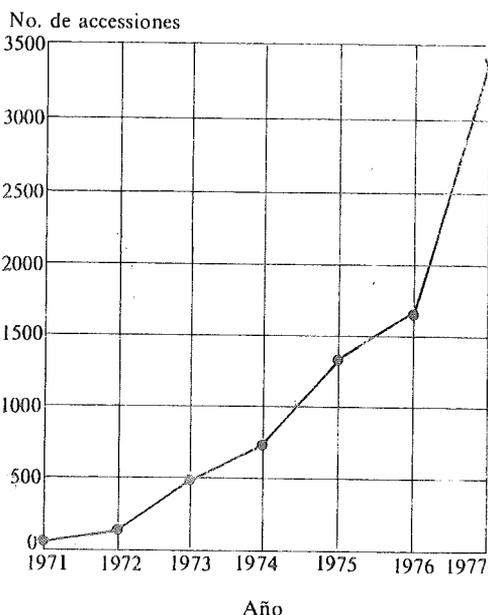


Figura 3. Desarrollo de la colección de germoplasma de forrajes tropicales del CIAT.

germoplasma forrajero del CIAT hasta alcanzar 3400 accesiones¹. En el Cuadro 2 se presentan las adquisiciones de germoplasma hechas durante 1977, para los principales géneros del banco de germoplasma.

MULTIPLICACION INICIAL DEL GERMOPLASMA Y MANTENIMIENTO

En la mayoría de los casos, la cantidad de semilla o material vegetativo introducido por accesión no es suficiente para su evaluación, ni tampoco para su mantenimiento como germoplasma. Por este motivo, gran parte del trabajo de la sección durante 1977, se dedicó al aumento y mantenimiento del germoplasma. Además de las 493 accesiones provenientes de introducciones anteriores (germoplasma recolectado de 1971-1976), se comenzó el proceso de multiplicar la

¹ Nuevos ecotipos recolectados y numerados.

Cuadro 2. Introducciones de germoplasma de especies tropicales adquiridas mediante recolección directa e intercambios efectuados con otras instituciones, durante 1977.

Género	No. de accesiones adquiridas por recolección en:				No. de accesiones adquiridas por intercambio con:				Total acces. Banco Germ. Forrajes CIAT	
	Colombia	Venezuela	Brasil	Total	IDRC/Univ. de W. Indies Proyecto Legumin. Forrajes		USDA	Otros		Total
					Belize	Antigua				
<i>Stylosanthes</i>	62	67	148	277	48	24	-	10	82	1021
<i>Desmodium</i>	125	5	114	244	61	7	-	6	74	525
<i>Zornia</i>	42	-	74	116	1	-	-	-	1	145
<i>Aeschynomene</i>	40	2	32	74	2	-	-	-	2	92
Grupo <i>Macroptilium</i> ¹	60	1	32	93	32	12	-	7	51	278
<i>Centrosema</i>	25	5	13	43	35	4	-	3	42	232
<i>Galactia</i>	30	-	16	46	-	4	-	-	4	70
<i>Arachis</i>	-	-	6	6	-	-	42	-	42	77
Leguminosas varias ²	171	4	158	333	146	13	-	12	171	806
Gramíneas	3	-	1	4	-	-	13	20	33	154
Total	558	84	594 ³	1236	325	64	55	58	502	3400

¹ *Macroptilium*, *Phaseolus* y *Vigna*.

² *Calopogonium*, *Pueraria*, *Teramnus*, *Glycine*, *Cassia*, *Rhynchosia*, *Crotalaria*, *Tephrosia*, *Eriosema*, *Clitoria*, *Indigofera*, *Leucaena* y otras.

³ Mas de 41 accesiones de las cuales se recogió únicamente material vegetativo y en proceso de aumento de semilla en el Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte, de EMBRAPA, Campo Grande, Mato Grosso do Sul.

existencia de semilla del 60 por ciento de los materiales de 1977, bajo condiciones de invernadero, en CIAT-Palmira, y de campo, en CIAT-Quilichao (Cuadro 3). También, se inició el mantenimiento de gramíneas no productoras de semilla para lo cual se estableció una colección viva de 28 accesiones en CIAT-Quilichao.

EVALUACION PRELIMINAR DEL GERMOPLASMA

En CIAT-Quilichao, se inició la evaluación preliminar del germoplasma de leguminosas recolectadas en 1977 que presenta mayor promesa. Las nuevas accesiones del Grupo *Macroptilium*, de las especies *Zornia*, *Aeschynomene*, *Centrosema* y de *Stylosanthes capitata* -todas ellas originarias de suelos ácidos de sabana y de las cuales se tiene suficiente semilla disponible-se establecieron en parcelas de introducción, cada una con 24 plantas espaciadas. Estas plantas se están evaluan-

Cuadro 3. Germoplasma de especies forrajeras adquirido en 1977, el cual está bajo aumento inicial de semilla para colección de mantenimiento y trabajo.

Géneros	No. de accesiones
<i>Stylosanthes</i>	342
<i>Desmodium</i>	121
<i>Zornia</i>	71
<i>Aeschynomene</i>	50
grupo <i>Macroptilium</i> ¹	99
<i>Centrosema</i>	47
<i>Galactia</i>	31
<i>Arachis</i>	47
Leguminosas varias	170
Gramíneas ²	48
Total	1026

¹ *Macroptilium*, *Phaseolus* y *Vigna*.

² También para evaluación preliminar, incluyendo introducciones anteriores.

Cuadro 4. Germoplasma de especies forrajeras adquirido en 1977, que se encuentra bajo evaluación preliminar de campo, en CIAT-Quilichao.

Especies	No. de accesiones
<i>Zornia</i> spp.	55
Grupo <i>Macroptilium</i>	31
<i>Aeschynomene</i> spp.	26
<i>Centrosema</i> spp.	14
<i>Stylosanthes capitata</i>	10
Total	136

do y comparando con las mejores accesiones de las colecciones anteriores (Cuadro 4).

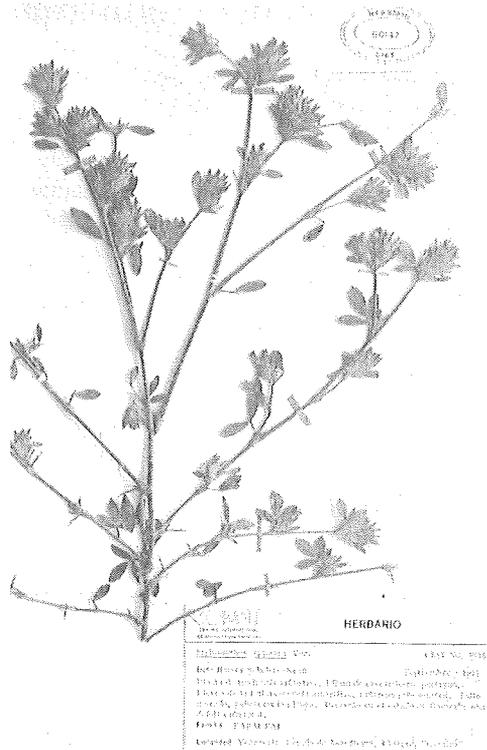


Figura 4. Muestra de una entrada de la colección de forrajes en el herbario de referencia del CIAT; además de la planta, el herbario incluye una breve descripción de la misma y algunos datos relacionados con el lugar en el cual se recolectó. Este ejemplar pertenece a *Stylosanthes capitata*.

Con la colaboración de la Unidad de Recursos Genéticos del CIAT, se inició el desarrollo de un herbario de referencia. Los especímenes de este herbario (Figura 4), los cuales cubren un amplio rango de géneros, especies y ecotipos, servirán para constatar y registrar la amplia variación de las plantas forrajeras tropicales y a la vez, permitirán la identificación y clasificación del germoplasma nuevo y de la vegetación nativa de las sabanas tropicales. Durante 1977, se reunieron 208 especímenes (Cuadro 5).

Cuadro 5. Especímenes de plantas forrajeras tropicales y vegetación de sabana en el herbario de referencia de CIAT, hasta el 1 de noviembre de 1977.

	No. de especímenes
Germoplasma de especies forrajeras del CIAT	
<i>Gramineae</i>	20
<i>Leguminosae</i>	39
Vegetación sabanera	
<i>Gramineae</i> y <i>Cyperaceae</i>	34
<i>Leguminosae</i>	55
Otras familias	60
Total	208

FITAJEMORAMIENTO

En el pasado el Programa de Ganado de Carne na concentrado la totalidad de sus esfuerzos en la evaluación de ecotipos de leguminosas forrajeras nativas obtenidas en expediciones de colección patrocinadas por el CIAT o de colecciones de germoplasma disponibles en otras instituciones, en un intento para identificar ecotipos adecuados para su siembra comercial en el área de impacto. Este procedimiento ha sido conveniente puesto que existen muchos géneros de leguminosas forrajeras tropicales nativas, especies dentro de estos géneros y ecotipos dentro de estas especies, que no han sido evaluados en forma adecuada para determinar tanto su utilidad directa en la producción comercial como la posibilidad de tenerlos en cuenta en un programa de mejoramiento genético. El énfasis es y continuará siendo la evaluación de nuevas accesiones.

Por lo tanto, la Sección de Fitomejoramiento, como se concibe actualmente, tiene dos funciones principales. Primera, la evaluación del germoplasma existente, en estrecha coordinación con otros investigadores del Programa, con el propósito de identificar los ecotipos

apropiados para usar como progenitores en los cruzamientos. Segunda, investigaciones sobre procedimientos de mejoramiento que involucrarán aquellas especies de leguminosas que hayan demostrado ser más promisorias dentro del área de impacto.

La Sección de Mejoramiento ha asignado prioridad al complejo de las especies *Stylosanthes*, principalmente *S. capitata*.

Se concederá prioridad secundaria a otros géneros promisorios, en el orden siguiente: *Centrosema*, *Desmodium*, *Macroptilium*, *Leucaena* y *Zornia*. Hasta tanto los ecotipos recientemente introducidos de especies pertenecientes a estos géneros sean evaluados en una forma más completa en el campo y se obtenga una base genética más amplia, el énfasis se seguirá dando a *Stylosanthes*.

Se han iniciado investigaciones específicas de mejoramiento genético con especies de *Stylosanthes*, especialmente con *S. capitata*. Se desconocía el número de cromosomas de esta especie. Los recuentos cromosómicos iniciales

realizados con *S. capitata* para los cuales se usó pulpa de la punta de la raíz, han dado resultados inconsistentes. Algunos ecotipos parecen tener $2n=20$ cromosomas, igual que *S. guianensis*, mientras que otros con aparentemente tetraploides, con $2N=40$. Además, la morfología de los cromosomas de estas dos especies parece ser notoriamente diferente (Figura 5), lo cual podría indicar dificultad para efectuar hibridaciones interespecíficas entre ellas.

Se están realizando selecciones de líneas puras entre ecotipos de varias especies de *Stylosanthes* a fin de determinar, tanto la variabilidad intraecotipo como la variabilidad interecotipo en relación a ciertos caracteres. Se están modificando los métodos de selección en laboratorios e

invernaderos, usados para identificar la resistencia a *Colletotrichum gloeosporioides* (antracnosis), de las futuras poblaciones segregantes provenientes de los cruzamientos. En Carimagua, se dio comienzo a experimentos con la cooperación del entomólogo del Programa para caracterizar y separar los efectos de la antracnosis y el barrenador del tallo, a fin de desarrollar métodos confiables de selección en el campo para identificar la resistencia a estos dos problemas.

Se han establecido en el invernadero plantas de ecotipos de las distintas especies de *Stylosanthes* con características valiosas conocidas, las cuales se usarán para los cruzamientos preliminares, tanto

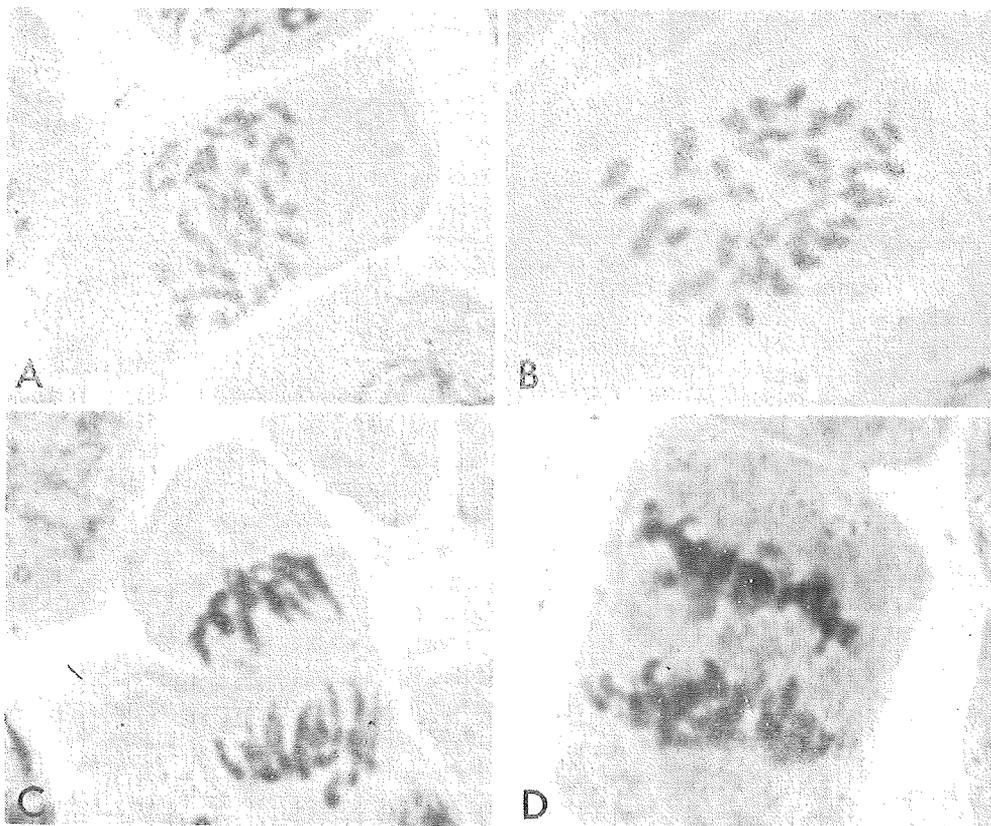


Figura 5. Cromosomas somáticos de dos especies de *Stylosanthes*. A = *S. guianensis*, en metafase ($2n = 20$); B = *S. capitata*, en metafase ($2n = 40$); C = *S. guianensis*, en anafase; D = *S. capitata*, en anafase.

intra como interespecíficos. Estas plantas servirán para desarrollar los métodos más apropiados de polinización controlada y

los híbridos resultantes constituirán una muestra, pequeña pero representativa, de poblaciones segregantes.

AGRONOMIA DE LEGUMINOSAS

Los agrónomos especialistas en leguminosas forrajeras del Programa evalúan la adaptación del germoplasma bajo condiciones de suelos ácidos. Esta evaluación consiste en una serie de pasos, desde pequeñas parcelas de observación, a lotes bajo corte y pruebas de pastoreo. Durante 1977, se evaluaron 226 accesiones de 34 especies en seis localidades, entre las cuales se incluyen las subseeds de Quilichao y Carimagua. El número de accesiones bajo pastoreo, en Carimagua, aumentó dramáticamente de seis en 1976, a 30 en 1977.

trabajo, para su posible uso fuera del área del impacto, así como en las áreas localizadas, con suelos de alta fertilidad, que se encuentran dentro del área de impacto. En el Cuadro 7 se presentan las categorías promisorias que se han desarrollado.

CLASIFICACION DE GERMOPLASMA DE LEGUMINOSAS

En los Cuadros 8 y 9 se agrupan 21 accesiones prometedoras dentro de las dos

ESTABLECIMIENTO DE CRITERIOS DE SELECCION

A mediados de 1977, se estableció el Comité de Germoplasma del Programa, con tres funciones específicas: 1) definir los criterios de selección para graminéas y leguminosas; 2) establecer categorías prometedoras y asignar prioridades en cuanto a aumento de semilla; y 3) clasificar las accesiones promisorias dentro de las diferentes categorías según los criterios de selección.

Los criterios de selección de leguminosas forrajeras se presentan en el Cuadro 6. Estos se revisarán y cuantificarán, a medida que se reciba nueva información sobre tolerancia a los varios factores limitantes. Los criterios sobre adaptación general a condiciones ecológicas específicas se basan en observaciones de crecimiento y vigor. Aunque la adaptación a las condiciones de moderada y alta fertilidad del suelo no son parte de los objetivos del Programa, se identifican las accesiones promisorias de la colección de

Cuadro 6. Criterios de selección preliminar para las leguminosas forrajeras del CIAT.

Criterios	Símbolos
Adaptación a las condiciones de Carimagua ¹	YC
Adaptación a las condiciones de Quilichao ¹	YQ
Adaptación a suelos de fertilidad mediana	YM
Adaptación a suelos de alta fertilidad	YH
Tolerancia a las enfermedades	D
Tolerancia a los insectos	I
Potencial de fijación de nitrógeno	N
Potencial de producción de semilla	Sp
Tolerancia al estrés de agua	W
Tolerancia al aluminio y al bajo nivel de fósforo	S
Calidad nutricional	Q
Persistencia bajo pastoreo	P
Facilidad de manejo	M
Productividad animal	A

¹ Descrito en la Figura 2 y en el Cuadro 26.

cuadro 7 Categorías promisorias para las accesiones de leguminosas forrajeras del CIAT y sus niveles de evaluación y multiplicación de semilla.

Categoría promisoría	Nivel de evaluación	Etapas ¹	Planeación de producción de semilla ²
1	Tolerancia inicial y/o ensayos agronómicos en pequeña escala	1-4	Inicial: (Hasta 0,2 ha)
2	Ensayos agronómicos completos	1-7	Primaria: (Hasta 5,0 ha)
3	Ensayos agronómicos completos y de densidad de pastoreo	1-11	(Hasta 10 ha)
4	Ensayos agronómicos completos y con animales	1-17	Terciaria: (Más de 10 ha)
5	Distribución de pre-cultivares	1-14	(Más de 10 ha)

¹ Se refiere a las actividades numeradas en el Diagrama Secuencial del Programa de Ganado de Carne (Fig. 1).

² Suficiente producción de semilla para sembrar en el área indicada

Cuadro 8. Accesiones de leguminosas forrajeras del CIAT clasificadas como promisorias Categoría 4, hasta noviembre de 1977.

Especies	CIAT No.	Criterio selectivo ¹ (espacios vacíos representan: Sin información)											
		YC	YQ	YM	YH	D	I	N	Sp	W	S	Q	P
<i>Centrosema</i> sp.	438	-	+	+		+	+	+	+				+
<i>Centrosema</i> sp.	1787	-	+	+		-	+		+				+
<i>Centrosema</i> sp.	845	-	+	+		+	+		+				+
<i>Desmodium ovalifolium</i>	350	+	+			+	+	+					
<i>Stylosanthes capitata</i>	1019	+	-	-	-	+	+	+	+				
<i>Stylosanthes capitata</i>	1078	+	-	-	-	+	+	-	+				
<i>Stylosanthes capitata</i>	1097	+	-	-	-	+	+	+	+				
<i>Stylosanthes capitata</i>	1315	+	-	-	-	+	+		+				
<i>Stylosanthes capitata</i>	1405	+	-	-	-	+	+		+				
<i>Stylosanthes guianensis</i>	136	-	+	-	-	-	-	+	+			+	
<i>Stylosanthes guianensis</i>	184	-	+	-	-	-	-	+	+			+	
<i>Zornia</i> sp.	728	+	-	-	-	+	+		+				

¹/ Los códigos se describen en el Cuadro 6.

Cuadro 9. Accesiones de leguminosas forrajeras del CIAT clasificadas como promisorias Categoría 3, hasta noviembre de 1977.

Especies	CIAT No.	Criterio selectivo ¹ (espacios vacíos representan: Sin información)											
		YC	YQ	YM	YH	D	I	N	Sp	W	S	Q	p
<i>Desmodium distortum</i>	335	-	-	+				+	+			+	-
<i>Desmodium heterophyllum</i>	349	-	+	+				+	+				
<i>Desmodium</i> sp.	336	-	-	+			+						
<i>Glycine wightii</i>	201	-	-	-	+				+			-	
<i>Glycine wightii</i>	204	-	-	-	+				+			-	
<i>Macroptilium</i> sp.	535		+			+	+	+	+				
<i>Pueraria phaseoloides</i>	-	+	-	+		+	+	+	+			+	
<i>Stylosantes hamata</i>	118	-	-	-	+				+				
<i>Stylosanthes hamata</i>	147	+							-				

¹ Los códigos se describen en el Cuadro 6.

categorias más avanzadas y se describe el comportamiento en cada criterio de selección. La Categoría 4, que comprende el material más promisorio, incluye una lista de 12 accesiones de cinco especies, las cuales están actualmente sometidas a pruebas de pastoreo, ya sea en Quilichao o en Carimagua, o en ambas localidades. Este cuadro muestra que algunas accesiones de *Stylosanthes capitata*, *Zornia* sp. y *Desmodium ovalifolium* son prometedoras bajo las limitaciones ambientales existentes en Carimagua, en donde la tolerancia a la antracnosis y al barrenador del tallo es de capital importancia para *Stylosanthes*. Los híbridos de *Centrosema* y las dos accesiones de *Stylosanthes guianensis* son más

prometedoras para las condiciones menos severas de Quilichao, especialmente, en cuanto a enfermedades y ataque de insectos. Los numerosos espacios en blanco que aparecen en este cuadro subrayan la necesidad de profundizar las evaluaciones, especialmente en lo que se refiere a persistencia bajo pastoreo en varias regiones del área de impacto.

Debido a que este es nuestro primer intento de clasificación sistemática del germoplasma de leguminosas tropicales, las listas que aparecen en este informe se deben considerar tentativas y sujetas a cambio, ya que aún no se han completado todas las evaluaciones proyectadas.

Stylosanthes

La antracnosis, causada por *Colletotrichum gloeosporioides*, es una enfermedad altamente destructiva de *Stylosanthes* spp. y es endémica en América Latina. La resistencia varietal es el único medio práctico de control. La amplia incidencia de esta enfermedad en nuestro hemisferio, así como su presencia en Australia, África y Florida, enfatizan la necesidad de obtener genotipos resistentes a la antracnosis de *Stylosanthes*.

Hace tres años, aproximadamente, se inició la selección sistemática de 850

accesiones de *Stylosanthes* spp. por su resistencia a la antracnosis. Simultáneamente, se ha incrementado la diversidad genética del germoplasma de la colección de leguminosas forrajeras del CIAT mediante exploraciones y recolecciones de nuevas accesiones procedentes de las sabanas de América tropical. Los resultados de estas investigaciones se pueden resumir de la siguiente manera: La antracnosis se propaga mediante la semilla. Se aisló *C. gloeosporioides* de vainas y semillas esterilizadas superficialmente que procedían de plantas de *S. scabra* cultivadas en parcelas de campo, en Palmira. Este aislamiento produjo sín-

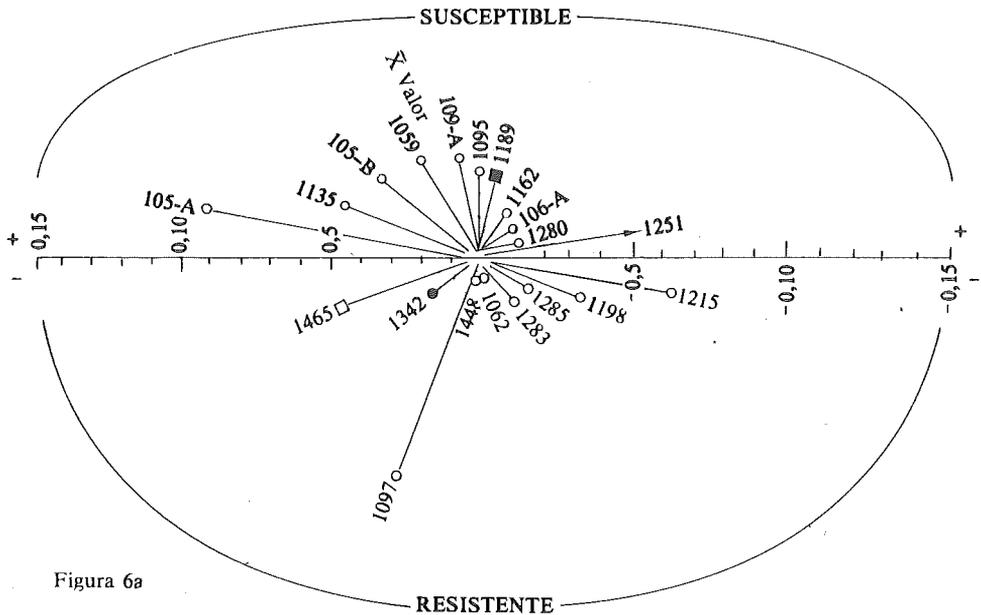


Figura 6a

Figura 6 (a hasta f). Índices de severidad fitopatológica (ISF) para *Stylosanthes* spp. y desviaciones (\pm) de los valores medios. Los valores positivos representan líneas susceptibles de *Stylosanthes* y los valores negativos indican diferentes grados de resistencia. Los ISF fueron calculados con base en la siguiente fórmula:

$$\text{ISF} = \frac{\text{Media de la clasificación por resistencia a la enfermedad de la Accesoión} - \text{media de la clasificación por resistencia a la enfermedad del Experimento}}{\text{Desviación estándar de la media de la clasificación por resistencia a la enfermedad del Experimento}}$$

Clasificación por resistencia a la enfermedad = media de los pesos de cinco clasificaciones, basadas en la siguiente escala: 1=no hay infección; 2=manchas <1mm; 3=25% del área foliar infectada; 4=50% del área foliar infectada; 5=planta muerta.

Convenciones en la Figura 6 (en sus seis presentaciones):

- *S. guianensis*
- *S. guianensis* de tallo fino
- *S. capitata*

- △ *S. bracteata*
- ▲ *S. humilis*
- △ *S. viscosa*

- ⊙ *S. scabra*
- *S. hamata*
- ⊙ *S. montevidensis*
- *Stylosanthes* sp.

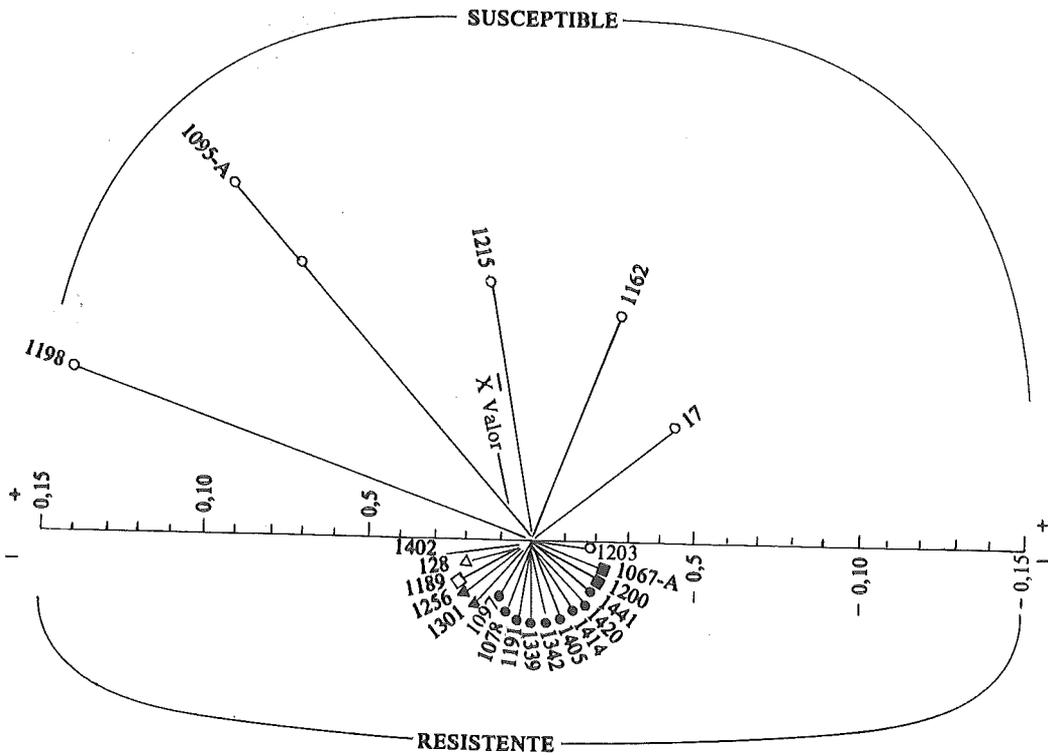


Figura 6b

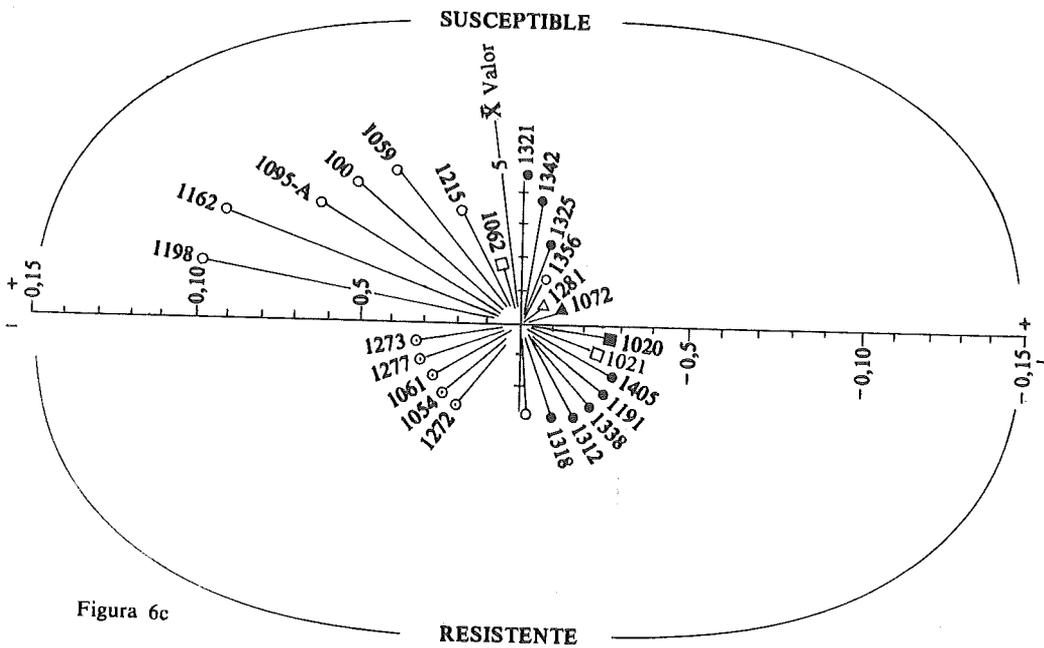


Figura 6c

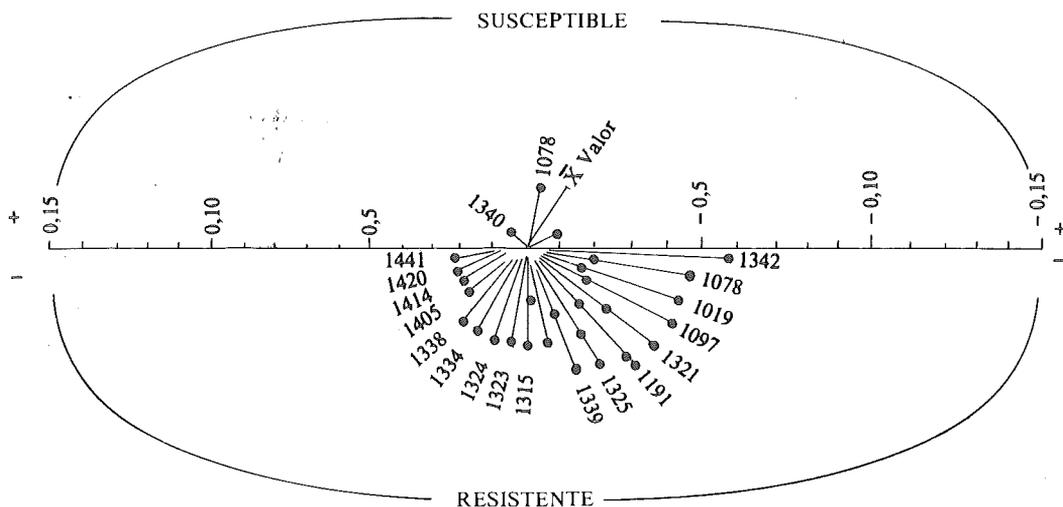


Figura 6f

tomas de antracnosis y causó la muerte de plántulas de *S. guianensis* CIAT 1198 y también, afectó a otras especies y ecotipos de *Stylosanthes*.

Mediante la selección de un gran número de accesiones de *Stylosanthes*, se identificó en varias especies un alto grado de resistencia a antracnosis. *S. capitata* Vog. mostró la mayor tolerancia en ensayos de patogenicidad en invernadero y en laboratorio. Los resultados de varios experimentos se han condensado en la Figura 6a-f. Varias accesiones de *S. capitata* mantuvieron una fuerte resistencia a la antracnosis bajo condiciones de campo, en Carimagua, durante los dos últimos años. Los ecotipos de *S. capitata* mostraron tolerancia a un espectro más amplio de razas fisiológicas del patógeno, en comparación con otras especies del género, aunque, respecto a este carácter, se encontró variación entre ecotipos (Cuadro 10).

En todas las siembras de Carimagua se encontró nodulación efectiva de *S. capitata* después de la inoculación.

Por lo tanto, *S. capitata* es una de las especies más promisorias para las con-

diciones ambientales de los Llanos Orientales de Colombia. La tolerancia a la antracnosis y al ataque del barrenador del tallo, además de tener una buena adaptación a los suelos de baja fertilidad y toxicidad de aluminio, constituyen características agronómicas importantes de esta especie. Sin embargo, la especie muestra poca tolerancia a los suelos con pH alto o a un alto nivel de calcio. Cuando se cultivó en el invernadero en un Oxisol de Carimagua encalado para obtener un pH de 6,1 *S. capitata* mostró un crecimiento distorsionado y presentó síntomas de disturbio nutricionales aún no debidamente identificados.

Esta especie, que es conocida solamente en Brasil y Venezuela, abarca un rango bastante amplio de condiciones edáficas en las sabanas de Brasil (Figura 7). La primera accesión de *S. capitata* se introdujo de Brasil a mediados de 1974. Actualmente, existen cerca de 57 ecotipos de esta especie en el banco de germoplasma del CIAT.

Los ecotipos difieren morfológicamente y se encontró una variación considerable durante la época de la floración. En Quilichao, las accesiones provenientes del

Cuadro 10. Reacción de *Stylosanthes* sp. a dos aislados de antracosis.

No. de accesión en el CIAT	Especies	Escala de severidad de enfermedad ¹ (niveles)	
		Aislado I	Aislado II
1054	<i>Stylosanthes</i> sp.	2,33	5,00
1061	<i>S. scabra</i>	1,00	1,00
1062	<i>S. guianensis</i>	1,50	1,00
1078	<i>S. capitata</i>	1,00	1,33
1097	<i>S. capitata</i>	1,33	1,00
1098	<i>S. scabra</i>	1,00	1,67
1068A	<i>S. guianensis</i>	2,17	1,00
1087A	<i>Stylosanthes</i> sp.	1,00	2,83
1191A	<i>S. capitata</i>	2,00	1,33
1129	<i>S. guianensis</i>	5,00	1,00
1162	<i>S. guianensis</i>	3,00	1,00
1297	<i>S. guianensis</i>	1,50	1,33
1298	<i>S. capitata</i>	1,67	1,00
1312	<i>S. capitata</i>	1,00	1,00
1338	<i>S. capitata</i>	1,00	1,00
1379	<i>S. hamata</i>	1,00	1,67
1405	<i>S. capitata</i>	1,00	1,00
1497	<i>S. capitata</i>	1,67	2,17
1526	<i>Stylosanthes</i> sp.	1,33	1,17
1527	<i>S. scabra</i>	1,00	1,83
1538	<i>Stylosanthes</i> sp.	1,00	1,00

¹ Promedios ponderados de cinco niveles: 1= sin infección, 5= planta muerta. Aislado I de *S. capitata* 1097; Aislado II de *S. guianensis* 64 A

límite sur de distribución de la especie (latitud 16° 21'S) iniciaron la floración en agosto, por lo menos un mes antes que las accesiones provenientes de los estados nororientales de Brasil, en las latitudes 3° a 5°S (Cuadro 11).

Durante el actual ciclo de siembra, se han establecido en Carimagua cerca de tres hectáreas de asociaciones de 12 ecotipos de *S. capitata* con gramíneas. Las dos gramíneas asociadas con hábitos de crecimiento contrastante son *Brachiaria decumbens* y *Andropogon gayanus*. Aquellas accesiones que resulten tolerantes a la antracosis tendrán que ser expuestas al ataque de un amplio espectro de cepas

del hongo, en varias regiones ecológicas, en las cuales se presenta la enfermedad, con el objeto de comprobar la existencia de una resistencia horizontal estable.

Algunas variedades del tipo común de *S. guianensis* parecen adaptarse muy bien a las condiciones de Quilichao. Las observaciones y los datos de rendimiento, obtenidos durante dos años, indican que las variedades de tallo fino también mostraron en Quilichao una buena resistencia de campo a la antracosis y al barrenador del tallo. Desafortunadamente, la mayoría de las accesiones de *Stylosanthes* de tallo fino son malas productoras de semilla. El trabajo de

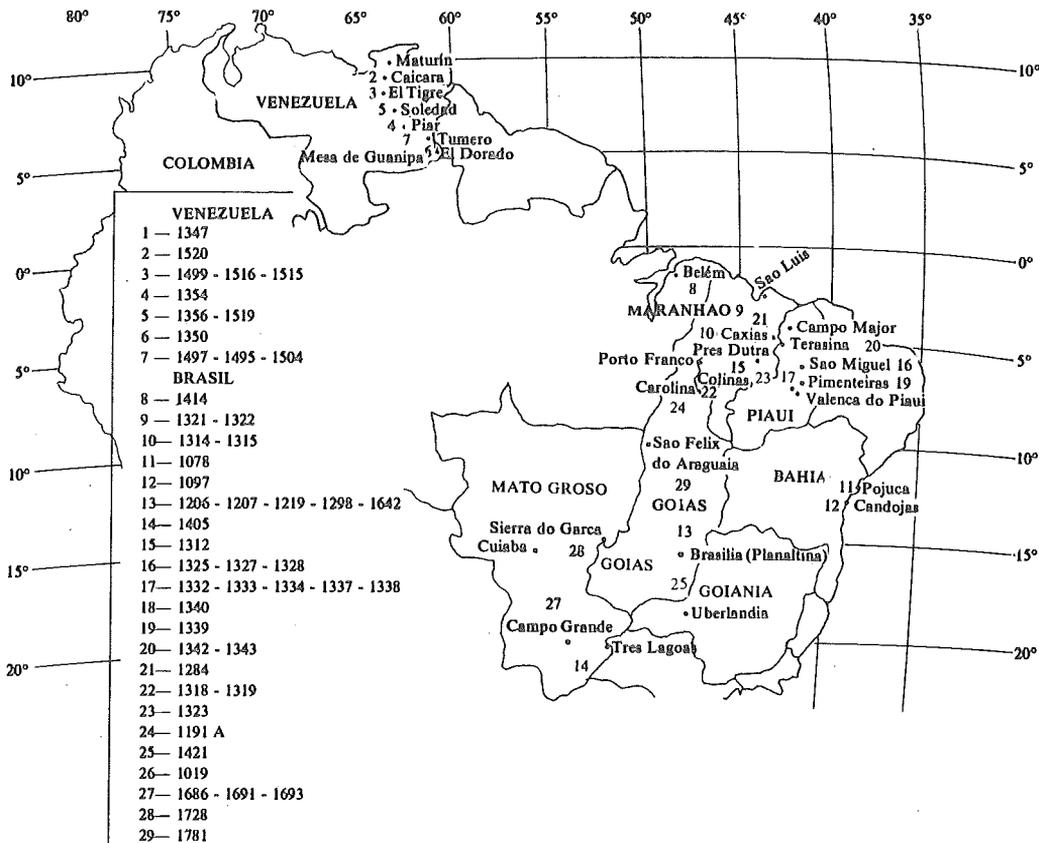


Figura 7. Sitios de recolección de *Stylosanthes capitata* en Brasil y en Venezuela.

selección se debe dirigir hacia la obtención de ecotipos de tallo fino que tengan una mejor capacidad de producción de semilla.

En Quilichao, se establecieron 10 accesiones de *S. guianensis* durante el actual ciclo de siembra para comparar las variedades de tallo fino con dos formas típicas de *S. guianensis*, 184 y 1175, las cuales producen altos rendimientos de materia seca.

Se han incluido dos accesiones de *S. guianensis*, 184 y 136, en experimentos bajo corte y pastoreo. La primera es una variedad local, nativa de la región de Quilichao; la segunda es una accesión proveniente de los Llanos. Los datos

obtenidos indican que CIAT 184 produce mayores rendimientos, tanto en ensayos de corte como de pastoreo, que CIAT 136 (Cuadro 12).

A partir de octubre de 1975, se han establecido 158 nuevas accesiones de *Stylosanthes* en la hacienda El Limonar (cercana a CIAT-Quilichao) para su observación inicial. Se identificaron algunos ecotipos de alto rendimiento entre las accesiones que presentaban la forma típica de crecimiento vigoroso de *Stylosanthes*. La incidencia de antracnosis, en el área de Quilichao, ha sido bastante baja durante los dos últimos años, los cuales han sido excepcionalmente secos; parte del material promisorio seleccionado

Cuadro 11. Características de rendimiento de 15 accesiones de *Stylosanthes capitata* y dos de *S. bracteata* cultivadas como plantas espaciadas, en Quilichao.

No. de accesión en el CIAT y Especie	Rendimiento promedio de 4 cortes (g/planta)	Respuesta a la floración ¹
1078 <i>S. capitata</i>	187,17 a ²	T
1323 <i>S. capitata</i>	150,83 ab	I
1342 <i>S. capitata</i>	146,75 ab	I
1318 <i>S. capitata</i>	142,08 ab	I
1339 <i>S. capitata</i>	141,42 ab	I
1315 <i>S. capitata</i>	123,92 abc	I
1324 <i>S. capitata</i>	121,92 abc	I
1382 <i>S. bracteata</i>	121,24 abc	I
1340 <i>S. capitata</i>	115,42 bc	I
1328 <i>S. capitata</i>	113,17bc	I
1325 <i>S. capitata</i>	106,25 bc	I
1334 <i>S. capitata</i>	102,92 bc	I
1281 <i>S. bracteata</i>	97,58 bc	I
1333 <i>S. capitata</i>	92,50 bc	I
1338 <i>S. capitata</i>	89,83 bc	I
1375 <i>S. capitata</i>	80,95 bc	I
1298 <i>S. capitata</i>	61,58 c	P

¹ T = Floración tardía (noviembre); I = floración intermedia (octubre);
P = floración precoz (mediados de agosto).

² Los promedios seguidos por una letra distinta son
significativamente diferentes (P = 0,05 por el Ensayo de Rango
Múltiple de Duncan).

Cuadro 12. Rendimientos de materia seca y contenidos de nitrógeno y fósforo de la planta de dos accesiones avanzadas de *Stylosanthes guianensis* cortado a intervalos de cinco y nueve semanas, en Quilichao (julio 1976 a julio 1977).

Frecuencia de corte (semanas)	CIAT 184			CIAT 136		
	Materia seca (t/ha/año)	Proteína (%)	P (%)	Materia seca (t/ha/año)	Proteína (%)	P (%)
5	15,92	16,0	0,17	13,6	17,6	0,18
9	10,93	15,0	0,17	9,7	17,8	0,17

con base en los datos de campo obtenidos, deberá ser evaluado por su tolerancia a la antracnosis, durante una o dos estaciones más.

Centrosema

Se han hecho ensayos preliminares en el invernadero con suelos Oxisoles, con las nuevas accesiones de *Centrosema* originarias de las sabanas. En el Cuadro 13 se presentan los rendimientos de materia seca de 12 accesiones de *Centrosema* cultivadas en recipientes de 8 kilogramos bajo condiciones de invernadero.

En Quilichao, *Centrosema* presentó consistentemente un contenido de N y P más alto que *Stylosanthes*. Esta observación se registró en varias asociaciones de gramíneas/leguminosa, bajo corte y pastoreo (Figura 8).

Desmodium

Desmodium ovalifolium se ha mostrado promisorio en ambos sitios de ensayo y por esta razón, se decidió someterlo a una evaluación más a fondo. En Quilichao, está siendo comparado con *Centrosema* y *Galactia* bajo regímenes de pastoreo de seis y ocho semanas. El establecimiento y crecimiento inicial de *Desmodium* es bastante lento, pero, una vez que se ha establecido, produce rendimientos comparables a los de otras especies leguminosas (Cuadro 14).

Cuadro 13. Características de rendimiento de 12 accesiones de *Centrosema* spp. cultivadas en suelo de los Llanos.

No. de accesión en el CIAT	Origen	Rendimiento de materia seca, promedio de tres cosechas (g/parcela)
495	Venezuela	4,54 a ¹
5039	Brasil	4,50 a
411	Colombia	4,27 ab
420	Venezuela	4,04 ab
400	Venezuela	4,01 ab
497	Colombia	3,97 ab
491	Brasil	3,84 abc
5008	Colombia	3,48 bcd
458	Colombia	3,29 bcd
492	Brasil	2,99 cd
Comercial	Australiana	2,87 cd
5040	Colombia	2,76 d

¹ Los promedios seguidos por una letra distinta son significativamente diferentes (P = 0,05 por el Ensayo de Rango Múltiple de Duncan).

Su hábito estolorífero y compatibilidad aparente con *Brachiaria decumbens* hacen de *D. ovalifolium* una planta muy prometedora para los mejores Oxisoles y Ultisoles. Se ha establecido con *Andropogon gayanus*, *B. decumbens* y *B. humidicola* a fin de continuar su evaluación bajo corte y/o pastoreo. Después de haber hecho los estudios preliminares, se han establecido en Quilichao accesiones promisorias de *D. scorpiurus*, *D. barbatum*, *D. heterocarpon* y *D. canum*, en parcelas de mayor extensión.

