

SB
208
T7
R4
V.1
C.2



Programa de Pastos Tropicales



Referencias y Ayudas Utilizadas en el Programa de Capacitación Científica en Investigación para la Producción y Utilización de Pastos Tropicales

CIAT
BIBLIOTECA

58275

Volumen 1



Centro Internacional de Agricultura Tropical

SERVICIOS REFERENCIALES Y BIBLIOGRAFICOS



COLECCION HISTORICA

Pag.

INTRODUCCION

1

I. PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES

4

II. ESTUDIOS AGROECOLOGICOS.

1. Estudios del uso potencial de la tierra para la Evaluación y Transferencia de Agrotecnología basada en Germoplasma en América Tropical.

27

III. GERMOPLASMA.

1. La colección de Germoplasma del Programa de Pastos Tropicales del CIAT.
2. Ensamblaje de Germoplasma en Pasturas: Problemática de Experimentación.
3. Técnicas de Propagación por estacas de leguminosas forrajeras.
4. Evaluación de Especies Forrajeras en Sabana Isohipertermica en Carimagua, Colombia.
5. Evaluación de Germoplasma Forrajero en los cerrados de Brasil.

102

3756
106

119

141

151

IV. ENSAYOS REGIONALES DE EVALUACION DE GERMOPLASMA.

1. Objetivos y Organización de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.
2. Metodología para Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales.

160

173

3. Recopilación, Procesamiento y Análisis de Información	202
V. PROTECCION DE PLANTAS - FITOPATOLOGIA - ENTOMOLOGIA	
1. El concepto de Centro de Diversidad y su importancia para la evaluación de enfermedades de Leguminosas Forrajeras en Centro y Suramerica.	212
2. Enfermedades de Pastos Tropicales en Sur y Centro América.	215
3. Control de Insectos Mediante la Utilización de Plantas Hospederas Resistentes.	230
VI. MICROBIOLOGIA DE SUELOS.	
1. Fijación de Nitrogeno por Leguminosas.	264
2. Metodología de Inoculación con <u>Rhizobium</u> de Leguminosas Forrajeras por Peletización.	289
3. Selección de Cepas de <u>Rhizobium</u> y Tecnología para la inoculación de Leguminosas Forrajeras.	294
4. Sistema de evaluación de Cepas de <u>Rhizobium</u> en suelos no perturbados.	300
5. Recolección de Nodulos para posterior aislamiento de <u>Rhizobium</u>	303
VII. MEJORAMIENTO DE FORRAJERAS.	
1. Fitomejoramiento de Forrajeras.	308

VIII. PRODUCCION DE SEMILLAS DE PLANTAS FORRAJERAS.

1. Sistemas de Producción de Semillas de Pastos
en América Latina. 321
2. Regiones Geográficas en la Producción de
Semillas Forrajeras Tropicales. 348
3. Aspectos de Calidad de Semillas en Pastos
Tropicales. 359

IX. FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICION DE PLANTAS.

1. Requerimientos nutricionales en Pastos Tropicales. 386
2. Adaptación de Leguminosas Forrajeras a Suelos
Acidos del Trópico en Suramerica. 474
3. Ventajas y Limitaciones de los Suelos en los
Tropicos Humedos. 491

INTRODUCCION

La Capacitación Científica, constituye un medio valioso para la difusión de nuevas tecnologías y avances en la investigación sobre pastos tropicales. Se persigue con la capacitación colaborar con las instituciones nacionales en la actualización y formación de sus investigadores y en el fortalecimiento de los vinculos colaborativos entre las Instituciones Nacionales y el CIAT para un intercambio efectivo de información científica sobre pastos tropicales.

En los Programa de Capacitación, se trata de proporcionar a los participantes toda la información de una manera sencilla y entendible para lo cual, se hace uso de ayudas audiovisuales, publicaciones y todo el material disponible que se considere de utilidad.

Los artículos y ayudas que se incluyen en este volumen constituyen un magnifico material de consulta que complementa los temas tratados en los Programas de Capacitación Científica efectuados por el Programa de Pastos Tropicales.

De ninguna manera, constituyen un texto sobre la problemática de producción de pastos en el trópico, se ha querido más bien darles un ordenamiento lógico de acuerdo a la secuencia que sigue la investigación del Programa.

Los primeros artículos tratan sobre la organización, objetivos y área de actuación del Programa de Pastos Tropicales, se continua luego en los temas relacionados con la Evaluación de Germoplasma y Evaluación de Pasturas, para terminar con los trabajos relacionado con la Evaluación de praderas en sistemas de producción.

En el año de 1978, se hizo la primera selección de este material y se ha trabajado en los años siguientes en mejorar la calidad de su contenido, para ello ha sido necesario incluir algunos conceptos nuevos y en muchas ocasiones descartar parte del material, tratando de esta manera de condensar la información y hacerla mas disponible para los investigadores visitantes durante su estadia en el CIAT y posteriormente en sus áreas de trabajo.

Los resultados aquí publicados hacen parte de las investigaciones que adelanta el Programa de Pastos Tropicales y han sido autorizados por sus autores, a quienes Capacitación Científica les da sus agradecimientos.

Alberto Ramírez P

Asociado

Capacitación Científica

I. PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES. José M. Toledo

PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES

José M. Toledo*

INTRODUCCION

La carne y la leche son artículos de consumo alimenticio importantes en América Latina. Independientemente del nivel de ingreso, el presupuesto destinado por los consumidores urbanos para la adquisición de estos dos artículos es grande. La carne representa entre el 10 y el 24% del total de gastos en alimentación y la leche entre 7 y 15% (Cuadros 1 y 2). Cuando el desembolso para la adquisición de carne se expresa como una proporción del ingreso familiar, los mayores valores corresponden a los ingresos más bajos, lo cual claramente indica una fuerte preferencia por este artículo en dichos grupos, lo cual es corroborado por la mayor elasticidad ingreso de la demanda estimada para estos grupos.

El Cuadro 3 muestra para el período 1970-1978 la tasa de crecimiento de la demanda y de la producción de carne en Latinoamérica. Con excepción de los países de zonas templadas, en los demás países y subregiones, la rápida demanda por carne no es compensada por la producción, lo mismo ocurre con la leche.

Este imbalance entre demanda y tasa de crecimiento en producción causa un continuo incremento en los precios, afectando tanto la dieta como

* Coordinador Programa de Pastos Tropicales

Cuadro 1. Distribución del ingreso familiar, gastos en consumo de carne y elasticidad del ingreso de demanda, para carne, por ciudad y estrato de ingreso.

Ciudad	Rango de Ingresos	Gastos en carne como % de		Elasticidad
		Gastos en Alimentos	Ingreso Total	Ingreso de Demanda
Cali (Colombia)	I.	24.2	16.4	1.28
	II	24.3	14.7	0.77
	III	23.3	11.4	0.42
	IV	18.6	5.5	0.41
São Paulo (Brazil)	I	9.5	6.7	0.86
	II	12.5	7.0	1.18
	III	12.8	4.8	0.47
	IV	13.4	3.6	0.43
Lima (Perú)	I	18.6	11.7	0.92
	II	19.4	8.7	0.88
	III	20.9	7.8	0.79
	IV	18.3	4.4	0.04
Caracas (Venezuela)	I	12.4	5.7	0.80
	II	14.3	5.7	0.54
	III	14.0	4.7	0.72
	IV	14.0	3.8	0.48

Fuente : CIAT Annual Report 1978 and 1979.

Cuadro 2. Asignación del ingreso familiar y gastos en el consumo de leche y derivados y elasticidad ingreso de demanda para leche, por ciudades y estrato de ingreso.

Ciudad	Rango de Ingreso	Gastos en leche como % de		Elasticidad Ingreso de Demanda.
		Gastos de Alimentos	Ingreso Total	
Bogotá	I	9.6	6.1	0.91
	II	10.0	5.3	0.69
	III	11.6	5.3	0.69
	IV	10.6	3.1	0.52
Cali	I	7.0	4.9	1.02
	II	9.5	6.0	0.91
	III	13.1	6.6	1.15
	IV	12.5	4.1	0.37
Medellín	I	8.5	4.8	1.55
	II	11.2	6.2	1.45
	III	13.5	6.2	1.20
	IV	13.1	3.8	0.56

Fuente.: CIAT Annual Report 1979.

Cuadro 3. Tasa anual de crecimiento de la producción y demanda de carne en Latinoamérica. 1970-1978.

Region y País	Tasa de Crecimiento	
	Demanda	Producción
	----- % -----	
América Tropical	5.9	3.3
Bolivia	6.1	5.9
Brazil	7.2	3.5
Colombia	7.2	3.5
Dominican Republic	7.5	1.2
Ecuador	8.3	2.6
Mexico	4.5	9.3
Paraguay	3.5	3.2
Peru	5.4	-3.2
Venezuela	4.6	4.1
America central	4.6	3.3
Caribe	4.0	1.7
Zona templada de América Latina	1.7	2.7
AMERICA LATINA	5.4	4.5

Fuente: Latin America: Trend Highlights for CIAT Commodities. CIAT 1980.

el patrón general de vida de los extractos de la población con más bajos ingresos. La Figura 1 muestra el precio real de la carne al consumidor en los últimos 20 años en Brasil, Colombia y Venezuela.

La población de ganado en América Latina es el doble de la de Estados Unidos (Cuadro 4). Sin embargo, la producción en América Latina es menos del 70% que la de Estados Unidos. Esto es debido a la baja productividad de los hatos en América Latina (aproximadamente 30% de la producción/animal/año obtenida en Estados Unidos).

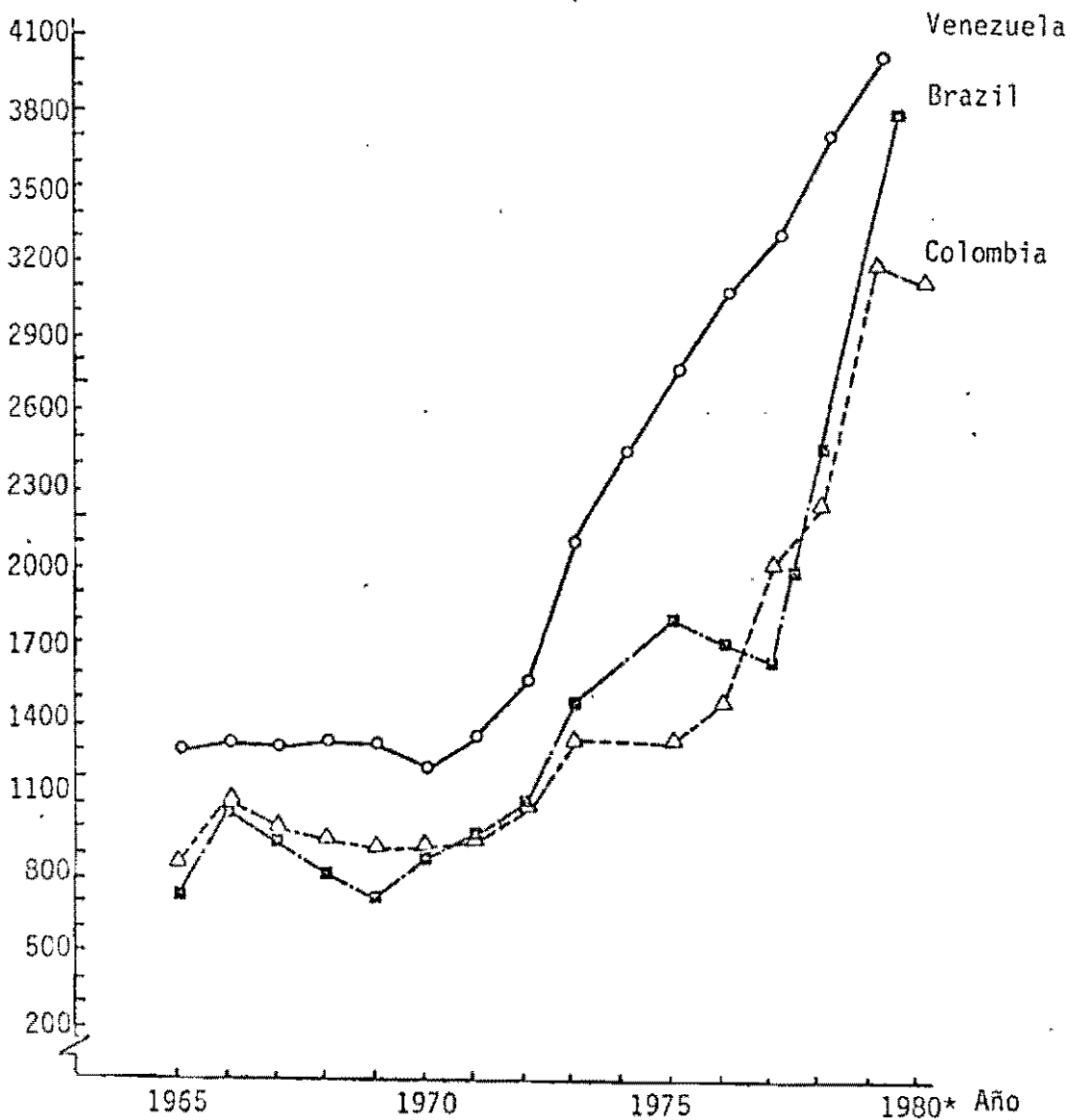
Esta baja productividad animal es debida principalmente a los sistemas extensivos de producción utilizados en América Latina en contraste con los sistemas intensivos utilizados en Estados Unidos.

Sin embargo, la productividad ganadera también es baja cuando se compara con regiones de sistemas de producción extensiva, tal como ocurre en zonas templadas de latinoamérica (Cuadro 4). Esta productividad tan baja es debida al efecto combinado de manejo, nutrición, salud animal y mejoramiento. Indudablemente la nutrición juega un papel clave determinante del nivel que pueda obtenerse con los demás factores.

Latinoamérica es un continente con extensas áreas de suelos ácidos infértiles (Oxisoles y Ultisoles). El Cuadro 5 muestra la magnitud de este recurso el cual abarca entre 40-50% del total de los recursos de tierra.

Figura 1. Precios corrientes de la carne al consumidor en Venezuela, Colombia y Brazil. 1965-1980.

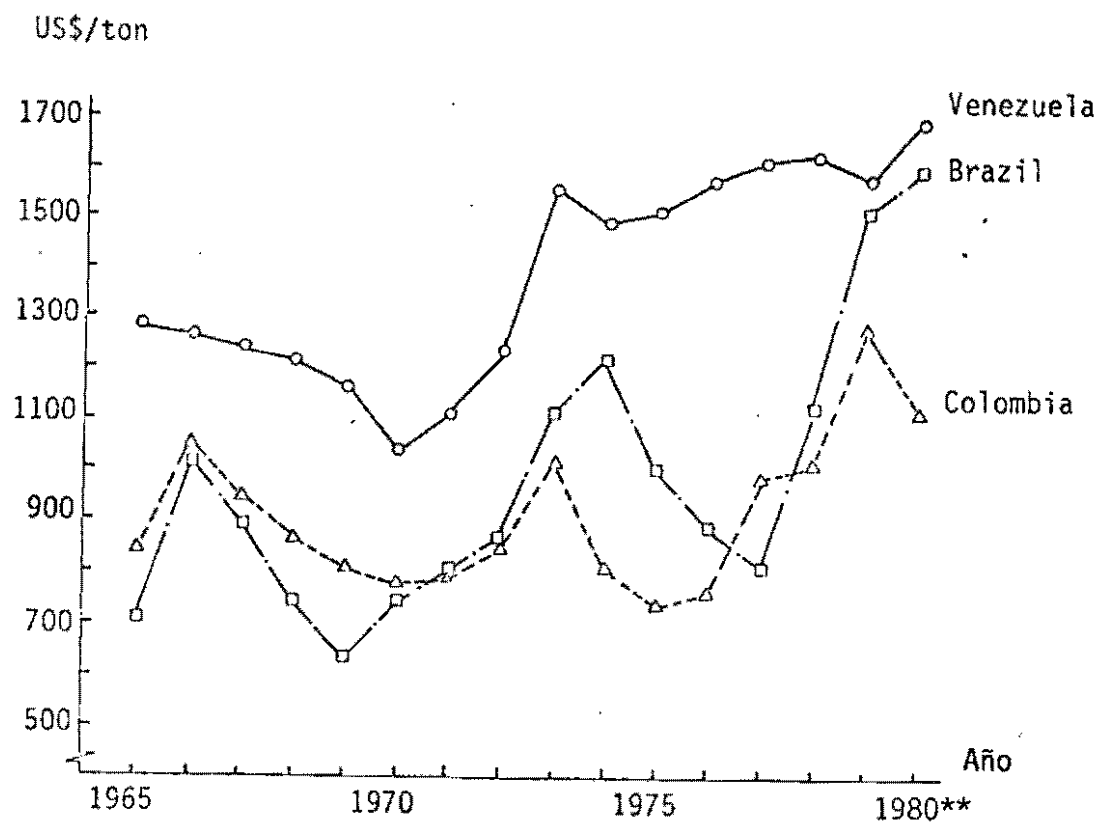
US\$/ton



* Primer semestre

Fuente: CIAT, Trend Highlights 1980

Figura 11. Precios reales de la carne al consumidor en Venezuela, Colombia y Brasil. 1965-1980*



* Derivado del índice total de precios
 ** Primer semestre

Cuadro 4. Existencia ganadera y productividad por animal en América Latina y USA. 1974-1977.

Region y País	Existencia (1974/ 1977)	Producción* (1974/1977)	Producción Anim. en Existencia (1974/1977)
	Cabezas (millones)	Ton (millones)	kg/año
USA	127.6	11.23	88
América Tropical	184.7	4.64	25
Bolivia	3.0	0.69	23
Brazil	94.3	2.22	24
Colombia	23.3	0.50	21
Dominican Republic	1.9	0.04	20
Ecuador	2.7	0.06	23
Mexico	28.5	0.94	33
Paraguay	5.3	0.11	21
Perú	4.2	0.09	21
Venezuela	9.5	0.26	28
América Central	10.7	0.32	30
Caribe	1.4	0.03	23
Zona templ. América Latina	73.1	3.12	43
AMERICA LATINA	257.8	7.76	30

* Equivalente de peso en canal

Fuente: Latin America: Trend Highlights for CIAT Commodities. 1980.

Cuadro 5. Distribución y proporción de Oxisols y Ultisols en América Latina.

Region	Areas Oxisol y Ultisol	Proporción de la region
	Millones/ha	(%)
Tropical Latin America	848.5	51
Tropical South America	828.2	59
Tropical Central America y El Caribe	15.8	23
Total Latin America	851.1	42

Fuente : Latin America: Trend Highlights for CIAT Commodities. 1980.

La capacidad de carga, así como la productividad animal en estas regiones es tan baja como los promedios nacionales.

La carga promedia en las sabanas de suelos oxisoles de 0.12 animales/ha., puede incrementarse potencialmente más de 10 veces. En adición, la producción de carne por animal puede llegar a ser más del doble. Asimismo, los suelos ácidos infértiles pueden contribuir en forma significativa a incrementar la producción de leche, especialmente cuando se encuentran cerca a los centros de consumo.