Zornia

Algunas introducciones de esta leguminosa, escasamente conocida, parecen prometedoras bajo las condiciones de los Llanos y en Quilichao. Se han incluido

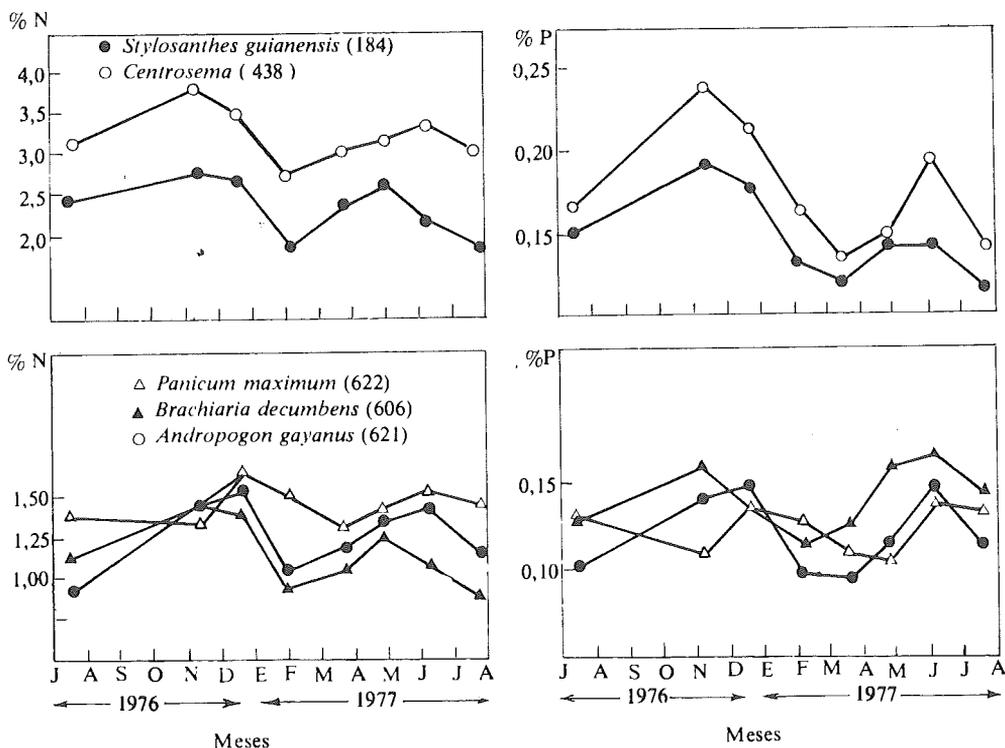


Figura 8. Contenidos de nitrógeno y fósforo de *Stylosanthes guianensis* CIAT 184, *Centrosema* CIAT 438, *Panicum maximum* cv. Makueni, *Brachiaria decumbens* cv. Basilik y *Andropogon gayanus* CIAT 621, todos bajos pastoreo en El Limonar (cerca de Quilichao).

Cuadro 14. Rendimientos de materia seca del híbrido de *Centrosema*, de *Galactia striata* y de *Desmodium ovalifolium* en El Limonar, cerca de Quilichao, (marzo-1977 a octubre-1977).

Especies	No. de accesión en el CIAT	Corte				Total
		I	II	III	IV	
<i>Centrosema</i> sp.	438	4831 a ¹	938 cd ^e	1692 c	1080 c	8543 a
<i>Galactia striata</i>	964	3655 b	857 e	1707 c	1389 cde	7608 a
<i>Desmodium ovalifolium</i>	350	3255 b	905 e	1657 cd	1166 cde	6984 a

¹ Los promedios seguidos por una letra distinta son significativamente diferentes (P = 0,05 por el Ensayo de Rango Múltiple de Duncan).

cuatro accesiones en ensayos de rendimiento sembrados con *Andropogon* o *Brachiaria*. De ellas, sólo CIAT 728 parece ser perenne y las otras son anuales. Las plantas anuales se regeneran satisfactoriamente, a partir de semilla propagada en forma natural a comienzos de la estación húmeda, pero proporcionan poco o ningún forraje durante la época seca. Los datos preliminares (Cuadro 15) indican que la forma perenne, CIAT 728, es más productiva y se adapta mejor a la estación lluviosa más prolongada de los Llanos y también al régimen de lluvias de Quilichao. Aún no se han identificado problemas serios de insectos o enfermedades con *Zornia*.

Cuadro 15. Rendimientos en las épocas de lluvia y de sequía (dos cosechas), de cinco accesiones de *Zornia* spp., en Quilichao.

No. de accesión en el CIAT	Rendimiento de materia seca, marzo-octubre, 1977 (kg/ha)
728	8168
814	4067
883	2072
802	2048
897	1496

EVALUACION DE ASOCIACIONES BAJO PASTOREO

En Quilichao y en Carimagua, la gramínea africana (*Andropogon gayanus*) continuó mostrando un buen potencial. Esta introducción está en su tercer año de observación y fue incluida en experimentos de corte y en pruebas de pastoreo, en combinación con varias especies de leguminosas, entre ellas, *Stylosanthes*, un híbrido de *Centrosema*, *Galactia striata* y *S. capitata*.

Se adapta bien a los suelos ácidos, tolera bien la sequía y el fuego, tiene un requerimiento bastante moderado de fósforo y es tolerante a los niveles altos de aluminio. *Andropogon* sobrepasó en rendimiento a *Hyparrhenia rufa* bajo un régimen de corte de cinco semanas. Presentó compatibilidad con *Stylosanthes* y *Centrosema*, tanto bajo corte como bajo pastoreo (Cuadro 16).

En mayo de 1976, se establecieron tres hectáreas de *A. gayanus* en El Limonar para evaluar la reacción al pastoreo de algunas especies forrajeras y de asociaciones con leguminosas. En otro experimento, se establecieron *S. guianensis* 184 y 136 con *B. decumbens* y *A. gayanus*. *Brachiaria* fue la más productiva de las dos especies de gramíneas.

Cuadro 16. Rendimientos de materia seca de *Andropogon gayanus* e *Hyparrhenia rufa*, cada una con *Centrosema* o *Stylosanthes*, bajo un régimen de corte de cinco semanas, en El Limonar, cerca de Quilichao, (1976-77).

Asociaciones	Contenido de materia seca (kg/ha/año)	Proteína (%)	P (%)
<i>Andropogon gayanus</i> +	18.710	8,8	0,14
<i>Centrosema</i> 1733	4.005	19,8	0,19
Total	22.715		
<i>Andropogon gayanus</i> +	15.295	8,9	0,13
<i>Stylosanthes guianensis</i> 136	6.158	14,7	0,16
Total	21.453		
<i>Hyparrhenia rufa</i> +	13.665	7,5	0,11
<i>Centrosema</i> 438	4.039	20,9	0,19
Total	17.704		
<i>Hyparrhenia rufa</i> +	13.710	7,7	0,11
<i>Stylosanthes guianensis</i> 136	9.563	16,1	0,18
Total	23.273		

Brachiaria, en asociación con *Stylosanthes*, produjo 111-114 kg/ha/día de materia seca, mientras que *Andropogon* varió de 46-71 kg/ha/día. La máxima producción de materia seca de *Stylosanthes* fue de sólo 29 kg/ha/día. Este rendimiento se obtuvo con la asociación de *Andropogon/Stylosanthes* (Figura 9). La tasa de crecimiento más lenta de *Andropogon* dio como resultado un contenido más alto de la leguminosa en las asociaciones que incluyen esta especie de gramínea (Figura 10).

En otra asociación que incluía las mismas dos especies de gramíneas con una combinación de leguminosas, en este caso *Stylosanthes* + *Centrosema* + *Galactia*, se logró mantener un mejor balance durante el primer período de pastoreo, el cual tuvo una duración de siete meses (Figura 11).

En una tercera prueba de pastoreo, se establecieron cinco variedades de *Cen-*

Materia seca (kg/ha)

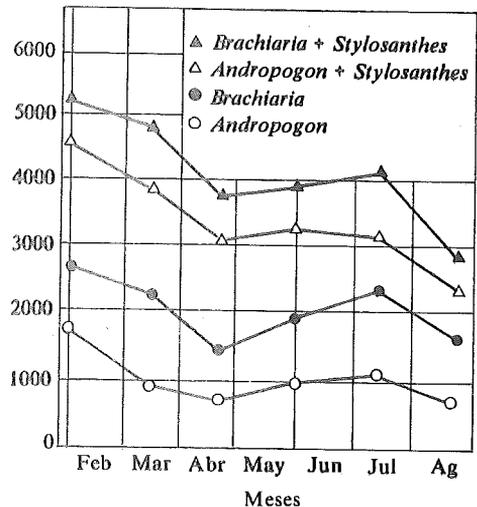


Figura 9 Rendimientos de presentación de gramíneas y leguminosas en monocultivos de *Brachiaria* y *Andropogon*, y en asociación con *Stylosanthes guianensis* (CIAT 184 y 136), en El Limonar (cerca de Quilichao).

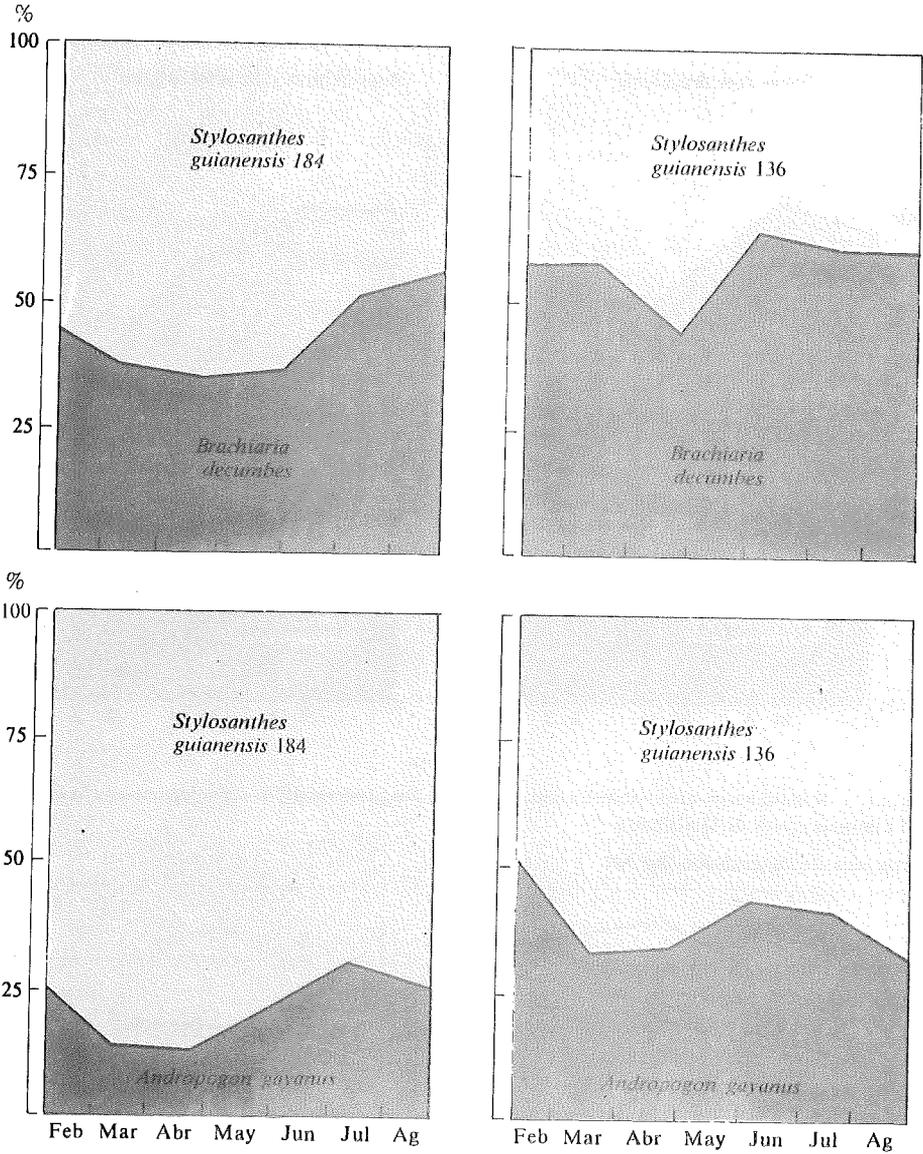


Figura 10. Composición gramínea/leguminosa de cuatro asociaciones en praderas bajo pastoreo, en Quilichao.

trosema con *A. gyanus*, como la gramínea asociada, la cual se utilizó en todas las pruebas para facilitar las comparaciones. Cuatro variedades de *Centrosema*, incluyendo tres híbridos, sobrepasaron en rendimiento ($P = 0,05$) al ecotipo local de *C. pubescens* (Figura 12).

El área ha estado bajo pastoreo desde febrero de 1977. Se adoptó un sistema de pastoreo rotacional, con una carga de 2,3 animales/ha. Se completó el primer período de pastoreo de 214 días y a pesar de la prolongada sequía, se obtuvo un aumento promedio de peso vivo de 561

Materia seca (kg/ha)

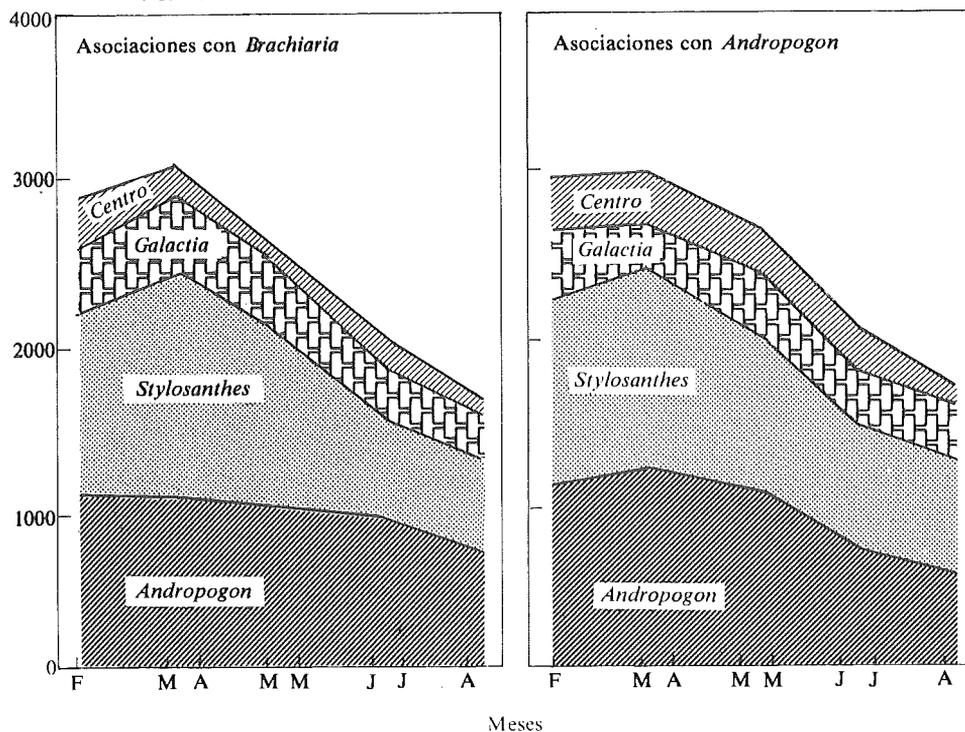


Figura 11. Rendimientos disponibles de materia seca en dos praderas gramíneas/leguminosa bajo pastoreo, en El Limonar (cerca de Quilichao).

Materia seca de leguminosas (kg/ha)

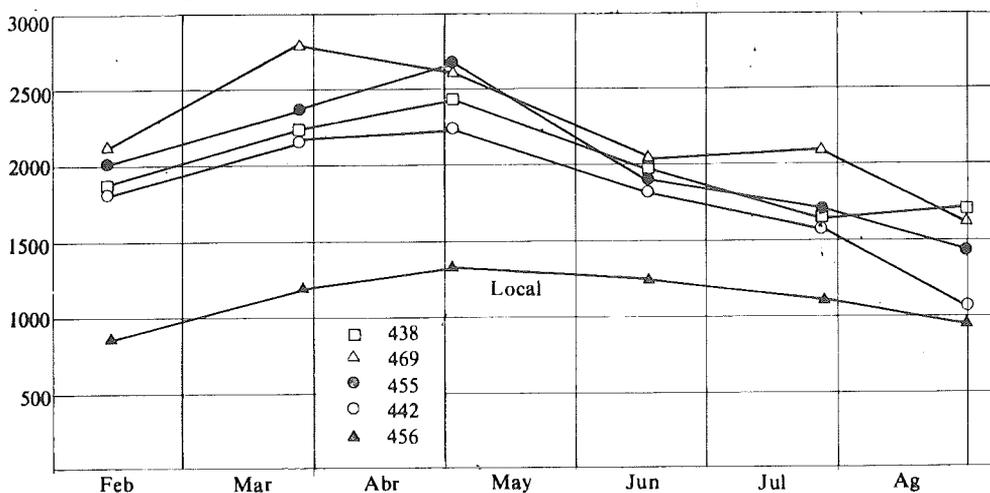


Figura 12. Materia seca disponible de las cinco variedades de *Centrosema*, en parcelas bajo pastoreo en El Limonar (cerca de Quilichao).

g/animal/día con novillos Cebú provenientes de los Llanos Orientales. Estos animales alcanzaron el peso de sacrificio de 450 kilos a la edad de 2,5 años; en cambio,

los animales que pastaban en praderas nativas de *Paspalum notatum*, sufrieron severas pérdidas de peso.

AGRONOMIA DE GRAMINEAS

La Sección de Agronomía de Gramíneas, establecida este año, inició sus labores en cuatro áreas. Primero, evaluaciones iniciales y caracterización de nuevas accesiones en Quilichao; estas actividades se extenderán mediante ensayos regionales a otras localidades del área de impacto. Segundo, en Quilichao y Carimagua, se están estudiando las respuestas a la sequía y a la aplicación de nitrógeno y fósforo, tolerancia a la quema y reacción a los cortes periódicos. Tercero, se está estudiando en Quilichao la importancia relativa de la competencia por agua y nutrientes. Finalmente, con *A. gayanus* (CIAT 621), se efectúan trabajos sobre selección masal en cuanto a la productividad, calidad y fecha de floración.

El Comité de Germoplasma del Programa ha establecido los criterios de selección que se van a seguir y ha determinado las características

Cuadro 17. Criterios preliminares de selección para gramíneas forrajeras del CIAT.

Criterios	Símbolos
Adaptación a Carimagua	YC
Adaptación a Quilichao	YQ
Adaptación a suelos de fertilidad media	YM
Tolerancia a las enfermedades	D
Tolerancia a los insectos	I
Tolerancia al estrés de agua (sequía)	W
Tolerancia al estrés de suelos ácidos	S
Vigor vegetativo	V
Tolerancia a las inundaciones	F
Tolerancia a la quema	B
Producción de semilla	Sp
Persistencia bajo pastoreo	P
Calidad nutricional	Q
Facilidad de manejo	M
Productividad animal	A
Compatibilidad con leguminosas	C

Cuadro 18. Accesiones de gramíneas clasificadas según criterios de selección, hasta noviembre de 1977.

Especies	CIAT No.	Criterio selectivo ¹ (espacios vacíos representan: Sin información)											Categoría	
		YC	YQ	YM	c	D	I	W	S	Sp	B	Q		
<i>Andropogon gayanus</i>	621	+	+			+	+	+	+	+		+		4
<i>Andropogon gayanus</i>	635											+		1
<i>Brachiaria decumbens</i>	6012	+	+			-	+	+	+	+	+			3
<i>Brachiaria</i> sp.	664											+		2
<i>Brachiaria humidicola</i>	6013	+	+			-						+		2
<i>Brachiaria humidicola</i>	679		+			-						+		2
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	6019													1
<i>Hemarthria altissima</i>	603												+	1
<i>Panicum maximum</i>	622		+			+								3
<i>Paspalum plicatulum</i>	600												+	1

¹ Los códigos se describen en el Cuadro 17.

sobresalientes que se trata de obtener en las graníneas forrajeras y las prioridades de investigación para cada una de las accesiones más prometedoras (Cuadros 17

y 18). Estos objetivos se revisarán periódicamente para introducir los nuevos conocimientos adquiridos y reajustar las prioridades asignadas.

PRODUCCION DE SEMILLAS

Los objetivos de la sección de producción de semilla son: 1) producción de semilla para las necesidades experimentales del Programa de Ganado de Carne, y 2) identificación y estudio de las restricciones que actúan sobre la producción comercial de semilla dentro del área de impacto de este programa. El Comité de Germoplasma del Programa define cuáles materiales genéticos se requieren para propósitos experimentales y la sección de semilla elabora un programa de producción en el campo. Las estrategias aplicadas consisten en, primero, la identificación de regiones geográficas apropiadas para la producción de semilla forrajera y posteriormente el desarrollo de sistemas de producción eficientes para especies particulares.

MULTIPLICACION

Tanto en Quilichao como en Palmira continuó el establecimiento de parcelas para la producción de semilla de gramínea; la producción de semilla de leguminosa se concentró en la región de Quilichao. Se multiplicaron 65 accesiones de leguminosa, sin irrigación, en El Limonar (cerca de Quilichao). Debido al gran número de líneas multiplicadas y al pequeño tamaño de los lotes de multiplicación, casi toda la cosecha de semillas se hizo a mano. La mayoría de las accesiones se cosechó dos veces durante el año: en marzo-abril y en agosto. El Cuadro 19 presenta las cantidades totales de semilla producida y los rendimientos anuales promedio. Esta semilla constituyó la base para los nuevos y extensos estudios de evaluación de especies forrajeras, los cuales fueron iniciados en Carimagua y Quilichao y proporcionarán material para

ensayos regionales. Los altos niveles de rendimiento obtenidos con la mayoría de las accesiones de leguminosas, combinado con baja infestación de malezas, confirmaron la utilidad de la región de Quilichao para la multiplicación básica de una amplia gama de germoplasma.

Las listas actuales de accesiones promisorias (Cuadros 8, 9, y 18) se han hecho con base en la orientación revisada de los trabajos de aumento de semilla para el presente año. Se incluyen 37 accesiones de 23 especies de leguminosas y 10 accesiones de ocho especies de gramíneas. En Quilichao, se establecieron casi 8,5 hectáreas de nuevas parcelas, durante septiembre y octubre, las cuales se irrigarán y se cosecharán mecánicamente.

TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE SEMILLA DE LEGUMINOSAS

Las dos accesiones más avanzadas de *Stylosanthes guianensis* (CIAT 136 y 184) presentaron en Quilichao fenología y patrones contrastantes de rendimiento. CIAT 136 se cosechó una vez en enero y produjo un rendimiento de 95 kg/ha de semilla pura. Sin embargo, CIAT 184 floreció durante todo el año y se cosechó en enero, mayo y agosto; rindió 41, 102 y 117 kg/ha, respectivamente, para un rendimiento total de 260 kg/ha/año. Ninguna de estas accesiones presentó respuesta al fósforo en una dosis superior a los 45 kg/ha de P_2O_5 . La defoliación, anterior a la cosecha de enero, no afectó el rendimiento de CIAT 184 pero sí aumentó el rendimiento de CIAT 136 en el nivel de 135 kg/ha de P_2O_5 .

Cuadro 19. Resumen acerca de semilla forrajera producida en CIAT, desde octubre de 1976, hasta octubre de 1977.

Especies	Número de accesiones	Total semilla producida (kg)	Rendimiento promedio de semilla (kg, ha, año)	Tipo de semilla
<i>Stylosanthes</i>				
<i>capitata</i>	5	41,0	266	en vaina
<i>guianensis</i>	11	43,0	64	en vaina
<i>hamata</i>	2	51,0	283	en vaina
<i>scabra</i>	8	5,9	254	en vaina
<i>sympodialis</i>	2	4,5	163	en vaina
<i>viscosa</i>	2	0,5	45	en vaina
<i>Desmodium</i>				
<i>heterophyllum</i>	1	15,1	302	pura
<i>canum</i>	4	1,2	162	pura
spp.	24	5,6	—	pura
<i>Centrosema</i>				
<i>pubescens</i>	1	17,4	650	pura
spp.	3	162,3	750	pura
<i>Macroptilium</i> spp.	2	8,7	192	pura
<i>Andropogon gayanus</i>	1	350,0	120	clasificada
<i>Panicum maximum</i>	2	20,0	48	clasificada
<i>Brachiaria decumbens</i>	2	31,0	57	clasificada

Stylosanthes capitata demostró ser un buen productor de semilla ya que, a bajas densidades de siembra y cosecha manual, produjo rendimientos que promediaban 266 kg/ha durante el año de establecimiento.

Se estudió en Quilichao, el rendimiento de *Centrosema* sp. (CIAT 438) en un sistema de soporte mediante espaldera, utilizando espacios entre surcos de uno dos y tres metros. Los rendimientos disminuyeron a medida que aumentaba el espacio de 877 a 515 a 466 kg/ha, respectivamente. En cambio, en Palmira,

un sistema de espalderas de dos metros produjo un rendimiento de 90 kg/ha. En otra comparación varietal, cosechada manualmente en Quilichao pero sin ningún sistema de soporte, CIAT 438 y *Centrosema* común produjeron los mismos rendimientos de semilla. Los altos rendimientos obtenidos en Quilichao de semilla de *Centrosema* spp., bajo cosecha manual, que alcanzaron un promedio de 750 kg/ha, indican un alto potencial para la cosecha mecánica en esta región (Figura 13).

Durante 1977, *Desmodium*



Figura 13. Un híbrido de *Centrosema* que produjo altos rendimientos de semilla cuando se desarrolló sobre espalderas, en Quilichao.

heterophyllum produjo abundante semilla en Quilichao. Es posible que la baja precipitación, durante la segunda estación lluviosa de 1976 (450 mm), haya proporcionado las condiciones ideales para obtener varias floraciones sucesivas, madurez de la semilla y acumulación de semilla caída en el suelo. Se cosechó la semilla cortando la planta, con el fin de eliminar la parte aérea de la misma, la cual no albergaba la semilla. Esta operación fue seguida por otra: el paso repetido varias veces de una pequeña cosechadora de succión (Figura 14). El rendimiento promedio de semilla pura por cosecha fue de 265 kg/ha, pero el rendimiento promedio anual fue de 302 kg/ha. Este es el primer caso en que la producción económica de semilla parece posible para esta valiosa especie forrajera.

TECNOLOGIA DE PRODUCCION DE SEMILLA DE GRAMINEAS

Andropogon gayanus CIAT 621 inicia el proceso de floración durante todo el año,

A-34

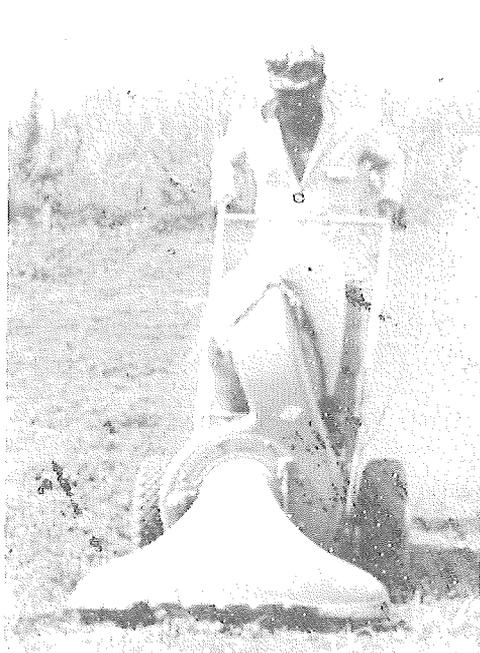


Figura 14. Cosechadora de succión recolectando semilla de *Desmodium heterophyllum*, en Quilichao.

en Palmira y en Quilichao. El período de floración entre plantas es variable y aun dentro de cada planta, presenta variaciones en cuanto a su longitud. Las espiguillas se desarrollan en secuencia escalonada y por lo tanto, la semilla no madura uniformemente. Como resultado, es difícil determinar la madurez óptima para la cosecha y por tal razón, la eficiencia de la cosecha es baja. Hasta ahora, todas las parcelas han sido cosechadas manualmente; los tallos florecidos se cortan y se dejan en el campo durante 3-6 días antes de efectuar manualmente la operación de trilla y el secamiento natural de la semilla bajo sombra. Las espiguillas se trillaron mecánicamente o bien, manualmente, mediante frotación de tamices de alambre y después, clasificadas por tamaño en una mesa accionada por gravedad. Los lotes de semillas así clasificados presentaron un contenido de cariopsis hasta del 45 por ciento. Los rendimientos obtenidos el año pasado tuvieron una marcada variabilidad habiendo fluctuado entre 30-300 kg/ha de semilla clasificada: esta diferencia en rendimientos

obtenidos es la resultante de la precipitación inferior al promedio. La germinación de la semilla pura no tratada, ha alcanzado hasta un 65 por ciento, a los nueve meses de la cosecha.

El rendimiento de semilla de *Brachiaria decumbens* se registró en varios campos establecidos en el Valle del Cauca, en donde la especie florece desde principios de junio hasta octubre. El campo más precoz maduró a finales de junio y la mayoría alcanzó su madurez desde mediados hasta finales de julio. Los campos cosechados manualmente dieron un rendimiento que fluctuó desde 15 a 50 kg/ha de semilla pura. Mediante riego y fertilización nitrogenada se obtuvo una segunda cosecha, a principios de septiembre. El rendimiento más alto registrado en uno de estos campos regados y fertilizados fue de 68 kg/ha/año. Este rendimiento moderado refleja una baja proporción de tallos florecidos, una baja sincronización de floración y una inadecuada nutrición de nitrógeno.

PROTECCION DE PLANTAS

La sección de Protección de Plantas del Programa de Ganado de Carne se estableció en julio de 1977, con la llegada de un entomólogo. Actualmente, tiene tres objetivos: a) hacer estudios básicos (taxonomía, biología, dinámica de población de las principales plagas de insectos); b) determinar las bases económicas para definir prioridades y c) desarrollar un programa integrado de control de plagas en plantas leguminosas promisorias. Los trabajos de fitopatología se iniciarán en 1978.

BARRENADOR DEL TALLO

Se ha iniciado un estudio del daño causado a accesiones de *Stylosanthes*

posiblemente por *Zaratha* spp., junto con la evaluación preliminar y biológica de la resistencia de las plantas, a fin de establecer la importancia de dicha plaga. La evaluación inicial se llevó a cabo en Quilichao y Carimagua con el material disponible. En ambas localidades se evaluaron muestras escogidas al azar de todas las accesiones disponibles, para determinar el daño causado por el barrenador del tallo. (Cuadros 20 y 21). En Quilichao, todas las 19 accesiones evaluadas mostraron daño, pero CIAT 1019, 1152, 1102, 184, 1009, 1057 y 1094, mostraron bajos niveles de infestación.

Se registró un promedio de infestación del 88 por ciento en Carimagua y del 84 por ciento en Quilichao. Sin embargo, un alto

Cuadro 20. Evaluación preliminar de *Stylosanthes* spp. respecto a barrenadores del tallo (posiblemente, *Zaratha* sp.), en Quilichao.

Accesiones	No. de muestras tomadas al azar	Daño causado por barrenador del tallo
<i>Stylosanthes guianensis</i>		
136	3	+ ¹
184	3	+
191A	3	+
1094	3	+
1098	3	+
1071	3	+
1067A	3	+
<i>Stylosanthes capitata</i>		
1019	3	+
1078	3	+
<i>Stylosanthes scabra</i>		
1064	3	+
1009	3	+
<i>Stylosanthes viscosa</i>		
1057	3	+
1096	3	+
<i>Stylosanthes angustifolia</i>		
1102	3	+
<i>Stylosanthes</i> sp.		
1043	3	+
1051A	3	+
1051B	3	+
1122	3	+
1152	3	+

¹ + Indica daño.

porcentaje de accesiones cultivadas en Quilichao presentó baja infestación. En Carimagua, *S. guianensis* CIAT 1385, la cual no estaba presente en Quilichao, no mostró ningún daño por barrenador del

tallo. Posiblemente, esto indica que el material podría tener mejores niveles de resistencia o tolerancia a este insecto, o que el medio y/o otros factores pueden resultar más favorables para producir poblaciones más altas en Carimagua. Estas posibilidades se evaluarán más a fondo en futuras investigaciones.

Para determinar cuál parte de la planta sufre el ataque más severo por parte del barrenador, se evaluaron los tercios superior, medio e inferior (Cuadro 22). Las

Cuadro 21. Evaluación preliminar de *Stylosanthes* spp. respecto a barrenadores del tallo (posiblemente, *Zaratha* sp.), en Carimagua.

Accesiones	No. de muestras tomadas al azar	Daño causado por barrenador del tallo
<i>Stylosanthes guianensis</i>		
182	3	+ ¹
1203	3	+
1285	3	+
<i>Stylosanthes capitata</i>		
1298	3	+
1315	3	+
1342	3	+
1191A	3	+
<i>Stylosanthes viscosa</i>		
1273	3	+
1059	3	+
1062	3	+
<i>Stylosanthes</i> sp.		
1152	3	—
1281	3	+
1051B	3	+
1358	3	—
1448	3	+
1215	3	+
1277	3	+

¹ + Indica daño; - indica ausencia de daño.

Cuadro 22. Distribución de barrenadores del tallo en plantas de *Stylosanthes*, en Quilichao.

Distribución	No. de plantas examinadas	No. de lesiones	Infestación (%)
Parte superior	57	8	5
Parte media	57	64	38
Parte inferior	57	94	57

observaciones hechas indican que el barrenador del tallo ataca primero la parte basal en donde, presumiblemente, ovipositan las hembras. Luego, las larvas penetran el tallo y comienzan a construir túneles. Las plantas atacadas por los barrenadores desarrollan deformidades en forma de vesículas. En estas estructuras, las cuales se ablandan y descomponen, pueden aparecer larvas y pupas.

Las larvas del último instar tienen un largo aproximado de 8,5 milímetros y son de color blanco. El adulto es un microlepidóptero, de color café grisáceo, con antenas filiformes muy largas. (Figuras 15, 16 y 17).

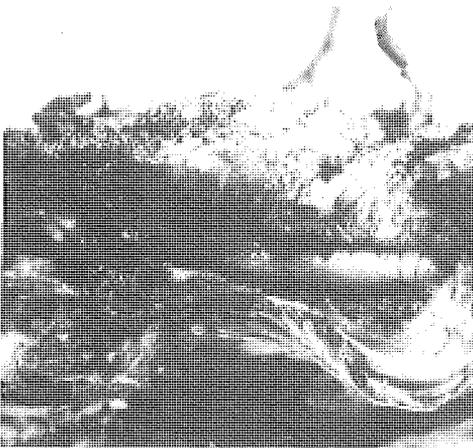


Figura 15. Planta de *Stylosanthes scabra* atacada por el barrenador del tallo (posiblemente, *Zaratha* sp.). Obsérvese el lugar en el cual la larva ha empupado.

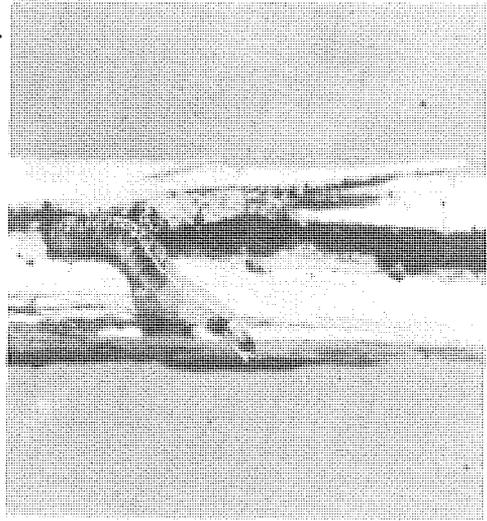


Figura 16. Daño causado en una planta de *Stylosanthes capitata* por la larva del barrenador del tallo (posiblemente, *Zaratha* sp.).

Parásito del barrenador del tallo

Al examinar en el laboratorio el material recogido en Quilichao, se encontraron parásitos adultos del orden Hymenoptera. Se continuará el estudio de estos parásitos.

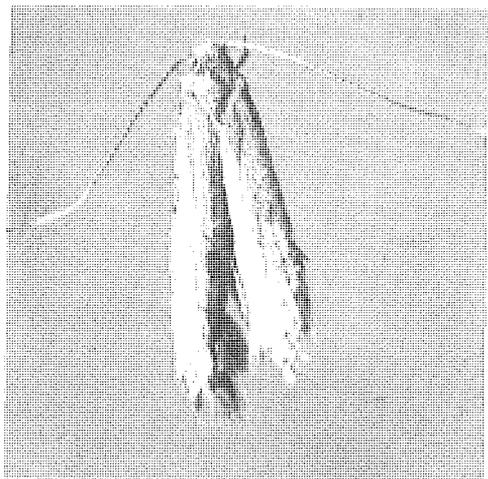


Figura 17. Adulto del barrenador del tallo (posiblemente, *Zaratha* sp.).

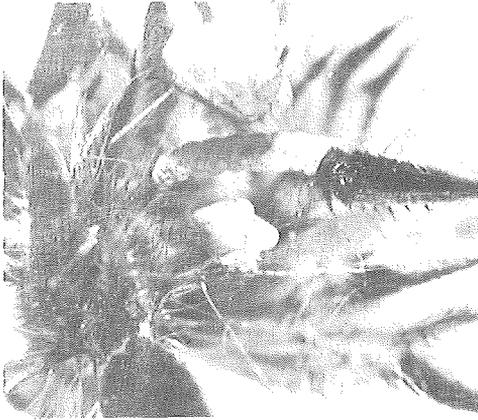


Figura 18. Planta de *Stylosanthes guianensis* atacada por el gusano cuellorrojo, *Stegasta bosqueella* (Chambers), Lepidoptera, Gelechiidae.

Hospedantes alternos

En Carimagua, se ha encontrado que la maleza llamada "escoba" y en otros países del trópico "escobilla" (*Sida* sp.), presenta infestación de barrenadores del tallo. Esta maleza también sirve de hospedante a otro barrenador, un escarabajo que probablemente pertenece a la familia Curculionidae la cual, ocasionalmente, ataca las plantas de *Stylosanthes*.

GUSANO DE LOS BOTONES

El gusano de los botones, identificado como *Stegasta bosqueella* (Chambers) Lepidoptera, Gelechiidae, es otra plaga de *Stylosanthes*. Los huevos de *Stegasta* son blancos y alargados, de aproximadamente 0,2 milímetros de largo y tienen una superficie corrugada. Las hembras

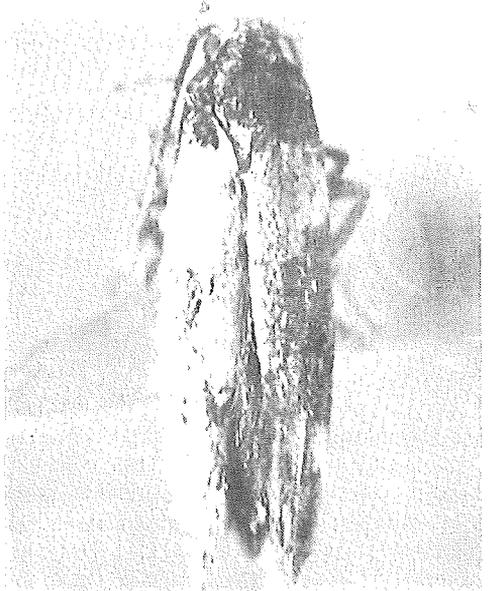


Figura 19. Adulto del gusano cuellorrojo, *Stegasta bosqueella* (Chambers), Lepidoptera, Gelechiidae.

ovipositan en los tricomas de las brácteas externas de las inflorescencias. Generalmente, se encuentra una larva por botón. Las larvas en el primer instar tienen aproximadamente un milímetro de largo y son de color blanco lechoso, con una placa cervical rojiza. Las larvas en el último instar toman un color rosado y miden aproximadamente seis milímetros de largo. El adulto es un microlepidóptero de cinco milímetros de largo, negro, con manchas amarillas en el dorso y dos pequeñas manchas laterales en las alas (Figuras 18 y 19). En Quilichao, se han obtenido dos parásitos diferentes del gusano de la yema, los cuales pertenecen al orden Hymenoptera.

MICROBIOLOGIA DE SUELOS

El objetivo de la Sección de Microbiología de Suelos es el de maximizar los beneficios de la fijación biológica de nitrógeno a las especies forrajeras adaptadas en los suelos ácidos y de baja fertilidad de América tropical. Aunque

"especies forrajeras" implica tanto gramíneas como leguminosas, se ha dado prioridad a la simbiosis leguminosa/*Rhizobium*. La estrategia de investigación es la siguiente: 1) mantener y aumentar los recursos de permafrost de

Rhizobium del CIAT; 2) evaluar el potencial de fijación de nitrógeno simbiótico de las cepas de *Rhizobium* con leguminosas adaptadas; 3) evaluar la expresión de potencial simbiótico de cepas seleccionadas bajo condiciones de campo, inicialmente en Quilichao, Carimagua y Brasilia y posteriormente, en ensayos regionales a través de toda el área de impacto del Programa de Ganado de Carne.

COLECCION DE RHIZOBIUM

En octubre de 1977, existían 1051 cepas de inoculantes de leguminosas forrajeras en la colección de *Rhizobium* del CIAT; de éstas, 644 se agregaron durante 1977. Estas cepas se aislaron a partir de 111 especies de 50 géneros. Para cada cepa, se ha registrado y almacenado la siguiente información, en un sistema que hace posible la recuperación de datos:

En relación con el origen

- **Género*** del cual se aisló la cepa.
- **Especie*** de la cual se aisló la cepa.
- **Número de accesión*** de la planta original (la semilla de la planta original puede ser conservada en el Banco de Germoplasma del CIAT).
- **Fuente*** Si otro laboratorio aisló y proporcionó la cepa, esta información se puede obtener mediante la inclusión del número de cepa original. Si la cepa se aisló en el CIAT, se da reconocimiento al colector.
- **País** en el cual se obtuvo la cepa.
- **Estado** (Provincia o Departamento) en el cual se obtuvo la cepa.
- **Precipitación** registrada en el sitio de recolección (mm/año)

- **Temperatura*** (temperatura media diaria, registrada en °C, durante la época de crecimiento)
- **Uso de la tierra** en el sitio de recolección
- **pH*** del suelo en el sitio de recolección

En relación con el crecimiento en cultivo puro

- **Días*** hasta que la colonia alcance un diámetro de dos milímetros (28°C)
- **Acido o alcalino*** reacción (pH) determinada con azul de bromtimol
- **Observaciones** sobre las características de la colonia.

En relación con la eficiencia de la cepa.

- **Efectividad*** con las especies individuales de plantas (y accesiones)
- **Reducción de acetileno*** (por planta y por unidad de peso de los nódulos).

Se publicó un catálogo que incluye los parámetros de máximo interés [marcados con un asterisco (*) en la lista anterior], el cual está en disponibilidad y se enviará a quien lo solicite al Programa de Ganado de Carne.

Se diseñó un pequeño equipo portátil, compacto y sólido, fácil de llevar al campo, el cual facilita la esterilización superficial de nódulos de raíces de leguminosas y la transferencia de bacterias nodulares o platos de cultivo; este sencillo equipo de campo resulta de mucha utilidad a los explorados de plantas, en sus prolongadas expediciones de recolección por regiones remotas.

El método de recolectar cepas de *Rhizobium* seleccionadas bajo condiciones de campo y evaluarlas con leguminosas adaptadas, ofrece algunas ventajas en

comparación con métodos convencionales de recolección basados en recuperación de nódulos desecados; una de ellas es la de que, con este método, se obtiene una mayor tasa de éxito en las inoculaciones (de 12 aumenta hasta 85 por ciento) en aislamientos provenientes de pequeños nódulos (como en el caso de *Stylosanthes* sp.). Otra es la de que las medidas de cuarentena, las cuales prohíben la importación de material vegetal y/o de suelo, no se aplican a este sistema.

SELECCION DE CEPAS

Las cinco etapas de la selección de cepas se describen en el Cuadro 23. A con-

tinuación, se presenta un resumen de los ensayos realizados durante 1977 (no se realizaron ensayos en las Etapas III y V):

Descripción de las etapas I, II y IV

Etapas I: *Desmodium heterophyllum* (CIAT 349) fue nodulado por 10 cepas y *Desmodium ovalifolium* (CIAT 350) por 35, de un total de 39 cepas de *Rhizobium* aisladas originalmente de especies de *Desmodium* (Cuadro 24).

Etapas II: En una evaluación de 48 cepas (todas aisladas de *Centrosema*) con el híbrido de *Centrosema* CIAT 438 (*C. brasilianum* x *C. virginianum*), la cepa comercial para *C. pubescens* fue sólo

Cuadro 23. Procedimiento usado para seleccionar cepas de *Rhizobium*.

Etapa	Determinación de:	Método
I	Compatibilidad genética	Inoculación de las plantas cultivadas asépticamente en pozos de agar de medio de Jensen en tubos de 150 x 25 mm. Cinco repeticiones. Datos: + o - nodulación.
II	Potencial de fijación de nitrógeno	Inoculación de plantas cultivadas en grupos de potes Leonard usando arena de río lavada como medio de enraizamiento y solución nutritiva de Norris y Date. Cinco repeticiones. Datos: materia seca y N.
III	Estrés físico y químico	Inoculación de plantas cultivadas en potes con suelos esterilizados (bromuro de metilo) de las localidades. Datos: materia seca y N.
IV	Estrés biológico y climatológico	Ensayo de campo de las tres mejores cepas de III inoculadas mediante tres técnicas (inoculación simple, peletización de cal y peletización de fosfato rocoso). Diseño de bloques completos al azar (3 repeticiones) usando parcelas de 4 x 2 con 1 m de canales de desagüe alrededor de cada una. Datos: materia seca y N; nodulación porcentual debida a la cepa inoculante.
V	Rango de aplicación de la recomendación	Recomendación de ensayos regionales de inoculación (cepa y tecnología) en comparación con parcelas no inoculadas y parcelas fertilizadas con N. Tres repeticiones. Datos: materia seca y N; nodulación porcentual debida a la cepa inoculante.

Cuadro 24. Rangos de compatibilidad contrastante de *Desmodium heterophyllum* (CIAT 349) y *Desmodium ovalifolium* (CIAT 350), con 39 cepas de *Rhizobium*.

No. cepa CIAT ¹	<i>Desmodium heterophyllum</i>	<i>Desmodium ovalifolium</i>	No. cepa CIAT ¹	<i>Desmodium heterophyllum</i>	<i>Desmodium ovalifolium</i>
13	- ²	+	296	-	+
31	+	-	297	+	+
46	-	+	298	-	+
59	-	+	299	-	+
80	+	+	304	-	+
109	+	+	310	-	-
164	-	+	329	+	+
187	-	+	353	-	+
259	-	-	359	-	+
272	-	-	388	+	+
282	-	+	507	+	+
283	-	+	512	-+	+
284	-	+	529	+	+
288	+	+	533	-	+
289	-	+	571	-	+
290	-	+	572	+	+
291	-	+	573	-	+
293	-	+	592	-	+
294	-	-	595	-	+
295	-	+			

¹ Todas las cepas aisladas de nódulos de especies de *Desmodium*.

² + indica: nodulada (dos o más de las cinco repeticiones nodularon); - indica: sin nodular.

parcialmente efectiva, mientras que varios aislados locales (CIAT 193, 221, 224, 227, 590 y 602) fueron sobresalientes, ya que dieron rendimientos de materia seca mayores que los de las plantas cultivadas con nitrógeno combinado (Figura 20). Las dos mejores cepas (CIAT 583 y CIAT 584) se aislaron en CIAT a partir de nódulos desecados recogidos en México en *C. brasilianum*, uno de los progenitores en el cruzamiento. La cepa nodular negra C 101a (CIAT 49) fue una de las más eficientes. El contenido de proteína cruda (Kjeldahl N x 6,25) de los brotes de plantas con simbiosis eficiente promedió 20,7 por ciento, en comparación con seis por ciento en plantas no noduladas, 11,3 por ciento en las plantas con disponibilidad de nitrógeno

en el medio y 12 por ciento en los casos de simbiosis ineficiente.

En un ensayo de 35 cepas con *Desmodium distortum* (CIAT 1335), la actual recomendación australiana para *D. intortum* (CB 627) ocupó un noveno lugar en orden de eficiencia (Figura 21). CIAT 512 y 533 dieron un contenido de materia seca 33 por ciento mayor que CB 627. La mejor cepa del ensayo (CIAT 512) fue la única aislada originalmente de nódulos de *D. distortum*.

D. heterophyllum se conoce por su especialidad en cuanto al requerimiento de cepa de *Rhizobium*. Sólo siete de 37 aislados de *Desmodium* produjeron

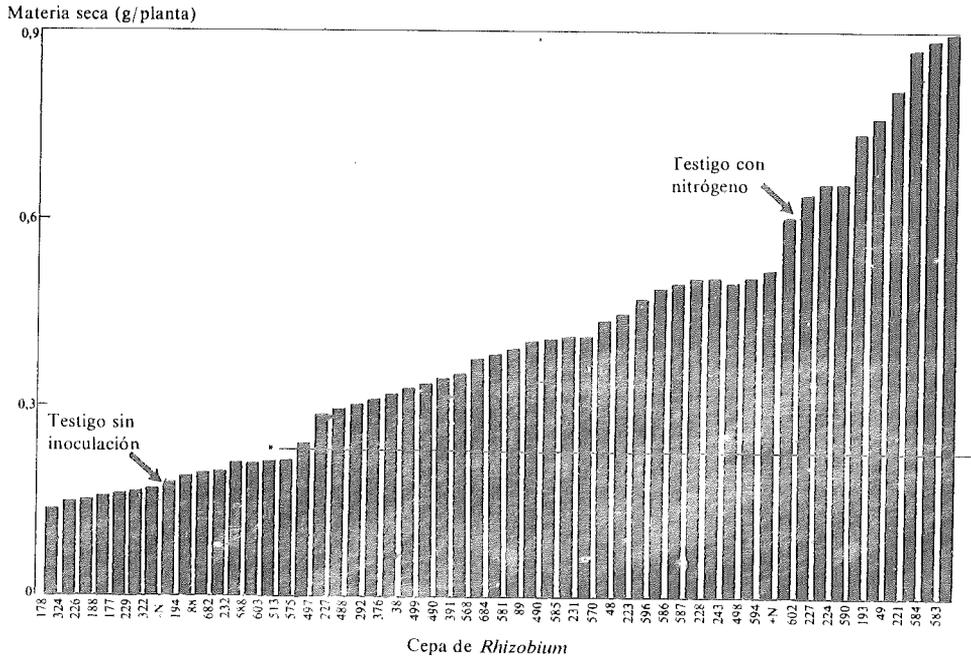


Figura 20. Selección de cepas de *Rhizobium* para el híbrido de *Centrosema* (Etapa II). * = Límite superior de confiabilidad (95%) al medio del testigo sin inoculación.

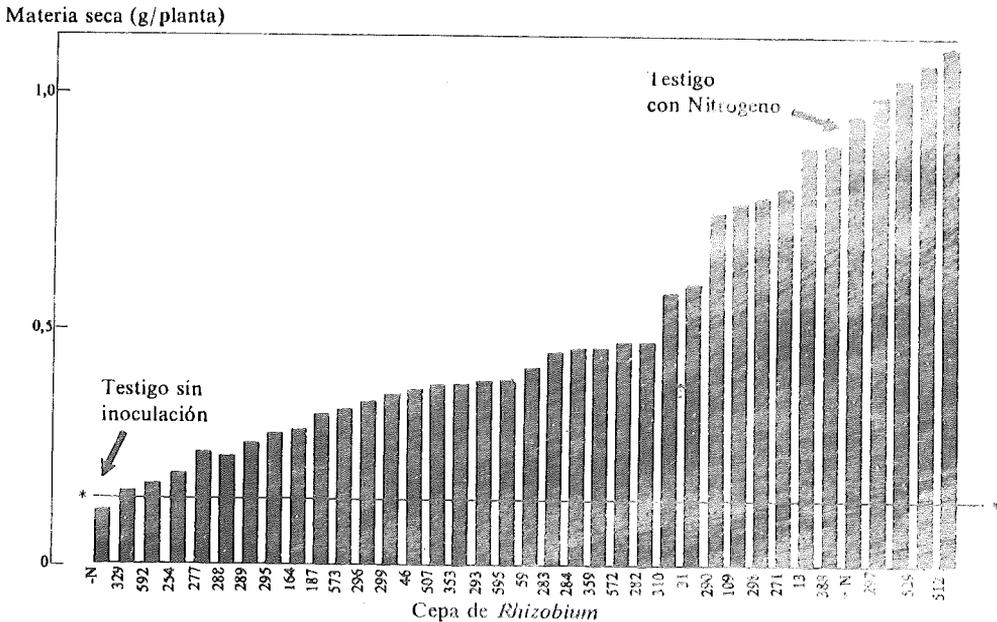


Figura 21. Selección de cepas de *Rhizobium* para *Desmodium distortum* (Etapa II). * = Límite superior de confiabilidad (95%) al medio del testigo sin inoculación.

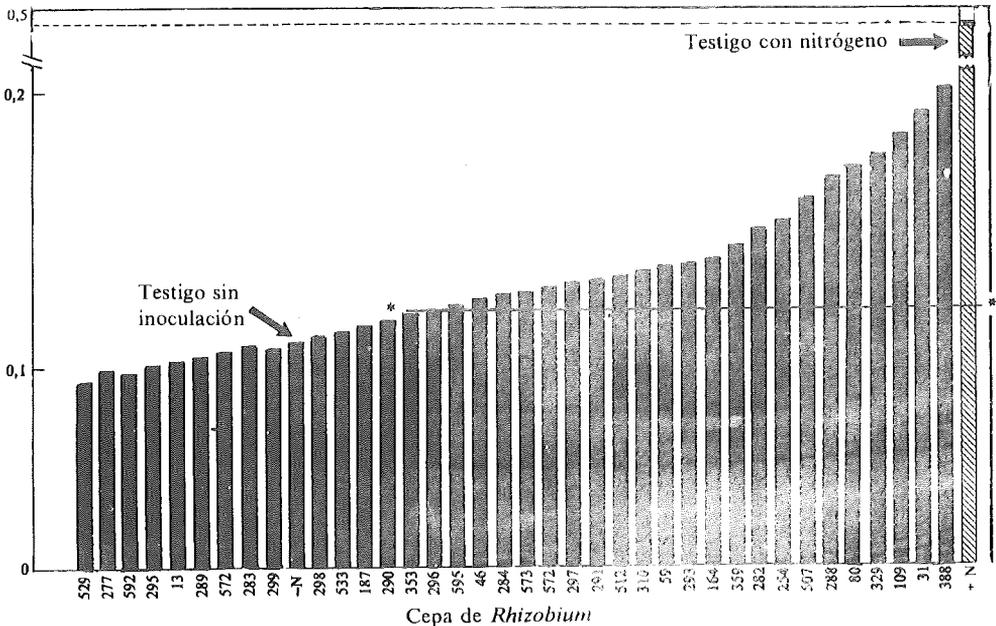
asociaciones eficientes (Figura 22). En este ensayo la recomendación australiana (CB 2085) para *D. heterophyllum* fue eficiente.

Etapas IV: Se sembraron diez experimentos de campo, con el diseño estándar explicado a grandes rasgos en el Cuadro 23; seis en Quilichao y cuatro en Carimagua.

Experimentos en Quilichao

Al efectuar la inoculación de *Galactia striata* (CIAT 969) con la cepa de *Rhizobium* CIAT 378, aumentó el rendimiento de materia seca en un 20 por ciento y el porcentaje de proteína del forraje cortado en un 18 por ciento, durante el establecimiento (Figura 23); sin embargo, al segundo corte, el rendimiento de materia seca de las parcelas inoculadas no fue significativamente diferente del rendimiento del testigo no inoculado. El híbrido de *Centrosema* (CIAT 1733) respondió levemente a la inoculación con CIAT 590 y CIAT 594 sin presentar efectos consistentes debidos a los métodos de

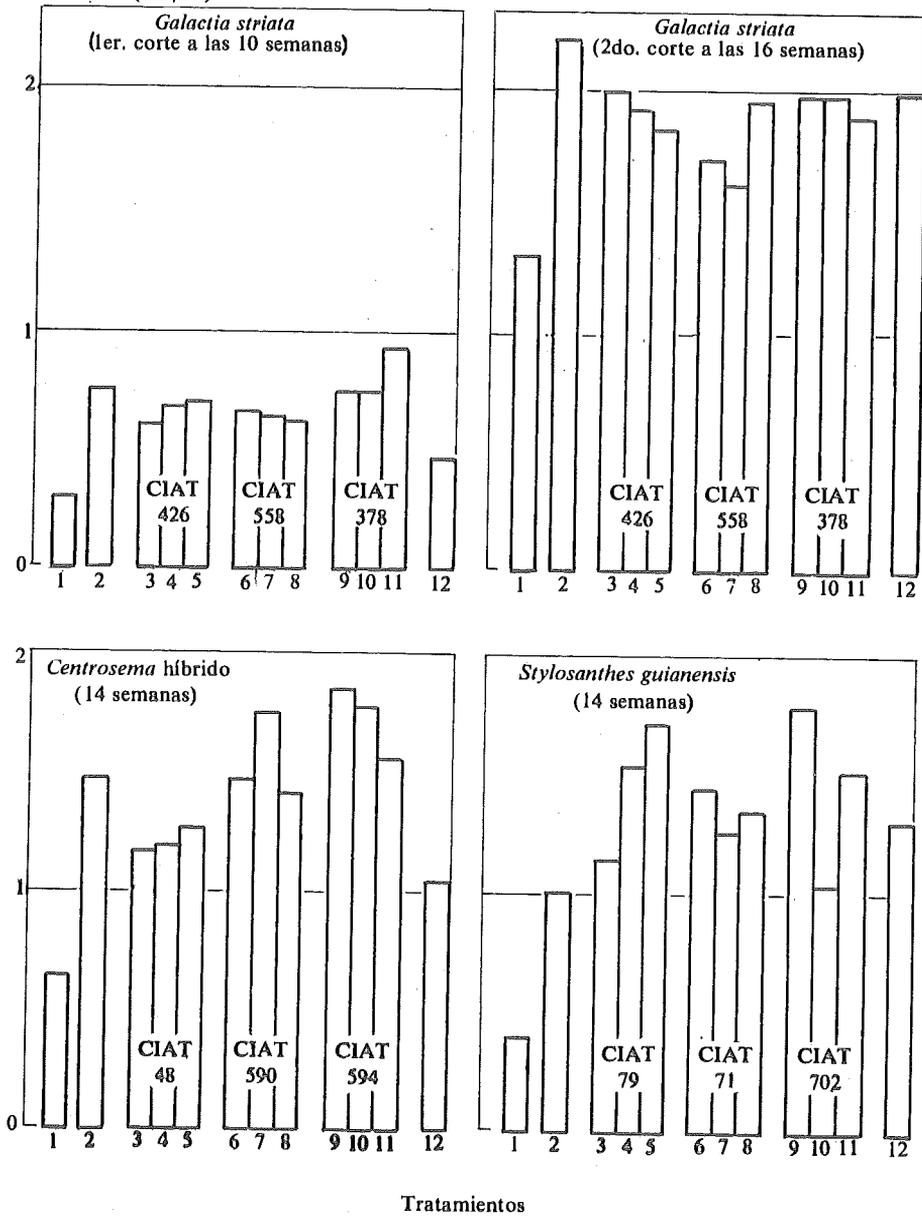
inoculación (Figura 23). *Stylosanthes guianensis* (CIAT 136) respondió a la inoculación con las tres cepas; la peletización de fosfato de roca fue consistentemente superior a la peletización con cal (Figura 23). La simple inoculación, por ejemplo, humedecido las semillas con una suspensión acuosa de inoculante, fue adecuada para las cepas CIAT 71 y CIAT 702 (aisladas de suelos ácidos) pero no para CIAT 79 (CB 756), una cepa procedente de plantas de caupí, de amplio espectro. Las parcelas inoculadas con CIAT 71 fueron notoriamente superiores a todas las demás, en las evaluaciones visuales semanales durante los dos primeros meses del establecimiento, pero esta superioridad disminuyó durante el tercer mes. Cuando se hizo el primer corte (14 semanas después de la siembra), las parcelas inoculadas con CIAT 71 no presentaron diferencias significativas respecto a las parcelas inoculadas con CIAT 79. CIAT 71 demostró ser mucho más eficiente que CIAT 79 en la Etapa II y en la Etapa III



* = Límite superior de confiabilidad (95%) con respecto al promedio del testigo sin inoculación.

Figura 22. Selección de cepas de *Rhizobium* para *Desmodium heterophyllum* (Etapa II)

Materia seca (ton/ha)



Tratamientos = 1: Sin fertilización, sin inoculación; 2: Fertilización (sin N), sin inoculación; 3, 6, 9: Inoculación con suspensión acuosa de *Rhizobium*; 4, 7, 10: Inoculación con *Rhizobium* peletizado con cal; 5, 8, 11: Inoculación con *Rhizobium* peletizado con fosfato rocoso; 12: Fertilización (100 Kg N/ha), sin inoculación.

Figura 23. Selección de cepas de *Rhizobium*, Etapa IV, en un ensayo de campo, en Quilichao .

(Informe Anual del CIAT, 1976). Esta ventaja inicial, resultante de la inoculación con *Rhizobium*, sugiere su aprovechamiento como una estrategia para impartir vigor inicial a aquellas leguminosas que son notoriamente lentas para establecerse en praderas mixtas.

Experimentos en Carimagua

El linaje de *Macroptilium* sp. CIAT 535 respondió a la inoculación con las tres cepas de *Rhizobium* (Figura 24). CIAT 318 fue la cepa más efectiva y la peletización con cal fue la mejor técnica de inoculación. Estos resultados contradicen los conceptos tradicionales de que *Macroptilium* no responde a la inoculación con *Rhizobium* y que las cepas tropicales de *Rhizobium*, de crecimiento lento, no se deben peletizar con cal. Actualmente se llevan a cabo ensayos con *D. ovalifolium*, *S. capitata* (CIAT 1019) y *S. capitata* (CIAT 1078).

RECOMENDACIONES DE INOCULACION

Se ha hecho una recomendación sobre inoculación para cada una de las

Materia seca (kg/ha)

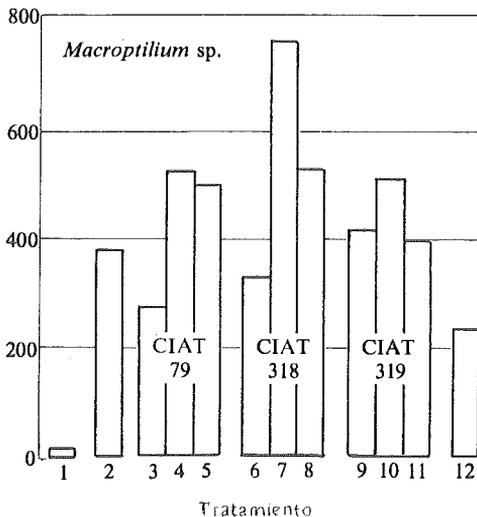


Figura 24. Selección de cepas de *Rhizobium* (Etapa IV) en un ensayo de campo, en Carimagua. Tratamientos: Ver Figura 23.

accesiones de leguminosas promisorias que se están evaluando (Cuadro 25). Aunque es preferible que cada recomendación se base en evaluaciones de campo (Etapa V), ha sido necesario formular recomendaciones tentativas basadas en etapas más tempranas de la selección o bien, en el caso de accesiones cuya investigación está pendiente, en las recomendaciones australianas. En algunos casos, se formularon recomendaciones tentativas basadas en el hecho de que la cepa se aisló de la misma especie.

PORTADORES DE INOCULANTES

Hay disponibilidad de inoculantes, preparados a base de turba, para todas las accesiones de leguminosas forrajeras tropicales a las cuales se recomienda inocular (y también, para todas las leguminosas forrajeras agricolamente importantes). La turba finamente molida tiene amplia aceptación como portador muy satisfactorio para *Rhizobium*, pero este material no se consigue en muchos países y si se consigue, es de una calidad variable o impredecible.

Se ensayaron turbas provenientes de nueve diferentes depósitos existentes en Colombia para determinar su posible utilización como material portador inerte de inoculante. Solamente una de esas turbas presentó una supervivencia satisfactoria de *Rhizobium*. La localización inconveniente de este depósito de turba y la posibilidad de que la calidad del material pudiera variar dentro del depósito, motivó el que se hiciera una evaluación comparativa de la turba con muestras de carbón provenientes de tres minas locales.

Por el método de dilución de la planta se determinó la supervivencia de *Rhizobium* en inoculantes a base de carbón y de turba. La turba proporcionó la mejor supervivencia pues contenía $1,2 \times 10^9$ de *Rhizobium*/grano de inoculante después

Cuadro 25. Recomendaciones para la inoculación de leguminosas forrajeras promisorias (31 de octubre, 1977).

Especies	CIAT No.	Cepa	Tecnología	Base ¹
<i>Alysicarpus</i> sp.	706	CIAT 503	Comprimidos de roca fosfórica	ME
<i>Centrosema</i> sp.	438	CIAT 594	Comprimidos de roca fosfórica	I, II, IV
<i>Centrosema</i> sp.	1787	CIAT 594	Comprimidos de roca fosfórica	I, II, IV
<i>Centrosema</i> sp.	845	CIAT 594	Comprimidos de roca fosfórica	I, II, IV
<i>Desmodium barbatum</i>	3063	CIAT 359	Comprimidos de roca fosfórica	ME
<i>Desmodium canum</i>	3005	—	—	—
<i>Desmodium distortum</i>	335	CIAT 512	Comprimidos de roca fosfórica	ME II
<i>Desmodium heterocarpon</i>	365	—	—	—
<i>Desmodium heterophyllum</i>	349	CIAT 80	Comprimidos de roca fosfórica	AUS, II, RC
<i>Desmodium leonii</i>	3001	—	—	—
<i>Desmodium ovalifolium</i>	350	CIAT 46	Comprimidos de roca fosfórica	II, IV, RC
<i>Desmodium scorpiurus</i>	3022	—	—	—
<i>Desmodium</i> sp.	336	—	—	—
<i>Desmodium</i> sp.	3019	—	—	—
<i>Glycine wightii</i>	201	CIAT 79	Comprimidos de roca fosfórica	AUS
<i>Glycine wightii</i>	204	CIAT 79	Comprimidos de roca fosfórica	AUS
<i>Macroptilium</i> sp.	535	CIAT 318	Comprimidos de cal	IV
<i>Pueraria phaseoloides</i>	(común)	CIAT 79	Comprimidos de roca fosfórica	AUS
<i>Stylosanthes capitata</i>	1019	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III, RC
<i>Stylosanthes capitata</i>	1078	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III, RC
<i>Stylosanthes capitata</i>	1405	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>Stylosanthes capitata</i>	1405	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>S. guianensis</i>	64A	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	I, II
<i>S. guianensis</i>	136	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	I, II, III, IV RC
<i>S. guianensis</i>	184	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	I, III
<i>S. guianensis</i>	1135	CIAT 111	Comprimidos de roca fosfórica	AUS
<i>S. guianensis</i>	1200	CIAT 111	Comprimidos de roca fosfórica	AUS
<i>S. guianensis</i>	1062	CIAT 111	Comprimidos de roca fosfórica	AUS
<i>S. hamata</i>	118	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>S. hamata</i>	147	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>S. humilis</i>	1304	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>S. scabra</i>	1047	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>S. sympodialis</i>	1044	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>S. viscosa</i>	1074-A	CIAT 71	Comprimidos de roca fosfórica	III
<i>Teramnus uncinatus</i>	508	CIAT 452	Comprimidos de roca fosfórica	ME
<i>Zornia</i> sp.	728	CIAT 103	Comprimidos de roca fosfórica	ME

¹ AUS = Recomendación de Australia; ME = Aislamiento de la Misma Especie; RC = Información del Programa (Retrocomunicación). Etapas de selección de cepas: I = Cultivo en tubos de ensayo; II = Recipiente de Leonard; III = Ensayos en materas; IV = Ensayos de campo; V = Ensayo regional.

Rhizobium número Log./g de portador

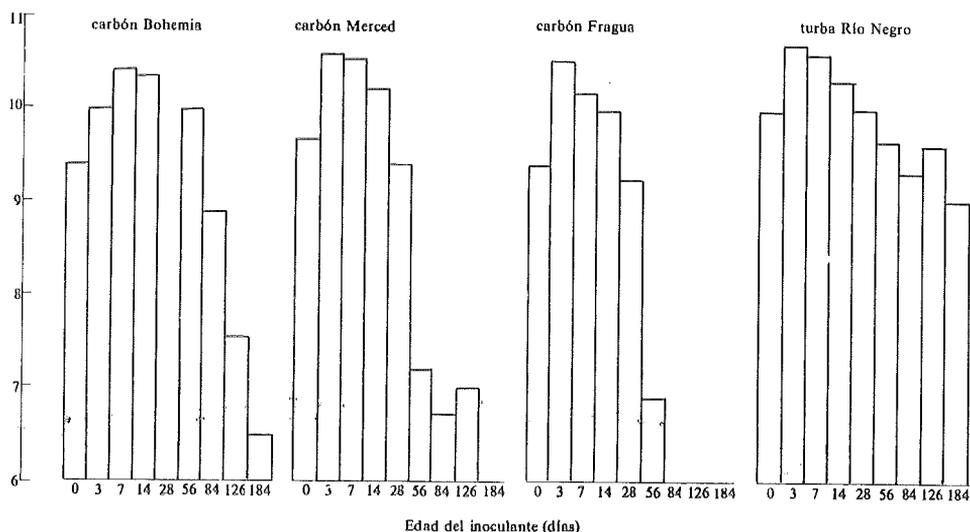


Figura 25. Supervivencia de *Rhizobium* en cuatro posibles portadores.

de seis meses de almacenamiento. Una de las tres muestras ensayadas de carbón permitió una supervivencia aceptable de *Rhizobium* (Figura 25) pero no es posible recomendarla como portadora de inocu-

lante debido a su tendencia a formar pedazos duros durante el almacenamiento y a la dificultad que presenta al tratar de humedecerlos, en el momento de inocular la semilla.

FERTILIDAD DE SUELOS

Varios especialistas en suelos del Programa hacen estudios sobre fertilidad de suelos, con el fin de: 1) identificar las limitaciones edáficas en los lugares en los cuales se realizan las investigaciones de campo; 2) desarrollar métodos más eficientes sobre manejo de fertilizantes. Durante 1977, el énfasis se puso en la caracterización de las propiedades de suelo de la nueva estación experimental que el CIAT ha establecido cerca de Santander de Quilichao, Departamento del Cauca, para determinar los factores limitantes del suelo en esa localidad y para evaluar las fuentes y métodos de aplicación del fósforo en Oxisoles y en Ultisoles.

Programa de Ganado de Carne

CARACTERIZACION DE LOS SUELOS DE LAS PRINCIPALES ESTACIONES EXPERIMENTALES

En el Cuadro 26 se presentan perfiles representativos de áreas bien drenadas del CIAT-Quilichao, Carimagua y Brasilia. En estas tres localidades, los suelos son muy ácidos, con pH que fluctúan entre 4,1 a 4,9 y con niveles tóxicos de aluminio. Tienen un contenido muy bajo de calcio, magnesio y potasio intercambiables y de varios micronutrientes. Sin embargo, el contenido de cationes básicos es considerablemente mayor en Quilichao que en

Cuadro 26. Características de los principales suelos de las estaciones de Quilichao, Carimagua y Centro de Investigaciones sobre el Cerrado.

Horizonte (cm)	Arcilla (%)	Arena (%)	pH (H ₂ O)	C org. (%)	Cationes intercambiables (meq/100 g)					Sat. de Al. (%)	P ² disp. (ppm)	H ₂ O disp. (% vol)
					Al	Ca	Mg	K	CIC ¹			
CIAT-Quilichao: Ultisol (Palehumult Ortóxico, arcilloso, caolínítico, isohipertérmico).												
0-20	71	4	4,1	4,1	2,7	0,65	0,49	0,36	4,2	64	1,8	16
20-35	77	5	4,0	2,3	2,7	0,31	0,04	0,13	3,2	83	1,1	13
35-62	84	2	4,3	1,1	3,2	0,24	0,02	0,09	3,6	88	0,9	16
62-91	88	1	4,4	0,4	1,1	0,15	0,02	0,06	1,4	77	0,9	9
91-150	90	1	4,4	0,3	2,0	0,22	0,01	0,04	2,3	85	1,2	14
Carimagua: Oxisol (Haplustox Típico, arcilloso, caolínítico, isohipertérmico).												
0-12	38	12	4,5	2,2	3,8	0,2	0,2	0,4	4,7	81	0,9	9
12-32	41	11	4,6	1,2	2,8	0,1	0,1	0,1	3,1	89	0,9	7
32-58	43	11	4,8	0,9	2,1	<0,1	<0,1	<0,1	2,3	91	0,4	5
58-88	45	12	5,2	0,4	0,7	<0,1	<0,1	<0,1	0,9	78	0,4	6
88-148	45	12	5,1	0,3	0,6	<0,1	<0,1	<0,1	0,8	75	0,4	7
Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados: Oxisol (Haplustox Típico, fino, caolínítico, isohipertérmico-LVE ³).												
					Ca + Mg							
0-10	45	36	4,9	1,8	1,9	0,4	0,10	2,4	79	tr.	11	
10-35	48	33	4,8	1,2	2,0	0,2	0,05	2,2	89	tr.	11	
35-70	47	35	4,9	0,9	1,6	0,2	0,03	1,8	88	tr.	9	
70-150	47	35	5,0	0,7	1,5	0,2	0,01	1,7	88	tr.	9	
150-260	42	39	4,6	0,3	0,7	0,2	0,02	0,9	76	tr.	9	

¹ Capacidad de intercambio de cationes efectiva

² Método de extracción de Bray II

³ Latossol Vermelho Escuro (término en portugués).

Carimagua y Brasília, aunque bien dentro del rango de suelos ácidos y de muy baja fertilidad.

Debido a sus altos contenidos de arcilla y a la presencia de óxido de hierro y de aluminio, las tres localidades tienen una alta capacidad para fijar fósforo

procedente del fertilizante aplicado. Las curvas de fijación de fósforo que se presentan en la Figura 26, indican una gran capacidad de fijación. La fijación es del orden de 620 a 750 ppm P en Quilichao y Brasília, y casi la mitad de esta cantidad (350 ppm P) para Carimagua. En comparación, el nivel de fijación de fósforo del

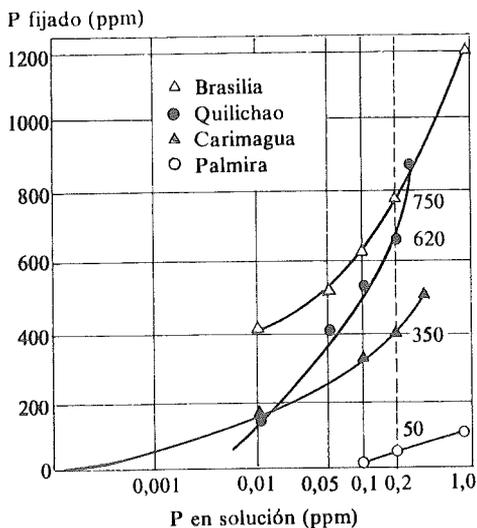


Figura 26. Isotermas de fijación de fósforo, en los sitios de investigación. (Brasilia, CIAT-Quilichao, Carimagua y CIAT-Palmira).

Mollisol, que es típico de la sede del CIAT en Palmira, es de 50 ppm P.

Se contrató con la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC) la labor de llevar a cabo un reconocimiento detallado de suelos de CIAT-Quilichao, a escala de 1:20.000. El mapa del suelo indica poca variabilidad, en relación al perfil presentado en el Cuadro 26 en sitios planos e inclinados, todos los cuales se clasifican como Orthoxic Palehumults. Los suelos mal drenados, en posiciones topográficas más bajas, son también extremadamente ácidos y con bajo contenido de bases intercambiables, lo cual indica que toda el área sufre un agotamiento de bases, a semejanza de las condiciones de Carimagua y Brasilia. Estos suelos mal drenados son también Ultisoles, pero se clasifican como Paleaquults Umbricos. Los análisis mineralógicos de las arcillas, realizados en la Universidad Estatal de Carolina del Norte (EE.UU.), mostraron que la caolinita y la haloisita constituyen los minerales silicados dominantes del estrato. Los suelos bien drenados presentan un contenido

Programa de Ganado de Carne

promedio de 15 por ciento de F_2O_3 libre y de 11 por ciento de Al_2O_3 libre, lo cual explica su alta capacidad de fijación de fósforo.

FACTORES LIMITANTES DE LA FERTILIDAD DE LOS SUELOS DE CIAT-QUILICHAO

Se hizo una serie de experimentos de invernadero, utilizando muestras de suelo de la capa superior del Ultisol de Quilichao (descrito en el Cuadro 26), a fin de conocer las limitaciones de fertilidad de ese suelo. Un ensayo de elemento faltante, demostró que este suelo es extremadamente deficiente en fósforo, azufre y boro y en menor grado, en calcio (Figura 27). El rendimiento extremadamente bajo de la parcela testigo sugiere toxicidad de aluminio y de manganeso. Posteriormente, se evaluó la magnitud de la respuesta del fósforo con *Panicum maximum*, y el híbrido de *Centrosema* (CIAT 438). Las dos especies respondieron en forma notable a las aplicaciones de superfosfato pero las cantidades requeridas para aprox-

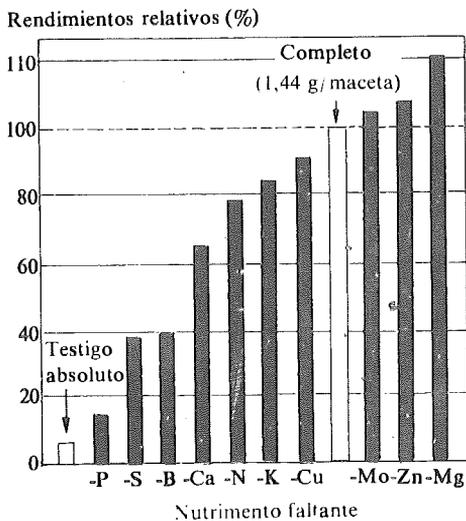


Figura 27. Respuesta de *Centrosema plumieri* a elementos nutritivos faltantes en el Ultisol de Quilichao (producción de materia seca en el primer corte expresada como promedio de cuatro repeticiones).

imarse a los rendimientos máximos, fueron mayores en la gramínea que en la leguminosa. Las curvas de respuesta muestran el primer punto de inflexión a 40 kg P_2O_5 /ha para *Centrosema* y 60 kg P_2O_5 /ha para *P. maximum*, pero cada especie dio sólo el 56 por ciento de su rendimiento máximo a esos niveles (Figura 28). El aumento gradual subsiguiente puede estar relacionado con el efecto de enmienda de altas dosis de superfosfato, aunque el análisis químico no mostró diferencias marcadas.

En la Figura 29 se presenta una estimación de los niveles críticos de fósforo obtenidos en los análisis de suelo hecho en el Ultisol no encalado. En ambos casos, el nivel crítico Bray II es de aproximadamente 3 ppm P. A fin de obtener alrededor de un 80 por ciento del rendimiento máximo, estas dos cifras sugieren una tasa de aplicación al voleo de 240 kg de P_2O_5 /ha para cada especie.

La relación entre pH, porcentaje de saturación de aluminio y manganeso intercambiable, en función de encalado, se presenta en la Figura 30. La capacidad tampón de este suelo en estabilizar su pH es extremadamente alta lo cual se debe, probablemente, a su alto contenido de

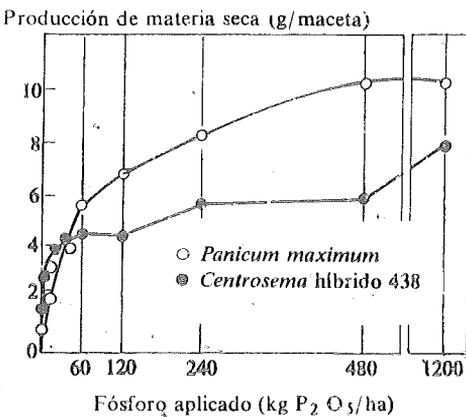


Figura 28. Respuesta al fósforo de una gramínea y de una leguminosa, en el Ultisol de Quilichao (total de dos cortes, promedio de cuatro replicaciones).

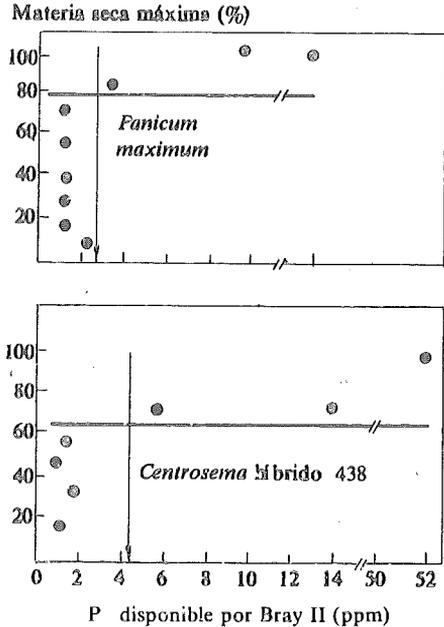
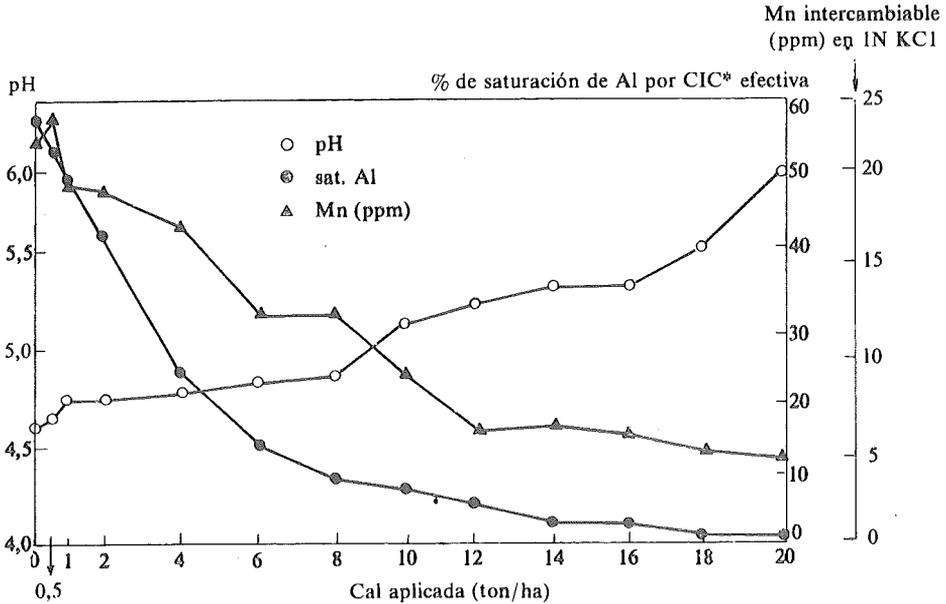


Figura 29. Cálculo de los niveles críticos de fósforo en el Ultisol de Quilichao, en condiciones de invernadero (total de dos cortes, promedio de cuatro replicaciones).

materia orgánica. Se necesitan aproximadamente 16 toneladas de $CaCO_3$ /ha para elevar el pH del suelo a 5,5. La Figura 31 presenta la respuesta contrastante a la cal de tres leguminosas forrajeras. *Stylosanthes guianensis* 136 produjo mejor rendimiento sin aplicación de cal, lo cual confirma su tolerancia a alta saturación de aluminio a niveles de manganeso intercambiable relativamente altos. La disminución de rendimiento con dosis altas de cal se debe a un desequilibrio entre Ca y Mg. El híbrido de *Centrosema* (CIAT 438) mostró una respuesta marcada a una tonelada/ha de cal y posteriormente, disminuyó su rendimiento con dosis más altas. Las razones de esta respuesta se desconocen. *Centrosema plumieri*, una especie adaptada a suelos de pH alto, requirió ocho toneladas de cal/ha para aproximarse al rendimiento máximo. Esta cifra refleja la importancia de la selección con base en tolerancia al aluminio, como parte de la estrategia que persigue el CIAT



*CIC = Capacidad de intercambio de cationes efectiva

Figura 30. Nivel de Ph del suelo manganeso intercambiable y porcentaje de saturación de aluminio por CIC efectiva, según el efecto de tasas de aplicación de cal en un Ultisol de CIAT-Quilichao (tiempo de incubación: 60 días).

consistente con el uso moderado de insumos agrícolas.

En resumen, el Ultisol de Quilichao es extremadamente deficiente en fósforo, azufre y boro, moderadamente deficiente en calcio, potasio y nitrógeno y presenta toxicidad de aluminio para ciertas especies.

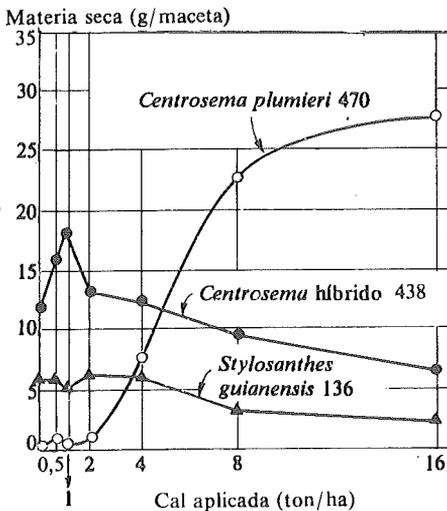


Figura 31. Respuesta a la aplicación de cal de tres leguminosas forrajeras, en el Ultisol de Quilichao, bajo condiciones de invernadero.

EVALUACION DE ROCAS FOSFORICAS

La aplicación directa de roca fosfórica a los suelos ácidos ofrece una alternativa promisoría, de bajo costo, para proporcionar este elemento a los Oxisoles y Ultisoles extremadamente deficientes en fósforo y que, además, fijan grandes cantidades de fertilizantes fosfatados. Desde finales de 1975, el CIAT ha estado evaluando los depósitos de rocas fosfóricas existentes en América Latina. En julio de 1977 se estableció un proyecto especial por el apoyo financiero del International Development Research Centre, de Canadá (IDRC), en colaboración con el International Fertilizer Development

Center (IFDC). El IFDC ha designado a dos de sus científicos principales, con sede en el CIAT, para realizar este trabajo. El proyecto es parte integral del Programa de Ganado de Carne, aunque también se trabaja con cultivos; la información que resulta de estas investigaciones se presenta en las secciones de yuca y frijol de este informe anual.

Investigaciones iniciales hechas en invernadero

La Figura 32 muestra los resultados de una evaluación inicial, hecha en invernadero, de *Panicum maximum* cultivado en un Oxisol no encalado de Carimagua. Las rocas de alta reactividad, provenientes de Sechura (Perú) y de Carolina del Norte (EE.UU.), fueron superiores a las aplicaciones de superfosfato triple y similares a las de escoria Thomas. Las dos rocas fosfóricas de origen colombiano (Huila y Pesca), las cuales se consideran como de reactividad mediana y baja, respectivamente, fueron menos eficientes que el superfosfato. En la Figura 32 también se ilustra la Efectividad Agronómica Relativa (EAR) de cada roca, en comparación con la Escoria Thomas. La baja respuesta al superfosfato probablemente esté relacionada con el crecimiento inhibido por el bajo nivel de calcio y el alto nivel de saturación de aluminio del suelo. Las rocas de Sechura y de Carolina del Norte y la Escoria Thomas mejoraron el suelo debido a su capacidad para suministrar calcio.

La disponibilidad relativa de fósforo procedente de rocas fosfóricas se relaciona estrechamente, con el contenido de fósforo soluble en citrato del material. La correlación entre fósforo soluble en citrato de la roca fosfórica y el rendimiento o la asimilación de fósforo, fue altamente significativa y aumentó a medida que incrementaba la tasa de aplicación. El P O soluble en citrato, de la roca fosfórica, presentó una mejor correlación con el rendimiento cuando se expresó

Materia seca (g/maceta)

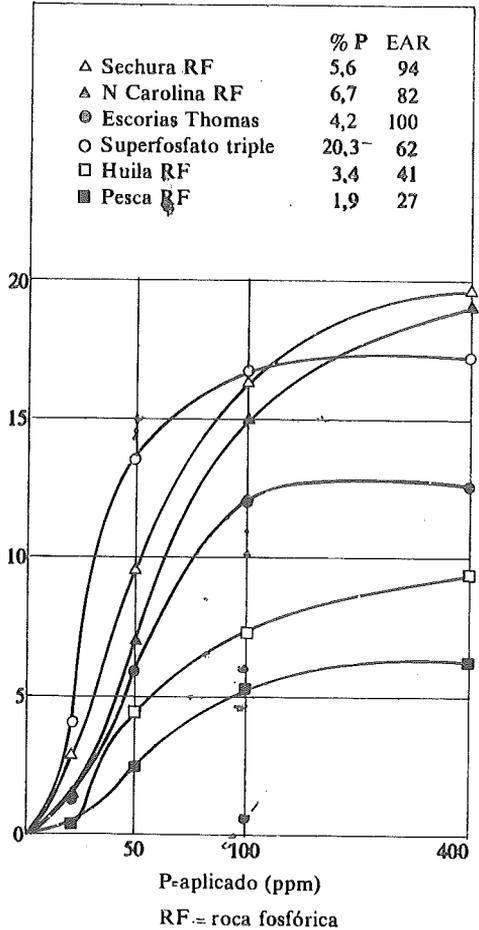


Figura 32. Efecto de cinco fuentes de fósforo en la producción de materia seca de *Panicum maximum* (total de tres cortes) cultivado en el Oxisol de Carimagua, sin aplicación de cal, en el invernadero (%P = P: soluble al citrato de la totalidad del material; EAR: eficiencia agronómica relativa).

como "porcentaje de la roca" en vez de "porcentaje del P₂O₅ total de la roca" (Figura 33).

Las diferencias en la reactividad de las rocas fosfóricas también se reflejaron en parámetros de análisis del suelo. El contenido de P₂O₅ soluble en citrato de las rocas fosfóricas, se correlacionó bien con la extracción Bray I. Se observó una

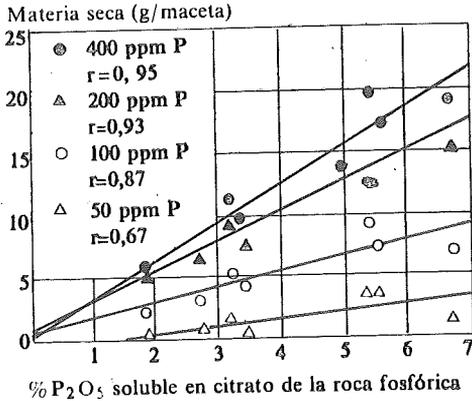


Figura 33. Relación entre el rendimiento de tres cortes de *Panicum maximum* y el fósforo soluble en citrato en la roca fosfatada (significativo a un nivel de 0,01).

respuesta más alta del cultivo con las rocas fosfóricas que con el superfosfato triple, a un nivel dado de fósforo extraíble por Bray I (Figura 34). Esto sugiere que *P. maximum* presentó respuesta al calcio proporcionado por la roca fosfórica, lo mismo que al fósforo. El contenido de fósforo soluble en citrato de la roca se correlacionó en forma significativa con la concentración de fósforo soluble en agua del suelo, a las tasas de 200 y 400 ppm. Sin embargo, a tasas de 50 y 100 ppm de fósforo, no existió correlación significativa.

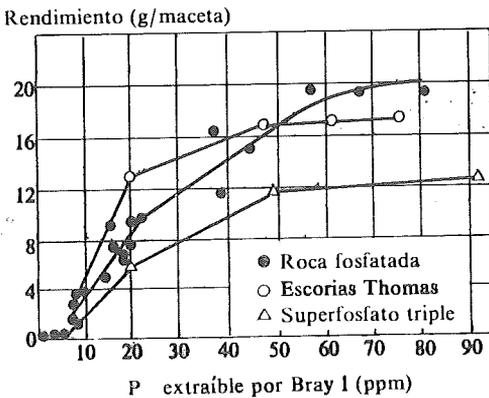


Figura 34. Relación entre el rendimiento de tres cortes de *Panicum maximum* y el fósforo extraíble Bray I, medido 90 días después de la aplicación a un Oxisol de Carimagua, en el invernadero.