Estas áreas tienen un gran potencial para la producción agrícola ya que poseen una alta radiación solar, y en general, suelos con buenas propiedades físicas y una estación larga de crecimiento. Sin embargo, la acidez y altos contenidos de aluminio en los suelos, o en general la falta de fertilidad en el suelo, constituye una seria limitación para la producción de cultivos.

Consecuentemente, la mayoría de la agricultura y de los sistemas intensivos de producción de ganado, están hoy en los suelos más fértiles. Los Oxisoles y Ultisoles de Latinoamérica constituyen la frontera agrícola subutilizada del continente.

La baja calidad y poca disponibilidad de forraje para los animales es el principal obstáculo para la producción de carne y leche en estos suelos. Otro obstáculo lo constituye la falta de infraestructura, pero su



importancia varía dependiendo de la distancia a los sitios de mercadeo y de un país a otro.

En respuesta a este problema, siendo la carne y la leche alimentos básicos en la dieta de la población de Latinoamérica y considerando las extensas áreas de suelos ácidos infértiles, el Programa de Pastos Tropicales del CIAT tiene como objetivos generales:

- a) Incrementar la producción de carne y leche
- b) Desarrollar tecnología que sirva como base para la expansión económica y ecológica de la frontera agrícola en América Tropical.
- c) Promover la producción de cosechas en los suelos fértiles, mediante el desarrollo y generación, en colaboración con los Programas Nacionales, de tecnologías apropiadas de Producción de Praderas en suelos ácidos infértiles de Latinoamérica.

HISTORIA

El Programa de Pastos Tropicales ha evolucionado desde su estado inicial de disciplinas relacionadas con producción animal a través de tres etapas progresivas.

Durante la etapa inicial de formación (1969-1974) el entonces Programa de Sistemas de Producción de Carne enfatizó la identificación de problemas y las soluciones potenciales en las áreas de salud animal, manejo

animal y sistemas de producción de ganado en general. Durante este período una proporción relativamente pequeña de los recursos del Programa se destinó a Pastos y Forrajes y la mayoría de la investigación de campo se efectuó en Colombia. A partir de la información recopilada durante este período inicial, llegó a ser evidente que la baja producción ganadera en el trópico de Latinoamérica era debido principalmente a la extrema desnutrición y a enfermedades relacionadas con ella. La baja disponibilidad de forraje y su pobre calidad a través de todo el año, fué identificado como el problema más crítico para incrementar la producción.

Esta condición constituyó la base del Programa de Producción de Carne. Durante el período 1975-1977, el Programa se concentró esencialmente en los suelos ácidos infértiles de sabanas existentes en Latinoamérica. De esta manera, el Programa amplió el área geográfica de sus actividades hacia otros países, mientras disminuía sus objetivos de investigación concentrándose en la investigación de pastos, con el objeto de remover los principales obstáculos para la producción en ecosistema de sabana.

AREA DE INTERES

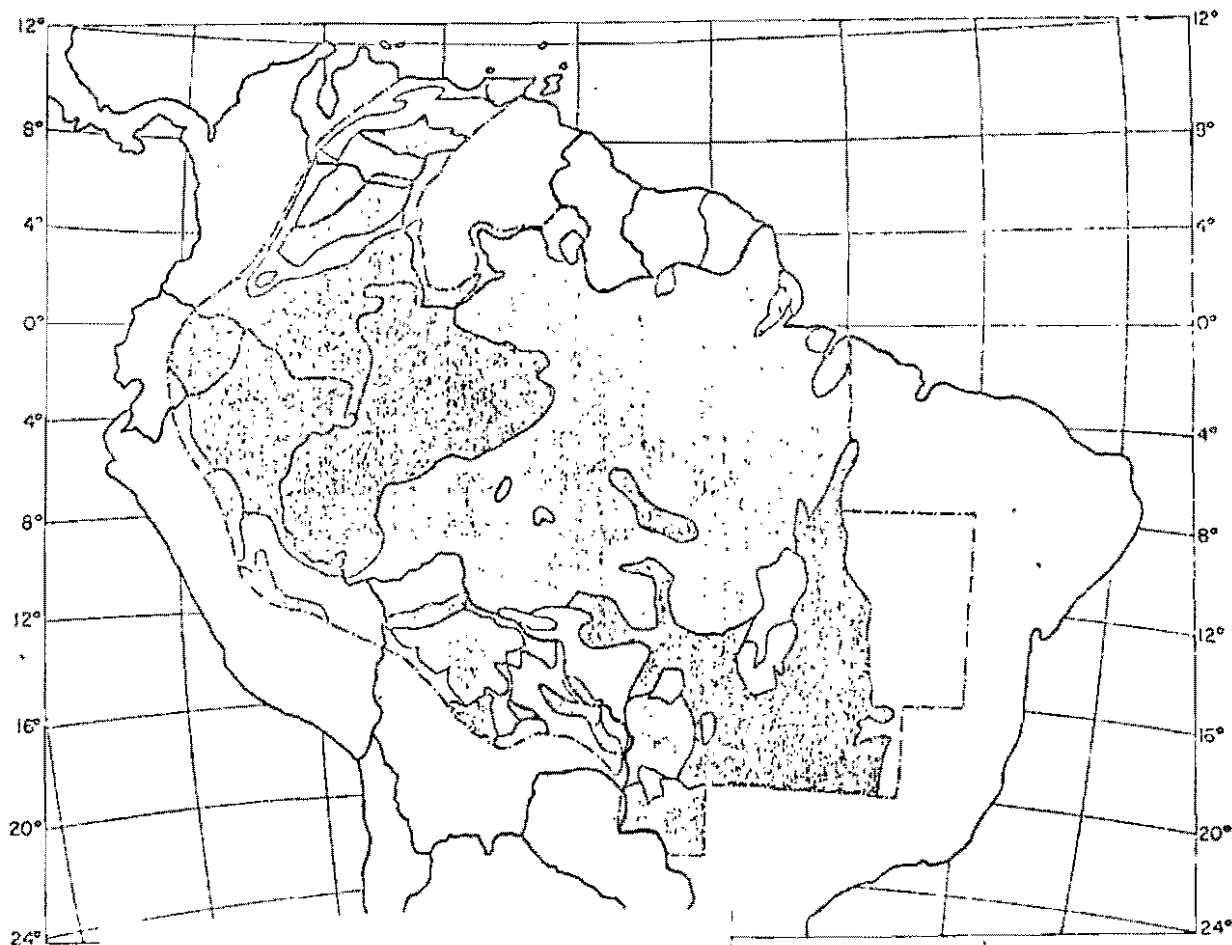
A comienzos de 1978, se inició un reconocimiento de las regiones de suelos ácidos infértiles de América tropical, con el objeto de clasificar los recursos de tierras en términos de clima, topografía y suelos y proveer así el ecosistema respectivo del área de interés del Programa, para servir como una base en el diseño de su investigación y estrategia.

Un análisis de los datos del reconocimiento permitió en 1979 hacer una subdivisión del área en cinco ecosistemas mayores.

1. "Llanos" (sabana tropical bien drenada)
2. "Cerrados" (sabana tropical bien drenada)
3. Sabana tropical pobremente drenada
4. Bosque tropical semi siempre verde estacional
5. Bosque tropical lluvioso.

Estos cinco ecosistemas mayores se pueden observar en la figura 2. Es importante notar que estos ecosistemas están claramente divididos por la evapotranspiración potencial total de la estación húmeda (Twpe). La Twpe entre 910 y 1060 mm. define los "llanos" y "cerrados" como ecosistema de sabana. Este rango de Twpe también incluye el ecosistema de sabana pobremente drenada. La Twpe entre 1060 y 1300 mm. diferencia el bosque semi-siempre verde estacional y una Twpe mayor de 1300 mm. diferencia el bosque lluvioso.

La fisionomía diferente de la vegetación nativa de los "llanos" y "cerrados" permite dividir las sabanas bien drenadas, utilizando la temperatura media durante la estación lluviosa (MTWS) como el parámetro principal, en dos tipos, Isotérmicas ($MTWS < 23,5^{\circ}C$) e Isohypertérmicas ($MTWS > 23,5^{\circ}C$). Los "llanos" son predominantemente del tipo de sabana Isohypertérmica bien drenada, debido principalmente a su proximidad al Ecuador y su poca elevación. Sin embargo, en los "cerrados" los dos tipos de sabana Isohypertérmica e Isotérmica ocurren de acuerdo con la latitud y elevación.



☐ Bosque estacional semisiempre verde

☐ Sabana bien drenada (llanos)

☐ Sabana bien drenada (cerrado)

☐ Sabana pobremente drenada

☐ Bosque tropical lluvioso

☐ Bosque deciduo

☐ Otros

Figura 2. Ecosistemas principales de Suramérica Tropical.

Al presente el Programa ha concentrado la investigación solamente en la sabana bien drenada, tipo "llanos" y "cerrados". Ensayos regionales preliminares se han establecido en forma exploratoria en los otros tres ecosistemas, con prioridad descendiente en el orden siguiente: sabanas pobremente drenadas, bosque estacional y bosque lluvioso. En los dos últimos ecosistemas, el énfasis se pondrá en renovación de praderas debido a que existen praderas que en la mayoría de los casos se encuentran en estado avanzado de degradación.

El trabajo de reconocimiento del área de actuación es de gran valor para el Programa de Pastos Tropicales, ya que le permite clasificar los ecosistemas por condiciones de clima y suelo para diseñar la estrategia en colección de germoplasma y seleccionar los sitios para pruebas iniciales de comportamiento y la localización de los ensayos regionales. En el futuro, se espera que la información acerca de las características socioeconómicas (comunicaciones, infraestructura, población, mercadeo, etc.) de las áreas estará disponible. Toda esta información conjuntamente con el conocimiento del rango de adaptación del germoplasma promisorio (al clima, fertilidad del suelo, plagas y enfermedades), debe ser la mayor contribución a los sistemas de producción ganadera en el área de interés.

OBJETIVO Y ESTRATEGIAS

El objetivo principal del Programa de Pastos Tropicales es "desarrollar tecnología de bajo costo, con la aplicación de mínimos insumos en praderas para incrementar la producción de carne y leche en suelos ácidos

infértiles de América tropical".

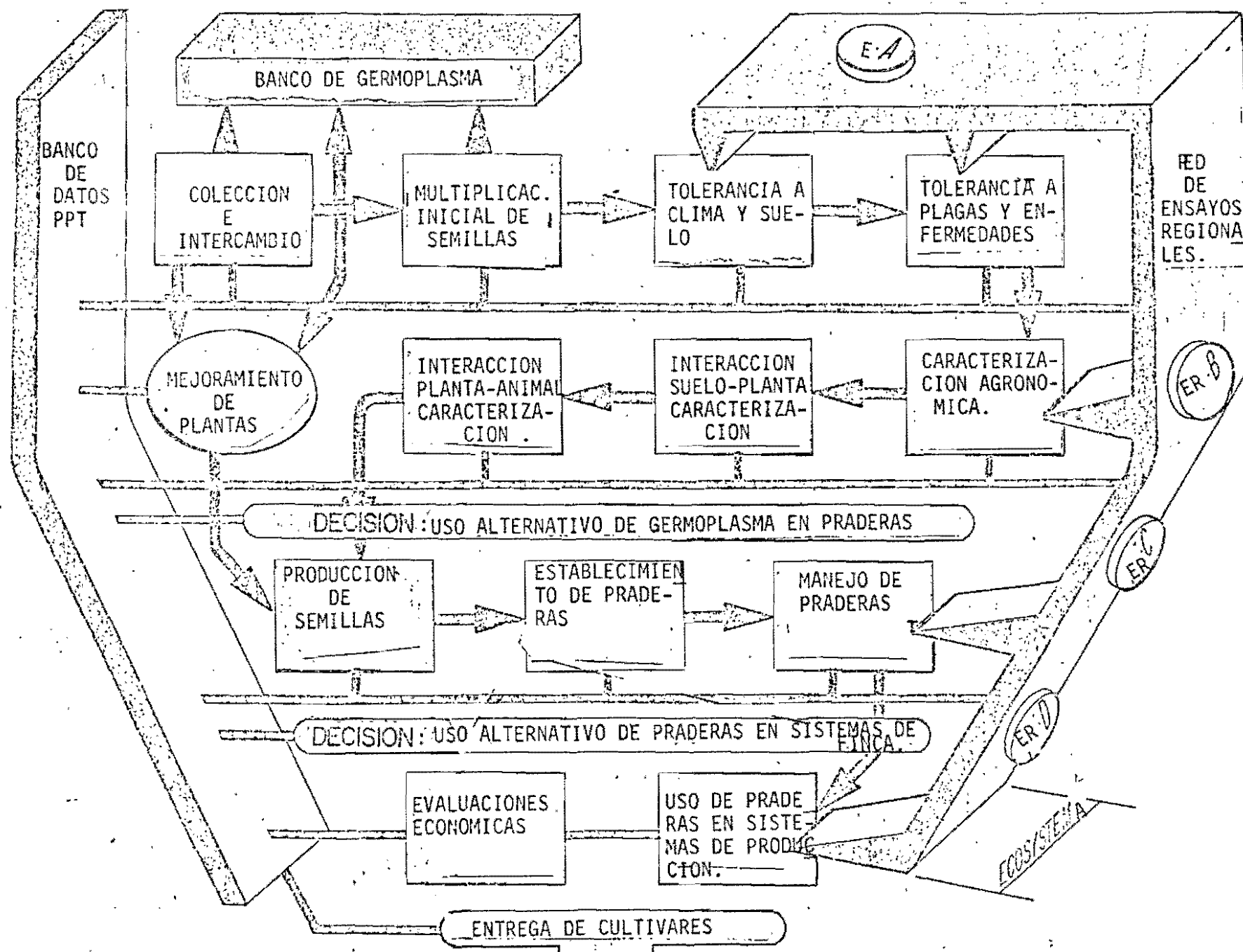
El objetivo anterior se logra a través de:

- a) Selección de germoplasma forrajero adaptado a condiciones ambientales adversas (clima y suelos) así como también enfermedades y plagas.
- b) Desarrollar praderas productivas y persistentes.
- c) El estudio del papel de las praderas mejoradas en los sistemas de producción y el desarrollo complementario de sistemas de manejo animal y salud animal.

ORGANIZACION

Las etapas de investigación en el Programa se muestran en la Figura 3. Puede notarse la configuración tridimensional del diagrama. El flujo del germoplasma y de la información en un plano para cada ecosistema mayor, mientras que el banco de germoplasma, el banco de datos así como la red de ensayos regionales están en tercera dimensión (al fondo) a través de los ecosistemas.

El germoplasma colectado va a una caracterización inicial y a un estado de multiplicación de semilla. Todas las accesiones son por lo tanto enviadas a diferentes ecosistemas para pruebas iniciales de adaptación a clima y suelo así como tolerancia a plagas y enfermedades. Además se evaluarán en cada ecosistema las características agronómicas, que aseguran la persistencia de los ecotipos, así como también las interacciones suelo-planta y planta-animal.



A este nivel, el germoplasma promisorio se caracteriza en forma intensa, hasta tener suficiente información para tomar el primer nivel de decisión, y poder responder la pregunta: Qué alternativa usar en una pradera? Además, los bancos de datos deben tener suficiente información recopilada para mostrar claramente las características de accesiones en las especies claves que requieren algún mejoramiento genético.

Luego de tomar la decisión de promover germoplasma a Categoría IV, se requiere un gran esfuerzo en multiplicación de semilla para emprender el establecimiento de praderas a gran escala y de pruebas de evaluación en pastoreo. A este nivel, el número de accesiones de evaluación se reduce en forma notable.

La segunda decisión es hecha por el grupo de economía en sistemas de fincas, conjuntamente con el grupo de establecimiento y manejo de praderas, y así determinar el uso alternativo de praderas en sistemas de finca (Figura 3).

Como consecuencia, el Programa de Pastos Tropicales se divide en tres grupos importantes de investigadores.

1. Grupo de Evaluación de Germoplasma
2. Grupo de Manejo y Evaluación de Praderas, y
3. Grupo de Evaluación de Praderas en Sistemas de Finca.

Esta organización funcional ayuda a desarrollar una línea coordinada de interrogantes e ideas que integra y aumenta la eficiencia de todo

el Programa.

El grupo que trabaja en "Germoplasma", concentra su atención en la caracterización del germoplasma con énfasis en las llamadas "Especies Claves".

El grupo que trabaja en "sistemas", analiza los sistemas de producción predominantes en un ecosistema específico dentro del marco socio-económico del respectivo país o región. Este grupo define por el programa de componentes técnicos de la pradera, la necesidad de resolver en forma estratégica los principales obstáculos de la productividad en los sistemas de finca. También, evalúan el impacto esperado de la tecnología de pradera mejorada en sistemas de producción.

El grupo de manejo y evaluación de praderas se concentra en desarrollar praderas y evaluar los requerimientos de manejo y potencial de producción animal. Este grupo trabaja en interacción con los otros dos y sirve de puente entre ellos.

El Cuadro 6, ayuda a comprender mejor los pasos de la investigación del Programa, así como también la responsabilidad de estos tres grupos. En este cuadro se mencionan y se explican mejor los mismos grupos que aparecen en la Figura 3.

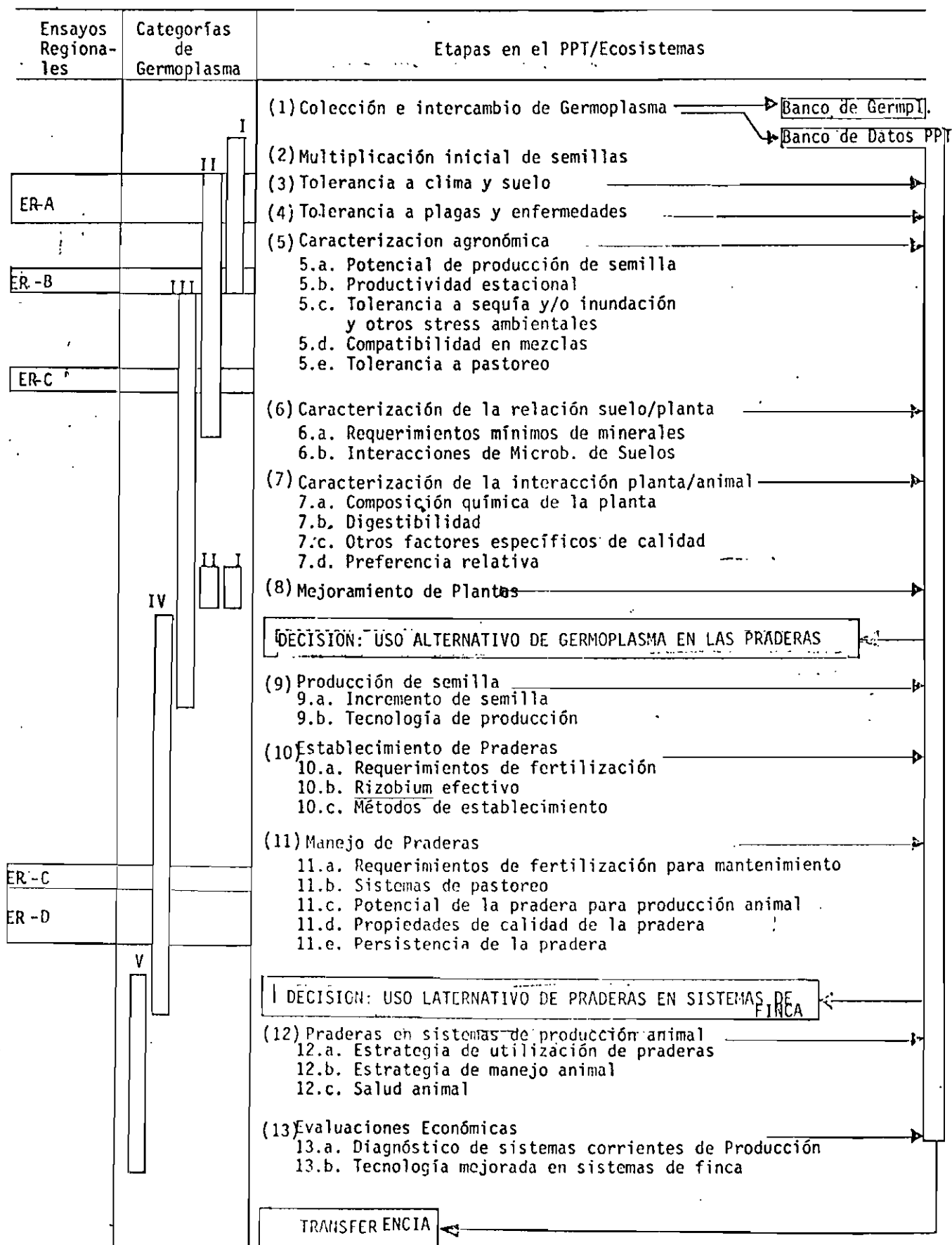
Así mismo, al lado izquierdo se muestran cinco categorías de germoplasma. Estas categorías son en la actualidad niveles de evaluación y

grado de promisión. Los nombres de estas categorías son los siguientes:

- Categoría I : Identificación de germoplasma promisorio
- Categoría II : Evaluación agronómica en pequeñas parcelas
- Categoría III: Evaluación agronómica de praderas
- Categoría IV : Evaluación de manejo de praderas
- Categoría V : Evaluación de praderas en sistemas de finca

Los ensayos regionales de evaluación, que se efectúan en cooperación con instituciones nacionales a través de cinco ecosistemas diferentes, se muestran en el lado izquierdo del cuadro. Es necesario notar que los ensayos regionales solamente se refieren a etapas de investigación por categorías en un ecosistema dado ya que la red de ensayos regionales es un esfuerzo cooperativo con instituciones nacionales, se espera que éstas conduzcan en forma paralela la investigación necesaria para llenar los vacíos en la información necesaria para moverse de un paso a otro. El Programa de Pastos Tropicales interactúa con las instituciones nacionales, pero tal interacción aumenta conjuntamente con los pasos de la evaluación en un ecosistema determinado (Figura 4).

Cuadro 6. Etapas de la investigación por ecosistemas en el Programa de Pastos Tropicales. Evaluación por categorías y a nivel de Ensayos Regionales



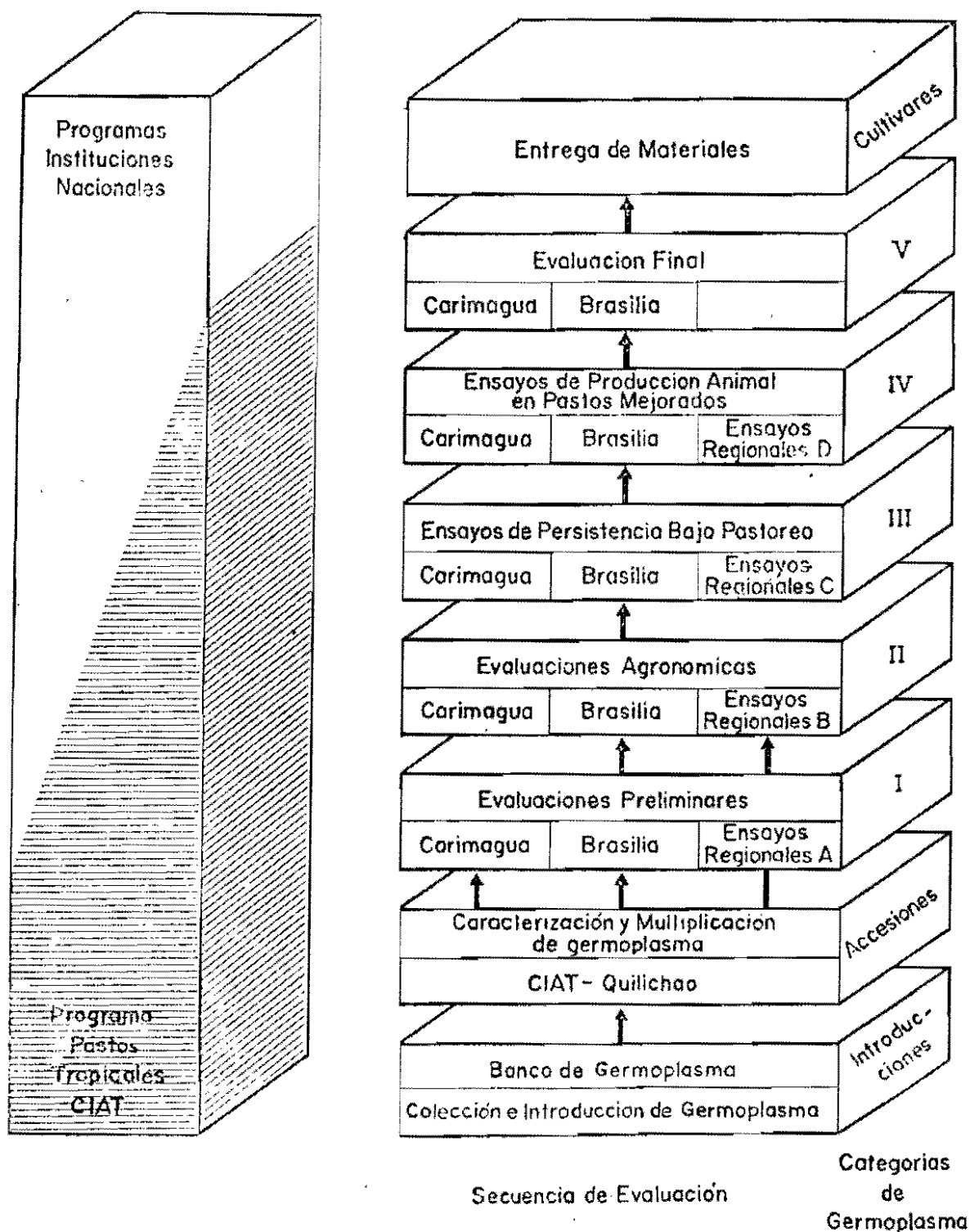


Fig. 4. Secuencia de evaluación de germoplasma

II. ESTUDIOS AGROECOLOGICOS

- Estudios del uso potencial de la tierra para la Evaluación y Transferencia de Agrotecnología basada en Germoplasma en América Tropical.

T.T. Cochrane y

L.F. Sánchez

ESTUDIOS DEL USO POTENCIAL DE LA TIERRA PARA LA EVALUACION
Y TRANSFERENCIA DE AGROTECNOLOGIA BASADA EN GERMOPLASMA*
EN AMERICA TROPICAL. Un informe intermedio.

T.T. Cochrane y L.F. Sánchez

INTRODUCCION.

El propósito de este informe es resumir la metodología adoptada por CIAT** para proveer un inventario geográfico del uso potencial de la tierra de América tropical para la evaluación y transferencia de agrotecnología basada en germoplasma, y revisar el progreso hecho sobre este trabajo hasta la fecha.

Probablemente sea cierto decir que, aunque la así llamada "revolución verde" está aún progresando con firmeza, los avances en años recientes no han sido tan llamativos como los primeros resultados atribuibles al desarrollo de variedades enanas de trigos mexicanos y cultivares de alto rendimiento de arroz asiáticos. Parte del problema es que muchos cultivares de plantas comestibles que rinden buenas cosechas en un ecosistema tropical, no siempre lo hacen tan bien en otro. En años recientes, los criadores de plantas han intentado desarrollar cultivares adaptados a un amplio rango de condiciones de clima y suelo, pero esto raramente se hace sobre la base de inventarios adecuados del potencial de uso de la tierra.

Con el fin de solucionar este problema, CIAT está llevando a cabo un inventario del recurso tierra diseñado para proveer una pauta para el desarrollo y transferencia de agrotecnología basada en germoplasma, compatible con las realidades de los ecosistemas agrícolas de América tropical.

* Semillas y material vegetativo propagativo.

** Centro Internacional de Agricultura Tropical, Apdo. Aéreo 67-13, Cali-Colombia.

1 Hasta la fecha, los estudios cubren la región central baja de Sudamerica
2 tropical y una parte de Centroamerica incluyendo la costa del Golfo de
3 México. En el caso de las tierras bajas de Sudamerica tropical, el Mapa
4 de Suelos del Mundo de FAO-UNESCO (1971-1975) indica que hay extensas
5 áreas de suelos muy pobres y posiblemente frágiles, principalmente Oxiso-
6 les y Ultisoles, los cuales indicarian la necesidad de una inquietud espe-
7 cial para el entendimiento de la naturaleza del recurso suelo.

8 Hay muchas - y a menudo conflictivas - opiniones como la relacionada
9 con la naturaleza de las dos mayores regiones de las tierras bajas de Sud-
10 america tropical: las sabanas y los bosques amazónicos. En el caso de
11 las sabanas, su simple existencia es un enigma que ha provocado considera-
12 ble controversia (Goodland, 1975). Sin embargo, estudios tales como la re-
13 visión erudita de Eiten de los Cerrados de Brasil central (1972), y publi-
14 caciones más recientes incluyendo aquellas del acta del simposio de 1976
15 sobre los Cerrados (Ferri ed., 1976) indican que estas tierras son ahora
16 mucho mejor comprendidas. En lo que concierne a la Amazonía, muchas auto-
17 ridades consideran a sus suelos incapaces de sostener producción agrícola
18 o ganadera una vez que se elimina la vegetación primaria (Gouru, 1961;
19 Setzer, 1967; Reis, 1972; Tosi, 1974; Budowski, 1976; Schubart, 1977;
20 Irion, 1978; Goodland et al., 1978). No obstante, hay amplia evidencia
21 para mostrar que la producción agrícola y ganadera es no solamente posible,
22 sino aún rentable (Falesi, 1976, 1978; Alvim, 1978, 1979; Sánchez, 1977,
23 1979; Serrao et al., 1979; Toledo y Morales, 1979; Cochrane y Sánchez,
24 1980).

25 La cantidad de información sobre relevamientos de suelos e inventa-
26 rios del recurso tierra sobre Sudamerica tropical ha aumentado rápidamente
27 durante los pasados quince años. La sección de referencia enumera algunos
de los trabajos disponibles para los autores, pero no es de ninguna manera

1 exhaustiva. Una síntesis de esta información, aunque preliminar, se inten-
2 ta hacer en este trabajo.

4 METODOLOGIA:

5 CIAT, en colaboración con las agencias nacionales*, ha estado recolec-
6 tando información sobre el recurso tierra de Sudamerica tropical desde me-
7 diados de 1977 (CIAT, 1978, 1979, 1980; Cochrane, 1979; Cochrane et al.,
8 1979). Los objetivos son la formulación de una guía práctica para la se-
9 lección de cultivares apropiados de leguminosas y gramíneas, frijol, yuca,
10 maíz y arroz para los ecosistemas de mayor importancia económica, formar
11 una base geográfica para la transferencia de agrotecnología basada en ger-
12 moplasma especialmente relacionado a esos cultivos, y proveer información
13 para producción de cultivos, pastos y agroforestal en general. La informa-
14 ción del recurso tierra se pone dentro de una base geográfica comparable
15 mediante la delimitación de sistemas de tierras (área o grupo de áreas a
16 través del cual hay un patrón recurrente de clima, paisaje y suelo). El
17 término "sistema de tierra" fue usado originalmente por Christian y Stewart
18 en sus estudios de la región Katherine-Darwin, de Australia Norte (1953).
19 La definición de un sistema de tierra tal como se usa en los estudios de
20 CIAT, aunque conceptualmente similar, difiere en cuanto a que introduce al
21 clima como un parámetro directo en su definición. El tratamiento de los
22 parámetros ambientales es inherente a la delineación de los sistemas de
23 tierra en el siguiente orden categórico para formar una verdadera clasifi-
24 cación de tierras:

25 * Ministerios de Agricultura de la mayoría de los países latinoamericanos,
26 excepto para el Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados de EMBRAPA,
27 Brasil.

1 1. Clima

- 2 a) Energía radiante recibida
3 b) Temperatura
4 c) Evapotranspiración potencial
5 d) Balance de humedad
6 e) Otros factores climáticos

7 2. Paisaje

- 8 f) Forma de la tierra
9 g) Hidrología
10 h) Vegetación

11 3. Suelo

- 12 i) Características físicas del suelo
13 j) Características químicas del suelo

14 Los sistemas de tierra se delinearon directamente sobre imágenes de
15 satélite y de radar. Aunque el trabajo ha sido principalmente un ejerci-
16 cio de recopilación de la información existente, se llevó a cabo una can-
17 tidad limitada de trabajo de campo para ayudar a cerrar brechas de conoci-
18 mientos y estandarizar criterios. La Figura 1 resume la cobertura de los
19 principales estudios de relevamientos de suelos que proveyeron información.
20 Luego de la recopilación, revisión y mapeo de la información de clima,
21 paisajes y suelo, se prosiguió con la codificación y registro de datos
22 para formar un sistema computarizado que agilizó el almacenamiento y recu-
23 peración de datos, producción de mapas temáticos y análisis. Se obtuvie-
24 ron datos climáticos de largos períodos de 1144 estaciones de América tro-
25 pical, compilados por Hancock et al., (1979). Sin embargo, hay grandes
26 áreas, particularmente en la Amazonía sin estaciones, o donde las distan-
27 cias entre ellas son demasiado grandes como para permitir extrapolaciones

1 altamente seguras.

2 La evapotranspiración potencial (POT ET), fue calculada para fijar la
3 cantidad de energía disponible y para determinar el balance de humedad y
4 las estaciones de crecimiento. Se usó la ecuación de Hargreaves (1977),
5 basada principalmente sobre la radiación solar y la temperatura. El déficit
6 de precipitación (DEF PREC) es la diferencia entre la precipitación
7 media y la POT ET. La precipitación confiable (DEP PREC) refleja la ocu-
8 rrencia de precipitación al nivel de 75% de probabilidad, ésto es, la can-
9 tidad de precipitación que será igualada o excedida en tres de cada cuatro
10 años. El índice de disponibilidad de humedad (MAI) es un índice de adecua-
11 ción de humedad al nivel de 75% de probabilidad de ocurrencia de precipi-
12 tación, calculada dividiendo la DEP PREC por la POT ET. Hargreaves (1975)
13 cita varias fuentes ilustrando buenas correlaciones entre el MAI y el cre-
14 cimiento de cultivos (tan altas como $R = .92$ para trigo de secano en Irán).
15 Sin embargo, Hargreaves nota que "cuando la capacidad de almacenamiento de
16 humedad del suelo es adecuada por menos de una semana, la correlación
17 entre el MAI y la producción del cultivo probablemente bajará". Recomendó
18 que un mes seco se definiera como aquel con valores $MAI < 0.33$. Este
19 nivel, sin embargo puede ser demasiado alto para suelos con muy baja capa-
20 cidad de retención de humedad. La estación húmeda, por lo tanto, se defi-
21 ne como aquella parte del año con valores de MAI mayores que 0.33. La eva-
22 potranspiración total de la época húmeda (WSPET) fue calculada como la suma
23 de la POT ET durante los meses húmedos o parte de ellos. Las temperaturas
24 medias de la estación húmeda (WSMT) fueron calculadas de manera similar.

25 Las clases de vegetación fueron identificadas siguiendo el criterio
26 de Eyre (1968) para bosques tropicales y Eiten (1972) para sabanas tropica-
27 les. Se hicieron correlaciones entre tipos de vegetación fisionómicos y

1 parámetros climáticos para suelos bien drenados con más de 20 años de
2 datos climáticos. Como resultado de tales análisis fueron identificadas
3 varias subregiones climáticas.

4 El paisaje fue subdividido en sistemas de tierras los cuales fueron
5 delineados sobre imágenes de satélite y de radar de visión lateral (U.S.
6 Geological Survey 1977, Projeto Radambrasil 1972-1978). Los mapas fueron
7 cotejados, dibujados a escala 1:1.000.000 y numerados de acuerdo al código
8 de la Carta Internacional del Mundo al millonésimo (Kerstenetzky, 1972).
9 Luego, ellos fueron computarizados en unidades de 4 x 5 minutos (aproximada-
10 mente 6.800 hect.) para servir como base a la producción de mapas temáti-
11 cos. Una cantidad limitada de trabajo de campo fue llevada a cabo para
12 proveer control terrestre y ayudar a estandarizar criterio descriptivo de
13 los sistemas de tierra. Las variaciones, aunque no mapeadas debido a
14 limitaciones de escala, fueron descritas como facetas del terreno, estimán-
15 dose la proporción de cada una dentro de los sistemas de tierra. De este
16 modo fueron computados rasgos seleccionados del paisaje sobre la base de
17 la subdivisión de facetas del terreno. Debe notarse que como la unidad de
18 mapeo más pequeña fue el sistema de tierra, el mapeo temático para una ca-
19 racterística dada, a menos que se condicione de otro modo, representa la
20 clasificación para la principal faceta del terreno.

21 La subdivisión de sistemas de tierra en facetas del terreno fue parti-
22 cularmente útil para cubrir la brecha entre sistemas de tierra y unidades
23 de suelo. Obviamente las facetas del terreno contienen suelos con una va-
24 riación en sus propiedades, pero debe aceptarse algún nivel de generaliza-
25 ción al hacer un inventario del recurso tierra. Los suelos más extensivos
26 en cada faceta del terreno fueron primero clasificados hasta la categoría
27 de gran grupo del sistema de Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 1975),

1 y-se aproximaron estimaciones areales para cada gran grupo de acuerdo a di-
2 visiones topográficas dentro de las subdivisiones climáticas. Luego, los
3 suelos fueron descritos en términos de sus principales propiedades físicas
4 y químicas.