La asimilación de fósforo por *P. maximum* se correlacionó linealmente con el fósforo soluble en agua ($r = 0,918^{**}$). El rendimiento de materia seca se relacionó con el fósforo soluble en agua, por medio de una relación curvilínea con las rocas fosfóricas y la Escoria Thomas y por medio de otra relación curvilínea, con el superfosfato triple (Figura 35).

Experimento de campo

En mayo de 1976, se estableció un experimento de campo de larga duración con *B. decumbens*, en Carimagua, para comparar los efectos de seis rocas fosfóricas con el superfosfato triple. Las tasas de aplicación fluctuaron entre 0 y 400 kg de P₂O₅/ha, todas aplicadas al voleo e incorporadas a la capa superior del suelo. Los primeros cuatro cortes de este experimento se cosecharon a los 3, 6, 13 y 16 meses después de la aplicación de fósforo. El retraso entre la segunda y la tercera cosecha incluye la estación seca.

Las respuestas de rendimiento absoluto y relativo se presentan en las Figuras 36 y

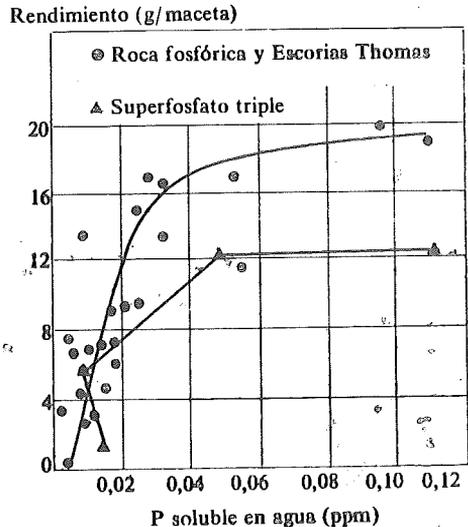


Figura 35. Relación entre el rendimiento de tres cortes de *Panicum maximum* y el fósforo soluble en agua, en un Oxisol de Carimagua, en el invernadero.

Materia seca (ton/ha/corte)

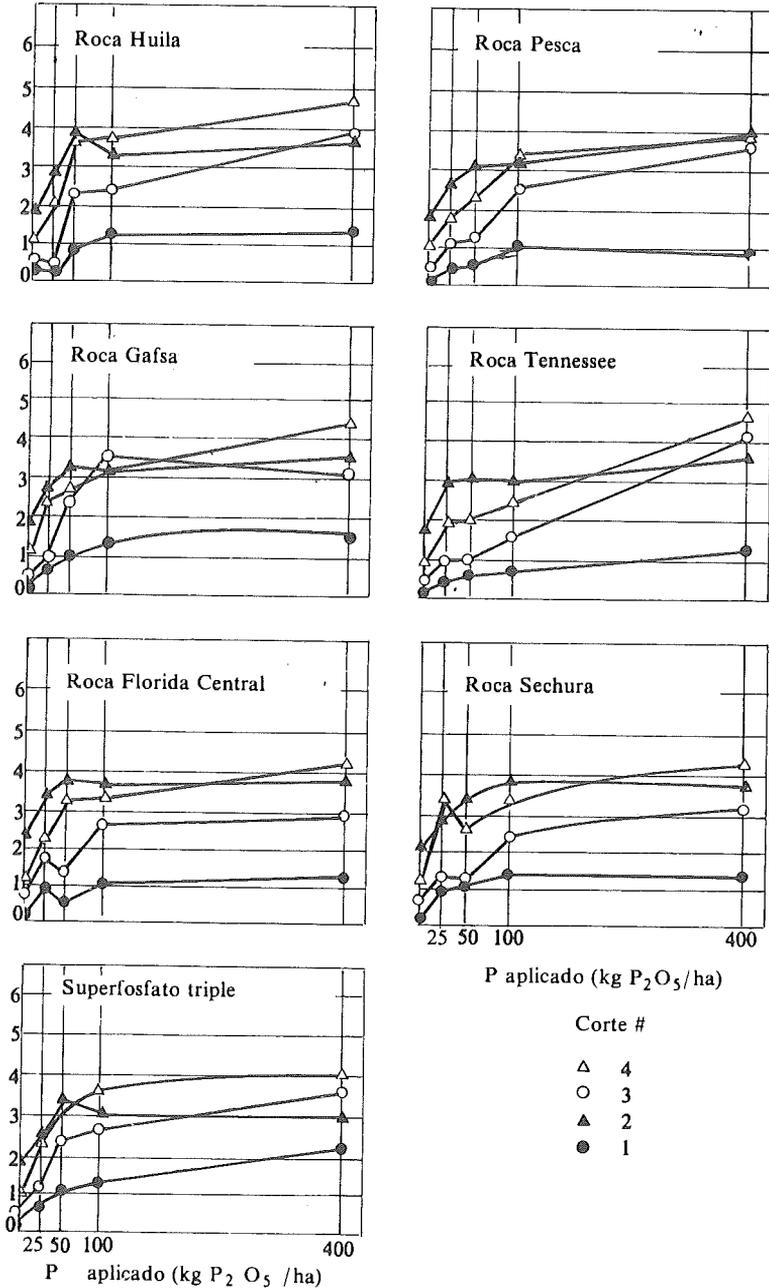


Figura 36. Rendimiento de materia seca de cuatro cortes de *Brachiaria decumbens*, como respuesta a la tasa de aplicación y a la fuente de fósforo, en un Oxisol de Carimagua.

37, respectivamente. El superfosfato triple durante la primera cosecha; después, todas las fuentes de roca fosfórica aumentaron su

% producción máxima de materia seca

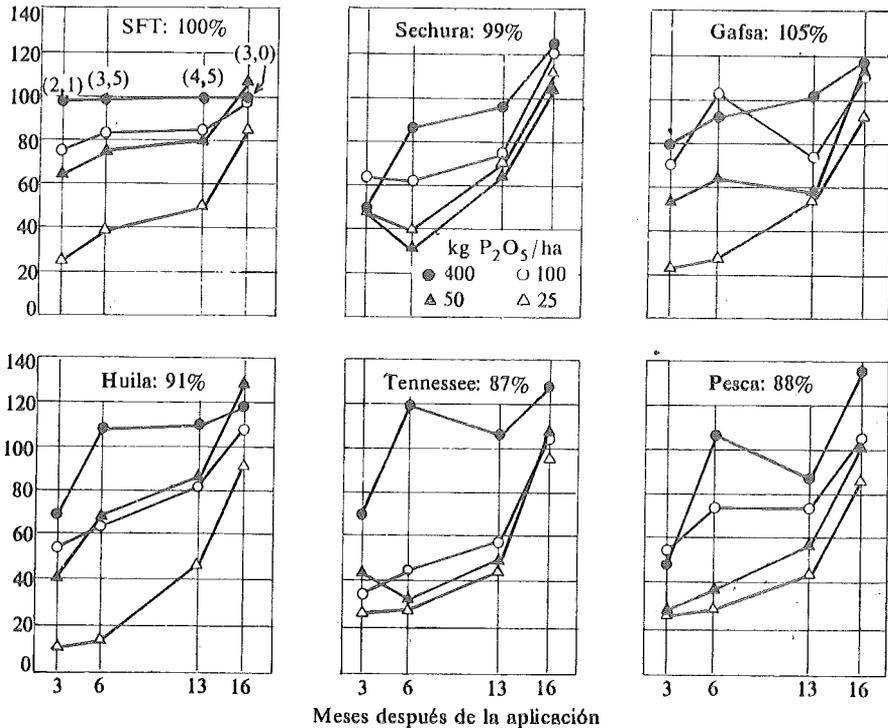


Figura 37. Efectos iniciales y residuales de cinco rocas fosfóricas con respecto a las aplicaciones de superfosfato triple (SFT) sobre los rendimientos de *Brachiaria decumbens*, en un Oxisol de Carimagua. Las cifras porcentuales indican la Eficiencia Agronómica Relativa; los rendimientos máximos para cada corte aparecen entre paréntesis y expresan toneladas de MS por ha.

eficacia con el tiempo y se aproximaron o sobrepasaron los rendimientos del superfosfato, durante el tercero y cuarto corte. Los resultados totales, durante los primeros 16 meses, muestran que las rocas de alta reactividad, Gafsa y Sechura, fueron 105 y 99 por ciento tan eficaces como el superfosfato; la roca de reactividad mediana del Huila presentó una eficacia del 91 por ciento y las rocas de baja reactividad, Tennessee y Pesca, mostraron una eficacia de 87 y 88 por ciento, respectivamente, en comparación con el superfosfato triple.

En la Figura 37 se muestra el excelente comportamiento de las rocas de reactividad baja y mediana, no registrada previamente en otros sitios. Normalmente,

el fósforo proveniente de estas rocas es muy difícil de solubilizarse durante el primer año. Cuando se mantiene el pH bajo (4,6 a 4,8), los suelos se transforman, efectivamente, en una eficiente fábrica de superfosfato. Mediante el uso de una especie tolerante a los altos niveles de saturación de aluminio encontrados (72 a 85 por ciento) el bajo pH no afectó el crecimiento. La materia seca total producida fue 13,1 toneladas/ha en 16 meses, sin riego y con una fertilización basal de sólo 50 kg de N, 100 kg de K_2O y 20 kg de S/ha. Este hecho indica un potencial muy alto para las rocas de reactividad mediana y alta, tan comunes en América Latina, como un componente importante de la estrategia de bajos insumos del Programa de Ganado de Carne.

Es preciso evaluar continuamente el efecto residual durante varios años, a fin de determinar con mayor exactitud el valor de tales aplicaciones. Se adicionará al estudio una serie extra de tratamientos de aplicación anual de superfosfato triple, para efectos de comparación.

La Figura 38 muestra que la aplicación de las diferentes rocas fosfóricas como fertilizantes que contengan fósforo soluble modificaron algunas de las características químicas del suelo, a los 12 meses después

de la aplicación. Esta modificación es más pronunciada cuando se aplica el fósforo a una tasa de 400 kg de P_2O_5 /ha. El fósforo disponible, medido por Bray I, aumentó notablemente en el suelo después de la aplicación de superfosfato triple y de rocas de reactividad alta a mediana, como Gafsa, Sechura y Florida Central. Los cambios en el pH no fueron significativos pero los aumentos en el contenido de calcio intercambiable por las rocas de alta reactividad fueron notables. Las aplicaciones de 400 kg de P_2O_5 /ha de la

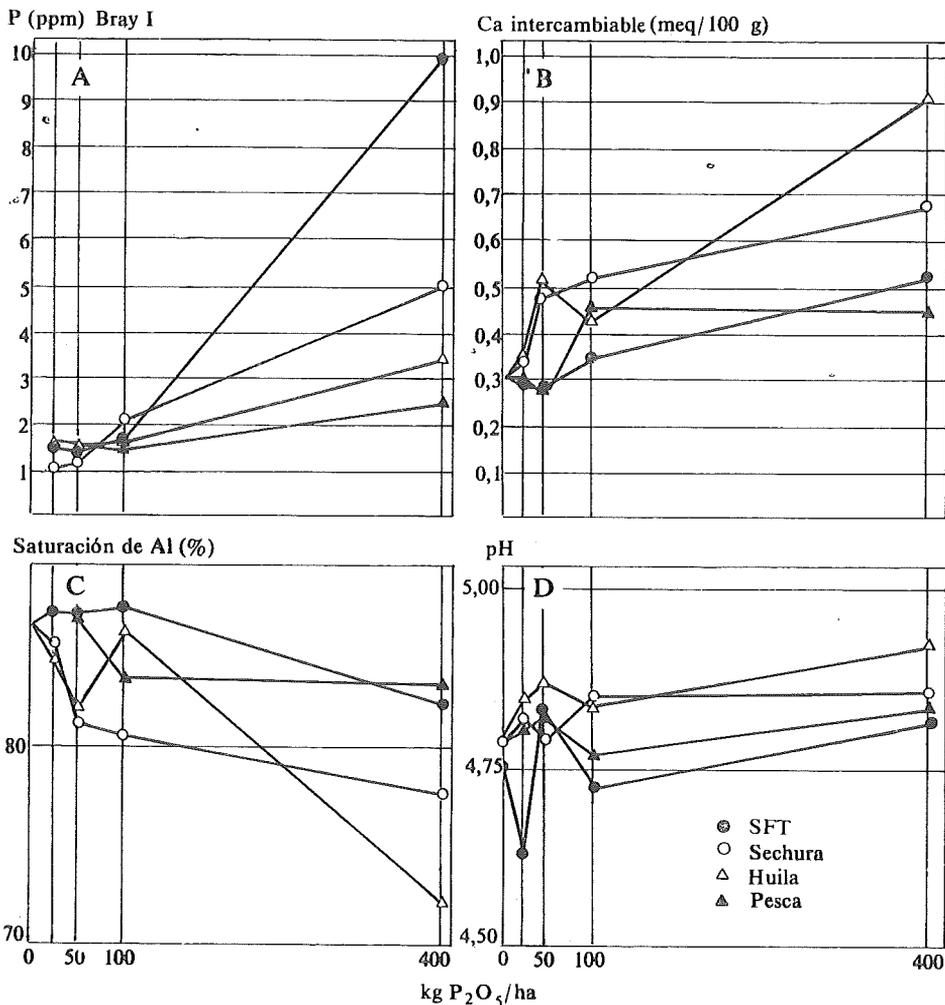


Figura 38. Propiedades químicas de un Oxisol de Carimagua con *Brachiaria decumbens* como respuesta a la tasa de aplicación y a la fuente de fósforo, medida 12 meses después de la aplicación.

roca Huila triplicaron el contenido de calcio intercambiable en el suelo, mientras que la misma cantidad de Sechura lo duplicó. Estos cambios ocasionaron una reducción en la saturación de aluminio, de 85 a 72 y 78 por ciento, respectivamente.

Los resultados de invernadero y de campo muestran que las aplicaciones directas de rocas de origen latinoamericano de reactividad baja (Pesca), media (Huila) y alta (Sechura), a gramíneas tolerantes al aluminio como *Brachiaria decumbens* y *Panicum maximum*, son superiores a las de superfosfato triple, en Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia. Una dosis de 100 kg de P_2O_5 /ha parece ser la óptima. Si se considera el costo relativo bajo de un kilogramo de P_2O_5 como roca fosfórica en comparación con el superfosfato, el uso de roca fosfórica puede disminuir significativamente los costos de establecimiento de praderas en suelos ácidos de baja fertilidad natural.

EVALUACION DE TERMOFOSFATOS

El fosfato de magnesio fundido (FMF) es una fuente de fósforo obtenida mediante la fusión de roca fosfórica con magnesio y silicato (generalmente se obtiene fusionado con serpentina). El producto es un vidrio cuyas características químicas son muy similares a la Escorias Thomas. Esta última ha demostrado ser más efectiva que el superfosfato triple en los Oxisoles colombianos, pero desafortunadamente, las existencias son muy limitadas.

Este experimento se diseñó para comparar el FMF producido en Japón con otros dos termofosfatos producidos con rocas fosfóricas nativas de Colombia y con otras fuentes de fósforo usadas actualmente. Los materiales se evaluaron en el experimento de invernadero con *S. guianensis* (CIAT 136) en un Oxisol de Carimagua. Se incluyeron tratamientos con Mg (en la forma de MgO y silicato

(como escoria de silicato de calcio procedente del TVA), equivalentes a las cantidades contenidas en FMF, a fin de separar el efecto de posibles factores contribuyentes.

También, se incluyó cal para separar el efecto de la capacidad de encalamiento del silicato de calcio y los posibles efectos beneficiosos del anión silicato.

En la Figura 39 se presentan los rendimientos de materia seca del promedio de dos cortes. En general, *S. guianensis* respondió bien a la tasa más alta de aplicación de fósforo. Solamente, cuando la fuente de fósforo fue superfosfato triple, el aumento de rendimiento entre las dos tasas más altas no fue significativo. Por otra parte, cuando se mezcló superfosfato triple con MgO y silicato de calcio o cal, la respuesta fue casi lineal.

Cuando se adicionó FMF al suelo, los rendimientos fueron comparables a los rendimientos producidos por la fertilización con escoria Thomas suplementada con MgO y mucho mayores que los rendimientos del tratamiento de superfosfato triple.

Los rendimientos no variaron mucho cuando se usó FMF grueso o fino, pero el fosfato grueso de Renania presentó el rendimiento más bajo de este experimento. Los termofosfatos del Huila (roca fosfórica del Huila, fusionada con serpentina) y de Pesca (fosfato de Pesca, fusionado con dolomita) dieron mejores rendimientos que el superfosfato triple y el fosfato grueso de Renania, pero fueron muy similares a los producidos por la roca fosfórica del Huila mezclada con MgO y silicato de calcio. Los resultados presentados en la Figura 39 también muestran que, tanto el magnesio como el silicio, probablemente limitan la respuesta al fósforo de *S. guianensis* en este suelo.

Los análisis del suelo no mostraron variaciones importantes en las

Rendimiento de materia seca (g/maceta)

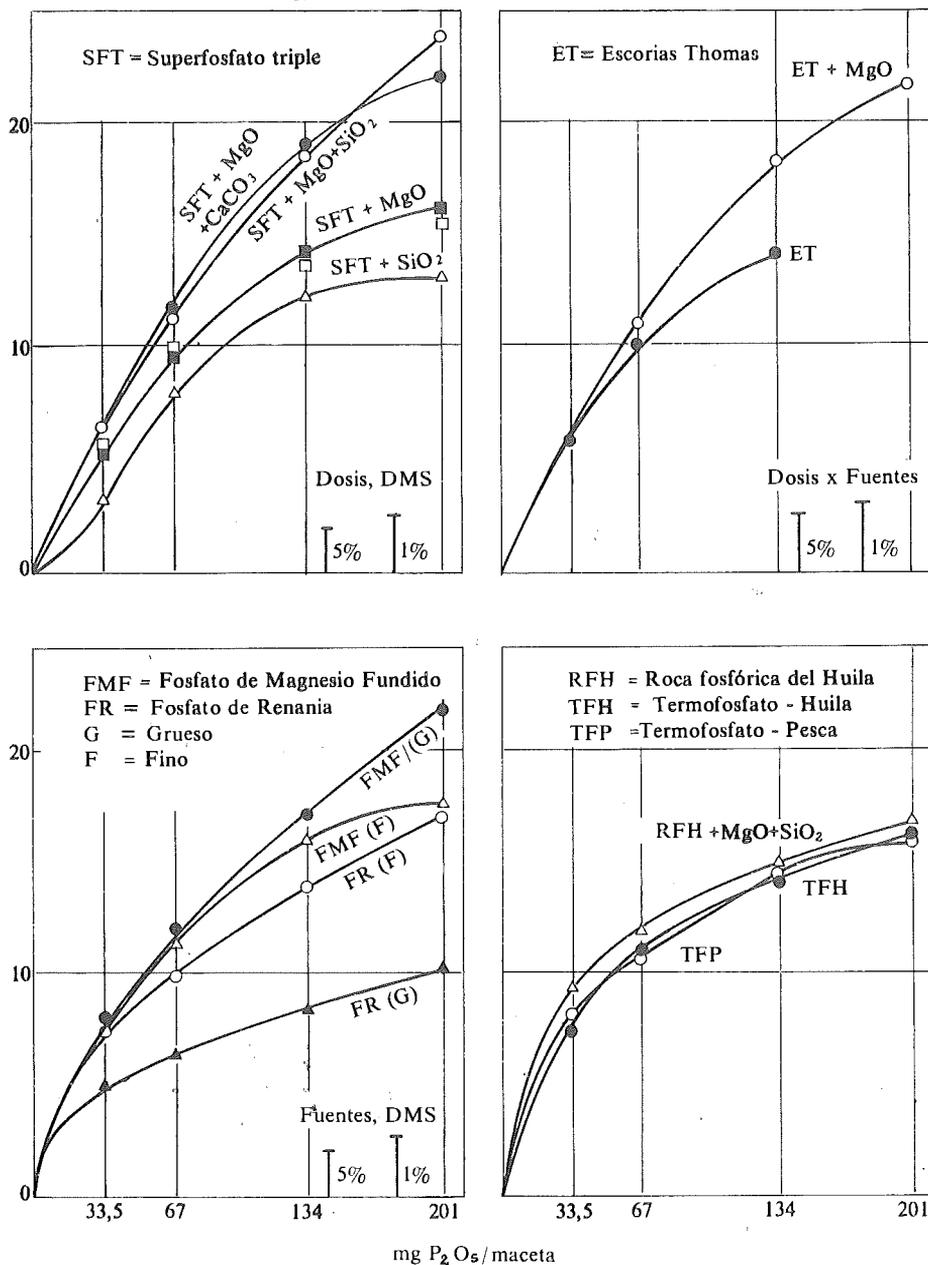


Figura 39. Rendimiento de materia seca de dos cortes de *Stylosanthes guianensis* 136 como respuesta a la tasa de fósforo con MgO, CaCO₃ y SiO₂ y a diferentes termofosfatos, en un Oxisol de Carimagua, en el invernadero.

características químicas del suelo, con excepción del fósforo disponible medido

como Bray I. La influencia en el magnesio intercambiable del suelo fue poca o nula.

Por otra parte, los termofosfatos y la roca fosfórica del Huila como MgO y silicato de Calcio, aumentaron apreciablemente el porcentaje de fósforo y magnesio en el tejido de *Stylosanthes*. El uso de superfosfato triple o de fosfato de Renania redujo el contenido de magnesio del tejido. El contenido de calcio también aumentó con la aplicación de estos termofosfatos al suelo.

APLICACIONES DE SILICATO Y DE MAGNESIO.

A fin de estudiar el efecto de los silicatos y del MgO en la respuesta de *S. guianensis* (CIAT 136) al fósforo, se estableció un experimento de invernadero en el cual se usó Oxisol proveniente de Carimagua. Las fuentes de fósforo fueron superfosfato triple y roca fosfórica del Huila. Se mezclaron óxido de magnesio y silicato de calcio y se aplicaron junto con las fuentes

de fósforo, en tres niveles diferentes, pero siempre se mantuvo la misma proporción MgO:SiO₂ de 0,75:1,00.

Los rendimientos de materia seca del primer corte se muestran en la Figura 40. Cuando no se adicionó fósforo al suelo, *Stylosanthes* respondió levemente al primer aumento de MgO y SiO₂ pero, posteriormente, no se observó ninguna respuesta. Al adicionar fósforo, la respuesta al MgO y silicato de calcio fue apreciable para el nivel más bajo de estos dos compuestos, cuando se usó superfosfato triple o rocas fosfóricas, del Huila. El óxido de magnesio y el silicato de calcio produjeron respuestas marcadas en el rendimiento a tasas altas de superfosfato triple. Los rendimientos de *Stylosanthes* no fueron notablemente afectados por las aplicaciones de MgO y de silicatos de calcio, cuando se aplicaron niveles altos de fósforo como roca fosfórica del Huila. Es posible que las tasas altas de roca fosfórica

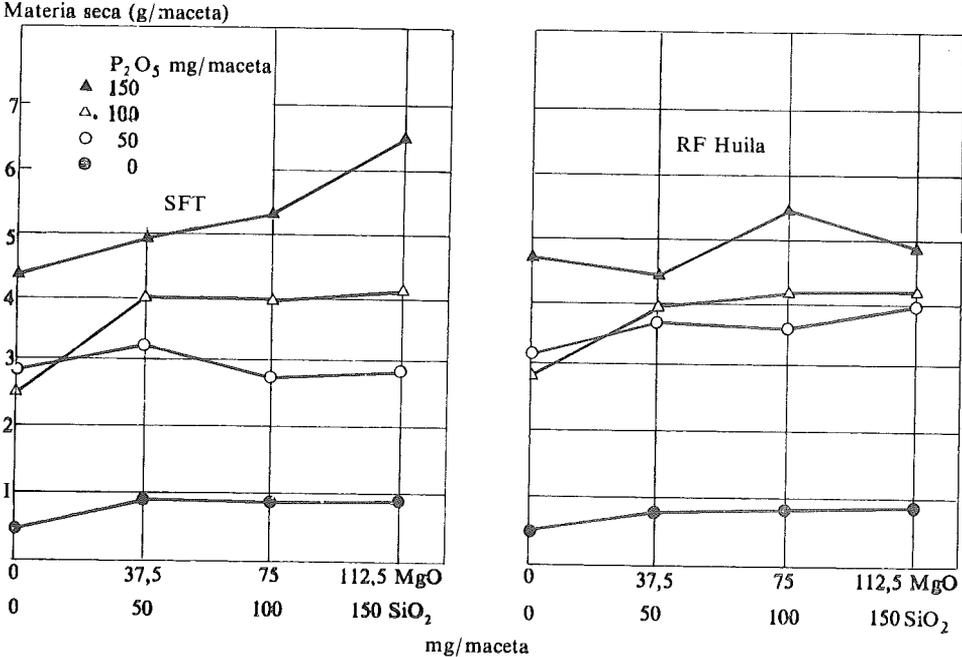


Figura 40 Rendimiento de materia seca de un corte de *Stylosanthes guianensis* 136 como respuesta a las tasas de MgO y SiO₂ y a la tasa y fuente de fósforo, en un suelo de Carimagua, en condiciones de invernadero.

Rendimiento de materia seca (g/maceta)

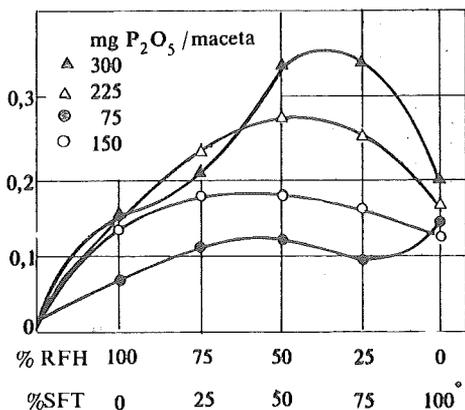


Figura 41. Rendimiento de materia seca de *Desmodium distortum* CIAT 335 como respuesta a la tasa de fósforo y a las combinaciones de roca fosfórica del Huila (RFH) y al superfosfato triple (SFT), en un suelo de Carimagua, en condiciones de invernadero.

proporcionen suficiente calcio, magnesio y silicato al suelo para suplir los requisitos de la planta.

ROCA FOSFORICA COMBINADA CON SUPERFOSFATO TRIPLE

Una de las posibilidades de mejorar la disponibilidad de fósforo de las rocas fosfóricas es combinándolas con sustancias acidificantes como azufre o superfosfato triple. Se hicieron dos experimentos de laboratorio utilizando combinaciones, a diferentes niveles de roca fosfórica del Huila y superfosfato triple, marcado con P³², en un Oxisol de Carimagua y un Ultisol de Quilichao. Como plantas indicadoras se usaron *Desmodium distortum* (CIAT 335) y *Panicum maximum*, respectivamente. En la Figura 41 se observa que los rendimien-

Rendimiento de materia seca (g/maceta)

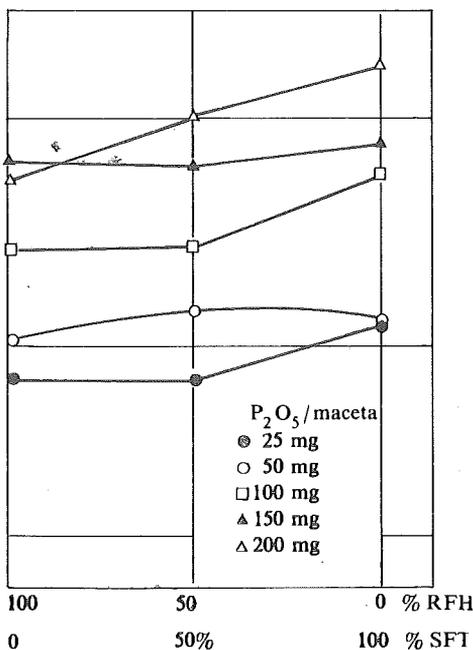
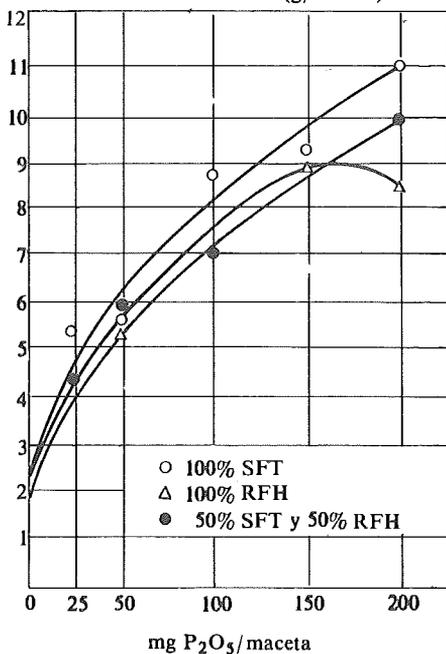


Figura 42. Rendimiento de materia seca de *Panicum maximum* como respuesta a la tasa de fósforo y a las combinaciones de fuentes de fósforo, en un Ultisol de CIAT-Quilichao (suma de promedios de dos cortes).

tos aumentaron con la adición de superfosfato triplé a la roca.

En el Ultisol del CIAT-Quilichao, *P. maximum* respondió casi linealmente a la fertilización con fósforo y no hubo una diferencia apreciable en el rendimiento al aplicar 100 por ciento de roca fosfórica del Huila o superfosfato triple, o de la

combinación de los productos (Figura 42). Solamente, cuando se usaron dosis altas de fósforo, la gramínea respondió marcadamente al aumento de fósforo soluble en el fertilizante. Pareciera que *P. maximum* puede aprovechar formas poco solubles de fósforo. Las combinaciones de fuentes solubles y poco solubles de fósforo tienen, por lo tanto, un valor limitado en tales circunstancias.

NUTRICION MINERAL DE PLANTAS FORRAJERAS

Los requerimientos nutricionales de varias especies de gramíneas y leguminosas que son de interés para el Programa de Ganado de Carne, no son bien conocidos. Durante 1977, los estudios realizados por agrónomos y especialistas en suelos han proporcionado nueva información relativa a: 1) la tolerancia a la acidez del suelo (toxicidad de aluminio) y respuesta al encalamiento, y 2) tolerancia al bajo contenido de fósforo disponible. Se establecerá una sección de Suelos-Nutrición de Plantas, con la llegada de un científico especializado en 1978.

TOLERANCIA AL ALUMINIO

Se han establecido 14 gramíneas y 24 leguminosas en parcelas encaladas existentes en Carimagua, a fin de estudiar su tolerancia al aluminio. Los niveles de cal son de 0,05, 2 y 6 toneladas de equivalente de carbonato de calcio/ha, como se ha descrito en previos informes anuales del CIAT, los cuales informaron que los valores de saturación de aluminio en la capa superior del suelo eran de aproximadamente 90, 85, 50 y 10 por ciento, respectivamente. Los rendimientos de materia seca de 11 gramíneas, promedio para todos los cortes, se muestran en la Figura 43. Existe un alto nivel de tolerancia al aluminio en las especies más importantes, *Brachiaria decumbens*, *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum* y

otras especies del género *Brachiaria*, todas las cuales se aproximaron a los rendimientos máximos a niveles de 0 ó 0,5 toneladas de cal/ha. En el caso de *A. gayanus*, *B. humidicola* y *B. radicans*, se obtuvieron los rendimientos máximos sin aplicaciones de cal. En contraste, *Hyparrhenia rufa*, una gramínea muy común en los trópicos, respondió notablemente al nivel relativamente alto de 2 toneladas/ha. Esta observación confirma los experimentos de invernadero realizados durante 1976 en los cuales se evaluaron seis gramíneas tropicales en soluciones cuyas concentraciones de aluminio variaban de 0 a 4 ppm. El efecto del aluminio sobre cuatro especies se presenta en la Figura 44. De todas las gramíneas, *Cenchrus ciliaris* fue la más afectada, seguida por *H. rufa*. *P. maximum* respondió positivamente al primer aumento de aluminio y solamente fue adversamente afectado por el nivel más alto de aluminio. *B. decumbens* no presentó ningún efecto en el rango de concentraciones estudiadas. *H. rufa* es claramente mucho más susceptible que *B. decumbens* a la toxicidad de aluminio, tanto en experimentos de invernadero como en el campo. Los rendimientos de *P. maximum* disminuyeron al nivel 0 de cal (el nivel más alto de aluminio) en el campo y también en solución nutritiva.

Digitaria decumbens parece ser tolerante al aluminio, aunque los niveles de rendimiento absoluto fueron bastante

% Rendimiento máximo

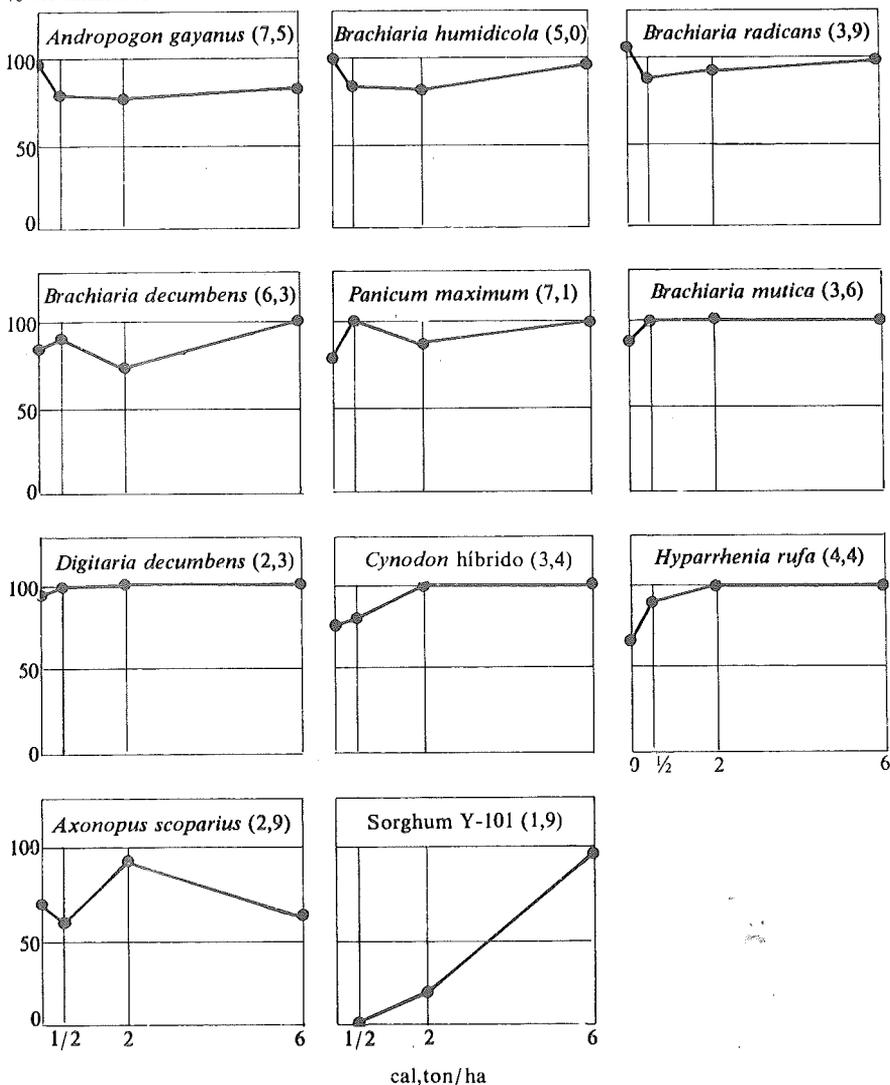


Figura 43 Respuesta diferencial de 11 especies de gramíneas al encalamiento en un Oxisol de Carimagua. Los rendimientos máximos de materia seca en ton/ha/corte aparecen entre paréntesis y corresponden a los promedios de cuatro y cinco cortes durante una estación.

bajos. Un híbrido de *Cynodon* (estrella africana) y el pasto imperial (*Axonopus scoparius*) respondieron vigorosamente a la aplicación de cal. Se incluyó el híbrido de sorgo granero, Taylor Evans Y-101, debido a informes obtenidos sobre su tolerancia al aluminio en el Cerrado de

Brasil. La fuerte respuesta observada indica que este sorgo es más susceptible a la toxicidad de aluminio que todas las especies de gramíneas forrajeras ensayada.

En el Cuadro 27 se muestran los rendimientos de materia seca de ocho

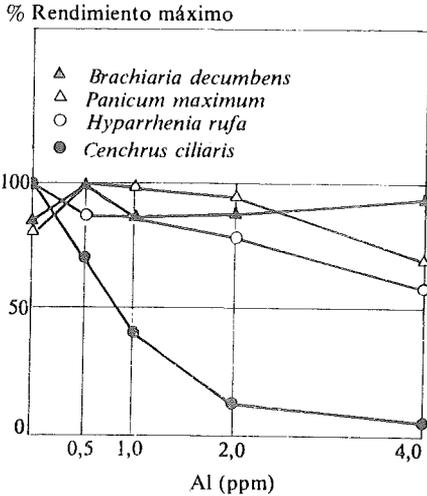


figura 44 Efecto de la concentración de aluminio sobre los rendimientos de materia seca de cuatro gramíneas tropicales en solución nutritiva.

leguminosas. Estos datos pertenecen a la primera cosecha solamente. Posteriormente se adicionó magnesio al tratamiento sin cal, al cual no se había suministrado previamente ese nutrimento. Todos los otros tratamientos habían recibido magnesio a fin de mantener una proporción calcio:magnesio constante de 10:1 con cal adicionada. Algunas de las respuestas al tratamiento de 0,5 ton/ha de

cal pueden deberse al magnesio, especialmente en el caso de *Desmodium ovalifolium* y *Pueraria phaseoloides* y posiblemente en el caso de *Centrosema pubescens* y el híbrido *Centrosema* sp. 438. *Stylosanthes capitata* y *Zornia* sp. 728 se destacan por su vigor y falta de respuesta al encalamiento, en cambio *C. plumieri* es obviamente la especie más sensible a la acidez del suelo en este grupo de leguminosas.

TOLERANCIA AL BAJO NIVEL DE FOSFORO DISPONIBLE

Se seleccionaron 20 especies y ecotipos de *Stylosanthes* con base en sus requerimientos de fósforo, en un ensayo en macetas, con el Oxisol de Carimagua, para el cual se usaron los siguientes niveles de aplicación de fósforo: 0, 5, 10, 20, 30, 60, 120 y 240 kg de P/ha. El nivel crítico de fósforo disponible por el método Bray II, se escogió como indicador de los requerimientos externos de fósforo de la especie. Los intentos para estimar los requerimientos internos de fósforo no tuvieron éxito debido a los pequeños cambios en el porcentaje de fósforo que ocurrieron en los tejidos de la planta (Cuadro 28).

Cuadro 27. Efecto de la cal sobre los rendimientos de materia seca (kg/ha) de 8 leguminosas forrajeras, primer corte, en un Oxisol de Carimagua.

Especies	Cal (ton/ha)			
	0	0,5	2	6
<i>Centrosema plumieri</i> 470	0	0	582	1698
<i>Centrosema</i> sp. 1787	445	912	2014	2769
<i>Centrosema</i> sp. 438	356	1330	1568	1317
<i>Centrosema pubescens</i>	680	1729	1996	2035
<i>Desmodium ovalifolium</i> 350	1118	2302	2018	2480
<i>Pueraria phaseoloides</i> 9900	1286	1688	1422	1434
<i>Zornia</i> sp. 728	3000	3108	2686	2628
<i>Stylosanthes capitata</i> 1019	2365	2361	3011	2458

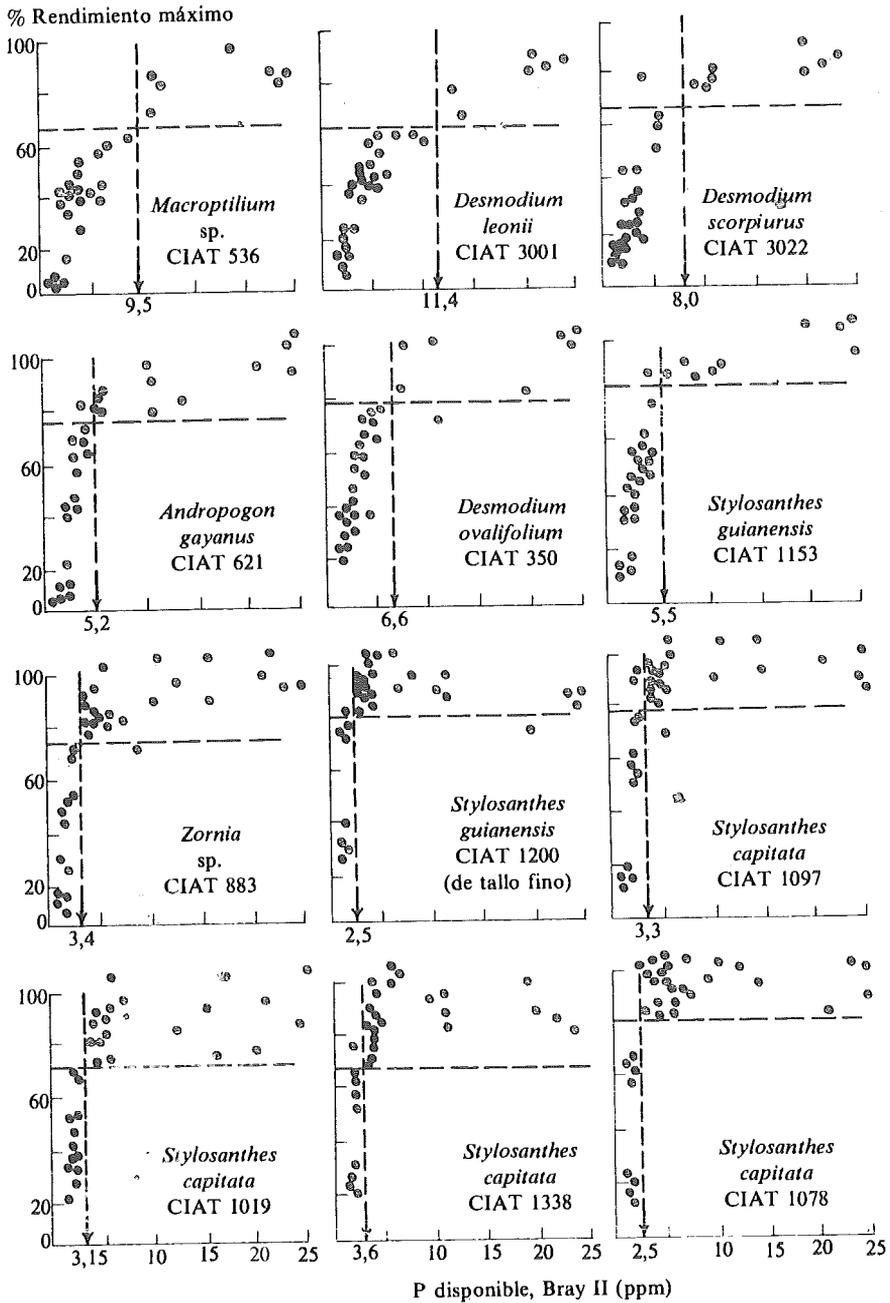


Figura 45. Requerimientos externos de fósforo de 12 accesiones forrajeras en un Oxisol de Carimagua.

Cuadro 28. Relación entre la aplicación de fósforo —en el campo y en el invernadero— y el contenido de fósforo (% P en materia seca) de plantas de *Andropogon ganayus*.

Ensayo	Tasa de aplicación (kg P ₂ O ₅ / ha)								
	0	10	20	40	60	80	120	160	240
Invernadero	0,10	0,09	0,10	-	0,10	-	0,12	-	0,15
Campo	0,09	0,08	0,09	0,09	-	0,12	-	0,16	-

Los requerimientos externos de fósforo se presentan en la Figura 45, presentadas de acuerdo al método Cate-Nelson para determinar el nivel crítico de contenido de fósforo en el suelo. En esta figura se pueden observar grandes diferencias entre especies y ecotipos forrajeros. Las dos hileras inferiores representan accesiones con niveles críticos de 4 ppm o menos de fósforo disponible, entre ellas, cuatro accesiones de *S. capitata*, una de *S. guianensis* de tallo fino y una de *Zornia*. Estas accesiones aparentemente utilizan bajas cantidades de fósforo más eficientemente que otras plantas. Precisamente, estas accesiones están entre las introducciones más promisorias para condiciones de Carimagua, con excepción de *S. guianensis* 1200, la cual se descartó por no producir semilla.

Otras tres accesiones tienen un nivel

crítico entre 5 y 6 ppm de fósforo y muestran también un grado significativo de adaptación a baja disponibilidad de fósforo. Entre ellas *A. ganayus* y *D. ovalifolium* se incluyen entre las plantas forrajeras más promisorias para condiciones edáficas de Carimagua.

Finalmente, tres especies presentan niveles críticos superiores a 8 ppm: *Macroptilium* sp. 536, *D. leonii* 3001 y *D. scorpiurus* 3022. Estas especies no se adaptan bien a las condiciones de Carimagua. El nivel crítico de fósforo, con el método Bray II para cultivos en Colombia, es de 15 ppm. Por lo tanto, todas las especies forrajeras ensayadas tienen requerimientos más bajos de fósforo que los cultivos, lo cual demuestra la ventaja comparativa que ellas tienen para un manejo caracterizado por el bajo uso de insumos.

DESARROLLO DE PRADERAS

En 1977 se establecieron en Carimagua y Brasilia dos nuevas unidades de Desarrollo de Praderas con el propósito general de desarrollar sistemas para el establecimiento y mantenimiento de praderas en sabanas tropicales, a diferentes niveles de inversión. Los diferentes sistemas se ilustran en la Figura 46. Los estudios incluirán: 1) métodos de bajo costo para el establecimiento de especies forrajeras mejoradas en las sabanas nativas; 2) establecimiento de asociaciones de gramínea-leguminosa después de arar la sabana nativa; 3) utilización de cultivos como precursores al establecimiento de

especies forrajeras, a un nivel de inversión algo mayor; y 4) establecimiento de praderas de gramíneas, leguminosas o bien, asociaciones en pequeñas áreas con riego o manejadas intensivamente con suelos fértiles, a fin de proporcionar forraje de corte o bancos de proteína o energía para suplementación en épocas críticas del año. También se estudiarán los requerimientos de mantenimiento que sean necesarios para operar estos sistemas. Las principales variables incluyen preparación del terreno, métodos de siembra y tasas de fertilización para el establecimiento y mantenimiento, bajo diferentes presiones

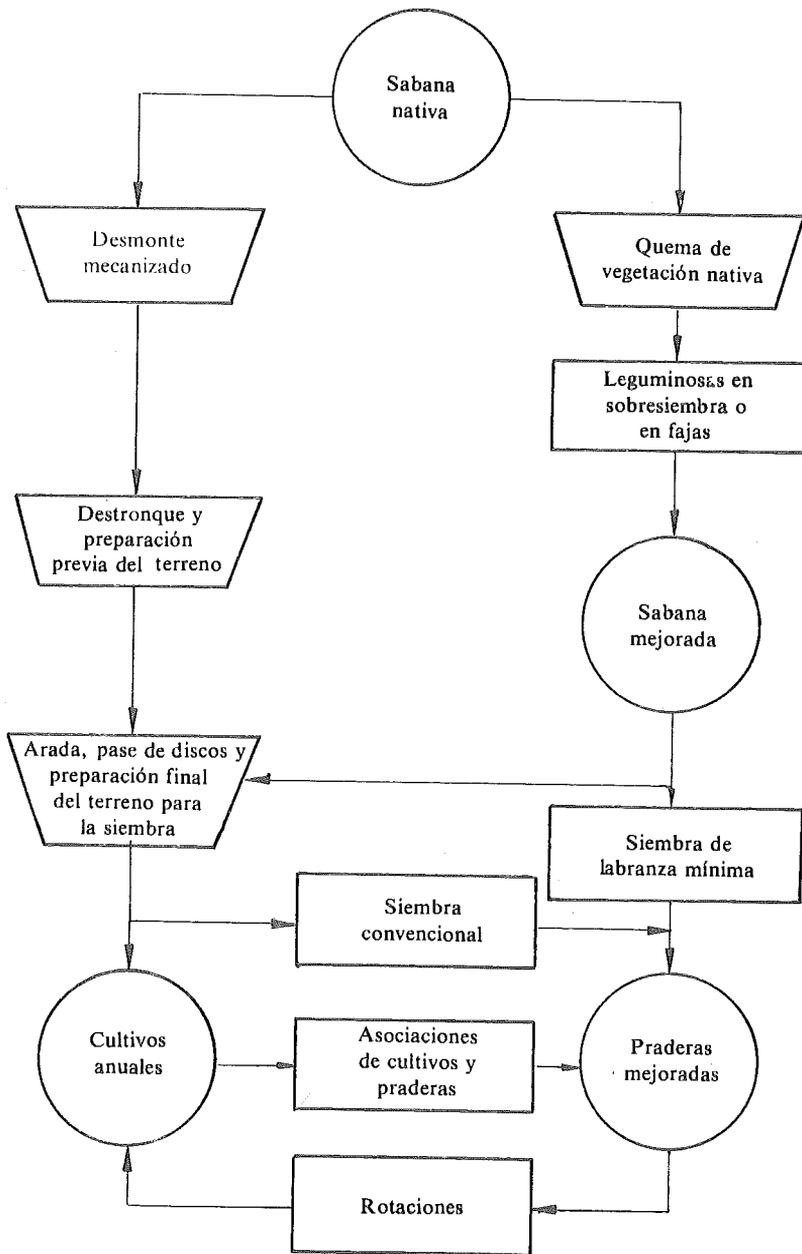


Figura 46. Esquema que ilustra el establecimiento de praderas y el mantenimiento de sabanas de tipo Oxisol-Ultisol.

de pastoreo. El trabajo que se realizó en 1977 se concentra en el desarrollo de un nuevo sistema, de baja densidad y en la determinación de los requerimientos de fertilización de las principales gramíneas; ambos trabajos se hicieron en Carimagua.

SISTEMA DE ESTABLECIMIENTO DE PRADERAS CON BAJAS DENSIDADES DE SIEMBRA

Ciertos recursos, como capital, mano de obra y fertilizantes, constituyen casi siempre factores limitantes en la sabanas tropicales. En el caso particular de las praderas mejoradas, la semilla o bien, el material de siembra vegetativo rara vez se encuentra disponible en cantidad suficiente y frecuentemente es muy costoso en las etapas iniciales. En 1977 se inició un experimento para estudiar la factibilidad del establecimiento con baja densidad de siembra en 10 especies, las cuales se espera que se propaguen naturalmente o bien, por medio de estolones, produciendo un número aceptable de plantas, en un año o menos. Para lograr esta densidad de plantas se aprovecharía la falta de competencia de malezas durante varios meses, después de la preparación del terreno y antes de la aplicación de fertilizantes, en Oxisoles de los Llanos Orientales de Colombia.

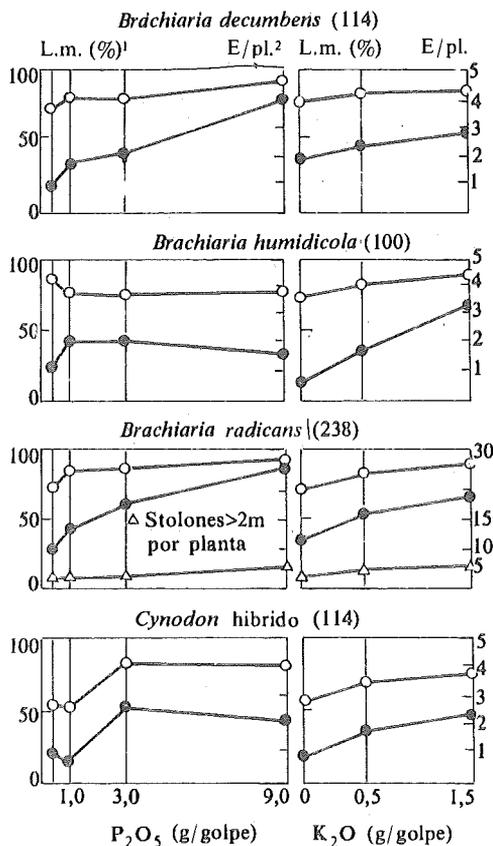
Se preparó un campo de tres hectáreas con una rastra de disco inclinado para controlar la vegetación espontánea. Inicialmente, se aplicó fertilizante sólo en el sitio de siembra de la planta forrajera de tal manera que el fertilizante actuara en una superficie aproximada de 0,1 m². Con una población de 1.000 plantas/ha, la tasa inicial de aplicación de fósforo fluctuó de 0,5 a 9 kg/ha de P₂O₅. Dentro del área tratada de 0,1 m² las tasas de aplicación de fósforo fluctuaron de 50 a 900 kg/ha de P₂O₅. La aplicación de potasio fluctuó entre 0 y 1,5 g de K₂O/sitio de siembra, lo cual equivale a 1-1,5 kg/ha de K₂O en la aplicación inicial y a 100-150 kg/ha de K₂O para el área tratada.

La segunda etapa de aplicación de fertilizantes en el área entre sitios de siembra se completará después del desarrollo inicial de los estolones (o de producción de semilla, en especies no estoloníferas), para evitar la competencia

de malezas, hasta lograr un buen establecimiento. Se espera que *Brachiaria decumbens*, *B. humidicola*, *B. radicans* y el híbrido de *Cynodon* se propaguen principalmente mediante estolones; sin embargo, *B. decumbens* ya está produciendo semilla. *Andropogon gayanus*, *Panicum maximum*, *Zornia* sp., *Pueraria phaseoloides*, *Desmodium ovalifolium* y *Stylosanthes capitata* dependen principalmente de la producción de semilla para su propagación, pero algunas de estas especies se propagan también por medio de tallos rastreros. Se aplicarán cinco tratamientos diferentes de fertilizantes en el área entre lugares de siembra, a fin de cubrir el rango de respuesta probable de las 10 especies que varían en cuanto a requerimientos de fertilizantes. Se cree que todas estas especies se adaptan razonablemente bien al medio ácido del suelo.

En la Figura 47 se incluyen los resultados para cuatro gramíneas estoloníferas mostrando la respuesta al fósforo y al potasio, en términos de longitud promedio de los cuatro estolones más largos por planta y número de estolones por planta de longitud mayor a un metro y en el caso de *B. radicans*, de estolones de más de dos metros. La longitud de los estolones fue ligeramente afectada por el fósforo, principalmente en el rango de 0,5-1,0 g/lugar de siembra para *B. decumbens*, *B. humidicola* y *B. radicans*. El híbrido de *Cynodon* respondió hasta un nivel de 3 g/sitio de siembra. Sin embargo, el efecto del fósforo en el número de estolones de longitud mayor a un metro fue muy marcado, tanto para *B. decumbens* como para *B. radicans*, en el rango total de aplicación de fósforo (0,5-9 g/sitio de siembra). La respuesta al potasio se notó especialmente en término del número de estolones, de longitud mayor a uno o dos metros.

En menos de tres meses, *B. radicans* había cubierto casi toda el área entre lugares de siembra, a una distancia de siembra de 3,16 metros, de centro a centro.



¹ L.m. = Longitud máxima ○
² E/pl. = Estolones mayores de 1 m por planta ⊙

Figura 47. Efectos del fósforo y del potasio sobre el número de estolones y la longitud máxima porcentual de los cuatro estolones más largos, para cuatro gramíneas, 12 semanas después de la siembra del material vegetativo en golpes separados 3,16 metros entre sí (1.000 golpes/ha) en un Oxisol de Carimagua. La longitud promedio, en centímetros, de los cuatro estolones más largos por golpe en el mejor tratamiento se presenta en paréntesis.

B. humidicola también está proporcionando una cobertura rápida pero fue más lento en el establecimiento y en la iniciación de un crecimiento estolonífero vigoroso. *B. decumbens* se ha desarrollado rápidamente pero el crecimiento inicial es en gran parte vertical antes de que se presente un desarrollo estolonífero apreciable. Durante la fase de establecimiento, las hormigas cortadoras de

hojas causaron daño, especialmente en *D. ovalifolium*.

Este sistema puede brindar importantes ventajas para el establecimiento de especies forrajeras en áreas de sabana caracterizadas por suelos ácidos, de baja fertilidad, en las cuales la mano de obra, el capital, el material de siembra y los fertilizantes son escasos y donde el agricultor voluntariamente aporta tiempo a cambio de inversión inicial de capital.

REQUERIMIENTOS DE FERTILIDAD PARA EL ESTABLECIMIENTO CONVENCIONAL DE PRADERAS EN CARIMAGUA

Los principales factores limitantes para el establecimiento y mantenimiento de especies forrajeras en los Oxisoles de Carimagua parecen ser el nitrógeno, el fósforo, el potasio, el magnesio y el azufre. En la Figura 48 se presentan los perfiles de respuesta de cuatro gramíneas al fósforo, al potasio, la magnesio y al azufre. Las cuatro especies respondieron vigorosamente a la aplicación de fósforo; *P. maximum* y *H. rufa* fueron las especies que presentaron una mayor respuesta y *A. gayanus* presentó la menor respuesta. La respuesta de *H. rufa* al potasio fue la más notable. Cuando no se aplicó potasio, la población de *H. rufa* se deterioró rápidamente; los rendimientos de los tratamientos sin potasio, promediados a todos los niveles de fósforo, alcanzaron sólo un 15 por ciento del máximo. En 1977, el nitrógeno llegó a ser un factor severamente limitante y actualmente, se hacen aplicaciones uniformes a todos los tratamientos. Para algunas especies, el azufre y el magnesio también constituyen factores limitantes; se hicieron aplicaciones uniformes de ambos nutrimentos a todos los tratamientos, con excepción de los testigos.

En 1976 se sembraron cuatro leguminosas pero, como el establecimiento no tuvo éxito, se volvió a sembrar en junio

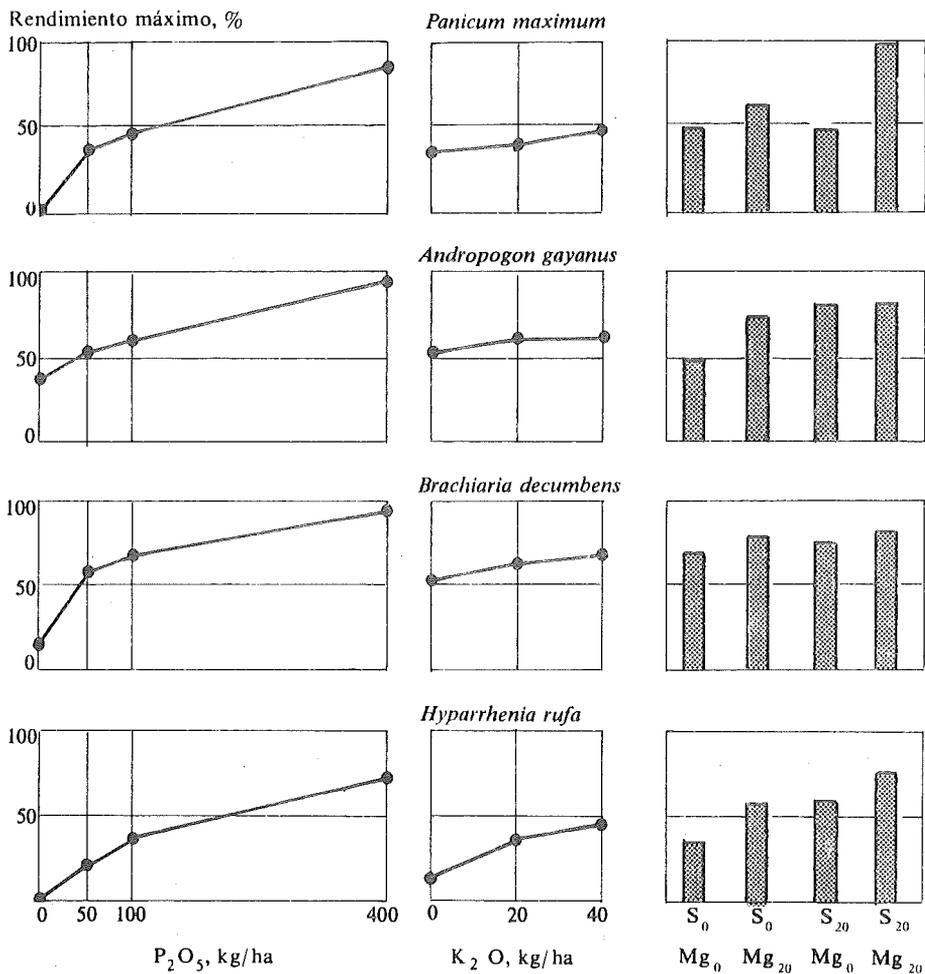


Figura 48. Respuesta de cuatro gramíneas a la aplicación de fósforo, potasio, magnesio y azufre, en un Oxisol de Carimagua. Los rendimientos de materia seca representan promedios de tres y cuatro cosechas, durante el primer año después del establecimiento.

de 1977 con *P. phaseoloides* (kudzú), *D. ovalifolium*, *Zornia* sp. (CIAT 728) y *Centrosema pubescens*. Las cuatro especies presentaron excelentes establecimientos iniciales pero *C. pubescens* falló posteriormente. En 1977 se llevó a cabo una sola cosecha, cuyos resultados se presentan en la Figura 49.

De las tres especies sobrevivientes, *Zornia* sp. es la menos exigente. *D.*

ovalifolium presenta una respuesta intermedia al fósforo y al potasio. El desarrollo de *P. phaseoloides* se vio tan severamente limitado por la deficiencia de magnesio que resulta difícil evaluar la respuesta al fósforo y al potasio. *D. ovalifolium* también presenta una respuesta extrema al magnesio. Se han realizado aplicaciones uniformes de magnesio y azufre a todas las parcelas con excepción de los controles.

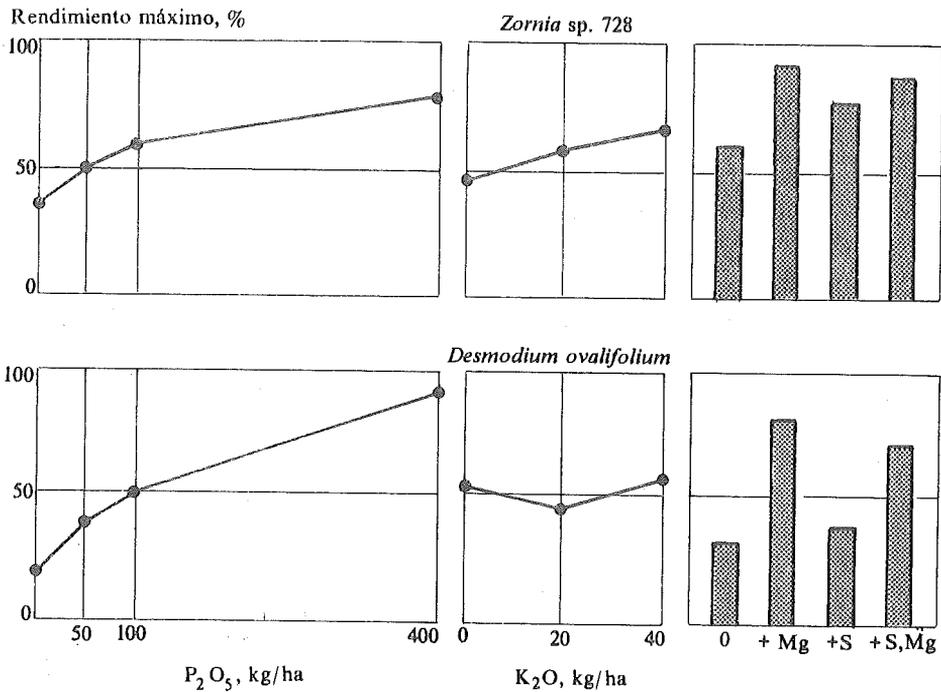


Figura 49. Efecto de la aplicación de fósforo, potasio, magnesio y azufre en los rendimientos relativos de materia seca de dos leguminosas tropicales; primer corte, 1977. Las tasas de aplicación de magnesio y azufre fueron de 20 kg/ha.

SIEMBRA EN FAJAS ALTERNAS DE ASOCIACIONES DE LEGUMINOSA-GRAMINEA

La especie *P. phaseoloides* (kudzú) se estudia bajo pastoreo en asociación con *B. decumbens*, *M. minutiflora* e *H. rufa*, en un ensayo que se estableció en 1976. La leguminosa se sembró en fajas de terreno

de 2,5 metros, alternadas con fajas de 2,5 metros de la gramínea asociada. El ensayo incluye tres períodos de descanso, de 28, 42 y 56 días, y tres tasas de mantenimiento de fertilizantes y se maneja con pastoreo intensivo. El sistema de establecimiento en fajas y el manejo del pastoreo han dado como resultado un buen balance leguminosa/gramínea entre *P. phaseoloides* y *B. decumbens* y dominio de la leguminosa sobre *H. rufa* y *M. minutiflora* durante la primera época de pastoreo. *B. decumbens* produce un volumen de forraje dos o tres veces mayor que el volumen producido por las otras dos gramíneas y está invadiendo las fajas de terreno ocupadas por la leguminosa asociada; *P. phaseoloides* también está invadiendo las fajas ocupadas por *B. decumbens*. Parece que las dos especies pueden ser compatibles durante un período razonable de tiempo, mediante este sistema de siembra.

Cuadro 29. Efecto del magnesio en los rendimientos de materia seca (medida en kg/ha) de tres especies forrajeras, a la primera cosecha en 1977.

Especies	Mg (kg/ha)	
	0	20
<i>Zornia sp. 728</i>	2436	3151
<i>Desmodium ovalifolium</i>	675	1552
<i>Pueraria phaseoloides</i>	229	739

FERTILIZACION DE MANTENIMIENTO DE PASTOS ESTABLECIDOS

El año pasado se utilizaron pequeñas áreas de pastoreo, a fin de estudiar la respuesta de praderas de gramíneas previamente pastoreadas a la aplicación de fósforo, potasio, magnesio y azufre. En 1977, se aplicó nitrógeno utilizando un diseño de parcelas divididas. Las respuestas de rendimiento han sido erráticas sin haberse obtenido respuestas consistentes a las variables de fertilidad.

Durante la estación seca de 1976-77, se perdieron casi por completo los establecimientos de *H. rufa* en tres áreas de pastoreo pero la variabilidad dentro de la parcela fue tan grande que no permitió la identificación de los factores causantes. En otros ensayos mencionados anteriormente, *H. rufa* ha presentado extrema susceptibilidad a la deficiencia de fósforo y de potasio y sólo moderada tolerancia a las condiciones ácidas del suelo. Estos estrés, aumentados por la sequía, constituyeron probablemente las principales causas del fracaso.

UTILIZACION DE PASTOS

Las actividades de la Sección de Utilización de Pastos del Programa se discontinuaron en CIAT-Palmira. Al finalizar 1977, se estableció una serie de experimentos en la recientemente adquirida subestación de CIAT-Quilichao. La adquisición de esta subestación brinda la oportunidad de estudiar el manejo bajo pastoreo de las asociaciones de leguminosa/gramínea —especialmente del nuevo germoplasma del CIAT— en la medida en que se relacionen con asociaciones potencialmente útiles para las áreas de Ultisoles de bajo estrés climático.

Se continúa el trabajo con palas surcadoras a poca profundidad como una alternativa de bajo costo para el control de la sabana nativa y la preparación de la tierra con un mínimo de riesgo de erosión. El control satisfactorio de la vegetación requiere varios días sin lluvia después del cultivo, lo que limita el uso de coberturas a la primera o última parte de la época de lluvia (diciembre-noviembre o marzo-abril).

USO DE CULTIVOS ANUALES COMO PRECURSORES DE LAS ESPECIES FORRAJERAS

En muchas regiones de sabana, se siembran algunos cultivos como arroz de secano, maíz y maní después del desmonte; después de su cosecha, el terreno se siembra con especies forrajeras. En Quilichao y en Carimagua se establecieron dos experimentos a fin de estudiar la posible utilización de varios cultivos como precursores de las especies forrajeras, en los cuales las leguminosas y las gramíneas forrajeras se intercalaron, en diferentes etapas del crecimiento de los cultivos y a diferentes niveles de fertilidad. Los resultados serán publicados en el próximo Informe Anual.

En diciembre de 1977, se terminaron en Carimagua dos experimentos de pastoreo, al finalizar la época lluviosa. Uno de estos experimentos se había diseñado para medir el potencial de producción de carne, en la sabana tropical, bajo dos sistemas de manejo del fuego. Este ensayo se inició en 1971 y después de seis años, ha proporcionado valiosa información. El segundo experimento estudiaba, en una primera fase, el efecto de la fertilización con fósforo y potasio, durante la época de establecimiento de *Melinis minutiflora* sobre la producción de carne; en la

segunda fase, se midió el efecto de tres sistemas de manejo de pastoreo. La primera parte comenzó en 1971 y la segunda, en 1973.

CIAT-QUILICHAO

En esta estación se llevan a cabo dos tipos de investigación. La primera medirá el valor nutritivo de nuevas y promisorias accesiones de leguminosas y gramíneas, especialmente aquellas sobre las cuales se tiene poca información. Las mediciones del valor nutritivo incluyen estudios de digestibilidad *in vivo* y de consumo voluntario, en los cuales se ofrece el material vegetal fresco y sin picar a carneros en jaulas metabólicas. En los casos en los cuales la utilización del nitrógeno presenta algún interés, se mide el balance de nitrógeno.

Los otros proyectos consisten de estudio del manejo, bajo condiciones de pastoreo, de las selecciones producidas por el CIAT, las cuales se encuentran en una etapa avanzada de selección (Categoría 4). Cada una de estas selecciones se estudia en asociación con varias gramíneas y se somete a varios niveles de aplicación de fertilizantes, con distintos períodos de descanso durante el pastoreo y por lo menos, dos intensidades de pastoreo.

En 1977, se establecieron dos proyectos de este tipo. Uno, con el híbrido de

Centrosema (CIAT 438), y el otro con *S. guianensis* (CIAT 136). El pastoreo comenzará aproximadamente en febrero de 1978.

CARIMAGUA

El año de pastoreo, desde noviembre de 1976 a noviembre de 1977, fue difícil en Carimagua. La estación seca, la cual normalmente termina a finales de marzo o a principios de abril, se prolongó hasta mayo. En la mayoría de los casos, esto significó que la capacidad de carga, durante la estación de lluvias, no se logró ajustar hasta mayo y en algunos casos, hasta junio de 1977. También las pérdidas de peso fueron considerablemente altas en todos los tratamientos. Este fue el primer año en el cual se registraron pérdidas de peso en praderas de *B. decumbens*.

En el Cuadro 30 se presentan cambios de peso de los novillos en sabanas nativas. Se registraron pérdidas en todos los tratamientos y éstas alcanzaron hasta 50 kilogramos por animal, en las capacidades de carga más altas. Los aumentos de peso en la estación lluviosa subsiguiente fueron altos y compensaron con creces el comportamiento desfavorable de la estación seca. Los aumentos que se registraron durante este período fluctuaron entre 365 g/día/animal, a la capacidad de carga

Cuadro 30. Cambios en el peso corporal (kg/animal) de novillos mantenidos en pastoreo en una sabana de Oxisoles en Carimagua (noviembre 1976-noviembre 1977).

Capacidad de carga (novillos/ha)	Quema del área total			Quema en secuencia		
	Epoca seca	Epoca de lluvia	Año	Epoca seca	Epoca de lluvia	Año
0,20	-7	83	75	-20	110	90
0,35	-43	98	55	-44	104	60
0,50	-50	72	22	-52	78	26

más alta, hasta 558 g a las capacidades de carga más bajas. En base anual, los aumentos fueron similares a las de los años anteriores y promediaron 16 kg/ha/año. Estos aumentos ponen de manifiesto los bajos niveles de producción que el ganado de carne alcanza en la sabana nativa, por unidad de superficie.

También, a causa de la severidad de la estación seca, la suplementación con urea - melaza (80 g/animal/día + 400 g/animal/día) a los animales que pastaban *M. minutiflora* tuvo mayor efecto este año que en los años anteriores. Se calculó que se requieren 0,28 kilogramos de urea y 1,40 kilogramos de melaza para producir un kilo de aumento de peso adicional, en praderas bajo una densidad de carga de 0,44 animales/ha; en cambio, se requieren 0,71 kilogramos de urea y 3,50 kilogramos de melaza en las praderas con una intensidad de carga de 0,44 animales, durante la época seca y de 0,88 animales, durante la época de lluvias. La diferencia se debe solamente a la tasa de aumentos más lenta, durante la estación lluviosa, entre los dos grupos, como se puede observar en la Figura 50. A los precios prevalencias en el área, el costo del suplemento es igual a 46 y 116 por ciento del costo de un kilogramo de peso vivo a la tasa de carga menor y mayor respectivamente.

Se volvió a estudiar la suplementación de animales que pastorean en sabanas

Cambio en el peso vivo (kg/ha)

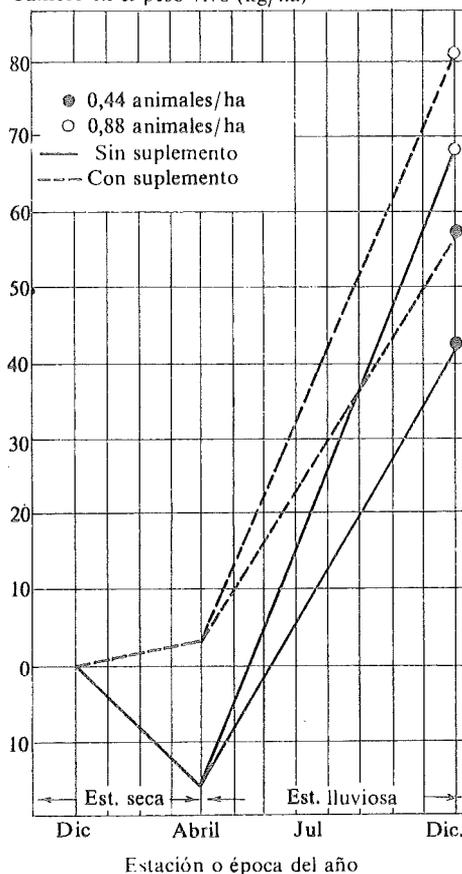


Figura 50. Promedio cuatrienal en el cambio de peso, por hectárea, de novillos mantenidos en pastoreo, en praderas de *M. minutiflora*, en Carimagua. Los animales con suplementación, recibieron 80 g/día de urea + 400 g/día de melaza de caña, durante la época seca.

Cuadro 31. Cambios de peso (kg/animal) de novillos que pastaban en una sabana de Oxisoles, en Carimagua, con varios niveles de suplementación de urea + harina integral de yuca.

Nivel de harina de yuca (g/animal/día)	Nivel de urea (g/animal/día)								
	0			40			80		
	Epoca seca	Epoca de lluvia	Año	Epoca seca	Epoca de lluvia	Año	Epoca seca	Epoca de lluvia	Año
0	-7	65	58	-6	55	49	-	-	-
200	1	48	49	10	54	64	13	37	50
400	-	-	-	20	34	54	14	44	58

nativas, con urea + harina de yuca, durante la estación seca de 1977. Una comparación incluía un diseño factorial incompleto, de 3 x 3, suministrando 0-40-80 gramos de urea y 0-200-400 gramos de harina de yuca/animal/día, en combinación con una mezcla mineral de fosfato dicálcico + sal. En el Cuadro 31 se presentan los cambios promedios de peso. Durante la época seca se presentó respuesta a la urea + harina de yuca, pero, la urea sola, no produjo efectos. De hecho, después de algunas semanas de suplementación, se notó que los novillos no consumían totalmente su dieta de urea + harina de yuca si a ésta no se incorporaba una pequeña cantidad de melaza; desde febrero de 1977, se sustituyeron 50 gramos de harina de yuca por 50 gramos de melaza, por peso. El consumo de urea, cuando no se suministró junto con la harina de yuca, no fue de 40 gramos, como se calculaba, sino de 23 g/animal/día. El consumo de urea, en los tratamientos de 40 gramos de urea + yuca, promedió 36 g/animal/día y 52 gramos en los grupos de 80 gramos de urea + yuca. Estos promedios incluyen el período

Aumento de peso vivo (kg/animal) durante la época de lluvias.

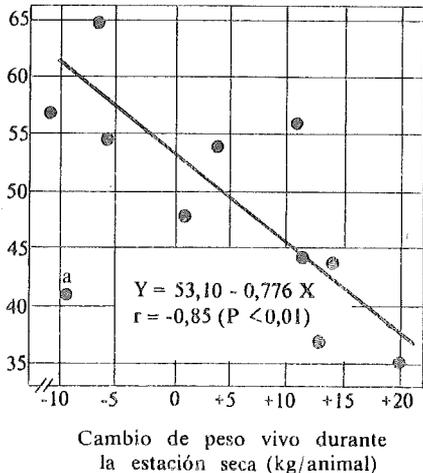
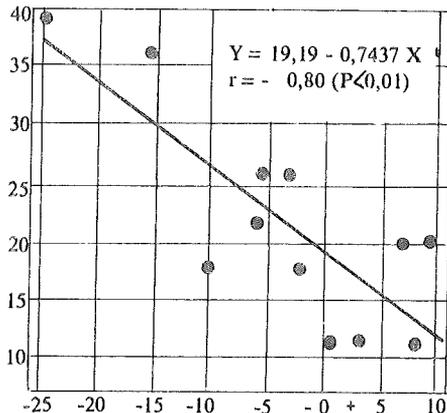


Figura 51. Relación entre el cambio de peso durante la época seca y el aumento de peso vivo durante la época de lluvia, en novillos suplementados que pastaban en la sabana de Carimagua. El punto a, no incluido en la regresión, corresponde a un grupo de animales que no recibió ningún suplemento.

Aumento de peso vivo durante la época de lluvias (kg/ha)



Cambio de peso vivo durante la estación seca (kg/ha)

Figura 52. Relación entre cambio de peso corporal en la época seca y el aumento de peso vivo durante la época de lluvia en un ensayo de manejo con quema, en la sabana tropical de Carimagua. Los valores individuales representan el promedio de un grupo de animales con una determinada capacidad de carga en un año y cubren un período de cuatro años.

anterior a la adición de melaza y también, el tiempo durante el cual se suministró melaza.

Debido al fuerte aumento compensatorio, durante la época de lluvias, no se presentaron diferencias en el aumento de peso anual. Esta fuerte compensación se puede observar en la Figura 51. La inclinación de la línea indica la proporción en la cual el cambio de peso de la estación seca influye en el aumento de peso de la estación lluviosa. En la Figura 52 se presenta una relación similar para el ensayo sobre manejo con quema. Es interesante notar que, en ambos casos, el aumento compensatorio fue de 74-78 por ciento.

La segunda comparación del ensayo fue un diseño factorial 2 x 3 en el cual se estudió la interacción de la suplementación mineral, en diferentes épocas del año, y la suplementación de nitrógeno durante la época seca. Los minerales suministrados fueron sal + fosfato dicálcico (50% - 50%)

ad libitum y el suplemento nitrogenado consistió en 80 gramos de urea + 400 gramos de harina de yuca/animal/día. También, en este ensayo, se sustituyeron 50 gramos de harina de yuca por 50 gramos de melaza. El consumo de urea promedio 69 g/animal/día en aquellos tratamientos que recibieron el suplemento nitrogenado. La Figura 53 representa los cambios de peso durante ambas estaciones. Los resultados sugieren una respuesta a la suplementación nitrogenada, durante el período seco, independiente de la suplementación de minerales y una respuesta lineal a la suplementación mineral, durante la época de lluvias. Esta parte del ensayo se repetirá en 1977-78, con el doble de animales, para comprender mejor la amplia variación encontrada entre animales.

En el Cuadro 32 se presentan los resultados del tercer año de pastoreo en *B. decumbens*, a capacidad de carga fija, durante el año. Las pérdidas de peso, durante la estación seca, fueron apreciables y aumentaron con las mayores capacidades de carga. Sin embargo, la producción anual fue muy similar a la del año anterior. El promedio anual de producción por hectárea, a todas las capacidades de carga, fue de 110 kilogramos en 1975-76 y 105 kilogramos en 1976-77. En un segundo experimento con *B. decumbens* se explora la posibilidad de aumentar la producción por hectárea mediante el uso de altas capacidades de

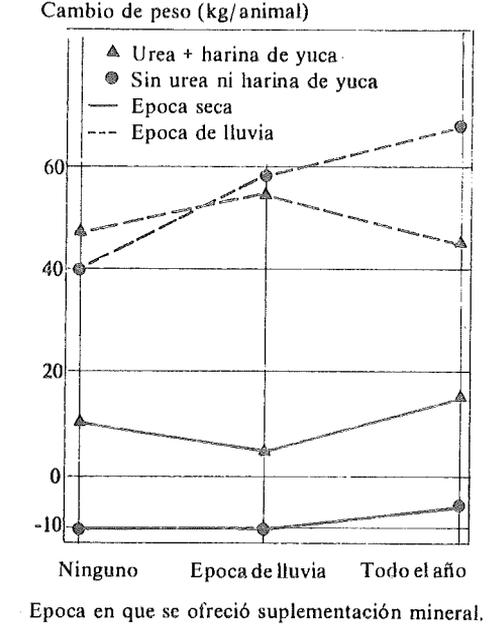


Figura 53. Relación entre suplementación mineral y suplementación con urea + harina de yuca durante la época seca, en novillos mantenidos en pastoreo en una sabana tropical, en Carimagua.

carga, durante la estación lluviosa y una baja capacidad de carga, durante la estación seca. En el Cuadro 33 se presentan los resultados del segundo año de pastoreo en *B. decumbens*. A mayores capacidades de carga, los aumentos de peso en la época lluviosa disminuyeron notablemente, pero el aumento de peso por hectárea alcanzó hasta 200 kilogramos por año.

Cuadro 32. Cambios de peso de novillos en potreros de *Brachiaria decumbens* en Carimagua, en el tercer año de pastoreo.

Capacidad de carga (novillos/ha/año)	Cambios en peso vivo					
	kg/animal			kg/ha		
	Epoca seca	Epoca de lluvia	Año	Epoca seca	Epoca de lluvia	Año
0,9	- 6	124	118	- 5	111	106
1,3	-21	118	97	-27	153	126
1,7	-19	105	86	-32	179	147

Cuadro 33. Cambios de peso de novillos en potreros de *Brachiaria decumbens* en Carimagua, en el segundo año de pastoreo, con baja capacidad de carga en la época seca y carga variable en la época de lluvia.

Cambio de peso vivo						
Capacidad de carga (novillos/ha)		kg/animal		kg/ha		Año
Epoca seca	Epoca de lluvia	Epoca seca	Epoca de lluvia	Epoca seca	Epoca de lluvia	
0,7	1,63	-11	81	-8	132	124
0,7	2,34	-16	77	-12	180	168
0,7	3,06	16	63	12	193	205

En 1977 se incorporó una tercera pradera de *B. decumbens* para investigar el efecto de la variación de capacidades de carga durante la época seca y de una capacidad de carga intermedia, durante toda la estación lluviosa. En el Cuadro 34 se presentan aumentos de aproximadamente 200 kg/ha/año. Las praderas parecen agotarse, especialmente a las mayores capacidades de carga; en consecuencia, su futuro es imprevisible. En julio de 1977 cercaron tres pequeñas áreas de estas praderas y se iniciaron experimentos de fertilización nitrogenada. La respuesta al nitrógeno, en las tres praderas

de edades diferentes, fue muy evidente, lo que sugiere que éste puede ser uno de los factores limitantes involucrados. La cuantificación de esta observación será publicada en el Informe Anual de CIAT de 1978.

Se sembraron, mediante material vegetativo, 25 hectáreas de *A. gayanus* (CIAT 621) a fin de medir el potencial de producción de ganado de esta especie en la sabana tropical. Los experimentos de pastoreo se iniciarán durante la época lluviosa de 1978.

Cuadro 34. Cambios de peso de novillos en potreros de *Brachiaria decumbens* en Carimagua, en el primer año de pastoreo, con capacidad variable de carga en la época seca y de carga mediana en la época de lluvia.

Cambio de peso vivo						
Capacidad de carga (novillos/ha)		kg/animal		kg/ha		Año
Epoca seca	Epoca de lluvia	Epoca seca	Epoca de lluvia	Epoca seca	Epoca de lluvia	
0,72	2,18	3	87	2	190	188
1,03	2,08	9	114	9	236	227
1,36	2,04	-8	112	-11	227	216

MANEJO ANIMAL

El objetivo de la Sección de Manejo Animal es desarrollar en el área de impacto, sistemas de producción económicamente comprobados mediante investigación sobre manejo de hatos; tales sistemas deben poner énfasis en la utilización de especies forrajeras naturales y mejoradas. En 1977, las principales actividades fueron: 1) Análisis de los resultados del proyecto experimental sobre Sistemas de Hatos, en Carimagua, el cual concluyó en mayo de 1977. 2) Descripción y evaluación de los sistemas prevalecientes de producción de ganado de carne, en el área de impacto, a fin de obtener un rango de la tecnología y productividad bajo tales sistemas. La evaluación da énfasis en la productividad del hato y en especial, en el comportamiento reproductivo. 3) Investigación sobre el efecto de los componentes del manejo y de su interacción con la disponibilidad de especies forrajeras mejoradas. 4) Manejo del hato experimental del Programa, a fin de proporcionar animales para funciones específicas de investigación y de adiestramiento.

SISTEMAS DE HATO

El sistema de producción extensiva de cría constituye el sistema predominante de producción de ganado de carne en los Llanos Orientales de Colombia. Bajo estas condiciones ambientales, la productividad del hato es generalmente baja. En 1972, el ICA y el CIAT iniciaron un proyecto cooperativo de investigación en Carimagua, para estudiar los efectos de varias técnicas de manejo sobre el comportamiento reproductivo y de crecimiento de los hatos de cría, con base en su ciclo de vida. El experimento incluyó las siguientes variables: suplementación mineral, utilización de especies forrajeras que crecen en las sabanas y de la gramínea

Melinis minutiflora, suplementación con urea y melaza, y destete precoz.

Se registró la información obtenida sobre el comportamiento animal durante cuatro años de actividad reproductiva; el experimento concluyó en mayo de 1977. En el Cuadro 35 se resume la información en cuanto a cuantía y estructura de los datos obtenidos. El método de Harvey se utilizó para el análisis de los efectos principales. Por tanto, se consideran relevantes, no los valores absolutos observados sino las diferencias entre los valores obtenidos y con base en ellas, cuantificar los efectos de los tratamientos. Para informar acerca de los resultados de este experimento, se usaron los siguientes parámetros.

\bar{u} = valores promedios totales

\bar{c} = promedios corregidos de mínimos cuadrados

n = número de observaciones

Suplementación mineral

El efecto de la suplementación mineral se puede analizar mediante la comparación de los Hatos 2 a 5, todos pastando en sabanas nativas. El tratamiento incluyó la suplementación *ad libitum* de sal (Hatos 2 y 3) y una combinación de minerales (Hatos 4 y 5), con un 47 por ciento de sal, 47 por ciento de fosfato dicálcico y 6 por ciento de una mezcla de elementos menores. La mezcla de minerales contenía de 7 a 7,5 por ciento de fósforo.

El consumo promedio total fue: sal 33,5 g/U.A./día (12,2 kg/U.A./año), y de minerales 59,5 g/U.A./día (21,7 kg/U.A./año). Por lo tanto, se consumieron entre 4,0-4,5 gramos de fósforo, o sea aproximadamente, un 50 por ciento de los requerimientos diarios. No se registraron efectos estacionales en el consumo de minerales.

Cuadro 35. Estructura de los datos en análisis del Proyecto de Sistemas de Hatos en Carimagua.

Hato	Tratamientos			Comportamiento (4 años en total)					Mortalidad pre-destete (n)
	Pasto	Minerales	Urea/melaza época seca	Vacas ¹ (n)	Vacas ² (n)	Pariciones (n)	Destete precoz (n)	Abortos (n)	
1	nativo	sal	no	36	26	46	-	32	13
2	nativo	sal	sí	35	33	68	16	13	17
3	nativo	sal	no	36	30	65	14	12	13
4	nativo	minerales	sí	35	32	88	18	1	11
5	nativo	minerales	no	34	33	93	17	1	8
6	Mm ³ + nat.	minerales	no	36	35	95	17	4	8
7	Mm + nat.	minerales	sí	35	35	94	17	0	8
8	Mm	minerales	no	36	29	86	17	1	8
9	Mm	minerales	sí	37	32	90	15	4	11
Total				320	285	725	131	68	97

¹ Hato inicial² Al final del experimento.³ Mm = *Melinis minutiflora*

El consumo mineral de los animales que pastaban en praderas de *M. minutiflora* durante todo el año (Hatos 8 y 9), fue un 70 por ciento más alto (71,2 gramos) que el de los animales que pastaban en sabanas nativas. Esto puede indicar que la quema periódica de la sabana posiblemente pueda contribuir a satisfacer los requerimientos de minerales a través del contenido mineral de las cenizas.

La suplementación mineral dio como resultado un mayor peso corporal de las

madres, en diferentes etapas reproductivas, como se observa en el Cuadro 36. Los minerales son especialmente efectivos para las vacas lactantes y favorecen la reconcepción. Esto se hace evidente al analizar los parámetros de fertilidad (Cuadro 37). Se aumentaron las tasas de concepción mediante la suplementación de minerales y también se observó un descenso pronunciado en el número de abortos. Como resultado, se obtuvo un aumento del 29 por ciento en la tasa de parición al suministrar suplementación mineral al ganado de cría que pastaba en la sabana nativa.

Cuadro 36. Efecto de la suplementación mineral en el peso corporal (kg) de madres¹ que pastaban en sabana.

Estado reproductivo	μ^2		Sal solamente		Con minerales	
	n	\bar{c}	n	\bar{c}	n	\bar{c}
Al apareamiento	131	304	67	292	64	316
Antes de la parición	308	352	130	335	178	369
Después de la parición	307	307	131	285	176	327
Al destete	194	289	72	272	122	305

¹ Peso corporal más próximo al estado indicado² μ = valores promedio totales; \bar{c} = promedios corregidos de mínimos cuadrados; n = número de observaciones.

Cuadro 37. Efecto de la suplementación mineral en las tasas de fertilidad de madres que pastaban en sabana.

Parámetros de reproducción	μ		Sal solamente		Con minerales	
	n	\bar{c}	n	\bar{c}	n	\bar{c}
Concepciones ¹	140	73,2	71	69,5	69	76,8
Abortos ¹	140	4,9	71	9,3	69	0,4
Particiones	140	67,9	71	59,4	69	76,4

¹ Asumida, mediante palpación.

² u valores promedio totales; c promedios corregidos de mínimos cuadrados; n número de observaciones.

La suplementación mineral también redujo la mortalidad previa al destete de los terneros. Mientras que la mortalidad en los Hatos 2 y 3 fue de 19,2 por ciento, en los Hatos 4 y 5 fue de 10,5 por ciento. Del mismo modo, la suplementación mineral afectó positivamente el crecimiento de los terneros, como se observa en el Cuadro 38. Todas las diferencias en el peso corporal fueron significativas y de todos los efectos sistemáticos, la suplementación mineral fue la fuente de varianza más importante en todas las edades. Según los resultados del Cuadro 38, la suplementación mineral tiene máximo efecto en el peso de los terneros a los seis y nueve meses. Esto puede indicar una mayor producción láctea de las madres y/o un mayor consumo de forraje de los terneros mayores de tres meses.

En resumen, se puede concluir que la suplementación mineral de los hatos de cría aumenta apreciablemente la productividad total mediante:

- 1) un 29 por ciento de aumento en la tasa de parición, principalmente debida a una reducción en los abortos;
- 2) un 26 por ciento de aumento en el peso de destete de los terneros, y un 17 por ciento de aumento a los 18 meses de edad; y
- 3) un 45 por ciento de reducción en la mortalidad de terneros, antes del destete.

Los resultados sugieren que, en los

Cuadro 38. Efecto de la suplementación mineral en el crecimiento de terneros (pesos corporales en kg) en sabana (hatos 2-5).

Edad de los terneros (meses)	μ^1		Sal solamente		Con minerales		Relación sal/mineral (sal=100)
	n	\bar{c}	n	\bar{c}	n	\bar{c}	
3	228	72,2	87	66,5	141	77,9	117
6	213	104,0	80	92,4	133	115,7	125
9	191	131,8	72	116,7	119	146,9	126
12	169	134,3	59	122,1	110	146,5	120
15	156	138,3	61	125,7	95	151,0	120
18	138	162,1	51	149,6	87	174,6	117

¹ u = valores promedios totales; \bar{c} = promedios corregidos de mínimos cuadrados; n = número de observaciones.

Cuadro 39. Efecto de la edad al destete en la tasa porcentual de parición.