5 Debe notarse que la Taxonomía de Suelos no provee información sufi-
6 ciente para el agrupamiento de suelos "que tienen propiedades químicas y
7 físicas similares que reflejen su respuesta al manejo y manipuleo para su
8 uso" hasta que se alcance la categoría de Familia; la cantidad de releva-
9 miento de suelos necesario para clasificar los suelos hasta el nivel de
10 Familia a través de la región y en relación a aquel sistema está simplemen-
11 te inalcanzable.

12 Se registraron y codificaron varias propiedades físicas y químicas del
13 suelo superficial (0-20 cm de profundidad) y del subsuelo (21-50 cm de pro-
14 fundidad). Las propiedades físicas del suelo incluyen pendiente, textura,
15 presencia de material grueso, profundidad, tasa de infiltración inicial,
16 conductividad hidráulica, drenaje, capacidad de retención de humedad, régi-
17 men de temperatura, régimen de humedad y presencia de arcillas expandibles.
18 Las propiedades químicas del suelo incluídas fueron pH, % saturación Al;
19 Al, Ca, Mg, K, Na intercambiables, bases totales intercambiables (TEB), ca-
20 pacidad de cambio catiónica efectiva (CICE), M.O., P disponible (los datos
21 de P disponible usando las metodologías de Bray, Olsen y Truog fueron
22 aproximados con valores asumidos derivados del método descrito por Vettori,
23 1969), fijación de P, Mn, S, Zn, Fe, Cu, B, Mo disponibles, carbonatos
24 libres, salinidad, % saturación Na, presencia de arcillas cat, amorfismo
25 rayos-x, y elementos de importancia para la nutrición animal. Debe enfati-
26 zarse que la cantidad y calidad de datos disponibles variaron considerable-
27 mente de una región a otra, que la información de elementos menores y traza
raramente estuvo disponible, y las a menudo largas distancias entre los

1 sitios de muestreo complicaron el problema de generalización de datos.
2 Sin embargo, ellos fueron tabulados de acuerdo al sistema de Clasificación
3 de Capacidad de Fertilidad del Suelo (FCC) descrito por Buol et al., (1975)
4 y modificado por Sánchez et al., (1980). Las unidades FCC fueron incorpora-
5 das dentro de los programas de computación para permitir la producción de
6 mapas temáticos. Otros parámetros no incluidos en el sistema FCC fueron
7 divididos en clases arbitrarias.

8 9 EL RECURSO TIERRA BASE

10 La Figura 1 provee una definición geográfica conveniente para esta
11 revisión que resume algunos hallazgos recientes en relación a clima, paisa-
12 jes y suelos sobre una extensión de aproximadamente 820 millones de hectá-
13 reas. Este estudio cubre una gran parte de las áreas de tierras principal-
14 mente húmedas y menos desarrolladas de Sudamerica entre 12°N y 20°S de lati-
15 tud, al este de los Andes, y al oeste del meridiano 42°W.

16 Subregiones de Clima y Vegetación.

17 La Figura 2 es un mapa computarizado mostrando las amplias clases de
18 vegetación nativa a través de la región. Las principales clases mostradas
19 son: bosques lluviosos tropicales, bosques tropicales estacionales semi-
20 siempreverdes, sabanas bien drenadas y sabanas mal drenadas. Alvim y Silva
21 (1979) han señalado el valor de los estudios del balance de humedad en su
22 comparación de los bosques Amazónicos con las sabanas de Brasil central, y
23 que las diferencias de vegetación pueden ser explicadas sobre la base de
24 cifras del balance de humedad anual. Cochrane y Jones (1980) han investi-
25 gado recientemente en mayor detalle la dependencia de la vegetación respec-
26 to a factores climáticos utilizando varios parámetros con datos recopilados
27 por Hancock. Fue asignada una clase de vegetación a los suelos bien drena-

1 dos de cada uno de los 251 sitios para los cuales había datos meteorológi-
2 cos disponibles de un período largo (más de 20 años). Se encontró que los
3 parámetros que más influenciaban la vegetación eran WSPET, el número de
4 meses húmedos y WSMT. El WSPET y WSMT de los 251 grupos de datos fueron
5 sujetos a análisis discriminatorios, no solamente paramétricos sino también
6 no paramétricos y tramados por computadora como se muestra en la Figura 3.
7 El agrupamiento de las clases de vegetación puede verse fácilmente. Las
8 probabilidades posteriores de asignaciones correctas fueron estimadas como:
9 A, bosques deciduos .91; B, sabanas bien drenadas .68; D, bosques tropica-
10 les estacionales semi-siempreverdes .71; E, bosques lluviosos tropicales
11 .87; F, bosques subtropicales semi-siempreverdes .67; y G, bosques subtropi-
12 cales siempreverdes .60. Usando la clasificación vecina más cercana des-
13 crita por Cober y Hart (12) e implementada por Barr et al. (13), las proba-
14 bilidades de clasificación correcta fueron también muy buenas.

15 Los regímenes WSPE dentro de las zonas de vegetación principal, junto
16 con la duración de la estación húmeda, y las WSMT han provisto una subdivi-
17 sión conveniente de la región en cinco principales subregiones climáticas,
18 descritas en la Tabla 1 y mostradas en detalle en el mapa producido por la
19 computadora, Figura 4. La WSPE determina el total anual de energía dispo-
20 nible para el crecimiento de la planta cuando los suelos almacenan suficien-
21 te humedad para permitir el crecimiento satisfactorio por el menos una se-
22 mana bajo los regímenes de POT ET prevalecientes. Se considera solamente
23 la precipitación natural al nivel de 75% de probabilidad de ocurrencia, sin
24 riego suplementario.

25 Aproximadamente 27% de la región cae dentro de la subregión de bosques
26 lluviosos tropicales, principalmente en la mitad occidental de la cuenca
27 Amazónica. Los bosques tropicales estacionales, caracterizados por el

1 estrecho rango de estación húmeda de 8 a 9 meses, ocupa 38% del área, la.
2 mayor parte en el Brasil al este de Manaus. Las sabanas isohipertérmicas
3 (16% de la región) son pastizales naturales usualmente bien drenados rodea-
4 dos de vegetación de bosque. Ellas incluyen partes de los Cerrados brasi-
5 leños, las Pampas bolivianas norte y occidentales, los Llanos Orientales
6 de Colombia, una gran parte de los Llanos Centrales de Venezuela, parte de
7 los planos de Amapá y sabanas de Boa Vista y Rupunini. La subregión D es
8 principalmente el área de la meseta central del Cerrado de Brasil, ésta
9 difiere de los Llanos en términos de un régimen de temperatura más frío y
10 ocupan el 5% de la región. La subregión E son áreas principalmente cubier-
11 tas con vegetación decidua.

12 Las características de las subregiones climáticas no toman en cuenta
13 las diferencias entre sabanas bien drenadas y pobremente drenadas. Esta
14 diferencia fundamental entre sabanas ha conducido a una importante confu-
15 sión en el pasado en relación a la naturaleza de las mismas. Las sabanas
16 pobremente drenadas se encuentran en subregiones climáticas con 3 a 6 meses
17 de estación seca y con un rango variable de WSPE. La Tabla 2 muestra los
18 datos meteorológicos de un sitio elegido como ejemplo.

19 Al considerar la relación entre WSPE y vegetación, debe notarse que
20 el "stress" por sequía en el suelo se describe en términos del potencial
21 climático para suplementar y extraer humedad del suelo en una localidad
22 dada durante un período dado de tiempo, y la habilidad de suelos de textu-
23 ra media bien drenados para almacenar y suplir agua. En suelos que tienen
24 menos que una mediana capacidad para almacenar agua disponible para las
25 plantas, tales como los Spodosoles arenosos, la vegetación puede sufrir rá-
26 pidamente "stress" por sequía. Tales situaciones ocurren ampliamente en
27 la cuenca Amazónica. Como Alvim (1978) ha notado, las áreas de vegetación
de "campina", un tipo de sabana, son prevalecientes sobre suelos arenosos

1 con muy baja capacidad de almacenamiento de agua rodeada por suelos con
2 más altas capacidades de almacenamiento de agua cubiertos por bosques esta-
3 cionales semi-siempreverdes.

4 A raíz de este trabajo se está volviendo claro el hecho de que la dis-
5 tribución e intensidad de la energía que puede ser usada para el crecimen-
6 to de la planta de acuerdo con las condiciones variables del balance de hu-
7 medad a través del año, está estrechamente asociado con la vegetación nati-
8 va. El concepto de WSPE ha provisto una aproximación fresca para el zonea-
9 miento de subregiones climáticas a través de las tierras bajas de Sudameri-
10 ca tropical para la producción de cultivos perennes sin riego. Esto está
11 conduciendo a un mejor entendimiento de la región y ha provisto a CIAT de
12 base para definir ampliamente condiciones climáticas comparables para la
13 selección y transferencia de nuevas accesiones de plantas para pasturas
14 (CIAT, 1980). Estudios que incluyen aquellos recientemente publicados por
15 Ranzani (1978) ayudarán a definir más precisamente la habilidad de los
16 suelos per sé para suplir humedad del suelo y mejorarán las estimaciones
17 del balance de humedad para sistemas agrícolas específicos.

18 Paisaje

19 La región ha sido subdividida en 489 sistemas de tierra. La Figura 5
20 es un ejemplo del mapeo de sistemas de tierra sobre imágenes de satélite
21 en la región de Concepción de Araguaia, Brasil. La Figura 6 es un perfil
22 topográfico diagramático que ilustra cómo los sistemas de tierra - en este
23 caso el número 257 - fueron a su vez subdivididos en facetas de terreno.

24 Tierras pobremente drenadas. Aproximadamente 21% (170 millones de
25 hect.) son tierras pobremente drenadas. 82% de esta área (139 millones de
26 hect.) están cubiertas por bosques, y el resto por sabanas nativas. La
27 vasta extensión de bosques pobremente drenados, encontrados a lo largo del

1 piedemonte andino y especialmente en Amazonía noroeste, impone una barrera
2 natural al desarrollo agrícola. Sin embargo, las tierras periódicamente
3 inundadas o "varzeas" de los principales sistemas fluviales, a menudo
4 tienen suelos naturalmente fértiles, y parece que en un futuro no muy dis-
5 tante, importantes áreas en aumento se pondrán bajo una más intensa produc-
6 ción de cultivos, incluyendo arroz de tierras húmedas. Las tierras de sa-
7 banas mal drenadas han sido usadas exitosamente desde tiempos coloniales
8 para producción extensiva de ganado; áreas significativas se encuentran en
9 el "pantanal" brasileño, las "pampas de Mojos" bolivianas, los "llanos de
10 Apure" colombo-venezolanos, la isla de Marajó en la desembocadura del río
11 Amazonas, los planos de Ilumaitá al norte de Porto Velho en Amazonía, parte
12 de las sabanas de Amapá cerca de la boca del Amazonas y parte de las saba-
13 nas de Boa Vista en Roraima en el norte del Brasil.

14 Tierras bien drenadas. Alrededor del 79% de la región (649 millones
15 de hect.) está razonablemente bien drenado. La mayor parte (508 millones
16 de hect.) están cubiertas por bosques, y los restantes 141 millones de
17 hect. están cubiertas por las sabanas ya mencionadas al tratar las subre-
18 giones C y D. Aproximadamente 77% de las tierras bien drenadas (497 millo-
19 nes de hect.) tiene pendientes menores que 8%, y 23% (152 millones de hect.)
20 tiene pendientes mayores que 8%. Las tierras relativamente planas a menu-
21 do están densamente disectadas por pequeñas corrientes. De hecho, sobre
22 86% del área como un todo, se encuentran corrientes perennes a intervalos
23 menores de 10 km y 39% con separación de menos de 5 km.

24 La Tabla 3 provee un resumen de la topografía dentro de las amplias
25 subregiones climáticas. Hay una proporción significativamente más alta de
26 tierras pobremente drenadas en la subregión A. Aún así, 70% de las áreas
27 de bosques lluviosos tropicales son bien drenados. De éstos, 128 millones

1 de hect. tienen pendientes menores de 8%. Con la notable excepción de al-
2 gunas áreas en las estribaciones subandinas, tales como la región de Flo-
3 rencia en Colombia, y cerca de las principales ciudades en la Selva Baja
4 de Perú, la mayoría de estas tierras están aún cubiertas por la vegetación
5 nativa de bosques lluviosos tropicales. Las variaciones en fisiografía a
6 lo largo del angosto piedemonte subandino y las regiones afectadas por los
7 escudos Precámbricos de Brasil y Guayanas son comunes y pintorescas. Entre
8 las estribaciones andinas y las mesetas, muchas de las formas de la tierra
9 son ondulaciones suaves y uniformes, aunque a menudo se encuentran disemi-
10 nadas áreas extensivas de tierras mal drenadas.

11 Las áreas más grandes de tierras bien drenadas se encuentran sin duda
12 en las subregiones B, C, D y E, en Amazonía central, oriental y sur. La
13 vegetación original de bosque estacional semi-siempreverde está intacta en
14 su mayor parte, aunque en años recientes se han alterado áreas medibles es-
15 pecialmente en Rondonia. Alrededor del 73% (189 millones de hect.) de
16 estas tierras bien drenadas, en la subregión B son relativamente planas,
17 con pendientes menores que 8%. El paisaje de la subregión B tiende a ser
18 menos variables que las tierras encontradas en las otras subregiones. Sin
19 embargo, hay diferencias fisiográficas menores, ya que una gran parte de
20 la subregión B está densamente disectada por los muchos tributarios del
21 sistema del río Amazonas. La subregión C está en gran parte definida por
22 las tierras de sabana bien drenadas, isohipertérmica. Se encuentran áreas
23 extensivas de tierras planas, tales como los planos de Carimagua en Colom-
24 bia, pero grandes sectores de estas tierras están fuertemente disectados.
25 La subregión D principalmente define las tierras de meseta más altas (>
26 900 m) de Brasil central, por ejemplo aquellas tierras de los alrededores
27 de Brasilia, y aquellas en los límites latitudinales más bajos y fríos de
los Cerrados de Brasil. También hay a menudo extensos sectores de tierras

1 planas disectadas por valles escarpados en las regiones de meseta más altas.
2 La subregión E cubre un rango mucho más amplio de clima y topografía que
3 las otras.

4 No hay duda que los 613 millones de hectáreas de tierras bien drena-
5 das de la región con pendientes menores que 30% probablemente representan
6 la mayor reserva mundial para producción de cultivos, pastos y agrofores-
7 tal bajo condiciones de secano. Se desprende de ésto que sus condiciones
8 edáficas deben ser examinadas cuidadosamente.

9 10 GEOGRAFIA DE SUELOS

11 La distribución areal de suelos de la región se muestra en la Tabla 4
12 a nivel de orden, suborden y gran grupo de suelos. Esta Tabla se conside-
13 ra tentativa y sujeta a cambios a medida que se disponga de relevamientos
14 más detallados. Todos los 10 órdenes de suelos están representados en la
15 región. La Figura 7 es un mapa producido por el computador que muestra la
16 extensión de los órdenes de suelos con la excepción de Histosoles y Verti-
17 soles debido a su extensión limitada. La mayoría de los suelos se clasifi-
18 can como Oxisoles y Ultisoles, los que juntos totalizan el 66% de la re-
19 gión. Les siguen en extensión los Entisoles, con alrededor del 19%, algu-
20 nos de los cuales son de origen aluvial y se encuentran bordeando la red
21 fluvial, y otros están sobre depósitos arenosos. Los restantes órdenes
22 cubren áreas relativamente más pequeñas pero son localmente importantes:
23 Alfisoles (6.7%), Inceptisoles (6.3%), Spodosoles (1.4%), Molisoles (0.2%),
24 Aridisoles (0.1%), Vertisoles (< 0.1%), Histosoles (< 0.1%). La Tabla 4
25 muestra que el 48% de la región está incluido en cinco grandes grupos:
26 Haplorthox (18%), Tropudults (10%), Acrorthox (8%), Fluvaquents (6%) y
27 Quartzipsamments (6%).

1 Oxisoles: Los Haplorthox son Oxisoles uniformes, bien drenados, con
2 muy baja fertilidad nativa pero buena estructura de suelo. También son co-
3 nocidos como Latosol Amarelo y Ferralsoles Xánticos. Los Acrorthox son si-
4 milares excepto por una capacidad de intercambio de la arcilla más baja.
5 Son suelos profundos, uniformes, bien drenados y dominados por arcilla de
6 baja actividad. Su estructura es buena, pero son extremadamente ácidos y
7 muy bajos en fósforo y bases. Los Oxisoles de las sabanas pueden ser altos
8 fijadores de P; los encontrados en las regiones forestadas no son general-
9 mente grandes fijadores de fósforo. Los Oxisoles de la Amazonía están
10 principalmente bajo vegetación natural, pero se están limpiando áreas cre-
11 cientes para producción ganadera y de cultivos permanentes.

12 Ultisoles: Los Ultisoles son muy extensos en ambas posiciones, bien
13 y pobremente drenados. Los Tropudults y Paleudults son suelos bien drena-
14 dos, ácidos e infértiles, pero con menos propiedades físicas deseables que
15 los Oxisoles debido a un significativo aumento de arcilla en profundidad.
16 Son también conocidos como Podzólicos Rojo Amarillos, Acrisoles Orticos, y
17 Podzólicos Vermelho Amarelo. Los miembros deficientemente drenados por lo
18 general muestran en el subsuelo una capa moteada arcillosa que es una mez-
19 cla de caolinita y montmorillonita, la cual a primera vista parece ser
20 plintita, pero los análisis muestran que no lo es (Sánchez y Buol, 1974;
21 Tyler et al., 1978). Se sospecha que muchos de estos suelos clasificados,
22 por varios autores, como Plinthudults son Paleudults o bien Hapludults.

23 Suelos aluviales: Los suelos a lo largo de los planos de inundación
24 de los ríos, aunque poco extensivos, son muy importantes porque es allí
25 donde se esperan buenas cosechas de cultivos sin enmiendas al suelo. Se
26 clasifican como Entisoles, (Fluvaquents), Inceptisoles y Molisoles. Estos
27 suelos se conocen en otras clasificaciones como suelos Aluviales, Gleys

1 bajo húmicos y Gleysols dístricos y éutricos. Su principal limitación son
2 las inundaciones periódicas, en parte debido a su impredecibilidad. Los
3 suelos aluviales tienen diferencias en cuanto a su fertilidad nativa,
4 debido a la fuente de sedimentos, la cual es una característica muy varia-
5 ble de los suelos "barriales" y de "varzeas". Consecuentemente, no puede
6 generalizarse que los suelos aluviales son siempre altos en cuanto a ferti-
7 lidad nativa.

8 Suelos arenosos: Existen 52 millones de hect. (6.4% de la región) de
9 suelos arenosos de baja fertilidad, clasificados como Quartzipsamments:
10 están ubicados principalmente en las mesetas de Espigao Mestre y Parecis
11 de Brasil oriental y occidental respectivamente. La primera región es
12 desértica en apariencia, la otra está cubierta por pastizales afectados
13 por sequía en la estación seca. Hay áreas considerables de otros suelos
14 de textura liviana en la región, tales como los Psamments en la vecindad
15 de Tres Lagoas, principalmente hacia el este del río Paranaíba.