Tipo de destete	1976-77		Promedio 1975-77	
	Hatos 2-5 ¹		Hatos 4-9 ²	
	n	\bar{c}	n	\bar{c}
Precoz (86 días)	39	80,0	103	66,7
Normal (270 días)	19	62,7	30	59,8
μ	58	523	133	496

¹/ Hatos en sabana con tratamiento mineral.

²/ Hatos que recibieron tratamientos en pradera; todos, con minerales.

Llanos Orientales de Colombia, se puede considerar la deficiencia mineral y especialmente, el fósforo, como el principal factor limitante para la reproducción y el crecimiento del ganado vacuno. Esta conclusión concuerda con el estudio de Faber sobre el comportamiento de novillas en Carimagua (ver Lista de Publicaciones).

Destete precoz

En 1973-74, se seleccionaron cinco vacas de los Hatos 2 y 9 para el destete precoz a los 86 días. Las otras vacas destetaron normalmente sus terneros a los nueve meses. Durante los primeros 30 días, después del destete precoz, los terneros recibieron 750 g/día de concentrado y de pasto imperial cortado (*Axonopus scoparius*). Posteriormente, los terneros pastaron en praderas sembradas de *Hyparrhenia rufa*, *M. minutiflora* y

Stylosanthes guianensis, (cuando hubo disponibilidad) y se les proporcionó un suplemento de 500 g/día de concentrado. A los seis meses, los terneros se soltaron en la sabana, sin recibir suplementación de concentrado.

Como se informó para los años anteriores, las vacas de destete precoz en 1976-77, presentaron tasas de parición más altas en comparación con las otras (Cuadro 39) lo que indica que, bajo las condiciones de este experimento, el destete precoz puede aumentar la tasa de parición en un 18-21 por ciento.

Al analizar el intervalo de parición, se consideraron sólo las vacas que parieron durante el primer año. Los resultados (Cuadro 40) indican que, sin considerar otros tratamientos, las vacas destetadas precozmente presentaron un intervalo de parición de 15 meses, mientras que en las vacas destetadas normalmente, el intervalo varió entre 18 y 20 meses. Aplicando esta técnica, una vaca puede producir un ternero más durante su ciclo de vida.

Sin embargo, en estas regiones de sabana tropical, el destete precoz puede afectar seriamente el crecimiento de los terneros, como se observa en la Figura 54. Entre los seis y nueve meses, los terneros destetados precozmente mostraron un estancamiento severo del crecimiento, el cual todavía no había sido compensado a los 18 meses. Esta observación se aplica especialmente a los terneros nacidos durante la última estación lluviosa (sep-

Cuadro 40. Efecto del destete precoz en el intervalo de parición (días).

Tipo de destete	Hatos 2-5 ¹		Hatos 4-9 ²	
	n	\bar{c}	n	\bar{c}
Normal (270 días)	39	595a ³	103	541a
Precoz (86 días)	19	450b	30	450b
μ	58	523	133	496

¹ Hatos con tratamiento mineral

² Hatos, (todos) con suplementación mineral

³ Valores en columnas, con letras distintas, son significativamente diferentes (P<0,05).

Peso del ternero (kg)

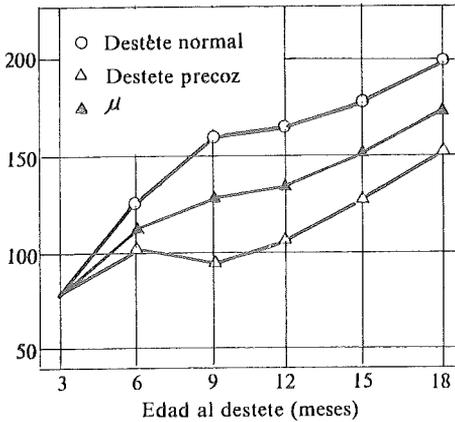


Figura 54. Efecto de la edad al destete en el crecimiento de los terneros de los Hatos 4-9 (promedios LSQ¹ corregidos).

¹ LSQ Least Square Constant

tiembre a diciembre) y destetadas durante la estación seca (enero a abril). Esto se ilustra en la Figura 55, en la cual se presentan los estimativos constantes de mínimos cuadrados de la interacción estación x tipo de destete, para el peso de los terneros a los 9 y 18 meses.

El destete precoz de los terneros presenta serias limitaciones en los Llanos Orientales de Colombia, en lo que se refiere a manejo animal y especialmente, a la alimentación de los terneros. Debido a la baja fertilidad del suelo y a la distribución de la precipitación, no existe actualmente tecnología disponible para producir a nivel de finca y con bajos niveles de insumos: 1) los componentes de un concentrado adecuado; 2) especies forrajeras de corte, con altos rendimientos durante el año; y 3) especies forrajeras con valor alimentario adecuado. Los anteriores conceptos destacan la necesidad de desarrollar una base para el suministro de forrajes para la región, los cuales asegurarían un crecimiento satisfactorio de los terneros después del destete.

Uso de pastos mejorados

Generalmente, el tipo de forraje usado

Programa de Ganado de Carne

en el experimento de sistemas de hatos tuvo poco efecto sobre el comportamiento animal. Las praderas utilizadas fueron: sabana durante el año; *M. minutiflora* y *M. minutiflora* durante la época de lluvias, y sabana durante la época seca.

Las vacas que pastaban en la sabana nativa presentaron mayor peso después del parto y al momento del destete que las que pastaban en *M. minutiflora*. Las vacas en *M. minutiflora* más sabana presentaron un peso corporal intermedio. Por lo tanto, las vacas que pastaban en especies nativas de la sabana fueron ligeramente más fértiles que las vacas en *M. minutiflora*.

Los tratamientos de especies forrajeras no afectaron el comportamiento de crecimiento de los terneros. Sin embargo, debido a las diferentes capacidades de carga, se destetaron 3,3 veces más terneros (con base al peso en kilogramos) por hectárea en *M. minutiflora* 2,5 veces más en *M. minutiflora* más sabana, en comparación con sabana nativa durante todo el año (Cuadro 41).

Cambio de peso de terneros destetados precozmente (kg)

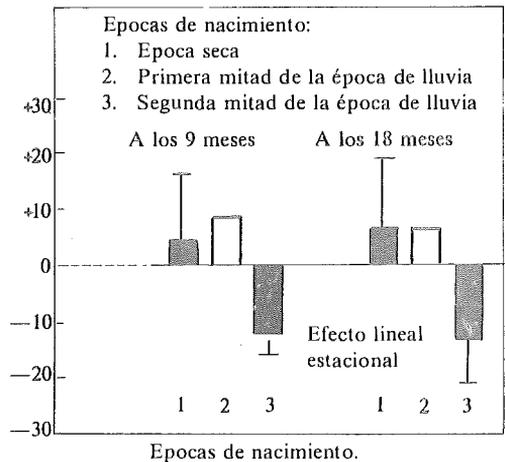


Figura 55. Efectos de la interacción estación-edad al destete sobre el crecimiento de ternos destetados precozmente (86 días de edad).

Cuadro 41. Producción de terneros en relación con tratamientos pastos y capacidad de carga.

Tratamientos de pradera	Terneros destetados n	Peso al destete (kg) c	Capacidad de carga U.A./ha ¹	Producción de terneros (kg/ha/año)	Producción relativa
Sabana	162	130	3,5	16,0	100
<i>M. minutiflora</i>	157	126	1,7	52,6	329
<i>M. minutiflora</i> + sabana ²	173	132	2,3	39,7	248

¹ Promedios ponderados

² Pasto gordura de nueve meses, sabana de tres meses.

Suplementación de urea y melaza

A las vacas de los Hatos 2, 4, 7 y 9 se les dio un suplemento diario, durante la estación seca, de una combinación de 500 gramos de melaza, 80 gramos de urea y 4 gramos de azufre por animal. El período de suplementación promedió 90 días. No se constató ningún efecto de la suplementación en los parámetros de reproducción. En promedio, las vacas que recibieron el suplemento fueron ligeramente más pesadas que las vacas que no lo recibieron. Aunque los terneros de las vacas que recibieron el suplemento pesaron 8 kilos más a los seis meses y 7 kilos más a los nueve meses, esta diferencia no persistió después del destete.

No se sabe con certeza si la cantidad de suplementación fue suficiente, particularmente, en un cierto período específico de tiempo, para compensar el efecto de la estación seca. Por otra parte, aun cuando se podía obtener una respuesta apreciable en los animales la economía que significa la suplementación de urea-melaza es discutible ya que los ingredientes de esta mezcla se deben importar hasta la región, a un costo elevado de transporte.

Efectos estacionales

A fin de identificar las técnicas que puedan aumentar la productividad dentro de un ecosistema, es necesario poseer información cuantitativa sobre la influen-

cia del medio natural en el comportamiento animal. El factor ambiental más importante es la estacionalidad del forraje disponible, la cual, en los trópicos, se determina principalmente por el régimen de precipitación.

En la Figura 56 se ilustran los efectos estacionales sobre la distribución relativa de la parición. Independientemente de los tratamientos, la estación más frecuente para la concepción está entre abril y julio, esto es, al comienzo de la estación de lluvias, ya que un 46 por ciento de las vacas paren entre enero y abril.

Se puede observar un efecto estacional análogo en el crecimiento de los terneros. Los resultados se resumen en el Cuadro 42.

Aunque los terneros nacidos durante la época seca presentaron la mayor reducción del crecimiento después del destete, el cual coincide con el fin de la época de lluvias, a los 18 meses pesaban 43 kilogramos más que los terneros nacidos durante la segunda mitad de la estación lluviosa. Se encontró un efecto estacional similar en el peso corporal de las madres.

Si se considera la influencia significativa de la estación en el comportamiento animal, se hace evidente la importancia de adaptar los períodos más críticos del ciclo de producción (concepción, parición, lactancia) a las estaciones más favorables del año.

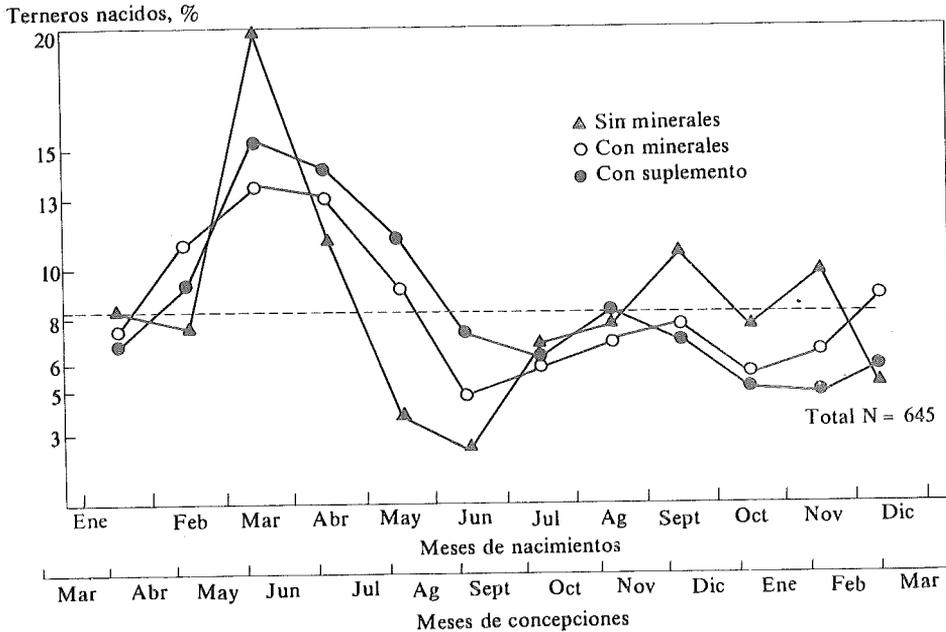


Figura 56. Efectos estacionales en la distribución relativa de la parición.

Mortalidad de terneros

La alta mortalidad de los terneros es una de las razones por las cuales se registran bajas tasas de extracción de hatos en la región. El promedio total de mortalidad de terneros, para todos los tratamientos antes del destete, fue 13,4 por ciento. El análisis de la distribución relativa de la mortalidad, según la edad, demostró que un 9 por

ciento de todos los terneros nacidos moría durante los 30 primeros días (Cuadro 43). La mortalidad entre los 9 y los 18 meses fue de 2,5 por ciento.

Mediante mejor manejo y una supervisión más estrecha de los terneros en potreros especiales, se podría reducir considerablemente la tasa de mortalidad de los terneros, especialmente, durante su primer etapa de vida.

Cuadro 42. Influencia de la estación (seca y lluviosa) en el peso del ternero (kg) al momento del nacimiento (hatos 4-9).

Edad de los terneros	Estaciones					
	Seca		Primera mitad lluviosa		Segunda mitad lluviosa	
	enero n	abril c̄	mayo n	agosto c̄	septiembre n	diciembre c̄
3 meses	213	79a ¹	143	79ab	91	75b
9 meses	188	145a	129	129b	66	114c
18 meses	142	195a	89	179b	57	152c

¹ Los valores seguidos por letras distintas son significativamente diferentes ($P < 0,05$).

Cuadro 43. Distribución relativa de la mortalidad de terneros hasta el destete.

Período de la vida	Terneros muertos, %
Perinatal	35
Entre 2 y 30 días	37
Entre 31 y 270 días	28

EVALUACION DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCION DE GANANDO DE CARNE EN LAS REGIONES DE SABANA TROPICAL DE AMERICA LATINA (PROYECTO ETES)

Este proyecto es un esfuerzo cooperativo de las Secciones de Manejo Animal y de

Economía del Programa de Ganado de Carne en colaboración con el Instituto de Producción Animal de la Universidad Técnica de Berlín. El principal objetivo del estudio es la identificación de tecnología de manejo animal, el cual asegure un aumento económico en la eficiencia reproductiva, bajo las condiciones actuales de producción de ganado de carne. Al mismo tiempo, se estudia la factibilidad de transferencia de tecnología moderna.

Los aspectos del proyecto relativos al manejo son: a) análisis de la situación con respecto al comportamiento reproductivo de hatos de cría, con relación a distintos

Cuadro 44. Caracterización de fincas seleccionadas en la porción de los Llanos Orientales de Colombia comprendida en el proyecto ETES.

No. finca	Nivel de intensidad ¹	Tipo de operación ²	Area		Animales	
			Total (ha)	Praderas sembradas (ha)	Vacas	Total
1	III	Cr-L	900	150	200	500
2	III	Cr-L	2000	140	150	400
3	IV	L	800	400	-	400
4	II	Cr-L	3200	-	250	750
5	IV	Cr-L	1200	10	66	230
6	IV	Cr-L-E	3500	250	400	900
7	IV	Cr-L-E	5200	900	180	1000
8	IV	Cr-L	600	60	60	120
9	I	Cr-L	1100	-	50	96
10	IV	L-E	2800	1500	-	500
11	IV	Cr-L-E	5000	30	450	1100
12	III	Cr-L-E	3000	120	210	600
13	I	Cr-L	1500	-	150	300
14	I	Cr-L	3000	30	200	500
15	III	Cr-L	4300	-	500	1000
16	I	Cr-L	4000	-	200	400
17	II	Cr-L	6000	130	200	400
18	III	Cr-L-E	5000	80	200	600
19	I	Cr-L	4500	-	150	400
20	III	Cr-L	2500	250	200	500

¹ Niveles de intensidad: I=Sabana nativa solamente, pocos minerales, sin destete, sin subdivisión del hato; II=Sabana nativa solamente, minerales, con destete, con subdivisión de hatos; III=Praderas mejoradas, pocos minerales, sin destete, sin subdivisión de hatos; IV=Praderas mejoradas, minerales, con destete, con subdivisión de hatos.

² Operación: Cr= cría; L levante. E engorde.

niveles de tecnología existentes en haciendas para la explotación comercial de ganado de carne; b) cuantificación de los efectos de las técnicas de manejo, combinadas en sistemas, que aumentan la productividad del hato; y c) especificación de la demanda de nueva tecnología y posibilidades de adopción.

Este estudio forma parte de la Evaluación del Area de Impacto. Se recogerá información en fincas seleccionadas, en diferentes localidades y en los siguiente países; 1) Colombia: Llanos Orientales; 2) Brasil: Cerrado; y 3) Venezuela: Llanos del Orinoco.

Fuera de Colombia, el proyecto contará con la colaboración de algunas instituciones nacionales de investigación. En Brasil y Venezuela, las actividades comenzarán en diciembre de 1977 o a principios de 1978, tan pronto como se integren al equipo los colaboradores alemanes.

En Colombia, el proyecto se inició en agosto de 1977. Se seleccionaron 20 fincas, las cuales se incluyen en el Cuadro 44. En octubre de 1977, el equipo del CIAT comenzó a recoger información (Figura 57). En cada finca, se evaluaron los siguientes factores:

- 1) Características de la finca: localización, área, suelos, utilización de insumos, sistema de producción.
- 2) Recursos de alimentación: especies nativas, especies forrajeras introducidas, otros recursos forrajeros.
- 3) Utilización de los recursos de alimentación: capacidad de carga, manejo de praderas.
- 4) Producción animal: comportamiento reproductivo, mortalidad, tipo de producto obtenido, producción animal.

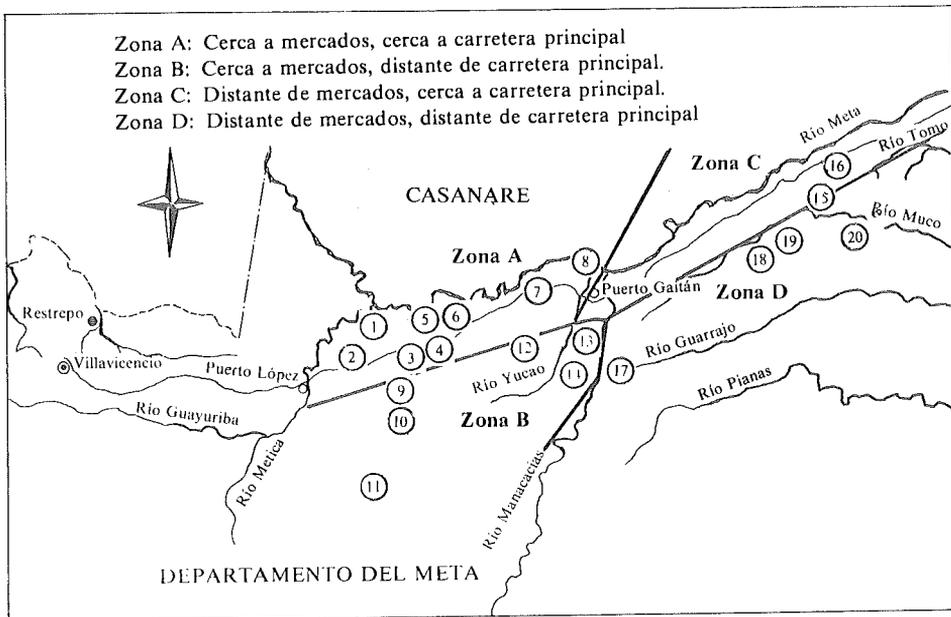


Figura 57. Localización de las 20 fincas seleccionadas por caracterizar los distintos sistemas de producción de ganado de carne en los Llanos Orientales de Colombia.

- 5) Técnicas de producción: con respecto a la alimentación, el manejo de hatos y la salud animal.

Para estudiar estos componentes de los sistemas de manejo de hatos, se establecieron seis hatos los cuales fueron sometidos a los tratamientos descritos en el Cuadro 45.

SISTEMAS DE MANEJO DE HATOS DE CRÍA

En agosto de 1977, se inició en Carimagua un experimento sobre manejo de hatos de cría. Después de un período inicial, la fase experimental dará comienzo en mayo de 1978. El período de recolección de información incluirá tres ciclos reproductivos.

El principal objetivo es estudiar el comportamiento reproductivo de los hatos de cría, con relación a: 1) Uso estratégico de las especies forrajeras cultivadas (5 por ciento del área total disponible) para los períodos críticos del año (estación seca) o etapas críticas del crecimiento animal (parto, lactancia, reconcepción y destete); 2) Interrelación de los períodos críticos (de mayor demanda) con los períodos de mayor disponibilidad de forraje, mediante la restricción de las épocas de apareamiento; 3) Duración de la lactancia.

Para los Hatos 2, 4 y 6 se sembraron 120 hectáreas de *B. decumbens* y 30 hectáreas de *S. guianensis*. Los períodos de apareamiento se han establecido con base en los resultados del experimento de Sistemas de Hato y de acuerdo con los efectos estacionales sobre el comportamiento animal. Se proporcionará suplemento mineral *ad libitum* a todos los hatos y se tomarán medidas preventivas de salud animal.

HATO EXPERIMENTAL

En Carimagua, las Secciones de Utilización de Pastos, Manejo Animal y Salud Animal llevan a cabo experimentos que necesitan cantidades significativas de ganado. En la práctica, es difícil comprar suficientes animales de edad uniforme, peso similar y parecidas condiciones de

Cuadro 45. Tratamientos en el experimento sobre sistemas de manejo de hatos de cría, en Carimagua.

Hatos	No. de vacas	Forrajes	Tratamientos entre hatos ¹		
			Períodos de apareamiento		
			Tipo	Meses	Duración (días)
1	50	Sabana	Continuo	enero-diciembre	365
2	50	Sabana + <i>Brachiaria</i> +Leguminosas			
3	50	Sabana	1 Período	junio-setiembre	120
4	50	Sabana - <i>Brachiaria</i> +Leguminosas			
5	50	Sabana	2 Períodos	mayo-Julio	150
6	50	Sabana - <i>Brachiaria</i> +Leguminosas		diciembre-enero	

¹ En los hatos: 50 por ciento de los terneros destetados a los 6 meses, 50 por ciento, a los 9 meses.

salud, sobre los cuales exista disponibilidad de información previa sobre posibles tratamientos experimentales anteriores. En Carimagua, con una extensión de 22.000 hectáreas es posible conseguir la cantidad de ganado que se requiere para propósitos experimentales.

Después de haber establecido nuevos acuerdos cooperativos en este año, se dispone de suficiente terreno y de parte de la infraestructura y del ganado existente con el propósito de integrar recursos disponibles para lograr los siguientes objetivos:

- 1) Disponer del número necesario de animales adecuados para fines experimentales y específicos.
- 2) Recoger información detallada sobre la efectividad del hato, bajo un manejo comercial razonable.
- 3) Verificar aquellas técnicas de manejo que hayan sido ensayadas experimentalmente o que hayan dado buenos resultados en ese medioambiente, bajo condiciones prácticas de manejo con hatos grandes.

En una superficie total de aproximadamente 4.600 hectáreas se han cercado 16 potreros que tienen especies forrajeras nativas; estos potreros varían entre 150 y 750 hectáreas; además, hay cuatro praderas establecidas con *B. decumbens*, las cuales totalizan 100 hectáreas. Se estima que la capacidad de carga total de la

pradera natural es de 6 a 7 ha/U.A. Hay superficie disponible para una futura expansión. Las existencias actuales de ganado en el hato experimental, hasta el 30 de septiembre de 1977, son las siguientes:

Vacas de cría	195
Terneros sin destetar (0-9 meses)	89
Novillas de remplazo para apareamiento	149
Novillas (9 meses - 3 años) ¹	306
Novillos (9 meses - 3 años) ¹	265
Toros	35
Total	1039

¹ Incluye animales que fueron eliminados por indeseables.

Se espera tener a finales de 1978 unas 300 vacas de cría para producir de 160 a 180 novillos y novillas por año.

Conjuntamente con el hato experimental se manejan otros dos hatos pequeños con 20 vacas Cebú y 65 de la raza criolla San Martinero, con sus respectivos terneros y toros, a fin de mantener una existencia pura de estas dos razas.

Cuando se compara la tierra cercada disponible y la carga de ganado existente, se hace evidente que las áreas de pastoreo están parcialmente sobrecargadas, siendo ésta la razón principal del bajo comportamiento animal en el pasado.

Cuadro 46. Existencias de ganado de cría en el Hato Experimental de Carimagua.

Categoría	No.	Vacas lactando	Vacas preñadas	Abortos
Vacas	197	108	69	14
Novillas apareadas ¹	51	9	40	-

¹ Estas novillas estuvieron disponibles para un solo experimento.

Cuadro 47. Animales descartados del Hato Experimental de Carimagua.

Categoría	No.	Razón
Vacas	34	Ningún ternero en dos años
Novillas	17	Infantilismo genital
Novillas	4	Desarrollo insuficiente
Novillos	187	No apropiados para el experimento
Vacas	28	Inapropiadas para el cruce con razas europeas
Toros	24	Edad, fertilidad
Toros	14	Raza San Martinero
Total	308	

La primera actividad (junio de 1977) consistió en iniciar la selección rigurosa del hato, basada en la información disponible y en decisiones individuales acerca de cada animal. Los resultados de esta selección aparecen en el Cuadro 46.

Para 1977, la tasa de parición aproximada sería de 63 por ciento, en comparación con 36,4 por ciento para 1975 y 42 por ciento para 1976.

Al hacer esta evaluación individual de

todas las categorías de animales que componen el hato de Carimagua, periódicamente se descartan algunos animales (Cuadro 47). En noviembre de este año todos los hatos se examinarán nuevamente para obtener más información y poder así descartar algunos animales más. Se decidió remplazar todos los toros San Martinero por toros Cebú, a fin de obtener mayor uniformidad en la progenie de terneros cruzados. Con ese propósito, se compraron 12 toretes Cebú.

Hasta fines de 1977, se dispone del siguiente ganado para la experimentación:

Categoría	Número de animales	Sección
Novillas apareadas	51	Manejo de hatos
Novillos	77	Utilización de pastos as
Novillos	15	Agronomía de leguminosas
Novillas para aparear	149	Salud Animal
Total	292	

SALUD ANIMAL

Las actividades en Salud Animal se concentran en el análisis de problemas y en las investigaciones encaminadas a la solución de ellos. La Sección de Salud Animal tiene la responsabilidad de diseñar y mantener esquemas de medicina preventiva utilizando animales bajo estudio y hatos experimentales. En ambos grupos, la supervisión de la salud del ganado constituye una actividad complementaria.

Continúan las investigaciones en áreas asociadas y complementarias al principal objetivo del programa, o sea, el aumento de la disponibilidad de alimentos. Se han identificado cuatro áreas principales: 1)

Enfermedades relacionadas con o aumentadas por las deficiencias nutricionales (leptospirosis y otras); 2) Enfermedades que tienden a incrementarse a medida que aumenta la densidad animal, debido a una mejor disponibilidad de alimentos; entre éstas se incluyen el parasitismo gastrointestinal, la rinotraqueitis viral infecciosa de los bovinos y las infecciones virales respiratorias. 3) Supervisión epidemiológica del ganado en la estación de Carimagua, medicina preventiva y control. 4) Elaboración de un inventario de enfermedades del área de impacto, como parte de la evaluación total de la misma. 5) Estudios de la interacción

enfermedad/nutrición mediante análisis de los parámetros sanguíneos en el experimento de Sistemas de Hato.

LEPTOSPIROSIS

Infectividad de *Leptospira hardjo* bajo un alto estrés nutricional

Continuaron las observaciones sobre la infección natural que se presenta en una finca que tiene un hato de 100 vacas de cría y siete toros, los cuales pastan en 400 hectáreas de sabana nativa y reciben suplementación de sal y de harina de hueso. La finca está situada a 65 kilómetros de Puerto López, en las riberas del río Meta.

El objetivo básico de este estudio es conocer mejor la patogénesis, epidemiología, diagnóstico y los efectos sobre la productividad de *Leptospira hardjo*, al mismo tiempo que se estudia un método de control.

El hato se examina cada 10 semanas. Se hacen análisis de los parámetros clínicopatológicos de las muestras de sangre y se examina el suero sanguíneo para determinar la posible presencia de anticuerpos leptospirales, los cuales sirven para determinar la evolución de la infección. Se obtienen muestras de orina de los animales que acusan aumentos en las titulaciones de anticuerpos, los cuales se cultivan para aislar leptospiras, a fin de identificar animales dispersores (portadores) de la enfermedad e infecciones crónicas.

Los animales del hato se han distribuido en tres grupos. Uno, de 35 vacas, recibió dos dosis de estreptomina en inyección intramuscular, con un intervalo de 16 semanas, a finales de la época de lluvias (octubre-diciembre de 1976). El segundo grupo, también 35 vacas, recibió una dosis de estreptomina (intramuscularmente) a finales de la época seca (abril de 1977). El

tercer grupo, de 30 vacas, no recibió ningún tratamiento y sirve de testigo. Los tres grupos pastan en la misma pradera.

Aparentemente, la infección en el hato, en general, ha disminuido como consecuencia del tratamiento (Figura 58). Se podría argumentar que la infección está disminuyendo por sí misma. Sin embargo, cierto grado de disminución era de esperarse en cuanto al número de animales infectados en el grupo testigo, ya que todas las vacas pastan en la misma pradera y una disminución de los animales dispersores (portadores) en un grupo reduce las oportunidades de reinfección en los otros grupos. Además, parece que la infección de los títulos se mantiene por reinfección constante.

También, ha disminuido el total de animales con títulos altos de suero — 1:400 o más — (Figura 58), como también los promedios de los títulos, los cuales disminuyeron de 447 a 300. A esta tasa de disminución, parece posible eliminar la infección del hato mediante más tratamientos.

Algunas vacas con infección activa, aparentemente, presentan problemas de aborto; sin embargo, de los 35 abortos que ocurrieron desde julio de 1976 hasta setiembre de 1977, 14 ocurrieron en vacas sin aparente infección (Cuadro 48).

En las últimas etapas de la preñez, se presentaron 25 abortos, lo cual es un síntoma de la infección por *Leptospira*. Algunas de estas muertes fetales consideradas como abortos pueden haberse debido en realidad a la mortalidad perinatal (terneros que mueren durante las primeras 24 horas de vida) lo cual en el campo, pasa a veces desapercibido. Esto resulta de especial interés en vista de los resultados obtenidos con la reproducción experimental de la enfermedad, sobre los cuales se informará más adelante.

Los datos sobre aborto se deben interpretar con sumo cuidado ya que la mayoría

No. de animales con títulos de anticuerpos

Título promedio

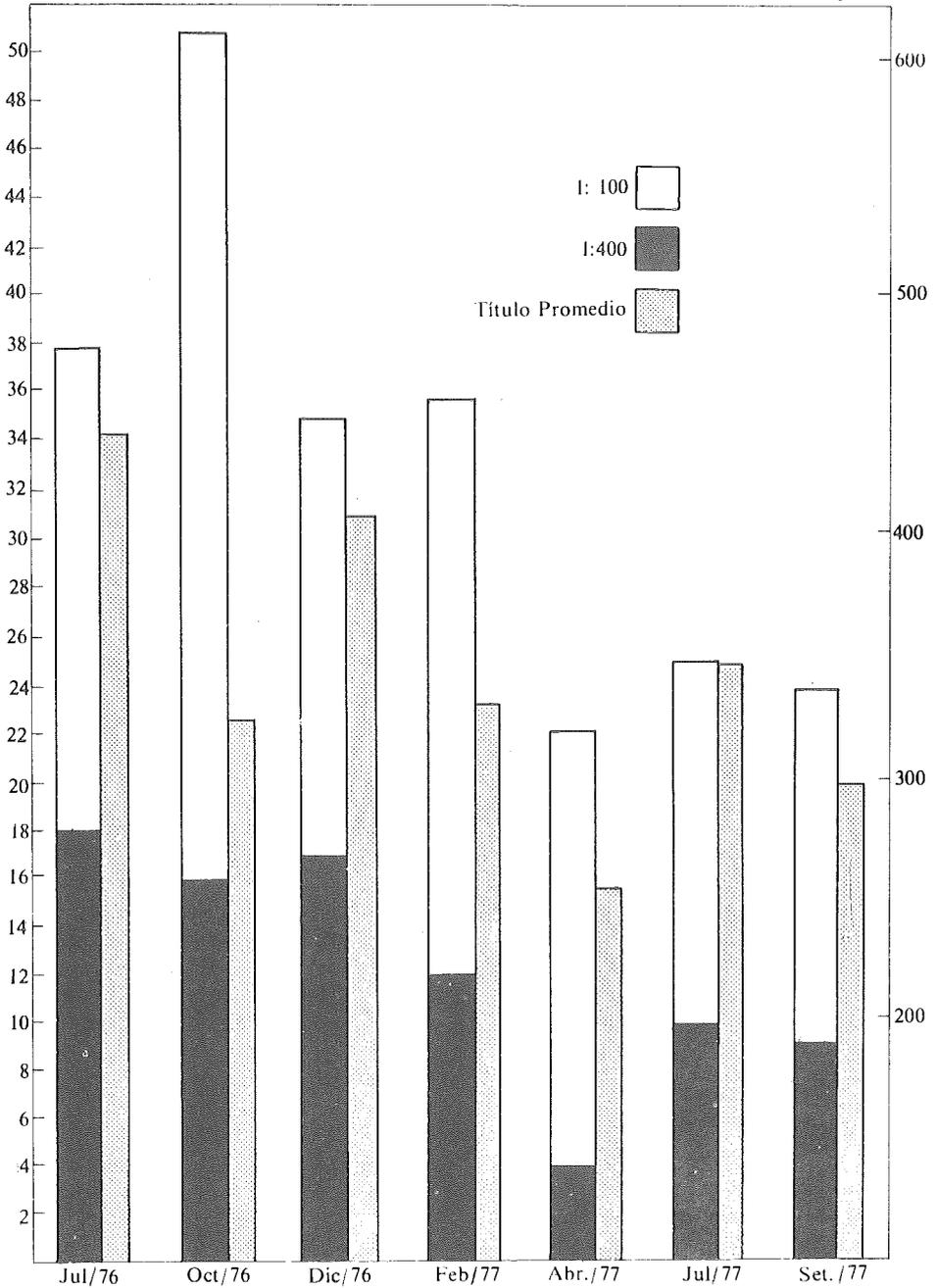


Figura 58. Vacas del Hato Experimental de los Llanos colombianos con títulos de anticuerpos superiores a 1:100 y 1:400, en comparación con títulos promedio a intervalos de 10 semanas.

Cuadro 48. Abortos en el Hato Experimental de los Llanos colombianos. Se compara la infección de *Leptospira* en la vaca y el estado de preñez (julio 1976-setiembre 1977)¹.

Infección comprobable	Preñez		Totales
	Tardía	Precoz	
Con anticuerpos	16	5	21
Sin anticuerpos	9	5	14
Totales	25	10	35

^{1/} Todos los abortos se constataron mediante palpación.

de las vacas, cuando menos, han fallado dos preñeces. El Centro Panamericano de Zoonosis, con sede en Buenos Aires, Argentina, confirmó que la cepa de *Leptospira* aislada de este hato y sobre la cual se informó el año pasado, pertenece a *L. hardjo*. Esta cepa se está usando para reproducir experimentalmente la enfermedad. Los cultivos de orina de animales infectados han producido tres

aislamientos más, identificados en forma tentativa como *L. hardjo*.

Los cultivos podrían ser una herramienta muy eficaz para diagnosticar la enfermedad y encontrar animales diseminadores. Sin embargo, sorprendentemente, los animales crónicamente infectados, con títulos altos, no sirvieron como fuente de origen de cultivos. Los tres aislamientos provienen de vacas con bajos niveles de anticuerpos serológicos.

Infectividad de *Leptospira hardjo* en vacas bien alimentadas bajo inoculación artificial

Se aisló *L. hardjo* de infecciones naturales y con el aislamiento se inoculó a 10 vacas preñadas, a fin de estudiar la capacidad del aislamiento para producir infección y alteraciones en animales bien alimentados. Las vacas se alimentaban con caña de azúcar picada, harina integral de semilla de algodón y minerales. Seis de las vacas terminaron su período de preñez. La

Cuadro 49. Alteraciones observadas en vacas preñadas inoculadas con *Leptospira hardjo* y cambios neonatales, a los 110 días después de la inoculación.

Vaca número	Edad preñez a la inoculación (meses)	Anticuerpos de vaca promedio ¹	Retención placenta y metritis	Condición vaca	Anticuerpos
1	5,0	80	+	Buena	—
2	6,5	110	—	Buena	—
3	7,0	235	—	Débil	1600
4 ²	6,5	35	+	Débil-murió	Ausencia de suero disponible
5	5,0	185	—	Débil	400
6	5,0	105	+	Débil	400
7	4,0	145	Todavía preñada		
8	4,0	255	Todavía preñada		
9	3,5	605	Todavía preñada		
10	3,5	255	Todavía preñada		
11	Sin inoculación	Testigo	—	Normal	—
12	Sin inoculación	Testigo	—	Normal	—

¹ 110 días después de la inoculación

² La vaca murió 120 días después de la inoculación y 30 días después de la parición.

vaca No. 4 parió, casi a término normal, un ternero muy débil, el cual murió a las 36 horas, presentando daños en el hígado y los riñones. Esta vaca retuvo la placenta y desarrolló una metritis severa. Recibió tratamiento local para controlar las infecciones secundarias pero murió 30 días después del parto, con evidencia de infección de *Leptospira* en los riñones e infecciones bacterianas secundarias en otros órganos. Tres vacas parieron terneros débiles, los cuales estaban infectados como lo evidencian los altos niveles serológicos de anticuerpos (Cuadro 49). Los terneros fueron sacrificados 24 horas después del nacimiento.

infección; los anticuerpos alcanzaron el nivel máximo a los 14 días (Figura 59). Los niveles de infección decrecieron y alcanzaron el punto más bajo a los 75 días, después de los cuales volvieron a aumentar, por segunda vez, hasta alcanzar un máximo de menor intensidad a los 102 días. Aparentemente, después de la infección inicial, hay un receso; posteriormente, se presenta la reinfección de algunos animales expuestos a los dispersantes (portadores), ya que todas las vacas se encuentran en el mismo potrero. Los animales que permanecen reinfectados tienden a aumentar sus niveles de anticuerpos aún más y podrían permanecer crónicamente afectados.

Todas las vacas desarrollaron niveles de anticuerpos inmediatamente después de la

Existen diferencias obvias en animales

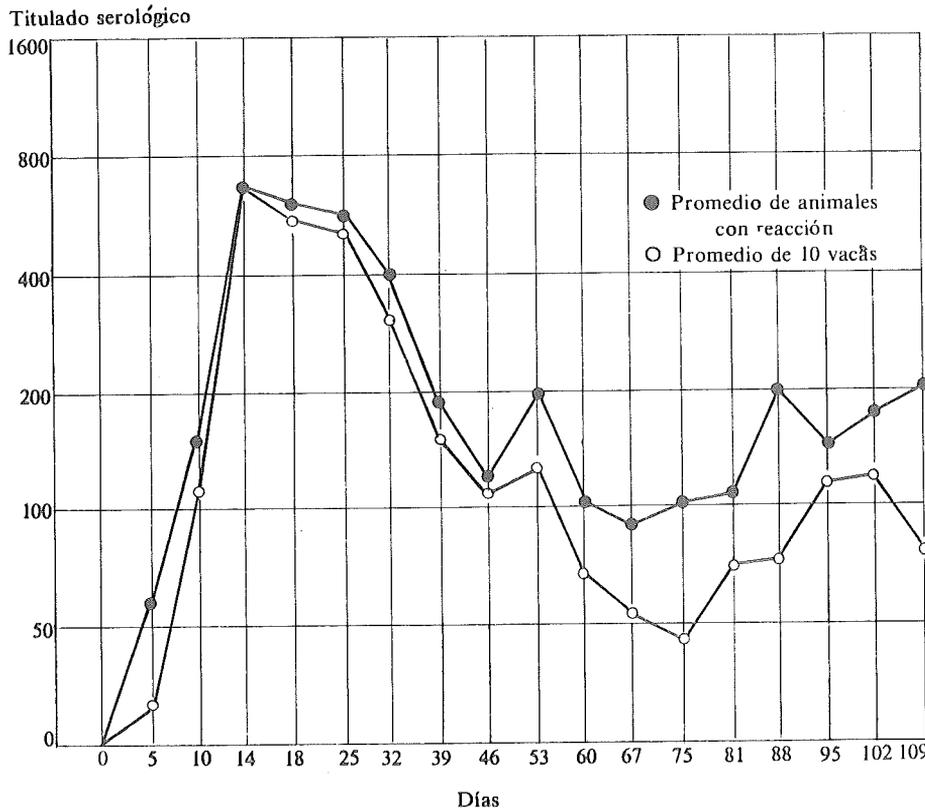


Figura 59. Infección medida por la respuesta a anticuerpos en diez vacas preñadas inoculadas con *Leptospira hardjo*.

individuales (Figura 60). La vaca No. 4 desarrolló un bajo nivel de infección y las defensas de anticuerpos no duraron más de 32 días. Esta puede haber sido una razón de la muerte posterior de este animal al adquirir una infección complicada, cuya causa primordial fue leptospirosis. También, podría explicar la infección *in utero* del ternero y su muerte, algunas horas después del nacimiento. La vaca No. 5 desarrolló altos niveles de anticuerpos, 14 a 32 días después de la infección, los cuales disminuyeron a los 109 días. El ternero de esta vaca desarrolló un nivel razonablemente alto de infección, el cual correspondía al de su madre. La vaca No. 3 presentó una reinfección muy clara,

después de la infección inicial, y una disminución de los niveles de anticuerpos, de los 39 a los 75 días. Esta alta infección parece reflejarse en la reacción de su ternero, la cual fue la mayor del grupo.

El aislamiento de *Leptospira* de las muestras de orina han seguido un patrón muy semejante al de los niveles de anticuerpos en el suero sanguíneo. Se aisló *Leptospira* de la mayoría de las vacas, hasta los 75 días después de la inoculación y vuelven a aparecer en animales que se están reinfectando. La contaminación de leptospiras por la orina comenzó cinco días después de la inoculación. Fue posible encontrar a los diseminadores o por-

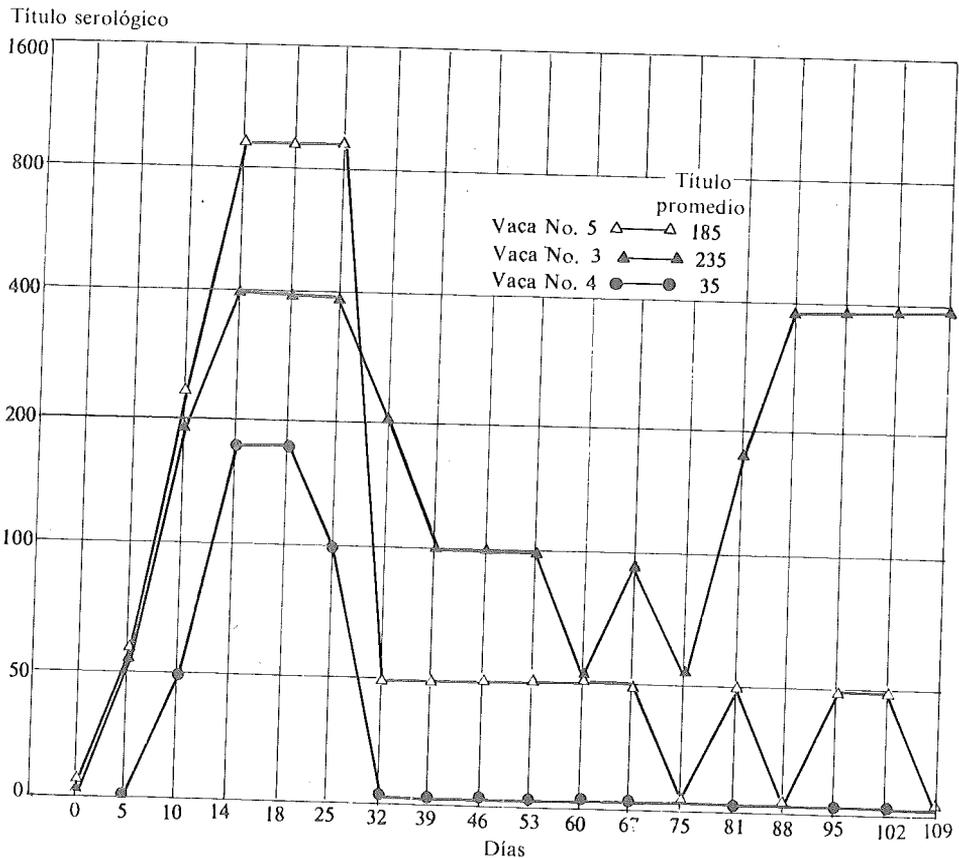


Figura 60. Infección determinada según respuesta a anticuerpos, en tres vacas preñadas inoculadas con *Leptospira hardjo*.

tadores mediante examinación directa de la orina, bajo campo oscuro en el microscopio. Cuando las bacterias se observan con este procedimiento, también ha sido posible aislarlas por medios artificiales y muy frecuentemente, por inoculación hecha en cuyes. Aun cuando el ensayo continúa (todavía han de parir cuatro vacas más) pareciera que *L. hardjo*, aislado de casos constatados en el campo, en los Llanos Orientales de Colombia, posee considerable habilidad patogénica. Las lesiones del riñón y especialmente del hígado, con ictericia generalizada, las cuales se observaron en uno de los terneros bajo observación, no han sido descritas en la literatura sobre este leptospira. Pareciera haber cierta tendencia a producir terneros debilitados, con poca capacidad para sobrevivir bajo condiciones de campo. Esto podría explicar algunas pérdidas de terneros que ocurren con vacas que perecieron en períodos normales de gestación, las cuales se registran en el campo, como abortos, ya que en realidad son muy pocas las vacas que se pueden observar durante el parto.

Algunos abortos, aparentemente relacionados con infecciones de leptospira, no han sido explicados por la infección artificial, es posible que exista algún tipo de mecanismo inductor.

De los resultados obtenidos con la infección natural y artificial, se puede inferir que las vacas que se encuentran al final de su período de gestación (más de seis meses) perderán sus terneros debido a la muerte perinatal si se exponen a la infección de *L. hardjo* sin haber desarrollado anticuerpos. No se sabe si con tratamiento o mediante vacunación se podría evitar esta pérdida. De igual manera, la influencia de las deficiencias nutricionales en el desarrollo de la infección es todavía poco clara. Por otra parte, las vacas con infección natural crónica y con niveles elevados de anticuerpos, tienden a desmejorar su condición.