16 Spodosoles: Otro orden de suelo que merece la atención es el de los
17 Spodosoles, también conocido como Podzoles, Podzoles de agua subterránea,
18 y Podzoles Tropicales Gigantes, incluyendo sus variantes más profundas
19 como Psamments. Estos suelos derivan de materiales arenosos gruesos y se
20 encuentran en manchones claramente definidos en partes de la Amazonia ale-
21 jados de los planos de inundación. La vegetación forestal nativa es dife-
22 rente de la que se encuentra en Oxisoles y Ultisoles. Se le llama "campi-
23 naramas" en Brasil. El proyecto Radambrasil ha identificado recientemente
24 grandes áreas de Spodosoles a lo largo de las cabeceras del río Negro, los
25 cuales son en gran parte responsables del color de este río ya que el agua
26 que pasa a través de los Spodosoles característicamente lleva en suspensión ma-
27 teria orgánica. Siendo extremadamente infértiles y muy susceptibles a la

erosión, sería mejor dejar a estos Spodosoles en su estado natural. Desafortunadamente los Spodosoles han recibido más atención científica de la que se merecen en términos de su extensión areal (1.4% de la región). Por lo tanto, la investigación sobre Podsoles tropicales en la literatura internacional (Klinge 1965, 1967, 1975, Stark 1978, Sombroek 1979) debe mantenerse en perspectiva; más aún, bajo ninguna circunstancia puede ser extrapolada a los Oxisoles y Ultisoles dominantes.

Suelos fértiles bien drenados: Desafortunadamente solo alrededor de 5.2% de la región tiene suelos bien drenados altos en fertilidad nativa (Tabla 7, suelos sin modificadores). Estos se clasifican principalmente como Tropudalfs y Paleustalfs (Terra Roxa Estruturada), Eutropept (Eutric Cambisols), Tropofluvents (Aluviales bien drenados), Argiudolls (Chernozems), Eustrtox y Eutrorthox (Terra Roxa Legítima) y Chromuderts (Vertisols). Sin embargo, ellos representan un total de 42.4 millones de hect. y donde ellos ocurren la agricultura permanente tiene mayor probabilidad de éxito, particularmente en los suelos Terra Roxa, los cuales combinan alta fertilidad nativa con excelentes propiedades físicas. Muchas de las exitosas plantaciones de cacao se localizan en dichos suelos. Se hallan ejemplos cerca de Altamira, Porto Velho y río Branco en Brasil. La Figura 8 es un mapa computarizado de grandes grupos que muestran la extensión relativamente limitada de estos suelos.

Peligros por Laterita o Plintita.

La extensión areal de suelos con plintita en el subsuelo (Plinthaquox, Plinthudults y Plinthaquults) es limitada. Ellos totalizan cerca de 46 millones de hect. o 5.6% de la región. Este punto merece énfasis, dadas las amplias generalizaciones en el sentido de que muchos suelos tropicales al ponerlos en producción se convertirán irreversiblemente en laterita o

1 plintita endurecida. Estos tres grandes grupos son los únicos suelos
2 donde este fenómeno puede ocurrir, pero como la plintita blanda está en el
3 subsuelo, la capa superficial necesita primero ser removida por erosión.
4 Desde que estos suelos ocurren principalmente en paisajes planos y mal
5 drenados, la erosión no parece ser muy extensiva.

6 Los afloramientos de laterita endurecida ocurren en posiciones geomor-
7 fológicamente predecibles que incluyen aquellas partes geológicamente afec-
8 tadas por los Escudos Brasileiro y Guayanés en las regiones de sabanas bien
9 drenadas; algunas veces están mezclados con materiales de suelo como en el
10 caso de los "Latosoles Concrecionarios". Estos afloramientos geológicos
11 constituyen un patrimonio para el proceso de desarrollo porque proveen ex-
12 celentes materiales para la construcción de caminos a bajo costo. La falta
13 de plintita o laterita en muchas áreas no afectadas por los escudos pre-
14 cámbricos es una limitación definitiva para la construcción y mantenimien-
15 to de caminos.

16 Suelos en relación a subregiones climáticas y posiciones topográficas.

17 La Tabla 4 muestra estimaciones areales para la clasificación de los gran-
18 des grupos de acuerdo a subregiones climáticas y subdivisiones topográfi-
19 cas. Los Ultisoles contribuyen con un porcentaje mucho más bajo de suelos
20 en las subregiones C, D y E. Las proporciones de los grandes grupos de
21 Oxisoles más comúnmente encontrados varían entre las subregiones, ilustran-
22 do el efecto del clima sobre el desarrollo del suelo. Hay una proporción
23 mucho más alta de Haplorthox en la subregión A, Acrorthox en la subregión
24 B, Haplustox en la subregión C y Acrustox en la subregión D. Los Oxisoles
25 solo contribuyen con una pequeña proporción de los suelos en la subregión
26 E. La alta proporción de Acrorthox en la subregión B indicaría una más
27 grande extensión de suelos con muy baja capacidad de intercambio catiónica

(< 1.5 meq/100 g arcilla) que en la subregión A. La extensión relativamente grande de Inceptisoles bien drenados en la subregión A está principalmente asociada a sedimentos originalmente derivados de materiales volcánicos en la región de los Andes. Los Alfisoles encontrados en las subregiones A, B, C y D están también asociados con materiales superiores básicos indicando la fuerte influencia que tienen los materiales originarios en la formación del suelo, aún bajo condiciones de vigorosa meteorización. Los mejores suelos encontrados en toda la región generalmente están sobre aluviones recientes. No todos los Entisoles son fértiles, como lo evidencian los depósitos arenosos estériles (Quartzipsamments) que cubren extensas áreas de Brasil.

PROPIEDADES FISICAS DEL SUELO.

Textura del Suelo:

La Tabla 5 muestra los datos tabulados por subdivisiones climáticas y topográficas. Las texturas más extensivas son franco (18-35% de arcilla), y franco sobre subsuelos arcillosos. Estas clases L y LC juntas totalizan el 55% de los suelos. Le siguen perfiles uniformemente arcillosos, C, 26% del área, estando el resto dividido en suelos someros sobre roca y otras combinaciones texturales. La Tabla 5 muestra que existe una barrera física para el desarrollo radicular a 50 cm o menos en solamente 16 millones de hectáreas (2% de la región).

Peligro por erosión.

La Tabla 5 también provee una síntesis de las clases de pendientes de la región. Alrededor del 61% de la región tiene niveles de pendientes suaves (0-8%). La topografía es fuertemente ondulada (8-30%) en 14% de la región y escarpada ($> 30\%$) en el restante 4% de la región. La presencia

1 de un cambio textural dentro de los 50 cm de profundidad, tales como LC,
2 SL y SC, hace a los suelos susceptibles a la erosión, particularmente sobre
3 pendientes escarpadas. La Tabla 5 muestra que 64.8 millones de hect. (8%
4 de la región) tiene suelos con un cambio textural abrupto sobre pendientes
5 mayores que 8% o tienen suelos someros (LR y CR). Los suelos profundos
6 con cambios texturales, principalmente clasificados como Ultisoles y Alfisoles
7 son generalmente bastante susceptibles a la erosión a menos que estén
8 protegidos por la cubierta vegetal durante los períodos de fuertes lluvias.

9 Entre las cinco principales subregiones climáticas, las C y E, tienen
10 la mayor proporción de suelos empinados (1.1% y 1% respectivamente) al com-
11 pararlos con el 0.6% en la subregión B de bosques estacionales semi-siempre-
12 verdes, y solamente 0.4% en las subregiones A y D.

13 Estos enunciados no implican que la erosión no es un problema en la
14 región porque todos los suelos pueden ser erodados por mal manejo, y la
15 erosión laminar puede ocurrir en Oxisoles y Ultisoles bien drenados casi
16 planos. Ellos implican que los problemas no son más grandes que aquellos
17 de otras regiones del mundo con topografía y clima comparables. Muchas de
18 las erosiones en cárcavas que fueron vistas mientras se viaja por los Cerra-
19 dos y la Amazonia de Brasil, por ejemplo, son causadas por ingeniería civil
20 más que por agricultura: a lo largo de caminos, sitios de construcción y
21 sistemas de drenaje deficientemente contruídos. Esta situación, sin embar-
22 go, puede cambiar drásticamente si se remueve la cobertura vegetal y no se
23 reemplaza lo suficientemente rápido por otra. Esto raras veces ocurre en
24 las regiones forestadas porque cuando las pasturas o cultivos fallan, las
25 malezas y el rebrote forestal secundario generalmente producen en forma
26 rápida una cobertura vegetal. La erosión en cárcavas a lo largo de los sen-
27 deros del ganado en pasturas sobre pastoreadas, sin embargo, es una seria
y creciente preocupación.

Relaciones de Humedad del Suelo.

La definición de grandes grupos de suelos y su extensión areal mostrada en la Tabla 4 permite un cálculo de la importancia relativa de los regímenes de humedad del suelo en la región de acuerdo a las definiciones en la Taxonomía de Suelos (Soil Survey Staff 1975). Alrededor del 61% de la región tienen régimen de humedad del suelo údico o perúdico, indicando que el subsuelo está húmedo durante 9 o más meses por año. Aproximadamente 21% del área tiene un régimen ácuico, indicando presencia de condiciones de anegamiento en algunas partes del solum durante el año. Aproximadamente 18% tiene régimen de humedad ústico y algo de arídico, lo cual indica que el subsuelo está seco por más de 90 pero menos de 180 días consecutivos durante el año.

La situación de humedad no es tan clara como lo sugieren estas cifras porque la subregión B, que cubre la gran extensión de la Amazonía, incluye ambos regímenes de humedad del suelo údico y ústico, tal como se define hasta el presente. (Ranzani, 1978, en estudios detallados de balance de humedad del suelo hechos cerca del borde de la subregión B, en Marabá, Pará, clasificó los suelos bien drenados en subórdenes ústicos). Merece notarse que las definiciones de regímenes de humedad del suelo de acuerdo al Soil Taxonomy están actualmente bajo revisión debido a ciertas dudas en relación a la aplicabilidad del presente criterio para circunstancias tropicales.

Dejando a un lado las consideraciones de clasificación, es relevante destacar que la mayoría de los suelos en la subregión B sufren un "stress" por sequía temporario pero severo, durante 3 a 4 meses del año, el cual ciertamente afecta el crecimiento de las plantas. La estación seca claramente definida en las sabanas hace esta situación más obvia en los suelos

1 bien drenados de las subregiones C y D. Aún en los regímenes de humedad*
2 del suelo údico claramente definidos de la subregión A, ocurre "stress"
3 por sequía del suelo temporario y esporádico afectando severamente los cul-
4 tivos tales como maíz y arroz de tierras altas (Bandy, 1977). Así, parece
5 que el crecimiento de las plantas sobre la mayoría de los suelos bien dre-
6 nados en la región, pueden sufrir por falta de agua durante alguna parte
7 del año.

8 Es pertinente notar que las propiedades físicas de la mayoría de los
9 suelos de la Amazonía y muchos de sabana son generalmente bastante buenas,
10 aunque se ha notado baja capacidad de retención de humedad aún en suelos
11 arcillosos. La dominancia de capas superficiales de grava gruesa subyaci-
12 das por plintita en gran parte de la región occidental de África equivalen-
13 te a la subregión B de Sudamerica, impone mayores limitaciones al desarro-
14 llo de agricultura permanente en aquella vasta región (Lat et al., 1975).
15 Esta situación en cambio no es tan grave en Sudamerica tropical. Aunque
16 hay importantes limitaciones físicas tales como pobre drenaje en 21% de la
17 región, peligro severo por erosión en 8%, y grados variables de "stress"
18 por sequía en general, las propiedades físicas de los suelos pueden consi-
19 derarse generalmente favorables.

20 PROPIEDADES QUIMICAS DEL SUELO.

21 Una aseveración opuesta puede hacerse en relación a las propiedades
22 químicas. La vasta mayoría de los suelos de la región son ácidos y con
23 muy baja fertilidad nativa en su estado no-disturbado. Como ya fue mencio-
24 nado, solamente alrededor del 5% de la región tiene suelos con alto status
25 de bases y fertilidad nativa relativamente alta. Las mayores limitaciones
26 químicas de los suelos de la región son deficiencia de P, acidez, capaci-

dad de intercambio efectiva baja, y deficiencias ampliamente difundidas de N, K, S, Ca, Mg y deficiencias de elementos traza incluyendo B, Cu, Zn y ocasionalmente otros (Sánchez y Cochrane, 1979). La Tabla 6 muestra la extensión areal de éstos y otros parámetros de fertilidad de la región, discriminando los datos del suelo superficial por subregiones climáticas y posiciones topográficas. La Tabla 7 interpreta estos datos en términos de unidades FCC. La Figura 9 es un mapa computarizado que muestra las combinaciones de unidades FCC.

Acidez del Suelo.

La tabla 6 muestra que el 75% de la región tienen valores de pH del suelo menores que 5.3, indicando no solamente una reacción ácida sino también la presencia de niveles potencialmente tóxicos del porcentaje de saturación de Al para muchos cultivos. La proporción de suelos ácidos es menor en topografías planas mal drenadas (52%), sugiriendo una extensión igualitaria de suelos ácidos y no-ácidos en esta posición topográfica.

La toxicidad de aluminio para las plantas es la principal consecuencia de la alta acidez del suelo. Las especies vegetales y los cultivares dentro de las especies difieren en su tolerancia al Al y esto se expresa en términos del porcentaje de saturación de Al crítico. Las plantas muy sensibles al aluminio sufren a niveles de 10 a 60% de saturación de Al, y este rango está indicado por el modificador "h" en la Tabla 6. En general, cuando hay un 60% de saturación de Al o más dentro de los 50 cm superficiales, el suelo se considera tóxico por aluminio. Tales suelos tienen el modificador "a" en el sistema FCC. Aproximadamente 358 millones de hect., o 44% de los suelos de la región son aluminio-tóxicos en su estado natural. La Figura 10 muestra un mapa computarizado de niveles de saturación de aluminio de la región.

1 La limpieza y quema de los bosques cambia esta situación, debido al
2 contenido básico de la ceniza, como virtualmente ha demostrado Falesi
3 (1979). Es relevante enfatizar que los análisis de suelos deben conducir-
4 se después de la limpieza y quema para estimar los requerimientos de cal
5 para cultivos y cultivares específicos. El método de Kamprath de aplica-
6 ción de 1.6 tons/ha de CaCO_3 equivalente para neutralizar la mayor parte
7 del Al de cambio en el suelo superficial, generalmente sobreestima los re-
8 querimientos de cal en algunas circunstancias de suelos ácidos de la Amazo-
9 nia (North Caroline State University, 1973-1978; Sánchez, 1977). Usando
10 la fórmula recientemente publicada de Cochrane et al., (1980), las tasas
11 recomendadas pueden ser calculadas para plantas con diferentes niveles de
12 tolerancia a la saturación de Al, y teniendo en cuenta los efectos de los
13 niveles de Ca y Mg en el complejo de intercambio del suelo. Los depósitos
14 calcáreos son abundantes en el borde oriental de los Andes y en el Cerrado
15 de Brasil. Sin embargo, el transporte es el mayor factor limitante y en
16 muchos casos las limitaciones de acidez del suelo tienen que superarse
17 buscando cultivares tolerantes a altos niveles de saturación de Al en el
18 suelo. Para agricultura intensiva de cultivos anuales, sin embargo, el en-
19 calado parece ser necesario. Aunque el encalado neutraliza el Al solamente
20 en el suelo superficial, también decrecen los niveles de saturación de Al
21 en el subsuelo después de 1 o 2 años en un ambiente de bosque tropical (Vi-
22 llachica y Sánchez, 1980).

23 Deficiencia de Fósforo.

24 La Tabla 6 muestra que el 88% de los suelos de la región tienen hori-
25 zonte superficial con niveles de P disponible más bajos que 7 ppm, de acuer-
26 do al método de la doble extracción ácida. La Figura 11 muestra la distri-
27 bución de los niveles de P en la región para el horizonte superficial del

suelo. Desde que el nivel crítico generalmente reconocido para este método en Oxisoles y Ultisoles de Brasil es de 7 ppm de P para los cultivos, es seguro que la mayoría de los suelos en el área son deficientes en fósforo para la mayoría de los cultivos anuales. Afortunadamente, esta difundida deficiencia de P no está acompañada por una difundida alta capacidad de fijación de fósforo. La Tabla 6 muestra que un estimado de 100 millones de hectáreas (12% de la región) tienen suelos con una alta capacidad de fijación de P, según está definida por el modificador "i" del sistema FCC. Solamente aquellos horizontes superficiales de suelo con contenido de arcilla mayor que 35% y con alta proporción de óxido de hierro presente, son considerados altos fijadores de P, lo cual significa que requerirán más de 100 kg/ha de P para corregir las deficiencias de fósforo en muchos cultivos anuales (Sánchez y Uehara, 1980; Sánchez et al., 1980). Los isothermas de adsorción de fósforo conducido con muestras de Ultisoles tomadas de Perú y Brasil por North Caroline State University, 1973, y Dynia et al., 1977), muestran que la capacidad de fijación es baja. El uso de especies y cultivares tolerantes a bajos niveles de P es una alternativa viable para decrecer los requerimientos de fertilización de P en suelos deficientes.

Bajas reservas de Potasio.

Alrededor del 58% de la región (477 millones de hect.) tienen suelos con bajas reservas de K. La Tabla 7 muestra cifras menores de estos suelos señalados con el modificador "k" debido a que toma en cuenta solamente aquellos que no están afectados además por los modificadores "g" (gley) y "d" (seco). Aunque la quema aumenta los niveles de K disponibles, este efecto tiende a ser de corta duración. A diferencia de la acidez del suelo y bajo P, no hay hasta el presente estrategias genéticas satisfactorias para plantas en relación a las deficiencias de K. Consecuentemente, ésta es una

1 Limitación económica importante en alrededor de la mitad de la región.

2 Capacidad de intercambio catiónica efectiva baja.

3 La baja CICE es una limitación del suelo importante debido a la suscep-
4 tibilidad de los nutrientes móviles a ser lixiviados del perfil del suelo
5 y el daño de crear serios desequilibrios nutricionales entre cationes,
6 tales como K, Ca y Mg. La Tabla 6 muestra que aproximadamente 242 millo-
7 nes de hect. (30% de la región) tienen esta condición en el horizonte super-
8 ficial; además, 414 millones (50% de la región) la presentan en el subsuelo.
9 La baja CICE prevalece más en las subregiones B y C, y ocurren principal-
10 mente en Oxisoles arcillosos (Acrorthox y Acrustox), Ultisoles de textura
11 arenosa y en todos los Spodosoles. Se han informado pérdidas por lixiv-
12 iaciones rápidas y serios desequilibrios K-Mg en Ultisoles en Perú (Villa-
13 chica, 1978; Villachica y Sánchez, 1980 ab).

14 Deficiencias de otros nutrientes.

15 La región es un paraíso para los científicos interesados en deficien-
16 cias de nutrientes. En Ultisoles de Yurimaguas, por ejemplo, se han repor-
17 tado deficiencias de todos los elementos nutrientes esenciales, excepto
18 para Fe y Cl en cultivos anuales. (Villachica y Sánchez, 1980). En adi-
19 ción a N, P y K, las más ampliamente difundidas parecen ser Mg, S y Zn.
20 La limitada base de datos sobre el tema impide una evaluación geográfica
21 de donde ocurren deficiencias específicas y sus relaciones con las propie-
22 dades de los suelos.

23 Frecuentemente se observan síntomas de deficiencias de nutrientes en
24 cultivos anuales o perennes, pasturas y aún plantaciones forestales en toda
25 la región. Por ejemplo, se han reportado deficiencias de azufre en arroz
26 creciendo en "varzeas" a lo largo del río Jarí en Amazonía oriental (Wang
27 et al., 1976) y en pasturas creciendo en Oxisoles de Planaltina en el Cerrado

(CIAT, 1978). Se han visto síntomas de deficiencia de K, Mg y Zn en una amplia variedad de plantas, en adición a las deficiencias ubicuas de N y P. Es necesario hacer mucho trabajo para identificar estas limitaciones. Para solucionar problemas de deficiencia de nutrientes en forma más rápida que la actual, ayudaría mucho el desarrollo de una nueva metodología de ensayos de fertilizantes que permita la rápida y definitiva identificación de deficiencias de nutrientes en el campo, como la usada por Cochrane (1974), y métodos más apropiados de análisis de suelos y plantas.

Limitaciones que ocurren juntas.

La Tabla 7 muestra la manera en que varias de estas limitaciones ocurren juntas y en las mismas unidades de tierra, tal como se define por las varias combinaciones de modificadores FCC. Solamente alrededor de 42 millones de hect. (5% de la región) demostraron no tener mayores limitaciones de fertilidad. El resto mostró varias combinaciones de toxicidad por Al (a), ácido pero no aluminio-tóxico (h), baja capacidad de intercambio catiónica efectiva (e), bajas reservas de K (k), alta fijación de P (i), drenaje pobre (g), y "stress" por estación seca (d). Las combinaciones más frecuentes involucraron toxicidad por Al, baja reserva de K, baja CICE y alta fijación de P.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

La metodología ha permitido la cobertura rápida y relativamente comprensiva de una gran parte del recurso tierra de la región baja de Sud-america tropical, en el contexto de proveer una base para el desarrollo y transferencia de agrotecnología basada en germoplasma. La descripción de sistemas de tierras como patrones recurrentes de clima, paisaje y suelos, proveen una definición manejable de ecosistemas para este propósito. Las imágenes de satélite y de radar han hecho una realidad la cuantificación a una base geográfica común, y la computarización ha provisto una herramienta poderosa no solamente para almacenamiento y recuperación de datos sino también para producción de mapas y análisis.

La revisión del recurso tierra base de la región central baja de Sud-america tropical ilustra la necesidad de considerar el uso potencial de la tierra en términos de clima, paisajes y suelos. Se ha visto que existe una relación estrecha entre las clases de vegetación natural y los regímenes WSPE. Esto indica que a menos que ocurran cambios climáticos sustanciales, cualquier fragilidad en el sentido de, por ejemplo, tierras forestadas y limpiadas de su vegetación natural que no se reconvertirán en bosques si se dejan solas, probablemente serán confinadas a áreas de transición entre las sabanas y los bosques. Al igual que con el clima, la mayoría de las tierras bien drenadas son adecuadas para pastos, cultivos y/o producción forestal, con una producción de pastos y cultivos anuales favorables para las regiones de sabanas. Para la producción de pasturas en regiones forestales, uno de los problemas previstos será la dificultad de controlar el rebrote de especies forestales. Resumiendo, el parámetro WSPE provee una aproximación fresca para definir subregiones climáticas para producción de pastos y cultivos en los trópicos.

Del estudio ha emergido un cuadro más claro de los suelos de las tierras bajas de Sudamerica central tropical en términos de su clasificación, morfología y distribución geográfica. Deben ser reconsideradas muchas de las pasadas generalizaciones acerca de su importancia relativa. Su patrón de variabilidad entre las diferentes subregiones climáticas y posición topográfica debería servir como una base para un desarrollo ordenado. En este sentido, muchas de las ambigüedades inherentes a los mapas de suelos de escala pequeña han sido superadas. Por ejemplo, pueden identificarse aquellos suelos que es mejor dejarlos en su estado natural, como los Spodosoles, o la importancia relativa de Ultisoles comparada con Oxisoles en las regiones de bosques tropicales lluviosos.

La evaluación geográfica del recurso tierra, sin embargo, debe ser considerada en el contexto del manejo de suelo y tierra. Esto no ha sido específicamente discutido en este trabajo. Por ejemplo, Falesi (Serrao et al., 1978) ha mostrado cómo la limpieza y quema de un bosque tropical semi-siempreverde tropical seguido por cultivo de pasturas, cambiarán completamente las propiedades de Oxisoles, Tabla 8; más aún, estos cambios persisten por muchos años. Por otro lado, para áreas de sabanas sin cubierta forestal - o muy escasa - para quemar, la situación es completamente diferente.

En términos de propiedades físicas del suelo, la evaluación ha mostrado que la mayoría de los suelos en la región no tienen limitaciones superables para la producción agrícola. Sin embargo, 21% son tierras pobremente drenadas y éstas deben ser usadas o bien para pastos y cultivos tolerantes a condiciones húmedas o bien simplemente ser dejadas en su estado natural. Sobre las tierras bien drenadas, las principales limitaciones son químicas, principalmente deficiencias potenciales de P y, en el caso de las sabanas,

1 problemas potenciales de toxicidad de Al. Sin embargo, existen otros pro-
2 blemas, y algunas deficiencias, incluyendo S y elementos traza que pueden
3 ser más ampliamente difundidas de lo que hasta el presente se reconoce.
4 Las limitaciones químicas del suelo pueden ser manejadas por una combina-
5 ción de fertilización y o encalado, más el uso de especies y cultivares
6 tolerantes a algunas de las principales limitaciones. Es evidente, sin em-
7 bargo, que el manejo adecuado del suelo y del cultivo debe ser compatible
8 con los patrones fundamentales de clima, paisaje y suelos. Se necesita el
9 desarrollo de una tecnología apropiada, adecuadamente enmarcada en el con-
10 texto de las aspiraciones de desarrollo de las naciones individuales de
11 acuerdo a las ventajas relativas de sus propios recursos de tierras.

12 Las notas presentadas en este informe sintetizando datos sobre el re-
13 curso tierra difícilmente hacen justicia a la cantidad de información gra-
14 bada en cinta magnética ya disponible para las instituciones agrícolas.
15 (Cochrane et al., 1979). Estas notas han sido compiladas principalmente
16 para dar un vistazo a las posibilidades e implicaciones del manejo de datos
17 del recurso tierra a través de la computarización, y tal vez en este senti-
18 do, pueda servir de modelo para mostrar cómo los estudios de uso potencial
19 de la tierra pueden ser actualizados y extendidos a los trópicos en general.

20 El estudio está ya ayudando a CIAT a enfocar sus esfuerzos investiga-
21 tivos para selección y mejoramiento de germoplasma forrajero de acuerdo
22 con las realidades de los principales patrones de clima, paisaje y suelo,
23 a través de América tropical. Se espera que jugará un papel de importan-
24 cia creciente en el desarrollo y aplicaciones de tecnología basada en ger-
25 moplasma para las fronteras en expansión de América tropical.

TABLA 1. Subregiones climáticas de las tierras bajas de Sudamerica tropical.

Sub-región	C L I M A*	Nombre
A	WSPE > 1300 mm, > 9 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Bosque lluvioso tropical.
B	WSPE 1001-1300 mm, 8-9 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Bosque estacional semi-siempreverde
C	WSPE 900-1000 mm, 6-8 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Sabanas (isohipertérmicas)
D	WSPE 900-1000 mm, 6-8 MESES HUMEDOS, WSMT < 23.5°C	Sabanas (isotérmicas)
E	WSPE < 900 mm, < 7 MESES HUMEDOS, WSMT > 23.5°C	Bosques deciduos
F	-	Subtropical**
G	-	Otros**

* WSPE - Evapotranspiración potencial total de la época húmeda

MESES HUMEDOS - $HA1 > 0.33$

WSMT - Temperaturas mensuales medias de la época húmeda.

** Sin definición climática debido a pequeñas áreas estudiadas.

TABLA 2. Resumen climático de un sitio tomado como ejemplo. Fuente: Hancock et al. (1979).

Subregión B: Bosque estacional semi-siempreverde

MAKAUS, AM, BRASIL. LAT. 3° 8'S LONG. 60° 1'W 48 METROS

	EN	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AG	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
MEAN TEMP ¹	25.9	25.8	25.8	25.8	26.4	26.6	26.9	27.5	27.9	27.7	27.3	26.7	26.6
MEAN R.H. ²	88.	89.	89.	88.	81.	74.	71.	63.	67.	76.	78.	85.	79.
PCT SUN ³	38.	36.	37.	39.	49.	56.	59.	67.	63.	54.	51.	43.	49.
MEAN RAD ⁴	420.	415.	418.	404.	426.	441.	462.	525.	541.	509.	491.	443.	458.
PRECIP. ⁵	276.	277.	301.	287.	193.	99.	61.	41.	62.	112.	165.	228.	2102.
POT ET ⁶	132.	118.	131.	123.	135.	136.	149.	172.	173.	167.	155.	142.	1732.
DEF PREC ⁷	-144.	-160.	-170.	-164.	-53.	37.	88.	131.	111.	55.	-11.	-86.	-370.
DEP PREC ⁸	215.	215.	236.	224.	114.	64.	32.	15.	33.	75.	120.	174.	
MAI ⁹	1.62	1.83	1.80	1.82	1.06	0.47	0.22	0.09	0.19	0.45	0.78	1.22	

¹MEAN TEMP : Temperatura media²MEAN R.H. : Humedad relativa media (%)³PCT SUN : Porcentaje de posible radiación solar⁴MEAN RAD : Radiación solar media⁵PRECIP. : Precipitación media (mm)⁶POT ET : Evapotranspiración potencial estimada⁷DEF PREC : Déficit de precipitación⁸DEP PREC : Precipitación confiable⁹MAI : Índice de disponibilidad de humedad.

TABLA 3. La topografía de las subregiones climáticas de la región central tropical de Sudamérica expresada en millones de hectáreas.

Subregión climática	Plano, pobremente drenado	Topografía (pendiente %)			Total	%
		Bien drenado				
		0-8%	8-30%	> 30%		
----- Millones de hectáreas -----						
A - Bosque lluvioso tropical	65	128	20	4	217	27
B - Bosque estacional semi-siempreverde	50	189	64	5	308	38
C - Sabanas Isohipertérmicas	31	76	13	9	129	16
D - Sabanas Isotérmicas	0	33	6	4	43	5
E - Bosque estacional decídúo	23	62	10	8	103	12
F - Bosques subtropicales	1	9	1	0	11	1
O - Otros tipos de bosques	0	0	2	6	8	1
Total	170	497	116	36	819	
%	21	61	14			100

Orden y Sub-Orden	Área total	Subregión A - Bosques Húmedos Mal drenado	Subregión B - Bosques luc. semi-decayendo Mal drenado	Subregión C - Sabanas isohipertérmicas Mal drenado	Subregión D - Sabanas isotérmicas Mal drenado	Subregión E - Bosques deciduos Mal drenado
		dec. 0-1 0-1 0-1	dec. 0-1 0-1 0-1	dec. 0-1 0-1 0-1	dec. 0-1 0-1 0-1	dec. 0-1 0-1 0-1

Soil Orders																			
OMISOLS																			
Humifluvisols	151.0	-	30.5	20.1	7.2	-	19.2	21.2	8.0	-	5.5	0.3	0.1	-	<0.1	1.0	0.2		
Psammentisols	62.0	-	2.2	8.1	1.1	-	35.3	12.2	4.1										
Ustorthents	4.0					-	3.5	0.0											
Entrochisms	0.6					-	0.2	0.2											
Haplorthids	30.1						<0.1	<0.1	<0.1		17.5	7.9	6.1	-	3.6	5.7	5.0	-	1.7
Peristox	32.0										14.2	3.2	0.5	-	3.6	4.4	0.5		
Eutrochisms	24.0										7.1	1.4	0.1		5.4	1.4	0.1	-	2.4
Plinthochisms	1.0						0.9	-	-	-									
TOTAL	324.2		27.7	25.8	8.3	0.9	33.2	35.6	9.1		44.7	12.8	6.7		21.4	11.5	5.6		4.1
%	100.0		12.5	7.9	2.6	0.3	27.2	11.3	2.3		13.8	3.9	2.1		6.7	3.5	1.7		1.3
UTISOLS																			
Trochisms	82.0	-	8.5	3.3	0.3	-	47.1	16.9	4.1										
Plinthochisms	30.0	9.6	18.3	0.3	-	-	0.3	-	-	0.6	0.9								
Paleochisms	20.0	-	7.5	2.5	<0.1	-	14.3	3.4	0.2										
Rhodochisms	4.0						1.3	2.7	0.4										
Trochisms	37.0	5.8	-	-	-	8.1				11.8				0.2				10.5	
Plinthochisms	15.0	9.8	-	-	-	0.6				4.8									
Paleochisms	0.3					0.3													
Albaquills	0.1									0.1									
Haplorthids	2.5					<0.1	0.1	0.1		0.1	0.2	0.1						7.7	0.1
Rhodochisms	4.9					1.9	-	<0.1		2.0	0.5			-	0.2	0.1	-	-	0.2
Paleochisms	1.6									0.8								<0.1	0.8
TOTAL	209.9	25.2	34.4	5.9	0.3	9.0	64.9	23.1	4.8	17.3	3.8	.7	0.1	0.2	0.2	0.1		10.5	8.7
%	100.0	12.0	16.4	2.8	0.1	4.3	33.9	11.0	2.3	8.2	1.8	0.3	<0.1	0.1	0.1	<0.1		5.0	4.1
ENTISOLS																			
Fluvisols	50.6	25.1				18.8	-			1.9								2.3	-
Trochisms	8.8	1.8				11.1	-			5.3								0.4	-
Psammentisols	3.9	2.2				0.2	-</												

TABLA 5 Distribución de clases texturales de los suelos de las tierras bajas centrales de Sudamérica tropical por subregiones climáticas (A hasta E) y subdivisiones topográficas de acuerdo al sistema de clasificación de capacidad de fertilidad.

FCC Clases texturales	Subregión A - Bosques lluviosos				Subregión B - Bosques es- tac. semi-siempravende				Subregión C - Sabanas isotérmicas				Subregión D - Sabanas isotérmicas				Subregión E - Bosques deciduos			
	Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado		Mal dren.		Bien drenado	
	0-5%	5-30%	30-60%	>60%	0-5%	5-30%	30-60%	>60%	0-5%	5-30%	30-60%	>60%	0-5%	5-30%	30-60%	>60%	0-5%	5-30%	30-60%	>60%
	Millones de hectáreas																			
L (franco)	22.1	19.1	11.0	3.7	26.9	42.5	16.5	3.5	4.6	19.8	7.7	6.0	0.1	5.7	7.1	5.1	6.2	12.2	4.9	3.1
LC (franco sobre arcilloso)	22.5	49.3	14.3	2.8	11.1	46.0	20.4	4.5	14.0	5.2	1.4	0.9	0.6	0.3	0.3	0.2	13.5	10.6	3.5	1.1
C (arcilloso)	7.1	23.0	13.3	3.8	14.8	60.6	25.4	6.3	8.0	20.7	4.8	1.1	0.2	15.8	4.5	0.3	1.7	2.2	0.5	0.2
S (arenoso)	4.6	1.4	-	-	3.2	6.0	0.7	0.1	1.4	15.2	1.8	0.1	-	0.8	0.3	0.6	1.7	30.8	3.3	1.9
SL (arenoso sobre franco)	6.8	5.0	0.3	-	1.4	2.6	0.7	0.1	1.4	1.1	0.2	-	<0.1	<0.1	0.1	<0.1	0.7	0.3	-	-
LR (franco sobre roca)	-	0.5	1.2	1.8	0	0.8	3.8	2.2	<0.1	0.4	0.2	0.3	-	0.2	0.2	0.2	-	0.1	0.2	0.4
LS (franco sobre arenoso)	0.8	0.4	0.3	0.1	0.3	0.5	<0.1	-	<0.1	1.8	0.8	0.3	-	-	0.3	0.1	<0.1	-	-	-
SC (arenoso sobre arcilloso)	-	-	-	-	0.8	0.1	0.1	-	4.4	-	-	-	-	-	-	-	-	0.1	0.1	0.1
CR (arcilloso sobre roca)	-	-	-	-	-	0.1	0.2	<0.1	-	0.2	0.8	2.0	-	-	-	-	-	-	-	-
CL (arcilloso sobre franco)	1.2	0.2	-	-	<0.1	0.1	-	-	0.5	<0.1	-	-	-	-	-	-	0.7	-	-	-

* Las subregiones F y G no se incluyen debido a porcentajes relativamente pequeños de suelos cubiertos por el estudio.

114 g. La extensión areal de algunas propiedades químicas para el horizonte superficial (0-20cm) y subsuelo (21-50cm).
Divisiones topográficas de las subregiones climáticas de la región central baja de Sudamérica tropical.