Respuesta a la vacunación contra leptospirosis en novillas antes de la primera preñez

El uso estratégico de una vacuna puede proporcionar suficiente protección a una novilla para que ésta pueda superar la infección de leptospira. Se obtuvo una vacuna comercial (no disponible localmente) que contiene *L. hardjo*, *L. pomona* y *L. gryppotyphosa*. Se vacunaron con este producto 150 novillas destinadas a la cría en el hato experimental unificado. De estas novillas, se mantienen 50 en un grupo separado para observar cuidadosamente el desarrollo de niveles protectores de anticuerpos serológicos. La vacuna se aplicará cada seis meses y se recogerán muestras de suero sanguíneo a los 30 días, a partir de este momento, cada dos meses. El desarrollo de anticuerpos se comparará con un grupo similar de novillas no vacunadas. Ambos grupos estarán expuestos a un bajo nivel de exposición, bajo condiciones de campo.

ESTADO EPIDEMIOLOGICO DEL HATO DE CARIMAGUA

La supervisión epidemiológica del ganado de Carimagua está en manos de un patólogo; además, a finales del año, se contará con un parasitólogo experimentado del ICA y un asistente de investigación. Las condiciones clínicas que se han encontrado con mayor frecuencia son: fracturas óseas, retención de placenta, poliartritis, metritis y emaciación. Los ectoparásitos (garrapatas y *Dermatobia hominis*) y los endoparásitos frecuentemente están en un estado de equilibrio con el huésped y se convierten en un problema si no se les trata en forma racional. Se está haciendo una investigación para disponer de un inventario de enfermedades, en el área de influencia de esta estación experimental.

La poliartritis es una infección bacteriana localizada en varias ar-

ticulaciones. Probablemente, las bacterias penetran al sistema a través de una infección umbilical no tratada. Esta condición está cobrando importancia en Carimagua debido a la gran extensión de las áreas en las cuales se realiza la parición de las vacas. Debido a que muchos de los terneros nacidos no son vistos en las primeras 48 horas, la infección puede ocurrir y generalizarse fácilmente. Con este propósito, se establecerá un ensayo limitado con el fin de preparar un producto inmunizante, el cual se suministrará a las vacas para ayudar a sus terneros a superar la infección, cuando la adquieran.

Se siguen programas rutinarios de vacunación contra la brucelosis, la aftosa, la pierna negra y la septicemia hemorrágica, los cuales se deben adaptar a las prácticas de manejo del hato.

Los parásitos internos interfieren con el crecimiento normal y el comportamiento del ganado de carne. Sin embargo, el control de parásitos debe hacerse racionalmente para asegurar una utilización económica de los recursos disponibles. Los cambios estacionales en el contenido de parásitos de los terneros en el área de Carimagua, se determinarán por medio de un bioclimatograma, en el cual se compara el nivel de parasitismo con algunos datos climatológicos, como temperatura, precipitación y evapotranspiración potencial. Para hacer este tipo de análisis se seleccionaron 50 terneros nacidos durante la estación lluviosa y se seleccionarán 50 animales más entre los que nazcan durante la época seca. Luego, se establecerá una comparación entre el nivel de parasitismo y el estado nutricional determinado por el peso y por algunos parámetros sanguíneos.

EVALUACION DEL AREA DE IMPACTO

Se está haciendo un inventario de las enfermedades bovinas del área de impacto del Programa de Ganado de Carne. Las

Programa de Ganado de Carne

bases para el análisis de la información obtenida serán reunidas por el proyecto de evaluación del área de impacto del Programa.

Equipos locales de científicos reunirán información y también, cuando ello sea posible, muestras de laboratorio para hacer análisis. También se están haciendo contactos con profesionales de instituciones nacionales a fin de obtener descripciones que sean tan completas como fuese posible. Aun cuando la información inicial no debe necesariamente ser cuantitativa, se espera obtener información que tenga precisión suficiente sobre las causas de la mortalidad de los terneros, las enfermedades reproductivas y el parasitismo interno.

Este trabajo se inició en Brasil, a través de EMBRAPA y con la colaboración del personal del Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados (CPAC), en Brasilia, y el Centro Nacional de Pesquisa do Gado de Corte, en Mato Grosso. La recolección de información se inició también en Paraguay, con la colaboración del Centro de Diagnóstico del Ministerio de Agricultura. Las muestras de suero sanguíneo, para el examen de problemas reproductivos, procedentes de los tres lugares mencionados, serán analizadas en los laboratorios del CIAT. Otros exámenes se harán localmente.

INTERACCIONES ENFERMEDADES/ NUTRICION

En grandes extensiones del trópico, los principales problemas de Salud Animal están relacionados con enfermedades mortales, tales como la tripanosomiasis transmitida por la mosca tsetzé, rinderpest, teileriasis y pleuroneumonía bovina contagiosa. Sin embargo, en los países de América Latina, el sinergismo entre la desnutrición y la enfermedad es probablemente el principal factor que influye en la productividad del ganado.

Los estudios epidemiológicos, las investigaciones clínicas y los experimentos de laboratorio han demostrado claramente que la desnutrición y las enfermedades infecciosas se agravan mutuamente y que combinadas, pueden producir consecuencias más serias para el animal que las que se esperaría de la suma de los efectos independientes. En medicina veterinaria, la relación entre la nutrición y el manejo animal con las enfermedades que afectan la producción es notable en los países tropicales, en donde el pastoreo y la producción de los cultivos dependen de las lluvias estacionales.

Por un año, se realizó en Carimagua un experimento con los nueve hatos Cebú de vacas para cría, del ensayo sobre Sistemas de Hato. El objetivo fue la evaluación de la utilidad de los parámetros sanguíneos en la identificación de situaciones anormales que, en los animales bovinos, están sujetos a un estrés climático severo, a distintas prácticas de manejo y diferentes niveles de utilización de insumos agrícolas.

La mayoría de los parámetros sanguíneos estudiados indicaron que tales situaciones anormales pueden deberse al efecto de la estación climatológica, la suplementación mineral, la suplementación urea-melaza-azufre, la modalidad de destete, las condiciones de reproducción y el tipo de forraje suministrado.

Los parámetros sanguíneos afectados por la estación, en hatos que recibieron suplementación de sal y/o minerales (Grupo I) fueron: hematocrito, glucosa en el suero sanguíneo, urea, fosfato inorgánico, calcio, magnesio, sodio, potasio, proteína total, globulina, hemoglobina, peso y aumento de peso ($P < 0,01$); la albúmina fue el parámetro menos variable ($P < 0,05$); los parámetros más variables, afectados por la suplementación mineral, fueron: urea sérica, fosfato inorgánico, proteína total y peso ($P < 0,01$); el magnesio serológico y la globulina fueron los menos variables ($P < 0,05$). Para la suplementación con urea-melaza-azufre,

los parámetros más variables fueron: hematocrito, urea sérica, calcio, sodio, fosfato inorgánico, hemoglobina y peso ($P < 0,01$); la albúmina fue el parámetro menos variable ($P < 0,05$). Para el tipo de destete, la albúmina serológica y el peso fueron los más variables ($P < 0,01$); globulina fue el menos variable ($P < 0,05$). Para la condición reproductiva, los más variables fueron: hematocrito, suero, fosfato inorgánico, albúmina, hemoglobina, peso y aumento de peso ($P < 0,01$); glucosa fue el menos variables ($P < 0,05$) (Cuadro 50).

Los parámetros sanguíneos afectados por la estación climatológica en el Grupo II (Hatos 4, 5, 6, 7, 8, 9) se pueden observar en el Cuadro 51. Ellos fueron: hematocrito, glucosa serológica, urea, fosfato inorgánico, calcio, magnesio, sodio, potasio, proteína total, albúmina, globulina, hemoglobina, peso y aumento de peso ($P < 0,01$). Los más variables, afectados por los tratamientos relacionados con el forraje, fueron: glucosa serológica, urea, fosfato inorgánico, calcio, magnesio, sodio, proteína total, albúmina, globulina y peso ($P < 0,01$); potasio fue el menos variable ($P < 0,05$). Para la suplementación con urea-melaza-azufre, los más variables fueron: sodio serológico y peso ($P < 0,01$); glucosa y albúmina fueron los menos variables ($P < 0,05$). Para el tipo de destete, los más variables fueron: albúmina serológica, globulina, peso y aumento de peso ($P < 0,01$); proteína total fue el menos variable ($P < 0,05$). Para la condición reproductiva, los más variables fueron: hematocrito, fosfato inorgánico serológico, potasio, proteína total, albúmina, hemoglobina, peso y aumento de peso ($P < 0,01$); glucosa y sodio fueron los menos variables ($P < 0,05$).

Los mayores coeficientes de correlación, en orden decreciente para todos los pares posibles de parámetros sanguíneos y de producción (Cuadro 52), se encontraron entre la proteína total y la globulina (0,91), hematocrito y hemoglobina (0,80), peso y hemoglobina (0,44), potasio y sodio (0,44),

Cuadro 30. Efecto de las períodos estacionales, suplementación, mineral, suplementación urea-melaza-sulfate, tipo de dietete, condiciones reproductivas en los parámetros sanguíneos, peso y aumento de peso del ganado de carne en el Grupo I (datos 2, 3, 4 y 5), Junio de 1976 a mayo de 1977.

Tratamiento	Etno	Año	Período estacional	No. de vacas	Parámetros sanguíneos													Hemoglobina (g/100 ml)	Peso (kg)	Aumento de peso (kg)
					Hemato crito (%)	Glucosa (mg/100 ml)	Urea (mg/100 ml)	P (mg/100 ml)	Ca (mg/100 ml)	Mg (mg/100 ml)	Na (mEq/litro)	K (mEq/litro)	Proteínas totales (g/100 ml)	Albuminas (g/100 ml)	Globulinas (g/100 ml)					
Ternero	1	1976	1	52	40.29	71.96	26.35	3.09	10.70	2.37	138.60	5.68	8.22	2.56	5.66	14.38	317.87	-0.75		
	1	1976	2	50	41.54	65.60	21.17	6.64	10.66	2.98	178.28	7.18	7.84	2.49	5.34	13.94	319.02	3.58		
	1	1977	3	49	39.08	82.30	29.16	5.85	9.12	2.70	144.23	4.16	7.84	2.98	5.29	13.14	282.76	-28.96		
	1	1977	4	24	41.17	77.60	36.56	5.07	13.11	2.69	151.11	3.85	8.15	2.61	5.50	13.72	306.79	43.08		
Periodo estacional																				
Comienzo de la época de lluvias 2,3,4,5																				
Final de la época de lluvias 2,3,4,5																				
Época seca 2,3,4,5																				
Comienzo de la época de lluvias 2,3,4,5																				
Minerales																				
Sal	2,3	1976-77	1-4	427	40.05	77.86	32.09	4.50	10.00	2.43	150.23	5.17	7.77	2.61	5.16	14.12	315.78	1.78		
Sal + minerales	4,5	1976-77	1-4	450	39.66	74.84	26.67	5.39	10.11	2.57	148.11	5.09	7.97	2.63	5.34	13.69	339.88	3.53		
Suplemento (estación seca)																				
Ninguno																				
Urea + melaza	3,5	1976-77	1-4	432	39.28	75.85	27.64	5.22	9.92	2.50	146.11	5.18	7.87	2.61	5.25	13.68	320.04	1.36		
Urea + melaza	2,4	1976-77	1-4	445	40.40	76.75	30.93	4.70	10.19	2.51	152.08	5.08	7.87	2.62	5.25	14.11	336.13	3.96		
Dietete																				
Normal	2,3,4,5	1976-77	1-4	739	39.60	76.79	29.76	4.96	10.07	2.50	149.07	5.14	7.86	2.63	5.22	13.84	327.16	2.82		
Preoz	2,3,4,5	1976-77	1-4	138	41.17	73.74	26.87	4.97	9.99	2.52	149.48	5.06	7.95	2.56	5.39	14.21	333.80	1.91		
Condiciones reproductivas del hato de control																				
Lactante-pretalada	1	1976-77	1-4	76	41.98	73.31	26.88	5.57	10.75	2.76	150.61	5.29	8.05	2.61	5.43	14.37	324.76	5.39		
Seca-pretalada	1	1976-77	1-4	36	36.89	72.10	29.44	4.40	10.45	2.61	155.50	5.29	7.60	2.38	5.28	12.72	277.11	-11.78		
Lactante-vieja	1	1976-77	1-4	63	40.98	75.39	28.39	5.07	10.46	2.63	155.91	5.67	8.14	2.59	5.55	13.78	302.22	-3.67		
Seca-vieja	1	1976-77	1-4	121	40.81	84.82	29.41	4.84	9.97	2.36	148.20	5.09	7.70	2.60	5.10	14.46	317.87	6.69		
Condiciones reproductivas del hato de control																				
Lactante-pretalada	2,3,4,5	1976-77	1-4	36	37.75	77.02	31.68	4.54	10.54	2.61	147.18	5.08	8.08	2.75	5.35	13.11	317.78	9.44		
Seca-pretalada	2,3,4,5	1976-77	1-4	415	41.74	74.00	27.94	5.40	10.05	2.51	149.07	5.14	7.96	2.66	5.29	14.50	348.85	14.29		
Lactante-vieja	2,3,4,5	1976-77	1-4	315	37.15	75.99	30.85	4.45	10.04	2.54	149.83	5.14	7.80	2.56	5.24	12.96	304.08	-15.52		
Seca-vieja	2,3,4,5	1976-77	1-4	121	40.81	84.82	29.41	4.84	9.97	2.36	148.20	5.09	7.70	2.60	5.10	14.46	317.87	6.69		

1. De enero a abril, 1977.

Cuadro 51. Efecto de los períodos estacionales, tipo de paderza, suplementación urea-melaza-azufre, tipo de dietete y condiciones reproductivas en los parámetros sanguíneos, peso y aumento de peso del ganado de carne en el grupo II (datos 4,5,6,7,8 y 9) Junio de 1976 a mayo de 1977.

Tratamiento	Hato	Año	Período estacional	No. de vacas	Parámetros sanguíneos											Hemoglobina (g/100 ml)	Peso (kg)	Aumento de peso (kg)
					Hemato crítico (%)	Glucosa (mg/100 ml)	Urea (mg/100 ml)	P (mg/100 ml)	Ca (mg/100 ml)	Mg (mg/100 ml)	Na (meq/litro)	K (meq/litro)	Proteína total (g/100 ml)	Albumina (g/100 ml)	Globulina (g/100 ml)			
Testigo	1	1976	1	52	40,29	71,96	29,35	3,09	10,70	2,37	138,60	5,68	8,22	2,56	5,66	14,38	317,87	-0,75
	1	1976	2	50	41,54	65,60	21,17	6,64	10,68	2,98	176,28	7,18	7,84	2,49	5,34	13,94	319,02	3,58
	1	1977	3	49	39,08	82,30	29,16	5,85	9,12	2,70	144,23	4,16	7,84	2,38	5,29	13,14	282,76	-28,96
	1	1977	4	24	41,17	77,60	36,56	5,07	13,11	2,69	151,11	3,85	8,15	2,61	5,50	13,72	306,79	43,08
Período estacional																		
Comienzos de la época de lluvias 4,5,6,7,8,9																		
Finales de la época de lluvias 4,5,6,7,8,9																		
Época seca 4,5,6,7,8,9																		
Comienzos de la época de lluvias 4,5,6,7,8,9																		
Praderas¹																		
Pradera nativa																		
Pradera nativa + minerales																		
<i>M. minutiflora</i>																		
Suplemento (estación seca)²																		
Ninguno																		
Urea + melaza																		
Dietete																		
Normal																		
Precoz																		
Condiciones reproductivas del hato de control																		
Lactante-pañada																		
Seca-pañada																		
Lactante-vaca																		
Seca-vaca																		
Condiciones reproductivas del hato de control																		
Lactante-pañada																		
Seca-pañada																		
Lactante-vaca																		
Seca-vaca																		

¹ LSD, entre valores promedio a nivel 0,01 y 0,05.

² De enero a abril, 1977.

Cuadro 52. Coeficiente de correlación de Pearson para todos los pares posibles de parámetros sanguíneos y de producción¹.

	Glucosa	Urea	Albumina	Globulina	Proteína total	Hemoglobina	Hemato- crito	P	Ca	Mg	Na	K	Peso	Aumento de peso
Glucosa	1,00													
Urea	0,00	1,00												
Albumina	0,02	0,19	1,00											
Globulina	0,05	-0,03	-0,07	1,00										
Proteína total	0,06	0,04	0,31	0,91	1,00									
Hemoglobina	0,02	-0,06	0,19	0,22	0,28	1,00								
Hematocrito	0,09	-0,19	0,12	0,30	0,33	0,80	1,00							
P	-0,04	-0,23	-0,08	-0,08	-0,10	-0,07	0,05	1,00						
Ca	0,05	0,07	0,11	0,17	0,20	0,14	0,12	-0,14	1,00					
Mg	-0,05	0,08	0,16	0,04	0,10	0,02	0,14	0,05	0,38	1,00				
Na	-0,02	0,12	0,02	-0,01	-0,00	-0,03	-0,05	0,07	0,12	0,15	1,00			
K	-0,17	-0,05	-0,03	0,09	0,07	0,15	-0,02	-0,01	0,00	-0,05	0,44	1,00		
Peso	-0,13	-0,03	0,21	0,22	0,28	0,44	0,41	0,02	0,06	0,10	0,01	0,13	1,00	
Aumento de peso	0,03	0,14	0,24	0,08	0,17	0,16	0,06	-0,00	0,18	-0,04	0,02	0,12	0,32	1,00

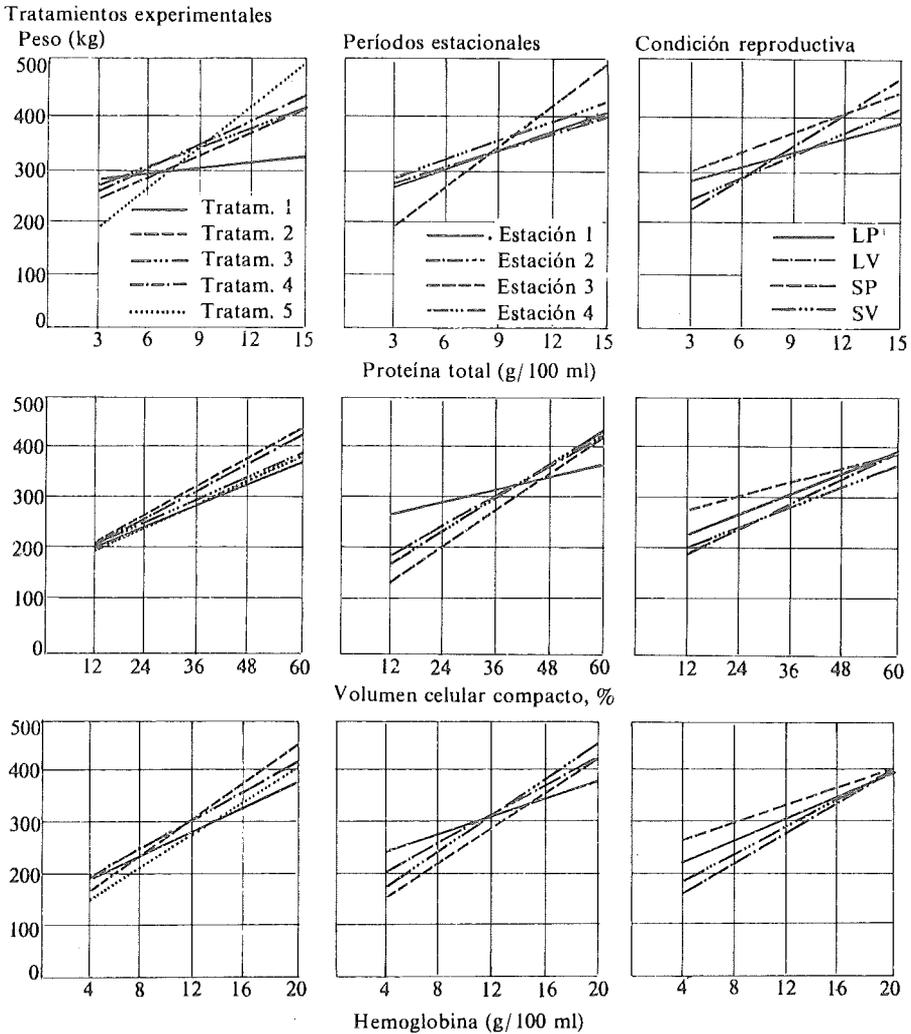
¹ Las correlaciones > 0,26 se han encontrado significativas ($P < 0,01$) debido a la alta variabilidad observada en los valores de los parámetros experimentales.

peso y hematocrito (0,41), magnesio y calcio (0,38), hematocrito y proteína total (0,33) aumento de peso y peso (0,32), proteína total y albúmina (0,31) hematocrito y globulina (0,30), peso y proteína total (0,28) hemoglobina y proteína total (0,28).

De doce parámetros estudiados, tres fueron afectados por el peso—proteína total serológica, hematocrito y

hemoglobina. Las concentraciones de estos tres parámetros aumentaron con el peso ($P < 0,01$) (Figura 61).

Las variaciones estacionales de los parámetros sanguíneos y el peso con relación a la condición reproductiva (Hatos 1 a 9), mostraron que las mayores concentraciones de valores promedio serológicos para el fosfato inorgánico, proteína total, hematocrito, hemoglobina



¹ LP = lactante - preñada; LV = lactante - vacía; SP = Seca - preñada; SV = seca - vacía

Figura 61. Gráficas con distribución horizontal de datos sobre proteína total, hematocrito y hemoglobina y con distribución vertical sobre tratamientos experimentales, periodos estacionales y condición reproductiva, para 282 vacas (hatos 1 a 9) agrupados por peso.

y peso, durante las estaciones 1 a 4, correspondieron en el ciclo de vida de la vaca a la condición seca preñada (Figuras 62, 63 y 64). La condición lactante-preñada presentó las mayores concentraciones de valores promedios serológicos para albúmina, urea, calcio y magnesio. La

condición seca-vacía presentó las concentraciones de valores promedios de mayor magnitud para globulina, sodio, potasio y glucosa.

Las menores concentraciones de valores promedios serológicos para proteína total,

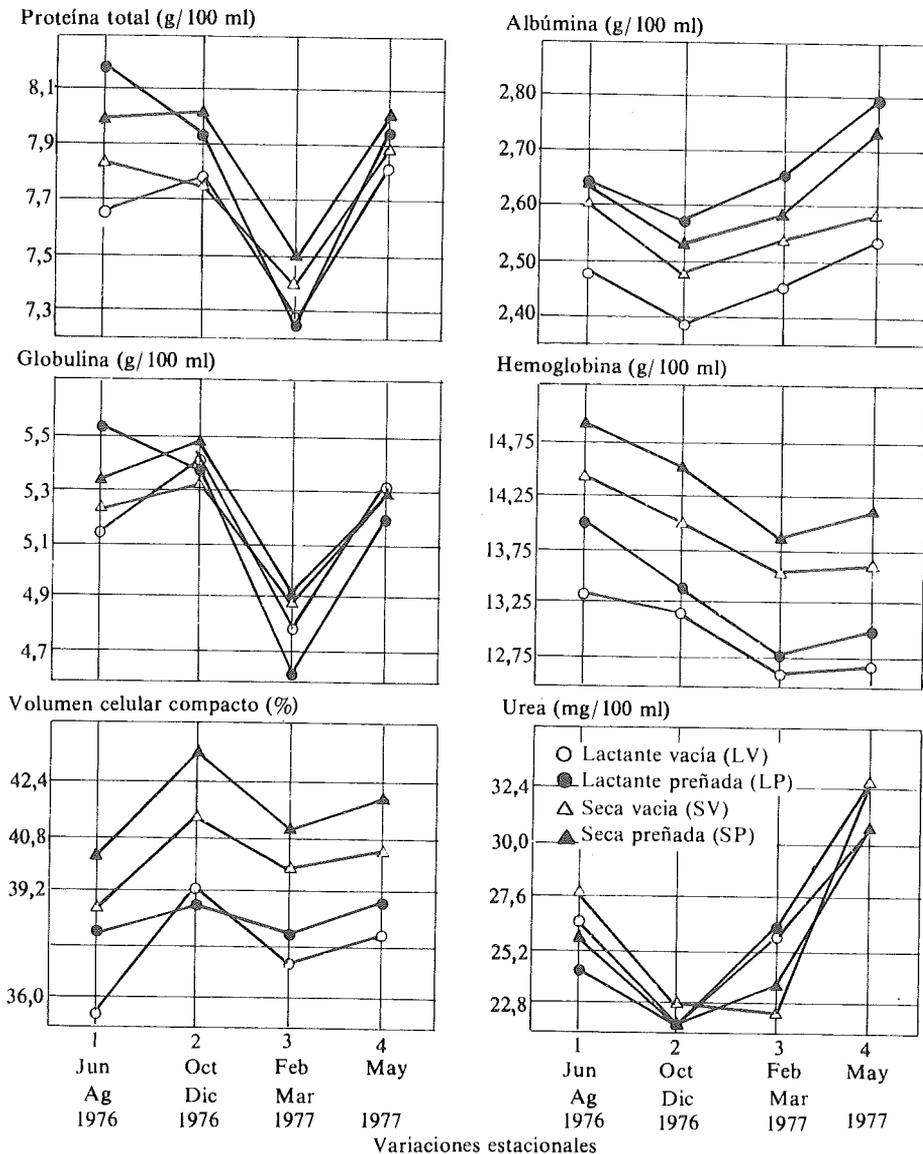
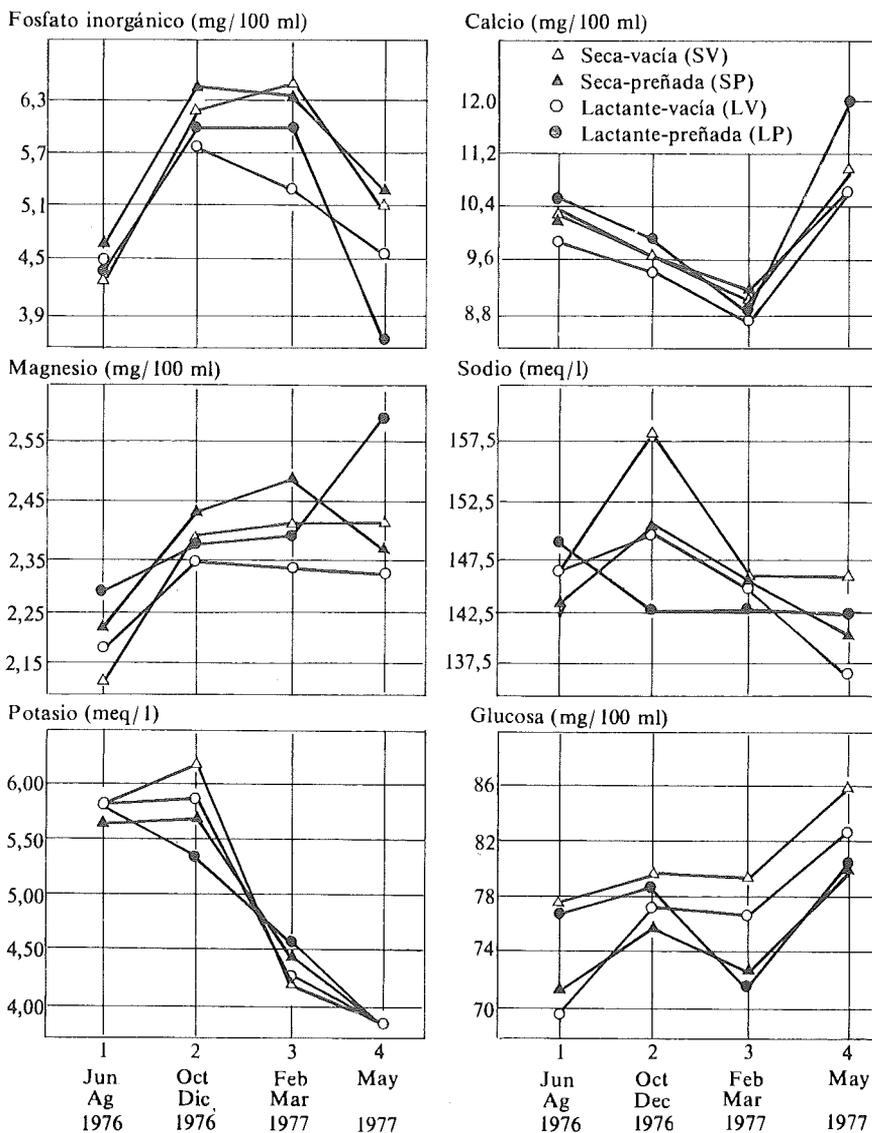


Figura 62. Variaciones estacionales de la proteína total del suero, albúmina, globulina, hemoglobina, hematocrito y urea, con base en cuatro condiciones reproductivas, de 282 vacas de carne (hatos 1 a 9)



Variaciones estacionales

Figura 63. Variaciones estacionales del fosfato inorgánico, calcio, magnesio, sodio, potasio y glucosa del suero sanguíneo, con relación a las condiciones reproductivas de 282 vacas de carne (hatos 1 a 9).

hematocrito, hemoglobina, albúmina, sodio, calcio, magnesio y peso correspondieron a la condición lactante-vacía. Las menores concentraciones de valores promedio serológicos para glucosa, potasio y urea correspondieron a la condición secca-preñada. La condición lactante-preñada presentó las menores

concentraciones de valores promedio serológicos para fosfato inorgánico y globulina.

Las variaciones estacionales de los parámetros sanguíneos y peso, con relación al tipo de destete (Hatos 1 a 9) mostraron que las mayores concen-

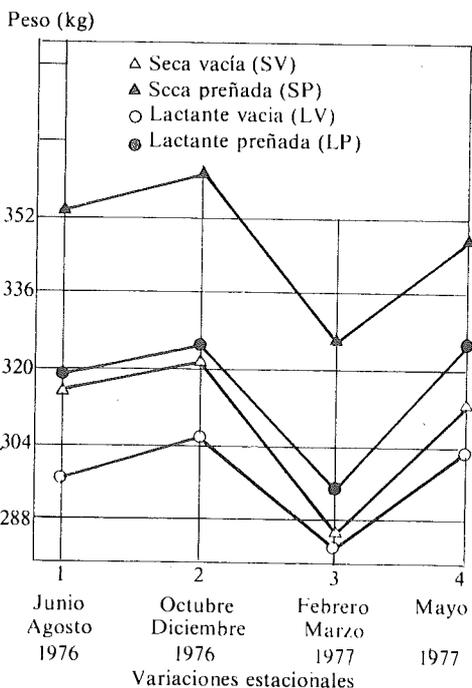


Figura 64. Variaciones estacionales en el peso de 282 vacas de carne, con relación a la condición reproductiva (hatos 1 a 9).

traciones de valores promedios serológicos para hematocrito, proteína total, globulina, hemoglobina y peso, correspondieron a vacas de destete precoz durante la última parte de la estación lluviosa de 1976. (Cuadro 53). Los mayores valores promedio para la urea serológica, calcio y albúmina correspondieron a las vacas de destete normal, durante la última parte de la estación lluviosa de 1977. Los mayores valores promedio para el sodio serológico y el potasio serológico correspondieron a las vacas de destete normal, durante la última parte de la estación lluviosa de 1976. Los mayores valores promedio para el magnesio serológico correspondieron a las vacas de destete normal, durante la estación seca de 1977. Los mayores valores promedio para el fosfato inorgánico serológico y glucosa correspondieron a las vacas de destete precoz, durante la estación seca y a principios de la estación lluviosa de 1977, respectivamente.

Los menores valores promedio serológicos para el calcio, proteína total, globulina, hemoglobina y peso correspondieron a las vacas de destete normal durante la estación seca de 1977. Los menores valores promedio para el fosfato inorgánico serológico y hematocrito correspondieron a las vacas de destete normal durante la primera parte de la estación lluviosa de 1976. Los menores valores promedio para la glucosa serológica y magnesio, urea y albúmina, sodio y potasio correspondieron a la primera y última partes de 1976 y a la primera parte de la estación lluviosa de 1977, respectivamente.

El Hato 1 (testigo-negativo) no se incluyó en el análisis estadístico general. Sin embargo, los mayores valores promedio para hematocrito, fosfato inorgánico serológico, magnesio, sodio, potasio y peso, correspondieron a la última parte de la estación lluviosa de 1976. Los mayores valores promedio para urea serológica, calcio, albúmina y aumento de peso correspondieron a la primera parte de la estación lluviosa de 1977. Los mayores valores promedio para proteína total, globulina y hemoglobina correspondieron a la primera parte de la época lluviosa de 1976. Los mayores valores promedio para la glucosa serológica correspondieron a la estación seca de 1977.

Los menores valores promedio para hematocrito, calcio serológico, globulina, hemoglobina, peso y aumento de peso, correspondieron a la época seca de 1977. Los menores valores promedio para la glucosa, urea, proteína total y albúmina correspondieron a la última parte de la época de lluvia de 1976. Los menores valores promedio serológicos de fosfato inorgánico, magnesio y sodio correspondieron a la primera época de la estación lluviosa de 1976. El potasio serológico presentó el valor más bajo a principios de la época de lluvia de 1976.

La condición lactante-preñada no se presentó durante el experimento. Los

Cuadro 53. Variaciones estacionales de los parámetros sanguíneos y del peso con relación al tipo de destete (batos 1 a 9), Junio 1976 a mayo 1977.

Tipo de destete	Periodo estacional	Año	No. de vacas	Hemato- crito (%)	Glucosa (mg/100 ml)	Urea (mg/100 ml)	P (mg/100 ml)	Ca (mg/100 ml)	Mg (mg/100 ml)	Na (meq/litro)	K (meq/litro)	Parámetros sanguíneos				Peso (kg)
												Total proteína (g/100 ml)	Albúmina (g/100 ml)	Globulina (g/100 ml)	Hemoglobina (g/100 ml)	
Normal	Comienzo de la estación lluviosa	1976	592	38,10	71,87	26,69	4,48	10,29	2,19	144,70	5,86	7,85	2,59	5,26	14,20	322,17
	Final de la estación lluviosa	1976	593	41,40	77,29	21,73	6,19	9,75	2,41	151,34	5,91	7,88	2,49	5,39	13,91	333,80
Normal	Estación seca	1977	583	39,15	75,26	24,69	5,95	9,05	2,43	144,63	4,39	7,38	2,55	4,83	13,21	300,97
Normal	Comienzo de la estación lluviosa	1977	287	39,67	81,63	31,17	4,83	10,80	2,37	139,14	3,79	7,92	2,65	5,27	13,31	320,62
Precoz	Comienzo de la estación lluviosa	1976	99	38,49	70,40	23,25	4,59	10,21	2,14	142,63	5,61	7,89	2,52	5,37	14,23	341,89
Precoz	Final de la estación lluviosa	1976	100	42,68	77,03	20,62	6,12	9,47	2,32	150,34	5,79	8,13	2,46	5,69	14,32	352,20
Precoz	Estación seca	1977	98	41,20	71,08	22,09	6,28	9,15	2,42	145,98	4,32	7,39	2,48	4,91	13,95	325,60
Precoz	Comienzo de la estación lluviosa	1977	50	40,33	84,69	30,19	4,95	10,25	2,28	138,69	3,69	8,01	2,60	5,41	13,51	334,83

mayores valores promedio para hematocrito, fosfato inorgánico, calcio, magnesio, albúmina, hemoglobina, peso y aumento de peso, correspondieron a la condición seca-preñada. Los mayores valores promedio serológicos para la glucosa, sodio, potasio, proteína total y globulina, correspondieron a la coincidencia seca-vacía. Los mayores valores para urea serológica correspondieron a la condición lactante-vacía.

Los menores valores promedio para hematocrito, glucosa, fosfato inorgánico, calcio, magnesio, potasio, proteína total, albúmina, globulina, hemoglobina, peso y ganancia de peso, correspondieron a la condición seca-preñada.

Los datos químicos del suelo (Cuadro 54) mostraron un bajo pH que corresponde a la naturaleza ácida del suelo, con un contenido mediano de materia orgánicas. Los minerales intercambiables (calcio, magnesio, potasio y sodio) fueron bajos, así como el contenido de fósforo disponible. El porcentaje de saturación de aluminio fue alto y es una característica común de los suelos del Llano, en general.

La información sobre la composición química de las especies forrajeras (Cuadro 55) mostró que los contenidos de fósforo y calcio de *M. minutiflora* fueron mayores que los de las especies nativas, a través de las estaciones. El contenido de magnesio fue similar en ambos tipos de praderas. El contenido de nitrógeno de la gramínea nativa fue el más bajo, a finales de la época de lluvia de 1976 y a principios de la época seca de 1977. Las mismas épocas presentaron los mayores valores de nitrógeno para *M. minutiflora*.

La gramínea nativa presentó los mayores valores de nitrógeno en los períodos correspondientes a la última parte de la estación seca y a principios de la estación de lluvia de 1977; éstas también presentaron los menores valores del mismo elemento para *M. minutiflora*.

La interpretación de estos resultados preliminares debe realizarse con cautela, ya que se requiere hacer muchas más evaluaciones. Sin embargo, se ha establecido que los parámetros sanguíneos de las vacas de cría Cebú, que pastorean en suelos ácidos, fueron afectados en orden decreciente de importancia por la estación, el tipo de pradera, la condición reproductiva, la suplementación mineral, la suplementación urea-melaza-azufre y el tipo de destete. Para todos los doce parámetros estudiados, se evidenció el hecho de que los patrones estacionales eran claros, definitivos, incluyendo los parámetros de producción peso y aumento de peso. Los mayores valores promedio correspondieron a las épocas de lluvia y los menores, a la época seca.

Fue evidente la relación directa del contenido de fósforo de la pradera y el contenido de fósforo de la sangre. Los animales en *M. minutiflora* presentaron las mayores concentraciones sanguíneas, seguidos por los que pastoreaban especies nativas + *M. minutiflora* y gramíneas nativas solamente. Esto puede explicar en parte el mayor número de fracturas óseas que se presentó en los animales que pastoreaban gramínea nativa solamente (Hatos 1 a 4), de 1974 a 1977. También, sugiere la ventaja de establecer una gramínea mejorada, eficiente en cuanto a absorción de fósforo, en suelos ácidos.

El bajo contenido de fósforo de estos suelos tropicales y de las gramíneas nativas, también conduce a la condición denominada "pica" o apetito desmedido, la cual predispone a los animales al botulismo, una condición tóxica que, sin lugar a duda, produjo la muerte a varios animales en este año, en las inmediaciones de la Estación experimental de Carimagua.

La quema de la gramínea nativa aumentó el contenido de fósforo, como lo observó Lebdoosekojo en 1976. Sin embargo, los análisis químicos demostraron que *M. minutiflora* invariablemente pre-

Cuadro 54. Datos químicos promedio de los suelos de las praderas de los Hatos Experimentales 1 a 9. Junio 1976 a mayo 1977.

Tipo de Hato pradera	pH	Materia orgánica (%)	P disponible Bray II (ppm)	Cationes intercambiables					CIC (meq/100g)	Satur. Al (%)	Cationes disponibles			
				Al 100g	Ca 100g	Mg 100g	K 100g	Na 100g			Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)
1 Nativa	4,9	3,6	1,7	2,3	0,10	0,07	0,06	0,09	9,1	88	0,58	1,9	0,75	34
2 Nativa	4,8	4,2	2,7	2,3	0,09	0,07	0,06	0,06	9,1	89	0,69	1,8	0,38	45
3 Nativa	4,6	4,4	1,8	2,8	0,14	0,10	0,07	0,06	9,4	88	0,61	5,4	0,55	59
4 Nativa	4,7	4,1	0,9	3,2	0,18	0,12	0,09	0,06	11,0	88	0,67	6,8	0,56	45
5 Nativa	4,8	4,2	1,9	2,7	0,10	0,08	0,07	0,06	9,2	90	0,63	3,7	0,46	45
6 Nativa	4,7	4,1	1,5	3,2	0,17	0,09	0,09	0,06	11,2	89	0,54	4,6	0,54	42
7 Nativa	4,8	3,8	0,9	3,1	0,16	0,12	0,10	0,07	10,7	87	0,53	4,1	0,55	44
6 <i>M. minutiflora</i>	4,7	4,2	1,8	3,1	0,44	0,17	0,14	0,07	11,8	79	0,61	5,7	0,62	37
7 <i>M. minutiflora</i>	4,9	3,1	1,3	2,2	0,28	0,10	0,08	0,05	7,8	81	0,55	4,2	0,50	49
8 <i>M. minutiflora</i>	4,8	3,8	2,0	2,9	0,51	0,16	0,11	0,05	11,0	78	0,68	7,0	0,64	65
9 <i>M. minutiflora</i>	4,9	3,4	1,4	2,4	0,36	0,13	0,11	0,04	8,8	79	0,54	4,5	0,54	61

Cuadro 55. Variaciones estacionales de nitrógeno, fósforo, calcio y magnesio en pradera nativa y en *M. minutiflora*¹.

Tipo de pradera	Periodo de toma de muestra	Año	Mes	No. observaciones	N (%)	P (%)	Ca (%)	Mg (%)
Sabana nativa								
	Final época de lluvia	1976	Diciembre	5	0,53	0,04	0,14	0,12
	Comienzo época seca	1977	Febrero	7	0,40	0,02	0,12	0,10
	Final época seca	1977	Marzo	7	0,60	0,04	0,10	0,09
	Comienzo época de lluvia	1977	Mayo	7	0,82	0,06	0,13	0,10
<i>M. minutiflora</i>								
	Final época de lluvia	1976	Diciembre	4	0,58	0,08	0,15	0,12
	Comienzo época seca	1977	Febrero	4	0,50	0,05	0,13	0,10
	Final época seca	1977	Marzo	2	0,48	0,05	0,14	0,09
	Comienzo época lluvia	1977	Mayo	4	0,74	0,07	0,16	0,10

¹ Los valores para todos los nutrimentos se expresan con base en la materia seca.

sentó un contenido mayor de fósforo, a través de las estaciones del año.

Otros parámetros importantes, como calcio serológico, magnesio, sodio, urea, proteína total, albúmina, globulina, hemoglobina, hematocrito y peso, fueron consistentemente mayores en los animales que pastoreaban gramíneas nativas durante la época seca, que en los que pastoreaban especies nativas + *M. minutiflora*, y *M. minutiflora* solamente, durante la estación seca. Este hecho refleja, posiblemente, las mejores prácticas de manejo de los animales y de las sabanas nativas, durante esta época crítica, así como la baja resistencia a la sequía de *M. minutiflora*.

La condición física de los bovinos conocida como "secadera" se presentó más frecuentemente en vacas de la condición lactante-vacía que pastoreaban *M. minutiflora*, durante la estación seca (Informe Anual del CIAT, 1976). Los animales en esta condición presentaron consistentemente menos valores promedio de las concentraciones de proteína total, albúmina, globulina, hematocrito, hemoglobina, urea, glucosa, magnesio, potasio y peso que los animales, en la

misma condición reproductiva, que pastoreaban otras especies. Estos resultados confirman la hipótesis de que el estrés de la lactancia, sin nutrición

Cuadro 56. Valores de los parámetros sanguíneos, peso y aumentos de peso de 282 vacas de cría Cebú de las cuales se tomaron muestras cada dos meses en siete ocasiones. Junio 1976 a mayo 1977.

Parámetros	Promedio	Rango
Hematocrito (%)	39,0	23,0 55,0
Glucosa (mg/100 ml)	102,0	13,9 190,0
Urea (mg/100 ml)	32,2	0,2 64,2
Fosfato inorgánico (mg/100 ml)	9,6	0,9 18,3
Ca (mg/100 ml)	10,5	3,8 17,2
Mg (mg/100 ml)	2,9	1,1 4,7
Na (meq/litro)	141,4	50,1 232,6
K (meq/litro)	8,8	2,1 15,4
Proteína total (g/100 ml)	7,3	4,0 10,5
Albúmina (g/100 ml)	2,6	1,5 3,7
Globulina (g/100 ml)	4,7	1,4 7,9
Hemoglobina (g/100 ml)	14,0	8,4 19,5
Peso (kg)	361,0	180,0 542,0
Ganancia de peso (kg)	- 13,5	-141,0 114,0

adecuada, juega el papel más importante en la aparición de este síndrome, junto con las infecciones secundarias y las enfermedades parasitarias.

La condición denominada hydrallantois (vaca inflada), solamente se presentó en los Hatos 1 a 3, los cuales pastoreaban gramínea nativa sin suplementación mineral. Las concentraciones de valores promedio de fosfato inorgánico serológico y potasio fueron bajas, en los nueve casos

observados. Otros parámetros sanguíneos estudiados estaban dentro de los límites normales.

Se establecieron los valores promedio de los parámetros sanguíneos, peso y aumentos de peso, para 282 vacas Cebú de cría, en los Llanos (Cuadro 55). Aunque el experimento sobre sistema de hatos fue específico en cuanto a la localidad en la cual se llevó a cabo, estos parámetros podrían servir de base para el desarrollo de futuros trabajos a realizarse.

ECONOMIA

La Sección de Economía del Programa de Ganando de Carne es responsable tanto del análisis microeconómico de los resultados experimentales como del macroanálisis de la industria de ganado de carne en América tropical. Los resultados presentados este año se concentran en: 1) la simulación de sistemas alternativos de producción de ganado en los Llanos colombianos; y 2) los aspectos económicos del control de la fiebre aftosa.

SISTEMAS ALTERNATIVOS DE PRODUCCION DE GANANDO EN LOS LLANOS

Sistemas de cría

Mediante el uso de los resultados preliminares obtenidos en el experimento de sistema de hatos se evaluó, a nivel de finca, la adopción de sistemas alternativos de producción de cría por medio de simulación, para la cual se utilizó el modelo computadorizado de presupuesto-actividades (HATSIM), desarrollado en CIAT. Los tratamientos experimentales, considerados como sistemas alternativos, fueron:

Sistemas 1 y 2: Sistemas tradicionales, con todos los animales pastoreando las especies nativas de la sabana y suplemen-

tación de sal *ad libitum*, con un consumo promedio de 12 kg/año/U.A. de sal (como en los Hatos 2 y 3 del experimento descrito en el Cuadro 35).

Sistemas 3 y 4: Igual que los sistemas 1 y 2 más suplementación *ad libitum* de una mezcla mineral completa, con un consumo promedio de 16 kg/año/U.A. (como en los Hatos 4 y 5).