Región Central, zona de sabanas tropicales.																				
Subregión A - Bosques lluviosos.				Subregión B - Bosque est. semi-siempreverde				Subregión C - Sabanas isohipertérmicas				Subregión D - Sabanas isotérmicas				Subregión E - Sabanas deciduos				
Mal dren. 0-30% 8-30% >30%				Mal dren. 0-30% 8-30% >30%				Mal dren. 0-30% 8-30% >30%				Mal dren. 0-30% 8-30% >30%				Mal dren. 0-30% 8-30% >30%				
Millones de hectáreas																				
Suelo superficial (0-20 cm)																				
K (> 7.0)	0.1	-	-	-	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	<0.1	-	-	-
K (0.3-7.0)	30.0	15.9	6.0	1.3	30.0	15.9	6.0	1.3	10.1	13.5	6.7	4.7	0.6	1.3	1.7	0.9	17.3	45.3	7.2	3.8
K (< 0.3)	28.5	143.3	61.8	15.6	28.5	143.3	61.8	15.6	24.6	46.0	10.9	6.0	0.3	23.8	11.1	5.5	6.5	9.8	6.0	3.7
Suelo intermedia (21-50 cm)																				
K (> 1.0)	27.3	13.9	4.0	13.6	22.8	18.3	3.9	0.3	19.1	12.2	4.9	4.5	0.9	0.4	-0.9	0.3	2.5	2.7	0.9	0.8
K (0.3-1.0)	33.3	83.9	35.2	9.1	31.0	124.1	53.1	1.2	15.4	44.0	11.7	2.6	1.0	22.4	11.9	6.1	21.5	53.4	11.9	6.7
K (< 0.3)	4.5	1.1	1.2	1.7	4.8	16.8	10.3	15.3	0.3	8.3	1.0	3.5	-	-	-	-	0.4	0.2	0.4	-
Suelo profundo (51-100 cm)																				
K (> 7)	24.7	70.2	23.8	6.0	14.3	94.0	42.8	10.3	3.8	20.1	6.2	5.0	0.3	14.3	6.9	2.6	0.4	4.4	4.2	2.7
K (0.3-7)	7.6	8.9	9.6	4.6	3.3	36.8	12.4	3.4	7.6	10.1	4.1	2.6	0.1	2.6	3.6	2.8	7.1	5.5	1.8	1.2
K (10-40)	5.9	2.13	0.3	0.2	14.0	14.2	6.6	2.4	13.4	19.9	2.1	0.5	0.1	4.1	1.2	0.3	2.2	0.5	0.4	0.5
K (< 10)	26.8	17.7	6.8	1.2	26.8	14.2	5.0	0.8	9.9	14.4	5.3	2.6	0.4	1.2	1.1	0.8	14.8	45.0	6.8	3.1
Suelo intercambiable (100-200 cm)																				
K (> 0.3)	22.5	7.2	1.7	1.8	25.3	12.8	5.9	0.9	5.8	2.8	0.1	0.1	-	-	-	-	0.5	2.0	0.9	0.8
K (0.3-0.3)	18.9	29.6	11.5	3.3	11.1	46.4	19.3	5.1	17.2	17.5	47.0	5.9	0.6	0.5	2.0	0.5	10.6	11.4	3.6	1.5
K (< 0.15)	23.6	62.1	27.2	7.0	22.1	100.1	42.6	10.8	11.7	43.8	10.5	4.7	0.3	19.1	10.8	5.8	13.4	43.0	8.7	5.2
Suelo no intercambiable (200-300 cm)																				
K (> 1.0)	27.1	19.9	8.2	2.8	23.8	20.4	8.9	3.0	12.4	6.0	32.5	1.9	0.1	0.9	0.5	0.1	3.9	5.4	3.7	1.5
K (0.4-1.0)	26.8	51.3	15.3	4.4	20.2	48.8	23.6	6.1	12.3	17.0	4.6	6.2	0.5	6.1	3.2	1.2	17.8	47.7	7.9	5.3
K (< 0.4)	11.2	27.7	16.9	4.9	14.6	90.0	35.3	7.8	10.0	41.5	9.7	2.7	0.3	16.0	9.0	5.1	2.7	3.2	1.7	0.7
Suelo no intercambiable (300-400 cm)																				
K (> 0.8)	23.0	15.7	7.7	2.8	28.6	25.4	10.8	3.4	11.2	6.9	3.3	1.9	0.1	0.8	0.5	0.1	3.8	5.5	3.7	1.5
K (0.2-0.8)	29.8	48.5	11.9	4.2	17.8	83.8	31.0	7.1	15.3	28.3	8.2	4.2	0.5	16.6	9.7	5.1	17.9	47.4	8.2	5.8
K (< 0.2)	12.3	34.7	20.7	5.1	12.1	50.1	25.0	6.4	8.2	29.2	6.2	4.7	0.3	5.5	2.6	1.2	2.7	3.5	1.4	0.3

TABLA 6 (Cont.)

	Subregión A - Bosques lluviosos				Subregión B - Bosques es- tao. semi-deciduos				Subregión C - Sabanas isohipotérmicas				Subregión D - Sabanas isotérmicas				Subregión E - Bosques deciduos			
	Mal dren. 0-5 5-10 10-20 >20				Mal dren. 0-5 5-10 10-20 >20				Mal dren. 0-5 5-30 >30				Mal dren. 0-5 5-30 >30				Mal dren. 0-5 5-30 >30			
	Bien drenado				Bien drenado				Bien drenado				Bien drenado				Bien drenado			
	1				2				3				4				5			
	6				7				8				9				10			
	11				12				13				14				15			
	16				17				18				19				20			
	21				22				23				24				25			
	26				27				28				29				30			
	31				32				33				34				35			
	36				37				38				39				40			
	41				42				43				44				45			
	46				47				48				49				50			
	51				52				53				54				55			
	56				57				58				59				60			
	61				62				63				64				65			
	66				67				68				69				70			
	71				72				73				74				75			
	76				77				78				79				80			
	81				82				83				84				85			
	86				87				88				89				90			
	91				92				93				94				95			
	96				97				98				99				100			
	101				102				103				104				105			
	106				107				108				109				110			
	111				112				113				114				115			
	116				117				118				119				120			
	121				122				123				124				125			
	126				127				128				129				130			
	131				132				133				134				135			
	136				137				138				139				140			
	141				142				143				144				145			
	146				147				148				149				150			
	151				152				153				154				155			
	156				157				158				159				160			
	161				162				163				164				165			
	166				167				168				169				170			
	171				172				173				174				175			
	176				177				178				179				180			
	181				182				183				184				185			
	186				187				188				189				190			
	191				192				193				194				195			
	196				197				198				199				200			
	201				202				203				204				205			
	206				207				208				209				210			
	211				212				213				214				215			
	216				217				218				219				220			
	221				222				223				224				225			
	226				227				228				229				230			
	231				232				233				234				235			
	236				237				238				239				240			
	241				242				243				244				245			
	246				247				248				249				250			
	251				252				253				254				255			
	256				257				258				259				260			
	261				262				263				264				265			
	266				267				268				269				270			
	271				272				273				274				275			
	276				277				278				279				280			
	281				282				283				284				285			
	286				287				288				289				290			
	291				292				293				294				295			
	296				297				298				299				300			
	301				302				303				304				305			
	306				307				308				309				310			
	311				312				313				314				315			
	316				317				318				319				320			
	321				322				323				324				325			
	326				327				328				329				330			
	331				332				333				334				335			
	336				337				338				339				340			
	341				342				343				344				345			
	346				347				348				349				350			
	351				352				353				354				355			
	356				357				358				359				360			
	361				362				363				364				365			
	366				367				368				369				370			
	371				372				373				374				375			
	376				377				378				379				380			
	381				382				383				384				385			
	386				387				388				389				390			
	391				392				393				394				395			
	396				397				398				399				400			
	401				402				403				404				405			
	406				407				408				409				410			
	411				412				413				414				415			
	416				417				418				419				420			
	421				422				423				424				425			
	426				427				428				429				430			
	431				432				433				434				435			
	436				437				438				439				440			
	441				442				443				444				445			
	446				447				448				449				450			
	451				452				453				454				455			
	456				457				458				459				460			
	461				462				463				464				465			
	466				467				468				469				470			
	471				472				473				474				475			
	476				477				478				479				480			
	481				482				483				484				485			
	486				487				488				489				490			
	491				492				493				494				495			
	496				497				498				499				500			
	501				502				503				504				505			
	506				507				508				509				510			
	511				512				513				514				515			
	516				517				518				519				520			
	521				522				523				524				525			
	526				527				528				529				530			
	531				532				533				534				535			
	536				537				538				539				540			
	541				542				543				544				545			
	546				547				548				549				550			
	551				552				553				554				555			
	556				557				558				559				560			
	561				562				563				564				565			
	566				567				568				569				570			
	571				572				573				574				575			
	576				577				578				579				580			
	581				582				583				584				585			
	586				587				588				589				590			
	591				592				593				594				595			
	596				597				598				599				600			
	601				602				603				604				605			
	606				607				608				609				610			
	611				612				613				614				615			
	616				617				618				619				620			
	621				622				623				624				625			
	626				627				628				629				630			
	631				632				633				634				635			
	636				637				638				639				640			
	641				642				643				644				645			
	646				647				648				649				650			
	651				652				653				654				655			
	656				657				658				659				660			
	661				662				663				664				665			
	666				667				668				669				670			
	671				672				673				674				675			
	676				677				678				679				680			
	681				682				683				684				685			
	686				687				688				689				690			
	691				692				693				694				695			
	696				697				698				699				700			
	701				702				703				704				705			
	706				707				708				709				710			
	711				712				713				714				715			
	716				717				718				719				720			
	721				722				723				724				725			
	726				727				728				729				730			
	731				732				733				734				735			
	736				737				738				739				740			
	741				742				743				744				745			
	746				747				748				749				750			
	751				752				753				754				755			
	756				757				758				759				760			
	761				762				763				764				765			
	766				767				768				769				770			
	771				772				773				774				775			
	776				777				778				779				780			
	781				782				783				784				785			
	786				787				788				789				790			
	791				792				793				794				795			
	796				797				798				799				800			
	801				802				803				804				805			
	806				807				808				809				810			
	811				812				813				814				815			
	816				817				818				819				820			
	821				822				823				824				825			
	826				827				828				829				830			
	831				832				833				834				835			
	836				837				838				839				840			
	841				842				843				844				845			
	846				847				848				849				850			
	851				852				853				854				855			
	856				857				858				859				860			
	861				862				863				864				865			
	866				867				868				869				870			
	871				872				873				874				875			
	876				877				878				879				880			
	881				882				883				884				885			
	886				887				888				889				890			
	891				892				893				894				895			
	896				897				898				899				900			
	901				902				903				904				905			
	906				907				908				909				910			
	911				912				913				914				915			
	916				917				918				919				920			
	921				922				923				924				925			
	926				927				928				929				930			
	931				932				933				934				935			
	936				937				938				939				940			
	941				942				943				944				945			
	946				947				948				949				950			
	951				952				953				954				955			
	956				957				958				959				960			
	961				962				963				964				965			

TABLA 7. La extensión areal de las combinaciones de modificadores del sistema de clasificación de capacidad de fertilidad (FCC) de los suelos de la región central baja de Sudamérica tropical.

FCC combinación de modifica- dores.*	Millones de hectáreas	FCC combinación de modifica- dores*	Millones de hectáreas
g	79.75	dh	6.4
gak	2.6	dhe	0.1
gake	2.1	dhi	3.3
gb	0.7	dhh	5.4
gdsn	< 0.1	dhke	30.8
ga	19.3	dhkei	1.31
gai	0.5	dhki	0.3
gak	13.7	di	3.7
gake	3.6	dk	12.6
gh	17.6	dke	39.5
ghi	0.2	a	63.1
ghk	16.4	ae	10.3
ghke	12.1	ai	2.0
gi	0.6	ak	145.6
gk	11.5	ake	44.5
gke	0.4	akei	14.8
gkei	1.2	aki	16.2
gs	0.1	h	23.7
d	43.3	hc	3.0
da	1.7	he	2.0
dae	0.6	hei	4.3
daei	2.3	hi	1.1
daek	1.0	hix	0.2
daeki	0.3	hk	22.0
dai	3.1	hke	3.4
dak	1.8	hkei	8.1
dake	28.7	hki	1.5
dakei	28.5	e	<0.1
daki	1.4	i	0.1
db	0.4	ix	1.1
dei	2.1	h	6.2
dg	1.1	Sin modificadores	42.4
		TOTAL	816.9

* Nota: g= gley; d= seco; a= Al tóxico; h= ácido; e= CEC bajo; i= fijación de fósforo; K= deficiencia en potasio; n= nátrico; s= salino; x= amorfismo de rayos-x; c= arcilla cat. (Ver referencia para más detalles).

TABLA 8 .

Composición química promedio (0-20 cm) de un Latosol Amarillo muy arcilloso (Oxisol) bajo bosque y pastura de *P. maximum* (diferentes edades) en la región de Paragominas, Pará, Brasil. Fuente: Falasí (Serrao et al., 1978)

Suelo superficial	Arcilla total	M.O.	N	pH (H ₂ O)	Cationes intercambiables		disponible		Sat. de Al
					Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	Al ⁺⁺⁺	K	P	
					meq/100 g---	---	ppm ---	---	%
Bosque	65	2.79	0.16	4.4	1.47	1.8	23	1	53
1 año pastura	50	2.04	0.09	6.5	7.53	0.0	31	10	0
3 años pastura	60	3.09	0.13	6.9	7.80	0.0	78	11	0
4 años pastura	55	2.20	0.11	5.4	3.02	0.2	62	2	6
5 años pastura	50	1.90	0.10	5.7	2.81	0.2	66	3	6
6 años pastura	51	1.90	0.09	6.0	3.84	0.0	74	7	0
7 años pastura	48	1.77	0.08	5.7	2.61	0.0	47	1	0
8 años pastura	52	1.69	0.08	5.4	2.10	0.0	39	1	0
9 años pastura	50	2.34	0.11	5.9	4.10	0.1	70	2	2
11 años pastura	45	3.37	0.15	6.0	4.10	0.0	86	1	0
13 años pastura	62	2.80	0.20	5.6	4.80	0.0	54	1	0

LITERATURE CITED

- 1
- 2
- 3 Alvim, P.T. 1978. A expansão da fronteira agrícola no Brasil. CEPLAC, Itabuna, Bahia.
- 4 Alvim, P.T. 1978. Perspectivas de produção agrícola na região amazônica. Interciencia 3(4):243-249.
- 5
- 6 Alvim, P.T. 1979. Agricultural production potential of the Amazon region. In: P.A. Sánchez and L.E. Tergas (Eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics, CIAT, Cali, Colombia, pp. 13-23.
- 7
- 8 Alvim, P.T. and J.E. da Silva. 1979. Comparação entre os cerrados e a região Amazonica em termos agroecológicos. In: V Simposio Sobre o Cerrado. Brasília, Brazil (in press).
- 9
- 10 Bandy, D. E. 1977. Manejo de suelos y cultivos en sistemas de agricultura permanente en la selva amazónica del Perú. En: FAO/SIDA: Reunión-Taller sobre Ordenamiento y Conservación de Suelos, Lima, Perú.
- 11
- 12 Barr, H.J., T.M. Goodnight, J.P. Sull and J.T. Helwing. 1976. A user's guide to SAS '76. pp.184-185. Statistical Analysis Service, Inc., Raleigh, N.C., U.S.A.
- 13
- 14 Benavides, S.T. 1973. Mineralogical and chemical characteristics of some soils of the Amazonia of Colombia. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh. 216 p.
- 15
- 16 Blancaneaux, P., S. Hernández y J. Araújo. 1977. Estudio edafológico preliminar del sector Puerto Ayacucho. Territorio Federal Amazonas, Venezuela. Ministerio del Ambiente y de los Recursos Naturales Renovables. Caracas, Venezuela. 120 p.
- 17
- 18 Brito A., P. y León L., C. 1971. Estudio agrológico semidetallado. Valle Medio del río Yaracuy. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela. 104 p.
- 19
- 20 Budowski, G. 1976. La conservación del medio ambiente. Conflicto o instrumento para el desarrollo? Ciencia Interamericana 17(1):2-8.
- 21
- 22 Buol, S.W., P.A. Sánchez, R.B. Cate and M.A. Granger. 1975. Soil Fertility capability classification. pp. 126-141. In: Bornemisza, E. and A. Alvarado (Eds.) Soil Management in Tropical America. North Carolina State Univ. Raleigh, N.C., U.S.A.
- 23
- 24 Christian, C.S. and S.A. Stewart. 1953. Survey of Katherine-Darwing region, 1946. Land Research Series No.1. CSIRO, Melbourne, Australia. 126 p.
- 25
- 26 CIAT. 1978. Annual Report for 1977. Beef Program. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. A7-10.
- 27
- CIAT. 1979. Annual Report for 1978. Beef Program. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp. B5-B11.

- 1 CIAT. 1980. Annual Report for 1979. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia (in press).
- 2 Cochrane, T.T. 1968. An initial assessment of the land use potential of
3 the central piedmont and the Santa Cruz regions of tropical Bolivia.
Tropical Agricultural Mission, La Paz, Bolivia. 148 p.
- 4 Cochrane, T.T. 1973. El potencial agrícola del uso de la tierra en Boli-
via. Un mapa de sistemas de tierras. Misión Británica en Agricultu-
5 ra Tropical. Ministerio de Agricultura. La Paz, Bolivia. 826 p.
- 6 Cochrane, T.T., J.A. Porras, L. Azevedo de G., P.G. Jones, and L.F. Sánchez
1979. An explanatory manual for CIAT's computerized land resource
study of tropical America. CIAT, Cali, Colombia. 131 p.
- 7 Cochrane, T.T. 1979. An ongoing appraisal of the savanna ecosystems of
8 tropical America for beef cattle production. In: P.A. Sánchez and L.
E. Tergas (Eds.) Pasture Production in Acid Soils of the Tropics.
Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia. pp.1-12.
- 9 Cochrane, T.T. 1979. Manganese and zinc deficiencies in sugar-cane grown
10 in Entisols near Santa Cruz, Bolivia. Trop. Agric. (Trinidad). Vol.56,
No.3. p.219-224.
- 11 Cochrane, T.T. 1980. The methodology of CIAT's land resource study of
tropical America. In: Burroff, P.G. and D.B. Morrison Eds. VI Intern.
12 Symposia Machine Processing of Remotely Sensed Data and Soil Informa-
tion Systems and Remote Sensing and Soil Survey. Purdue University,
13 West Lafayette, Indiana. IEEE Catalog No.80 CH 1533-9 MPRSD. pp 227-
233.
- 14 Cochrane, T.T. and P.G. Jones. 1980. Clima e vegetação na America do Sul
Tropical. Um estudo computarizado dos recursos das terras. In:
15 Anais do XXXI Congresso Nacional de Botânica. Ilheus/Itabuna, Brasil
(in press).
- 16 Cochrane, T.T., J.G. Salinas, P.A. Sánchez. 1980. An equation for liming
acid mineral soils to compensate crop Al tolerance. Trop. Agric.
17 59:133-140.
- 18 Cochrane, T.T. and P.A. Sánchez. 1980. Land resources, soil properties
and their management in the Amazon region: A state of knowledge
19 report. International Conference on Amazonian Soils. Cali, Colombia.
- 20 Comerma, J. and A. Chirinos. 1977. Características de algunos suelos con y
sin horizonte argílico en las mesas orientales de Venezuela (a).
Agronomía Tropical. 27(2):181-206. Maracay, Venezuela.
- 21 COPLANARH. 1975. -Inventario Nacional de Tierras. Regiones: Costa nor-
occidental, Centro occidental y central. Volumen I y II. Comisión
22 del Plan Nacional de Aprovechamiento de los Recursos Hidráulicos.
Caracas, Venezuela. 835 p.
- 23 Cover, T.M. and P.E. Hart. 1967. Nearest neighbour pattern classification.
IEEE Transactions on Information Theory. Vol. IT-13:21-17.
- 24
- 25 Custode, E. y M. Soudat. 1978. Suelos del nororiente. Características
químicas y su fertilidad. Ministerio de Agricultura y Ganadería.
26 Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer. Quito,
Ecuador. 28 p.
- 27