Sistemas 5 y 6: Igual que los anteriores con destete de los terneros a los 86 días de edad. Durante un mes se proporciona a los terneros recién destetados 0,75 kg/día de un suplemento calórico-proteínico (20 por ciento de proteína) y pasto imperial (*Axonopus scoparius*) fresco, recién cortado. Durante otros dos meses, se les proporciona 0,5 kg/día del mismo suplemento, pastoreo rotacional en *Paspalum plicatulum* (pasto negro) y una mezcla de *Melinis minutiflora* o *Hyparrhenia rufa*. Después de cumplir los seis meses de edad, los terneros pastorean en especies nativas de la sabana y reciben solamente suplementación mineral. Debido a la localización y condiciones de las praderas utilizadas en los tratamientos de destete precoz del experimento y con el objeto de extrapolar los resultados obtenidos en los experimentos a un nivel de finca, se supuso que tales praderas necesitan riego durante la estación seca. Por

tanto, el costo del equipo de riego a baja escala y los costos asociados de operación y mano de obra se cargan a este tratamiento.

Sistemas 7 y 8: Vacas, toros y terneros no destetados que pastorean en *M. minutiflora* durante la estación lluviosa y en especies nativas de la sabana durante la estación seca; todos los animales reciben un suplemento *ad libitum* de una mezcla mineral, con un consumo promedio de 22 kg/año/U.A. (como en los Hatos 6 y 7).

Sistemas 9 y 10: Igual que los anteriores pero con destete a los 86 días y con el mismo tratamiento de destete precoz que se aplicó en los Sistemas 5 y 6.

Sistema 11: Igual que en el Sistema 7, pero con pastoreo en *Brachiaria decumbens*, durante la época lluviosa, a una capacidad de carga, de 1,7 U.A./ha y en especies nativas de la sabana, durante la estación seca. Se asume que el comportamiento reproductivo y el productivo son los mismos del Sistema 7.

Los sistemas asignados con números impares representan resultados experimentales (promedios de cuatro años, directamente extrapolados a un nivel de finca, con la excepción de los Sistema 1 y 11. En el Sistema 1 se asumió que la mortalidad de terneros es de 15 por ciento, a diferencia del resultado experimental de 26 por ciento, ya que este valor parece sobreestimar las pérdidas reales a nivel de finca. De hecho, aún un 15 por ciento de mortalidad de terneros implica un hato que disminuye con el tiempo.

En los Sistemas asignados con números pares, las tasas de parición y de mortalidad de terneros son valores hipotéticos considerados válidos para el nivel de finca, lo cual se basa en la experiencia de evaluación realizada en los Llanos colombianos y en estimativos preliminares de la varianza experimental obtenidos para el tratamiento correspondiente en el experimento de sistema de hatos.

Los principales parámetros biológicos usados para simular el desarrollo de hatos, en cada sistema, se presentan en el Cuadro 57. Con base en estos parámetros, el mismo hato inicial se desarrolló durante un período de 25 años y se utilizó el flujo de ingreso neto para calcular la tasa interna de retorno de cada sistema, mediante el método de flujo efectivo descontado. Todos los precios correspondieron a los precios promedio, a nivel de finca, durante 1976, los cuales se suponen que fueron constantes durante el año y expresan cifras reales. Debido a que los precios de los insumos así como los precios de la producción (ganado vendido) varían según la distancia a los mercados, la evaluación económica se llevó a cabo para dos áreas: a) de Puerto López a Puerto Gaitán, y b) de Puerto Gaitán a Carimagua. Los precios de los insumos y del ganado vendido fueron corregidos con base en los costos de transporte.

En el Cuadro 58 se resume el comportamiento de todos los sistemas para fincas comerciales de 2500-3000 hectáreas. Los resultados se presentan más adelante, usando como criterio el retorno sobre el capital.

Minerales. Los Sistemas 3 y 4, basados en pastoreo de especies nativas de la sabana con suplementación mineral, son los más rentables entre las alternativas consideradas. Después, les siguen los Sistemas 5 y 6 (los cuales incluyen el destete precoz) y el Sistema 2 (sistema tradicional, con pastoreo en especies nativas suplementado sólo con sal). Una de las razones por las cuales esta práctica no se ha extendido todavía en los Llanos colombianos puede ser la reducción en el ingreso neto que se presenta durante los primeros años después de la implementación, hasta que se vende la cosecha adicional de terneros que se obtuvo.

Destete precoz. No resulta rentable a los costos actuales y bajo el manejo presente (Sistemas 3 y 4 *versus* 5 y 6). Llega a ser una alternativa económica al compararla con el

Cuadro 57. Parámetros usados en sistemas alternativos de producción en el desarrollo de hatos¹.

Sis- tema	Tratamientos			Parámetros					
	Tipo de pasto	Suplementación mineral	Destete	Tasa de parición (%)	Tasa de mortalidad (%)		Tasa de apareamiento (%) ³		
					Terneros ²	Adultos	Años		
							1-2	2-3	3-4
1	Nativo	Sal	normal	46	15	5	0	60	100
2	Nativo	Sal	normal	50	8	5	0	60	100
3	Nativo	Completa	normal	65	12	5	0	90	100
4	Nativo	Completa	normal	65	8	5	0	90	100
5	Nativo	Completa	precoz	87	13	4	0	80	100
6	Nativo	Completa	precoz	77	8	4	0	80	100
7	<i>M. minutiflora</i> + nativo	Completa	normal	64	10	5	10	90	100
8	<i>M. minutiflora</i> + nativo	Completa	normal	60	7	5	10	90	100
9	<i>M. minutiflora</i> + nativo	Completa	precoz	85	8	4	0	90	100
10	<i>M. minutiflora</i> + nativo	Completa	precoz	77	7	4	0	90	100
11	<i>Brachiaria decumbens</i> + nativo	Completa	normal	64	10	5	10	90	100

¹ Otros parámetros, tales como: proporción de toros a vacas (1:20), tasa de descarte de vacas (15%) y toros (20%), y proporción de machos a hembras al nacimiento (50:50), se supone fueron iguales para todos los sistemas.

² Hasta un año de edad.

³ Peso \geq 270 kg.

destete normal, solamente en sistemas intensivos de pastoreo para vacas de cría (Sistemas 7 y 8 *versus* 9 y 10), al aumentar el comportamiento reproductivo y en consecuencia, reduciendo la inversión en establecimiento de praderas por unidad de producción comercial (ventas de novillos). Además de los problemas de manejo que acarrea esta práctica, el destete precoz implica una reducción considerable del ingreso neto, durante los primeros años después de la implementación.

El comportamiento relativamente pobre

de los terneros destetados tempranamente (especialmente, el de aquellos destetados durante la época seca), el alto costo del suplemento calórico-proteínico y de la mano de obra, más el costo del establecimiento y mantenimiento de la pradera mejorada, contribuyen a este resultado, minimizando los beneficios económicos de una mayor cosecha de terneros. Sin embargo, si el apareamiento estacional en el hato de cría puede mejorar el comportamiento de los terneros y al mismo tiempo, reducir los costos de alimentación de los terneros disminuyendo

Cuadro 58. Comportamiento de simulación de sistemas alternativos de producción de ganado de carne en los Llanos de Colombia.

Sistema	Area de pradera mejorada (ha)		Tamaño del hato de cría (vacas)		Inversión inicial ¹ miles de \$US		Ingreso neto anual ¹ / miles de \$US		Tasa de retorno (%)	
	Inicial	Total	Inicial	Final	Pradera	Total ²	Año 4	Año 13	Región A	Región B
1	0	0	190	127	0	90	6,4	5,2	5,5	3,6
2	0	0	190	182	0	90	7,5	7,3	8,1	6,3
3	0	0	190	230	0	91	6,3	10,7	10,0	9,0
4	0	0	190	230	0	91	5,9	10,2	9,8	8,9
5	12	12	190	190	4	97	5,0	10,8	9,1	7,5
6	12	12	190	190	4	97	5,6	7,6	8,4	7,4
7	450	650	190	325	56 (81) ³	147 (172)	6,7	9,6	5,0	3,7
8	450	650	190	325	56 (81)	147 (172)	6,7	9,0	4,6	3,3
9	450	516	190	250	61 (67)	154 (160)	4,2	18,2	6,3	4,8
10	450	516	190	250	61 (67)	154 (160)	4,7	16,0	5,2	4,6
11	100	190	190	325	13 (24)	103 (114)	6,7	9,6	8,5	n,a

¹ Valores correspondientes a la región A.

² Incluye el valor del ganado y las mejoras; no incluye el valor de la tierra.

³ Las cifras entre paréntesis representan valores de inversión que incluyen el área total de las praderas mejoradas.

la necesidad de mantener praderas de buena calidad durante la estación seca, el destete precoz es una práctica que podría convertirse en una alternativa económica para los Llanos colombianos, especialmente en el caso de la adopción extensiva de praderas mejoradas para los hatos de cría.

Utilización de praderas. Los sistemas basados en pastoreo de praderas de *M. minutiflora* durante la época de lluvia (7 y 8), probaron producir solamente la mitad de la rentabilidad en comparación con los

sistemas basados en la utilización de las especies nativas de la sabana (3 y 4), ambos con suplementación mineral. La inversión total casi se duplicó al seguir los sistemas mencionados debido a la baja densidad de carga que permite esta especie (0,5 U.A./ha).

Con una mayor capacidad de carga (1,7 U.A./ha) como es posible obtener en el Sistema 11 (un caso simulado con *B. decumbens*, en el cual se supone que esta especie tiene un comportamiento reproductivo y un potencial productivo

igual al de *M. minutiflora*), aumenta considerablemente el retorno sobre el capital invertido.

Persistencia de praderas y fallas en el establecimiento. En el Cuadro 59 se muestra el efecto de la duración de la pradera sobre el retorno al capital. En los sistemas que utilizan una superficie limitada de pradera mejorada para el destete precoz (como el Sistema 5) la baja persistencia de la pradera tiene un efecto que no es relevante. Sin embargo, cuando el área de pradera mejorada es considerable, los retornos sobre el capital responden sensitivamente a la duración de la pradera (Sistemas 7 y 9).

En el Cuadro 59 se presenta el resultado de un análisis de sensibilidad sobre la persistencia de la pradera y las pérdidas en el establecimiento de la misma. Se consideran dos casos: Sistema 7 y Sistema 9. Para este último se asume un 50 por ciento de reducción en los costos de establecimiento de esta especie forrajera en particular (*M. minutiflora*). Se puede observar que, al reducir los costos de establecimiento sin afectar la capacidad de carga de la pradera, no sólo se aumentan los retornos a la inversión sino que ello también implica una menor sensibilidad de estos retornos a las fallas del establecimiento y al riesgo de persistencia. Esta es una de las razones por las cuales una filosofía de insumos mínimos y la adopción de prác-

ticas, tales como labranza mínima, representan alternativas prometedoras cuando la pradera mejorada es pastoreada por el total del hato de cría. Estas alternativas pueden resultar de menor relevancia cuando se trata de áreas pequeñas, solamente utilizadas para uso estratégico.

Financiación. En Colombia, como en otros países de América Latina, la tasa de interés nominal sobre préstamos es menor que la tasa de inflación. Esto implica financiación bajo condiciones de subsidio. El Cuadro 60 ilustra el efecto de este tipo de incentivo sobre el retorno al capital propio del ganadero. Se presumen las siguientes consideraciones: una tasa inflacionaria esperada del 30 por ciento anual; un 18 por ciento de tasa de interés nominal y cuatro años de gracia, en un préstamo a 12 años. Actualmente, en los Llanos Orientales de Colombia, existen estas condiciones aunque es posible que no prevailezcan a largo plazo. A medida que la proporción de la inversión inicial financiada bajo estas condiciones aumente, también aumenta la rentabilidad de todos los sistemas. Pero, aun con una financiación del 60 por ciento, el Sistema 7 (el cual incluye *M. minutiflora*), no es tan rentable como los Sistemas 2 y 3 (praderas nativas, más suplementación de sal y minerales, respectivamente) sin ninguna financiación. Sin embargo, este no es el caso con el Sistema 11 basado en *B. decumbens*. Con una financiación superior al 30-40 por ciento, bajo condiciones subsidiarias, puede ser más rentable que los Sistemas 2 y 3. Esto podría explicar el por qué tantos ganaderos de los Llanos están adoptando esta gramínea.

Cuadro 59. Tasas porcentuales de retorno de los Sistemas 5, 7 y 9; análisis de sensibilidad con relación a la persistencia de la pradera.

Sistema	Persistencia de la pradera (años)			
	24	12	9	6
5	9,1	9,0	8,9	8,8
7	5,0	2,8	1,3	0 ¹
9	6,3	4,2	2,7	0,9

¹ Valor negativo indeterminado.

Valor de la tierra. Cuando se analiza la rentabilidad de varios sistemas alternativos de producción, cuando ellos son relativamente iguales en cuanto a intensidad del uso de la tierra, el valor de la tierra no se incluye en la cifra de la inversión inicial. La pregunta relevante entonces es: Cuál de los sistemas de

Cuadro 60. Tasas porcentuales de retorno del Sistema 7; análisis de sensibilidad con relación a la persistencia de la pradera y al fracaso del establecimiento de la misma.

Fallas en el establecimiento de la pradera (% de área) ¹	Persistencia de la pradera (años)					
	24		12		9	
	7 ²	7' ²	7	7'	7	7'
0	5,7	7,1	2,8	5,9	1,3	5,0
20	4,4	6,7	2,4	5,5	0,9	4,6
40	4,0	6,3	2,0	5,2	0,6	4,3
60	3,5	6,0	1,7	4,9	0,3	4,0
80	3,2	5,7	1,3	4,6	0,0	3,8

¹ Fallas durante el primer año.

² 7 = costo real; 7' = se asume un 50% de reducción en costos de establecimiento.

producción es más rentable, si se considera que el productor ya ha invertido en tierra?

Sin embargo, al comparar los retornos sobre el capital de una tecnología dada, en dos regiones ecológicamente homogéneas pero en las cuales existe enfrentamiento en cuanto a precios de insumos y producción (debido a la distancia a los mercados), el valor de la tierra se debe incorporar en el análisis, a fin de explicar las diferencias de rentabilidad entre las dos regiones. Si se adopta la misma tecnología en las dos regiones, se espera que los precios de la tierra compensen la diferencia en ren-

tabilidad, debida a los diferentes precios de insumos-producción. Las regiones que están más alejadas del mercado y por tanto, con precios menos favorables, tendrán un menor retorno sobre el capital, cuando no se incluye el valor de la tierra en la cantidad inicial de inversión. Esto explica las diferencias en retornos entre la Región A y la Región B, como se observa en el Cuadro 58. Cuando se comparan los sistemas normales de destete (3 y 7) con los sistemas de destete precoz (5 y 9), las diferencias regionales en el retorno son mayores en el caso de los sistemas que incorporan destete precoz. Esto indica lo

Cuadro 61. Tasas porcentuales de retorno sobre el capital propio del productor en sistemas alternativos que reciben crédito bajo condiciones subsidiadas.

Sistema	Financiamiento porcentual de la inversión inicial				
	0	20	40	60	80
2	8,1	(n.d.) ¹	(n.d.)	(n.d.)	(n.d.)
3	10,0	10,8	(12,8)	(15,1)	(18,8)
7	5,0	5,6	6,3	7,2	(8,8)
7 ²	7,1	7,9	8,9	10,2	(12,0)
11	8,5	9,6	11,0	13,1	(16,8)

¹ Las cifras entre paréntesis representan casos improbables incluidos sólo como ilustración; n.d. = no disponible.

² 7 = se asume un 50% de reducción en costos de establecimiento.

obvio: una tecnología que utiliza mayor cantidad de insumos tiene menores probabilidades de adopción, en regiones más alejadas del mercado que en regiones más próximas al mercado. A fin de lograr una adopción amplia, es preferible que una tecnología dada minimice el uso de insumos no sólo en términos de valor, sino también en términos de volumen.

En el Cuadro 62 se muestra la forma como una tecnología que economiza el uso de la tierra, afecta el retorno total al propio capital del productor (incluyendo el valor de la tierra). Se asumió que el precio real de la tierra aumentó a una tasa anual del 2 por ciento. El área bajo la línea en dicho cuadro representa las situaciones en las cuales el Sistema 11 (*B. decumbens* más minerales) es preferible al Sistema 3 (pradera nativa más minerales) para lo cual se usan como criterio los retornos totales sobre el capital. Esto explica en parte el por qué una tecnología que economiza en cuanto al uso de la tierra (praderas con una alta capacidad de carga) aún bajo condiciones ecológicas similares, es adoptada preferentemente en áreas más próximas al mercado, las cuales poseen un valor más alto de la tierra.

Sistemas de engorde

Con base en resultados experimentales

obtenidos en cuatro años de investigación registrados por la Sección de Utilización de Pastos, se simuló una finca de engorde, con una extensión de 1000 hectáreas y situada en la Región A de los Llanos Orientales de Colombia. Como en los casos anteriores, el análisis económico se hizo con datos correspondientes a un período de 25 años. Se utilizaron los precios de 1976, los cuales se consideraron constantes durante ese año y representaban valores reales. Se utilizó el flujo de ingreso neto para calcular la tasa interna de retorno mediante el método de flujo efectivo descontado.

Se evaluaron cuatro sistemas de engorde: a) pastoreo de *M. minutiflora* durante 270 días, con una capacidad de carga de 0,44 U.A./ha; b) igual que el anterior, pero con una capacidad de carga de 0,88 U.A./ha; c) pastoreo en *B. decumbens* durante un período similar, fertilización con 200 kilogramos de escoria Thomas cada dos años, a una capacidad de carga de 1,3 U.A./ha; y d) igual que el anterior, pero con una capacidad de carga de 1,7 U.A./ha. Los resultados se presentan en el Cuadro 63.

Usando como criterio el retorno sobre el capital (excluyendo el valor de la tierra) aunque el Sistema B rinde mayor producción por hectárea, es menos rentable que el

Cuadro 62. Tasas porcentuales de retorno¹ del Sistema 11: análisis de sensibilidad con respecto al valor de la tierra y financiamiento porcentual de la inversión inicial² bajo condiciones subsidiadas.

Valor de la tierra		Financiamiento porcentual de la inversión inicial				
\$Col./ha	\$US/ha	0	20	40	60	80
0	0	8,5	9,6	11,0	13,1	16,8
500	14	6,5	7,0	7,0	8,5	9,5
.000	28	5,4	5,8	6,2	6,7	7,2
1500	42	4,8	5,1	5,3	5,7	6,0
2000	56	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2

¹ Tasas de retorno sobre el capital propio del productor y sobre la inversión total incluyendo el valor de la tierra.

² Financiamiento de la inversión inicial excluyendo el valor de la tierra.

Cuadro 63. Tasas de retorno de acabado del ganado en praderas mejoradas.

Sistema	Pradera	Capacidad de carga (U.A./ha)	Producción (kg/270 días)		Tasa de retorno (%)
			Por cabeza	Por ha	
A	<i>M. minutiflora</i>	0,44	114	50	7,2
B	<i>M. minutiflora</i>	0,88	76	67	4,8
C	<i>B. decumbens</i>	1,30	103	134	12,1
D	<i>B. decumbens</i>	1,70	80	136	8,0

Sistema A el cual tiene una capacidad de carga menor. Sólo en áreas con precios altos para la tierra, el Sistema B resultaría más rentable que el Sistema A.

El Sistema C es significativamente más rentable que los otros sistemas. Este resultado tiende a confirmar los resultados obtenidos en la simulación del Sistema II con el hato de cría pastando en *Brachiaria*.

Se incluye el Cuadro 64 para ilustrar el tipo de resultados económicos que se podría esperar de diferentes praderas que necesiten diferentes niveles de insumos con distintas frecuencias.

Cada valor en el cuadro representa una especie forrajera diferente la cual requiere la aplicación de una cantidad dada de fertilizante (el cual vale la suma indicada en

la columna vertical respectiva), con una frecuencia dada (como se indica en la columna horizontal), a fin de rendir el mismo nivel de producción por hectárea, con la misma capacidad de carga del Sistema C (Cuadro 63). En la región de Carimagua y a los precios de 1976, las cantidades indicadas en el Cuadro 63 comprarían los volúmenes de nitrógeno o de P₂O₅ que se indican a continuación:

Kg de	En forma de	US \$		
		28	42	56
N	Urea	50	75	100
P ₂ O ₅	Escorias Thomas	67	101	135
	Superfosfato triple	39	58	78

Cuadro 64. Tasas porcentuales del retorno sobre inversión¹ de sistemas de engorde simulados con capacidad de carga y comportamiento animal idénticos, con distintas frecuencias de aplicación de insumos.

Aplicación de insumos cada:	Valor de los insumos			
	0	28	42	56
año	12,1	4,6	1,0	2
2 años	12,1	8,5	6,7	5,0
3 años	12,1	10,2	8,7	7,6
4 años	12,1	10,4	9,7	8,9

¹ Sin incluir el valor de la tierra.

² Retorno negativo.

Siendo otros factores iguales, las praderas que necesitan fertilización frecuente (aún con bajos niveles), son notablemente menos rentables que las que necesitan sólo tasas bajas durante el establecimiento. Las praderas que necesitan la misma fertilización, con una frecuencia mayor, son apreciablemente menos rentables. A fin de compensar tales diferencias en los retornos, se requiere una respuesta animal alta a la fertilización de la pradera.

En consecuencia, parece lógico que, en el caso de la región de Carimagua, las praderas que necesitan fertilización frecuente se transformen en alternativas económicas únicamente en el caso de

pastoreo estratégico solamente con aquellos animales que poseen una capacidad de respuesta bastante grande.

Alternativamente, para los sistemas de pastoreo de la totalidad del hato, en especies forrajeras mejoradas (fincas de engorde o pastoreo del hato de cría completo), los resultados antes mencionados indican claramente la conveniencia de seleccionar especies y variedades basadas en criterios de insumos mínimos y máxima capacidad de carga, lo cual reafirma la necesidad de buscar praderas basadas en el establecimiento de leguminosas.

ASPECTOS ECONOMICOS DE LA FIEBRE AFTOSA

Durante 1977, el estudio sobre el control

de la fiebre aftosa se completó con el análisis de sensibilidad de la vacunación y el estudio de la estrategia de erradicación.

Los análisis de sensibilidad se efectuaron, tanto en la estrategia de vacunación óptima privada como en la social, con relación a los principales parámetros del modelo; los resultados se observaron en el Cuadro 65. Los primeros 12 casos correspondieron a cambios en una de las variables en cada ocasión. El nivel óptimo privado fluctúa entre 60 y 80 por ciento de cubrimiento de la vacunación y el óptimo social varía entre 70 y 90 por ciento.

La brecha entre los óptimos privado y el social se presenta en todos los casos y aumenta con una menor eficiencia de la vacuna, como se observa en el Cuadro 65.

Cuadro 65. Resumen de los resultados del análisis de sensibilidad de las estrategias de vacunación para la fiebre aftosa, en un área endémica.

Caso No.	Variables modificadas	Cambio asumido	Estrategia óptima	
			Privada	Social
1	Probabilidades de brote	20% menor	60	80
2	Igual a 1	20% mayor	80	90
3	Tasas de mortalidad	20% mayor	70	90
4	Igual a 3	20% menor	70	90
5	Tasas de ataque	20% menor	60	80
6	Igual a 5	20% mayor	80	90
7	Eficacia de la vacuna	De 85% hasta 60%	60	90
8	Pérdidas de peso por fiebre aftosa	20% mayor	70	90
9	Igual a 8	20% menor	70	80
10	Pérdida de leche por fiebre aftosa	20% mayor	70	90
11	Igual a 10	20% menor	70	90
12	Costos de vacunación	100% mayor	60	70
13	Combinación de los Nos. 1, 5 y 7.		60	70
14	Igual a 13 más costos de vacunación	20% mayor	50	80
15	Igual a 13 más costos de vacunación	50% mayor	0	70

En el caso 13, se consideraron probabilidades de incidencia y de tasas de ataque 20 por ciento menores, además de una eficiencia menor de la vacuna. Los resultados indican que, aún en el caso de una posible sobreestimación de estos parámetros, los niveles óptimos privado y social de vacunación serían sólo 10 por ciento menores, lo cual indica una estabilidad en los resultados. Por otra parte, si además se subestimaron los costos de vacunación, la solución óptima privada cambia drásticamente (Casos 14 y 15).

La estrategia de erradicación se definió como una secuencia de vacunación masiva, durante un período de cuatro años, seguida por dos años de vacunación combinada con sacrificio. También, a fin de asegurar un estado continuo de ausencia de enfermedad en la región, se consideró una supervisión epidemiológica permanente como componente esencial de esta estrategia.

El raciocinio para esta secuencia es el de que, después de cuatro años de vacunación, se podrá determinar el efecto total de esta actividad; posteriormente, todos los animales que se enfermen y también aquellos con los que estén en contacto serán sacrificados; al mismo tiempo, la vacunación preventiva continuará. Se espera que, después de dos años de sacrificar los animales enfermos, terminarán los brotes de esta enfermedad así como las actividades de vacunación y sacrificio. Sin embargo, la eficiente vigilancia epidemiológica continuará indefinidamente para evitar nuevos y extensos episodios de la enfermedad.

Los beneficios de la erradicación son dos:

- 1) Eliminación de las pérdidas económicas causadas por la enfermedad y
- 2) Aumento en captación de divisas extranjeras adicionales, debido a las diferencias de precios que favorecen a las áreas (o países) sin fiebre

aftosa, si se gana acceso a los mercados en los países libres de la enfermedad.

Se estimó un aumento del 30 por ciento en los precios de exportación de ganado de carne para Colombia, basado en el precio FOB, a largo plazo, pagado por EE.UU. a Costa Rica, país centroamericano que exporta una calidad similar de ganado de carne. Este segundo beneficio constituye un nuevo tipo de percepción externa que sólo podrá ser capturado por un productor (o exportador) si todas las fincas llevan a cabo la estrategia en forma simultánea. Por lo tanto, se consideraron dos casos diferentes: el uno con y el otro sin acceso al mercado de los países sin fiebre aftosa. Se consideraron cubrimientos alternativos de vacunación de 60, 70, 80 y 90 por ciento, como parte del programa de erradicación. Como se observa en el Cuadro 66, el nivel óptimo de vacunación, para un programa de erradicación es del 90 por ciento.

Los beneficios netos del cambio hacia la erradicación se compararon con los beneficios de la continuación de la vacunación con un cubrimiento del 90 por ciento, en forma indefinida (lo cual fue

Cuadro 66. Beneficios sociales netos actuales representados por el cambio hacia la erradicación *versus* la continuación de la vacunación, con relación al nivel de vacunación inicial¹ (expresados en millones de pesos colombianos, a precios de 1975).

Estrategia	Nivel de vacunación (% de cobertura)			
	60	70	80	90
Vacunación continua	2.545	3.063	3.124	3.126
Erradicación ²	-11.425	582	3.857	6.368

¹ Los beneficios netos se descuentan hasta el 50., cuando surge la alternativa del cambio hacia la erradicación, con una tasa de descuento del 10 por ciento.

² Este es el caso A. de acceso al mercado "sin fiebre aftosa". Los valores indican el valor neto actual de los beneficios a partir del año 50., si la primera fase consiste en la cobertura de vacunación que se observa en la columna correspondiente, parte superior.

considerado en el Informe Anual del CIAT, 1976, como la estrategia óptima de vacunación social). Al examinar el Cuadro 66 se observa que, si se concede a la región una condición de "libre-de-enfermedad" por parte de las naciones importadoras, resulta preferible la erradicación de la fiebre aftosa. Cuando no hay garantías de lograr acceso al mercado de países libres de la enfermedad -una vez terminado el ciclo de sacrificio y lograda la erradicación al actual costo de oportunidad de capital del 10 por ciento- la óptima estrategia social de control es todavía del 90 por ciento de cubrimiento de vacunación en la región. Este resultado tendría aún mayor significado para mayores costos de oportunidad de capital. En este último caso, sólo en una situación de abundancia de capital y de costos de oportunidad menores del 5 por ciento, sería la erradicación la estrategia óptima.

En 1977, se llevó a cabo un proyecto cooperativo con ICA para obtener información de campo directa, en la región de Urabá, Antioquia (Costa Norte de Colombia), a fin de validar los resultados de simulación descritos anteriormente. Este proyecto cooperativo tuvo financiación

Cuadro 67. Valor neto actual de los beneficios sociales esperados del cambio hacia la erradicación *versus* la continuación de la vacunación¹ (expresado en millones de pesos colombianos, a precios de 1975).

Estrategia de control	Tasa de descuento social (%)		
	5	10	15
Vacunación (90% de cubrimiento)	6.252	3.126	2.084
Erradicación			
Caso A ²	16.206	6.368	3.289
Caso B ³	6.316	2.241	966

¹ Los beneficios netos se descuentan hasta el año 50, cuando surge la alternativa del cambio hacia la erradicación o la continuación de la vacunación.

² Este caso supone acceso a mercados donde no hay fiebre aftosa. Los resultados se basan en cálculos estimados, asumiendo una elasticidad de precios de oferta igual a cero.

³ Este caso supone acceso a mercados donde no hay fiebre aftosa.

parcial de la Fundación Ford. Se hizo, durante un año, una encuesta en todas las fincas que presentaron brotes de fiebre aftosa. El grupo comprendió 49 fincas de ganado, lo cual equivale al 1,24 por ciento de todas las fincas del área, durante una época en la cual se logró un cubrimiento de vacunación del 90 por ciento en la región. Se obtuvieron datos para parámetros epidemiológicos, pérdidas físicas y costos de vacunación. La información obtenida de la encuesta, más la información proveniente del programa ICA-USDA encargado de la campaña de vacunación contra fiebre aftosa en el área, proporcionó los siguientes resultados:

1) La probabilidad de un brote anual, con cubrimiento del 90 por ciento, fue considerablemente menor que lo esperado. Sin embargo, los datos obtenidos corresponden sólo a los brotes registrados. Se sospecha que, a altos niveles de vacunación, muchos brotes de la enfermedad son tan leves que pasan desapercibidos. Se utilizó esta información para recalculer la incidencia de la enfermedad para todos los niveles de cubrimiento de la vacunación.

2) Las tasas de ataque que se observaron fueron mayores que las esperadas a altos niveles de vacunación, pero estas tasas pueden ser explicadas por el hecho de que el cubrimiento del 90 por ciento en el área había estado en efecto solamente por un año. Por lo tanto, los parámetros correspondientes en el modelo semi-Markov no fueron alterados en los nuevos cálculos.

3) Los agricultores informaron sobre pérdidas de peso de sólo 15 kg/animal para novillos mayores de dos años, en comparación con las pérdidas promedio de 35 kg/animal, observadas en las áreas con bajos niveles de vacunación. Por lo tanto, se han obtenido nuevos estimados con pérdidas físicas expresadas como una función continuamente decreciente del cubrimiento de vacunación regional.

4) Finalmente, aunque el costo

Cuadro 68. Costos y beneficios sociales anuales de la vacunación contra la fiebre aftosa en la región de Urabá, Colombia¹ (expresado en millones de pesos colombianos, a precios de 1976).

Cubrimiento regional de la vacunación (%)	Pérdidas económicas	Beneficios brutos	Costos de vacunación ²	Beneficios netos
0	44,2	0	0	0
10	36,8	7,5	1,8	5,7
20	30,4	13,9	3,6	10,3
30	25,5	18,7	5,3	13,4
40	19,9	24,3	7,1	17,2
50	13,7	30,5	8,9	21,6
60	7,3	36,9	10,6	26,2
70	3,9	40,3	12,4	27,9
80	1,6	42,6	14,2	28,4
90	0,7	43,5	16,0	27,5
100	0,6	43,6	17,7	25,9

¹ Cálculos basados en un hato regional estabilizado de 295.800 cahezas.

² Costo unitario anual de \$60 por cabeza vacunada.

privado de vacunación por cabeza fue muy similar a los estimados previos, el costo público en el área resultó mucho mayor. Durante el año, el costo público anual promedio por cabeza vacunada fue de \$40,50 (pesos colombianos), lo cual dio un costo unitario total por cabeza de \$60,00 a los precios de 1976.

En el Cuadro 68 se presentan los costos y beneficios bajo todas las intensidades de vacunación estimadas para la región de Urabá. A pesar de los mayores costos de vacunación y menores posibilidades de aparición de brotes el cubrimiento óptimo de vacunación, desde el punto de vista social, es de 80 por ciento en comparación con el 90 por ciento proyectado previamente. Esta cifra queda dentro del

rango de resultados previstos por el análisis de sensibilidad descrito anteriormente.

Se está completando una comparación entre la categoría de vacunación que se lleva a cabo actualmente en Urabá y otros programas alternativos de control. Esta aparecerá en un informe adicional.

En 1977 se dio por terminado el estudio de los aspectos económicos de Salud Animal, a través del caso de la fiebre aftosa en el norte de Colombia. La metodología desarrollada en el CIAT se transfirió al ICA, la institución nacional a cargo del control de enfermedades en el campo agropecuario.

ADiestRAMIENTO Y ENSAYOS REGIONALES

A mediados de 1977, llegó un científico para coordinar las actividades de transferencia de tecnología del Programa, las cuales incluyen adiestramiento, ensayos

Programa de Ganado de Carne

regionales y conferencias. El establecimiento de esta unidad implementó la política de integración del desarrollo y la transferencia de tecnología dentro del

Programa de Ganado de Carne. Como sucedió con otras secciones, se dedicó gran parte del tiempo disponible al desarrollo de una estrategia para programar las actividades de acción.

ESTRATEGIA

Los objetivos de la sección son: 1) Desarrollar y fortalecer una red de científicos que trabajen en investigación y producción de forrajes para validar, adoptar y transferir la nueva tecnología desarrollada por el Programa de Ganado de Carne y otras instituciones al área de impacto. 2) Establecer vínculos de cooperación con las instituciones

nacionales para todas las actividades del Programa, especialmente en lo que respecta a los ensayos regionales. De esta manera, las funciones principales de adiestramiento y ensayos regionales adquieren solución de continuidad. A las actividades de adiestramiento seguirán los ensayos regionales, en cooperación con el personal científico del CIAT a fin de asegurar la interacción y garantizar la "retrocomunicación" con el programa de investigación. En la Figura 65 se ilustra esta estrategia.

ADIESTRAMIENTO

En 1977, un grupo de 31 posgraduados

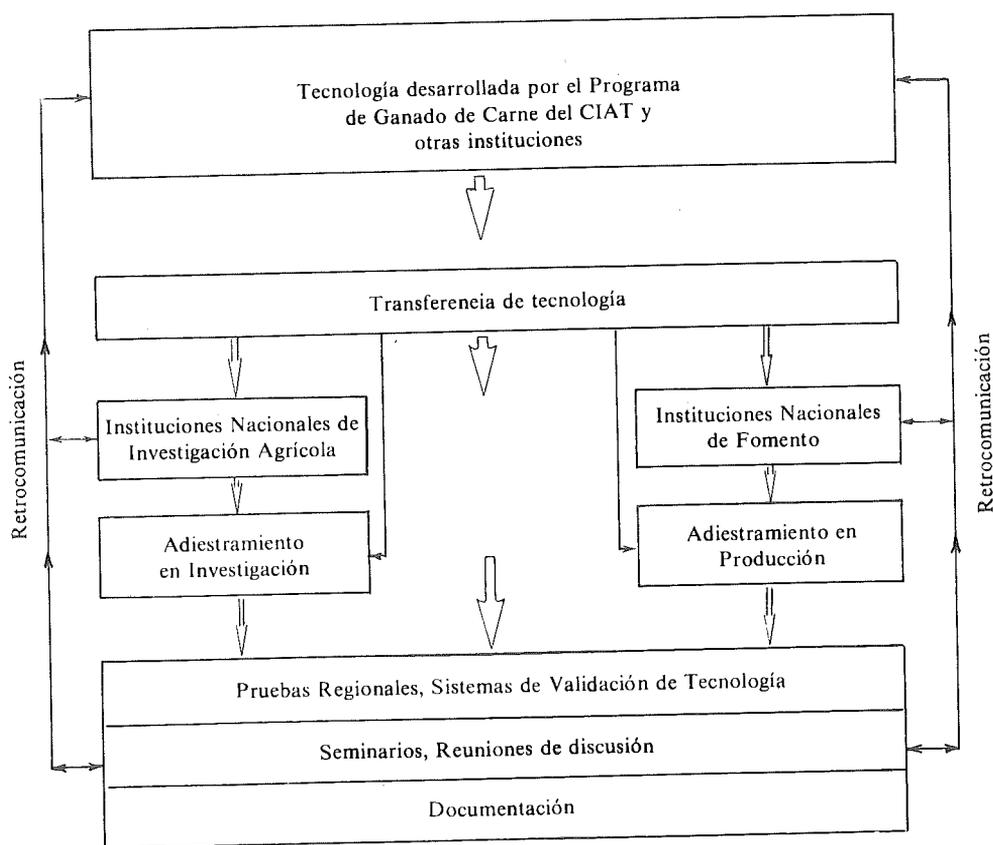


Figura 65. Integración de la investigación, la transferencia de tecnología y el adiestramiento en el Programa de Ganado de Carne del CIAT.

internos recibió adiestramiento individual en pastos y forrajes, manejo animal y salud animal. Estos posgraduados fueron seleccionados de instituciones nacionales en América Latina para brindarles un adiestramiento avanzado y prepararles para asumir responsabilidades de investigación en sus países de origen.

Seis asociados visitantes de investigación están llevando a cabo sus proyectos de estudio dentro de las diferentes disciplinas del Programa de Ganado de Carne, en colaboración con las universidades en las cuales han completado sus requisitos académicos. Estos asociados están haciendo en CIAT sus investigaciones para preparar sus tesis de grado y luego presentarlas en sus respectivas universidades.

El Quinto Programa de Entrenamiento de Especialistas en Producción de Ganado, comenzó en enero de 1977 para un grupo de 19 participantes, 13 de Guatemala, 1 de Honduras, 1 de Panamá, 1 de Colombia y 2 de Bolivia. Los participantes permanecieron tres meses en el CIAT (fase teórica) después de los cuales viajaron a Guatemala (16 de ellos) para recibir adiestramiento en varias fincas, durante siete meses, bajo la supervisión de dos asistentes de adiestramiento del CIAT. El Programa de Desarrollo Ganadero (PRODEGA) financió el programa de adiestramiento en Guatemala.

Durante la fase de adiestramiento en la finca ganadera, se puso énfasis en el establecimiento y manejo de especies forrajeras mejoradas, ya que los problemas más críticos relacionados con el desarrollo de la industria del ganado local estaban asociados con la falta de nutrición adecuada durante la época seca. Esta nutrición deficiente se debió a: falta de forraje de buena calidad; poca persistencia de las especies forrajeras mejoradas bajo condiciones de pastoreo y fuerte competencia de las malezas durante el establecimiento de las praderas. Entre las alternativas consideradas figuran: el es-

Programa de Ganado de Carne

tablecimiento de especies de gramíneas con capacidad para competir adecuadamente con las malezas; manejo más efectivo del pastoreo; control de las malezas y utilización de la caña de azúcar y de las gramíneas de corte para suplementar forraje verde durante la época seca.

ENSAYOS REGIONALES

Se han identificado ocho países prioritarios —Brasil, Colombia, Venezuela, Perú, Panamá, Bolivia, Nicaragua y Ecuador— dentro del área de impacto del Programa, con la posibilidad de incluir a Honduras, Paraguay, Trinidad, Guyana, Guayana Francesa y Surinam, y algunas islas del Caribe. Esta selección se basó en la extensión relativa de territorio cubierto con suelos ácidos, de baja fertilidad (Oxisoles y Ultisoles) y en la importancia relativa de la industria de ganado de carne, en relación con los proyectos nacionales de desarrollo agrícola.

En 1977, se visitaron los ocho países anteriormente mencionados con los objetivos siguientes: 1) Conocer las condiciones de producción de forrajes con relación al desarrollo de la industria ganadera; 2) Establecer contactos, para una colaboración futura, con instituciones nacionales que trabajen en investigación y en desarrollo de la industria de ganado de carne, especialmente, para establecer ensayos regionales a fin de evaluar la adaptación y la productividad del germoplasma de especies forrajeras que ha desarrollado por Programa; 3) Evaluar las necesidades de adiestramiento de las instituciones nacionales y las posibilidades de participación en adiestramiento en el CIAT.

Los primeros ensayos regionales, establecidos, en cooperación con instituciones nacionales, se han diseñado para evaluar la adaptación y productividad del germoplasma promisorio. En el Cuadro

Cuadro 69. Localidades en América del Sur seleccionadas para el establecimiento de ensayos regionales sobre forrajes del Programa de Ganado de Carne del CIAT.

País	Institución	Localidad
Brasil	1 Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (CPAC)	Brasília, D.F.
	2 Empresa Goiania de Pesquisa Agropecuaria (EMGOPA)	Goiânia, Goiás
	3 Centro Nacional de Pesquisa de Gado de Corte (CNPGC)	Campo Grande, Mato Grosso do Sul
	4 Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Umido (CPATU)	Belém, Pará
	5 CPATU-UEPAE ¹	Manaus, Amazonas
Perú	6 Centro Regional de Investigación III Ministerio de Alimentación/Proyecto Cooperhotta	Tarapoto
	7 Universidad Estatal Carolina del Norte/Ministerio de Alimentación	Yurimaguas
Bolivia	8 Centro de Investigaciones de Agricultura Tropical/Misión Británica	San Ignacio
Ecuador	9 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)	Santo Domingo
	10 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP)	Coca

¹ UEPAE = Unidad Especial de Pesquisa de Ambito Estadual.

69 se incluyen listas de los lugares en donde se iniciarán estos ensayos, durante la actual época lluviosa en el hemisferio sur.

Se están desarrollando planes para incluir otros países del área de impacto, comenzando con la próxima estación lluviosa en el hemisferio norte, en mayo de 1978.

CONFERENCIAS

Se planeo y organizó una Reunión de

Trabajo sobre "Colección, preservación y evaluación de recursos de germoplasma de leguminosas tropicales", en colaboración con la Universidad de Florida (EE.UU.) y patrocinado por la Agencia para el Desarrollo Internacional, de los Estados Unidos (USAID); esta reunión se llevará a cabo en el CIAT en abril de 1978, con los siguientes objetivos: 1) Desarrollar procedimientos para la recolección, preservación y evaluación de leguminosas tropicales que puedan tener un potencial agrícola; 2) Preparar un manual que proporcione guías para establecer un

sistema coordinado de recolección, clasificación, preservación, distribución y evaluación de germoplasma de leguminosas forrajeras tropicales.

El CIAT organizó también un Seminario sobre "Producción y utilización de forrajes en suelos ácidos e infértiles de los trópicos; a efectuarse en 1978, después de la mencionada Reunión de Trabajo. El Seminario tendrá como objetivos: 1)

Revisar el estado del conocimiento sobre la producción, manejo y utilización de forrajes bajo condiciones de suelos ácidos y de baja fertilidad (Oxisoles y Ultisoles), en los trópicos de América Latina y en otras áreas afines del mundo; 2) Discutir las posibilidades de intercambio de información y tecnología entre el CIAT y las instituciones nacionales; 3) Establecer mecanismos cooperativos para transferir esta tecnología a los productores de ganado de carne.

PUBLICACIONES

- Adegbola, A.A. y Paladines, O. 1977. Prediction of the digestibility of the D.M. of tropical pastures from their solubility in fungal cellulosa solutions. *J. of Sci. Food Ag.* 28:775-785.
- Aycardi, E. y Morales, G. 1977. Un modelo epidemiológico para fiebre aftosa endémica en áreas tropicales. *ACOVEZ* 1(2):6-9.
- Baldión, R., Lozano, J.C. y Grof, B. 1977. Evaluación de la resistencia de *Stylosanthes* spp. a la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*). *Fitopatología*. 10. 104-108.
- Ellis, M.A., Ferguson, J.E., Grof, B. y Sinclair, J.B. 1976. Transmission of *Colletotrichum gloeosporioides* and effect of sulfuric acid scarification on internally-borne fungi in seeds of *Stylosanthes* spp. *Plant Disease Reporter*. 60(10):844-846.
- Faber, L. 1976. Supplementation and reproductive performance of beef heifers under various grazing management systems in the Eastern Plains of Colombia. M.S. Thesis. Agricultural University, Wageningen, Netherlands.
- Hammond, L.L. 1977. Effectiveness of phosphate rocks in Colombian soils as measured by crop response and soil phosphorus levels. Ph.D. Thesis. Michigan State University, East Lansing.
- Lebdoesoekojo, S. 1977. Mineral supplementation of grazing beef cattle in Eastern Plains of Colombia. Ph.D. Thesis. University of Florida, Gainesville.
- Morales, G. y Guzmán, V. H. 1977. Mastocitomas cutáneos congénitos en una ternera Cebú: informe de un caso y revisión de literatura. *Patología* 15:23-32.
- Paladines, O. 1977. Sistemas de alimentación en América Latina. Documentos y Acuerdo Final de la Reunión de Trabajo sobre Composición de Alimentos y Sistemas de Alimentación Animal. IICA. Serie de Publicaciones Misceláneas No. 174. San José, Costa Rica.
- Raun, N.S. 1976. Beef cattle production practices in the lowland American tropics. *World Animal Review* 19: 18-23.
- Rubinstein, E.M. 1977. The economics of foot-and-mouth disease control and its associated externalities. Ph.D. Thesis, University of Minnesota, St. Paul.
- Sánchez, P.A. 1977. Advances in the management of Oxisols and Ultisols in tropical South America. In: Proceedings, International Seminar on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture. Society of the Science of Soil and Manure, Tokyo. pp.535-566.

- Sánchez, P.A.** 1977. Manejo de suelos tropicales en la Amazonía sudamericana. Suelos Ecuatoriales 8:1-11.
- Schultze-Kraft, R.** 1976. Suitability of *Stylosanthes* species and ecotypes for pasture improvement in tropical savannas of South America with reference to the Colombian Llanos Orientales (In German). Dr. Agr. Thesis. Justus Liebig Universitat, Giessen, W. Germany.
- Spain, J.M.** 1977. Sistemas de manejo para los Ultisoles y Oxisoles de las sabanas tropicales. Memorias IV Congreso Venezolano de la Ciencia del Suelo. Maturín, Venezuela, pp. 163-170.
- Spain, J.M.** 1977. Field studies on tolerance of plant species and cultivars to acid soil conditions in Colombia In: M.J. Wright (ed): Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell University. Ithaca, N.Y. pp.213-222.
- Tergas, L.E.** 1977. Importancia del azufre en la nutrición mineral de leguminosas forrajeras. Turrialba 27:63-69.