- 1 Dynia, J.F., G.N.C. Moreira, and R.M. Bloise. 1977. Fertilidade de solos
2 da região da Rodovia Transamazônica. 2. Fixação de fósforo em Podzó-
3 lico Vermelho-Amarelo e Terra Roxa Estruturada Latossólica. Pesq.
4 Agropec. Bras. 12:75-79.
- 5 Eiten, G. 1972. The cerrado vegetation of Brazil. Botan. Rev. 38(2):
6 201-341.
- 7 EMBRAPA. 1975. Mapa esquemático dos solos das regiões norte, meio-norte
8 e centro-oeste do Brasil. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecua-
9 ria. Vinculada ao Ministério da Agricultura. Rio de Janeiro, Brasil.
10 553 p.
- 11 EMBRAPA-SUDENE/DRN. 1976. Levantamento exploratório - Reconhecimento de
12 solos da margem esquerda do rio São Francisco. Estado da Bahia - Mi-
13 nisterio da Agricultura. Ministerio do Interior. Recife, Brasil.
14 404 p.
- 15 Eyre, S.R. 1968. Vegetation and Soils: A World Picture. 2nd Edition.
16 Arnold Publishers, Ltd., London. pp. 195-258.
- 17 Falesi, I.C. 1972. O estudo atual dos conhecimentos sobre os solos da
18 Amazonia brasileira. Bol. Tec. Inst. Pesq. Agropec. Norte 54:17-67.
- 19 Falesi, I.C. 1976. Ecossistema de pastagem cultivada na Amazonia brasilei-
20 ra. CPATU Bol. Tec. 1. Centro de Pesquisa Agropecuaria do Tropicó
21 Unido, EMBRAPA. Belém, Brasil.
- 22 FAO. 1964. Reconocimiento Edafológico de los Llanos Orientales. Colombia.
23 Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Roma. 7 Tomos.
- 24 FAO-UNESCO. 1971, 1975. Soil Map of the World. Vol. IV-South America.
25 UNESCO, Paris.
- 26 Ferri, H.G. 1976. IV Simpósio sobre o cerrado. Bases para utilização
27 agropecuária Editora da Universidade de São Paulo. Livaria Itatiaia
28 Editora Ltd., Belo Horizonte.
- 29 Flores P., S., A. Alvarado y E. Bornemisza. 1978. Caracterización y cla-
30 sificación de algunos suelos del bosque amazónico peruano. Iquitos,
31 Turrialba. 28(2):99-103.
- 32 García G., J., A. Gobert Paredes, J. Benitez J., J. Estrada A. 1975. Ca-
33 racterización del estado nutricional de algunos suelos de la zona de
34 Jenaro Herrera (Prov. de Requena - Depto. de Loreto). 1975. Proyecto
35 Integral de Asentamiento Rural de Jenaro Herrera. Iquitos, Perú.
- 36 Goodland, R. (ed.) 1970. The savanna controversy. McGill University
37 savanna research project publication No.15. Montreal 66 p.
- 38 Goodland, R.J.A. and H.S. Irwin. 1975. Amazon Jungle: Green Hell to Red
39 Desert? Elsevier, Amsterdam.

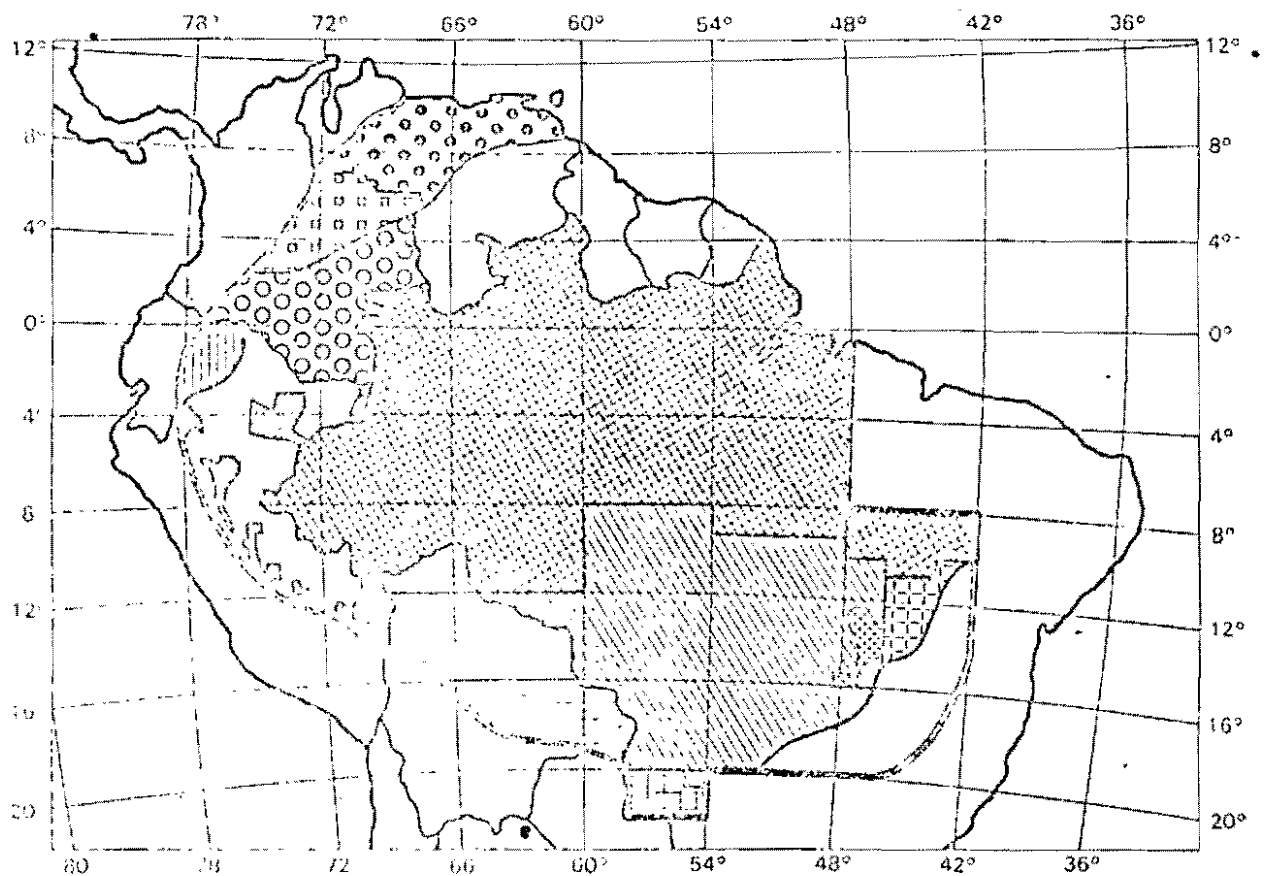
- 1 Goodland, R.J.A., H.S. Irwin, and G. Tillman. 1978. Ecological develop-
2 ment for Amazonia. Ciencia e Cultura 30(3):275-289.
- 3 Gourú, P. 1961. The Tropical World: Its social and economic conditions
4 and its future status. Third edition translated by E.D. Laborde.
5 Longmans, London.
- 6 Guerrero, R. 1971. Soils of the Colombian Llanos Orientales. Composi-
7 tion and classification of selected soil profiles. Ph.D. Thesis.
8 North Carolina State University, Raleigh. 77 p.
- 9 Hancock, J.K., R.W. Hill, and G.H. Hargreaves. 1979. Potential Evapo-
10 transpiration and Precipitation Deficits for Tropical America. CIAT,
11 Cali, Colombia. 398 pp.
- 12 Hargreaves, G.H. 1977a. World water for agriculture. Climate, precipita-
13 tion probabilities and adequacies for rainfed agriculture. Utah State
14 University, Logan, Utah. 272 pp.
- 15 Hargreaves, G.H. 1977b. Consumptive use of water and irrigation water
16 requirements. Journal of the Irrigation and Drainage Division. Amer.
17 Soc. Civil Eng. 103(2):287-290.
- 18 Hargreaves, G.H. 1975. Water requirements manual for irrigated crops and
19 rainfed agriculture. Utah State University, U.S.A. 40 p.
- 20 INIAP. 1977. Breve diagnóstico agro-socio-económico de la región oriental
21 para la ubicación de un centro experimental agropecuario del INIAP.
22 Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Quito, Ecuador.
23 67 p.
- 24 Irion, G. 1978. Soil infertility in the Amazonian rainforest.
25 Naturwissenschaften 65:515-519.
- 26 Kerstenetzky, I. 1972. Carta internacional do mundo ao milionésimo.
27 Brasil. 46 mapas.
- 28 Klinge, H. 1971. Materia orgánica e nutrientes na mata de terra firme
29 perto de Manaus. Acta Amazônica 1(1):69-72
- 30 Klinge, H. 1975a. Bilanzierung von Hauptanah-rostoffen im Okosystem
31 tropischer Regenwald (Manaus) - Vorlaufige Daten. Biogeographica
32 7:59-99.
- 33 Klinge, H. 1975b. Root mass estimation in lowland tropical rainforests
34 of central Amazonia, Brazil. III. Nutrients in fine roots from
35 giant humus podsols. Trop. Ecol. 16:28-39.
- 36 Lal, R., B.T. Kang, F.R. Moormann, A.S.R. Juo and J.C. Moomaw. 1975.
37 Problemas de manejo de suelos y posibles soluciones en Nigeria Occi-
38 dental. pp.380-417. In: E. Bornemisza y Al Alvarado (Eds.): Manejo
39 de Suelos en América Tropical. North Carolina State University,
40 Raleigh, N.C., U.S.A.

- 1 Luque M., O. 1971. Estudio agrológico semidetallado del centro de recría
2 de Birvaca. Estado Apure. Ministerio de Agricultura y Cría. Centro
de Investigaciones Agronómicas. Maracay, Venezuela. 36 p.
- 3 Luque M., O. y L. Avilán R. 1976. Clasificación con fines de fertilidad
4 de los suelos de la Mesa de Guanipa. Estado de Anzoátegui. Ministe-
5 rio de Agricultura y Cría. Fonaiap. Maracay, Venezuela. 15 p.
- 6 Luque M., O. 1977. Génesis de tres órdenes de suelos en los Llanos Orien-
7 tales de Venezuela. Suelos Ecuatoriales. Memorias del V Congreso
8 Latinoamericano de la Ciencia del Suelo y IV Coloquio Nacional sobre
suelos. Medellín, Colombia. p.423-427.
- 9 Marchetti, D. and A. Dantas Machado. Ed. 1979. Cerrado: uso e manejo. V
10 simpósio sobre o cerrado. EMBRAPA-CPAC. Ed. Editerra, Brasília. 760 p.
- 11 McClung, A.C. 1959. Sulfur deficiency in soils from Brazilian Campos.
12 Ecology, Vol.40, No.2:315-317.
- 13 Ministério de Agricultura. 1979. Levantamento semidetallado dos solos de
14 áreas do Ministério da Agricultura no Distrito Federal. Boletín Técni-
15 co No.8. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo. Brasil. 135 p.
- 16 Ministério da Agricultura. 1971. Levantamento de reconhecimento dos
17 solos do sul do Estado de Mato Grosso. Divisão de Pesquisa Agropecua-
18 ria. Rio de Janeiro, Brasil. 839 p.
- 19 Ministério de Agricultura. 1975. Descripción y análisis de las calicatas
20 No. 250-300. Dirección General de Recursos Hidráulicos. División de
21 Edafología. 121 p.
- 22 North Carolina State University. 1973, 1974, 1975, 1976-77,
23 1978-79. Research on Tropical Soils - Annual Reports. Soil Science
24 Department, North Carolina State University, Raleigh, N.C. U.S.A.
- 25 ONERN. 1967. Estudio del potencial de los recursos naturales de la zona
26 del río Camisea. Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Natura-
27 les. Lima, Perú. 46 p.
- 28 ONERN. 1968. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-
29 les de la zona del río Tambo - Gran Pajonal. Oficina Nacional de Eva-
30 luación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 310 p.
- 31 ONERN. 1970. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-
32 les de la zona Villa Rica - Puerto Pachitea. Oficina Nacional de Eva-
33 luación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 450 p.
- 34 ONERN. 1972. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-
35 les de la zona de los ríos Inambarí y Madre de Dios. Oficina Nacional
36 de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 369 p.
- 37 ONERN. 1975. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-
38 les de la zona Iquitos, Nauta, Requena y Colonia Angamos. Oficina Na-
39 cional de Evaluación de Recursos Naturales. Lima, Perú. 333 p.
- 40 ONERN. 1976. Inventario y evaluación de los recursos de suelos y foresta-
41 les de la zona Ceneapa - Alto Marañón. Oficina Nacional de Evaluación
42 de Recursos Naturales. Lima, Perú. 107 p.

- 1 ONERN. 1977. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-
2 les de la zona Iberia - Iñapari. Oficina Nacional de Evaluación de
Recursos Naturales. Lima, Perú. 376 p.
- 3 ONERN. 1978. Inventario, evaluación e integración de los recursos natura-
4 les de la zona Pucallpa - Abujao. Oficina Nacional de Evaluación de
Recursos Naturales. Lima, Perú. 261 p.
- 5 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.
22-Araguaia. Vol.4. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
6 Brasil. 405 p.
- 7 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.
22-Belen. Vol.5. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
8 Brasil. 408 p.
- 9 PROJETO RADAMBRASIL. 1974. Levantamento de recursos naturais. Folha NA/
NB.22 - Macapá. Vol.6. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
10 Brasil. 389 p.
- 11 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.
21 - Tapajós. Vol.7. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
12 Brasil. 409 p.
- 13 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.
20 - Boa Vista. Vol.8. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
14 Brasil. 426 p.
- 15 PROJETO RADAMBRASIL. 1975. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.
21 - Tumucumaque. Vol.9. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
16 Brasil. 360 p.
- 17 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.
21 - Santarem. Vol.10. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
18 Brasil. 510 p.
- 19 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha NA.
19 - Pico da Nablina. Vol.11. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
20 Brasil. 374 p.
- 21 PROJETO RADAMBRASIL. 1976. Levantamento de recursos naturais. Folha SC.
19 - Rio Branco. Vol.12. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
22 Brasil. 458 p.
- 23 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SB/
SC.18 - Javari - Contamana. Vol.13. Ministerio das Minas e Energia.
Rio de Janeiro, Brasil. 413 p.
- 24 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SA.
19 - ICA. Vol.14. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
25 Brasil. 446 p.
- 26 PROJETO RADAMBRASIL. 1977. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.
19 - Jurva. Vol.15. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
27 Brasil. 430 p.

- 1 PROJETO RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Folha SC.
2 20 - Porto Velho. Vol.16. Ministerio das Minas e Energia. Rio de
3 Janeiro, Brasil. 663 p.
- 3 PROJETO RADAMBRASIL. 1978. Levantamento de recursos naturais. Folha SB.
4 20 - Purus. Vol.17. Ministerio das Minas e Energia. Rio de Janeiro,
5 Brasil. 558 p.
- 5 Ranzani, G. 1978. Alguns solos da Transamazonica na regio de Marabá.
6 Acta Amazônica 8:333-335.
- 6 Reis, A.C.F. 1972. O Impacto Amazônico na Civilizacao Brasileira: a
7 Transamazonica e o Desafio dos Tropicós. Ed. Paralelo, Rio de Janeiro.
- 8 Sánchez, P.A. y Buol, S.W. 1974. Properties of some soils of the Amazon
9 Basin of Perú. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:117-121.
- 9 Sánchez, P.A. 1977b. Advances in the management of Oxisols and Ultisols
10 in Tropical South America. pp. 535-566. In: Proceedings Int. Seminar
11 on Soil Environment and Fertility Management in Intensive Agriculture.
12 Society of Soil Science and Manure, Tokyo.
- 12 Sánchez, P.A. 1979. Soil fertility and conservation considerations for
13 agroforestry systems in the humid tropics of Latin America. pp.79-124.
14 In: H.O. Mongi and P.A. Huxley (Eds.): Soils Research in Agroforestry.
15 ICRAF Oole. Int. Council Res. Agrofor. Nairobi. Kenya.
- 14 Sánchez, P.A. and S.W. Buol. 1974. Properties of some soils of the Amazon
15 Basin of Peru. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 38:117-121.
- 15 Sánchez, P.A. and T.T. Cochrane. 1979. Soil constraints in relation to
16 major farming systems in tropical America. Soil Constraints Confer-
17 ence, IRRI, Los Baños, Philippines (In press).
- 17 Sánchez, P.A. and G. Uehara. 1980. Management considerations for acid
18 soils with high phosphorus fixation capacity. pp.471-514. In: F.E.
19 Kashawney (Ed.): Phosphorus in Agriculture. Soil Sci. Soc. Amer.,
20 Madison, Wisc., U.S.A.
- 20 Sánchez, P.A., S.W. Buol and W. Couto. 1980. The fertility capability
21 classification system and its application to land evaluation guide-
22 lines. Tropical Soils Program. North Carolina State Univ., Raleigh
23 N.C., U.S.A. Manuscript. 30 pp.
- 22 Schargel, R. 1972. Características y génesis de una cronosecuencia de
23 suelos desarrollada sobre depósitos aluviales entre los ríos Bocono y
24 Masparro, Estado Barinas. Agronomía Tropical. 22(4):345-371. Mara-
25 cay, Venezuela.
- 25 Schargel, R. 1978. Soils of Venezuela with low activity clays. Ph.D.
26 Thesis. North Carolina State University, Raleigh, N.C., USA.
- 26 Schubart, H.O.R. 1977. Criterios ecológicos para o desenvolvimento agrí-
27 cola das terras firmes da Amazonia. Acta Amazônica 7(4):559-567.

- 1 Serrao, E.A.S., I.C. Falesi, J.B. Veiga, and J.F. Texeira. 1979. Productivity of cultivated pastures in low fertility soils of the Amazon of
2 Brazil. pp. 195-226. In: P.A. Sánchez and L.E. Tergas (Eds.):
3 Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Centro Internacional
de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- 4 Seltzer, J. 1967. Impossibilidade do uso racional do solo no Alto Xingú,
Mato Grosso. Rev. Bras. Geogr. 21(1):102-109.
- 5 Soil Survey Staff, 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Conservation
6 Service. U.S. Dept. of Agriculture. Handbook 436, Washington. 754 p.
- 7 Sombroek, W.G. 1966. Amazon Soils. A reconnaissance of the soils of the
8 Brazilian Amazon region. Wageningen, Netherlands. 292 p.
- 9 Sombroek, W.G. 1979. Soils of the Amazon region. International Soils
Museum, Wageningen, Netherlands. Unpublished paper. 15 pp.
- 10 Stark, N. 1978. Man, tropical forests and the biological life of a soil.
11 Biotropica 10:1-10.
- 12 Toledo, J.M. and V.A. Morales. 1979. Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon. pp.177-194. In: P.A. Sánchez
13 and L.E. Tergas (Eds.): Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- 14 Tosi, J. 1974. Desarrollo forestal del trópico americano frente a otras actividades económicas: pp.II.F.1-13. In: IICA. Reunión Internacional sobre Sistemas de Producción para el Trópico Americano. Informes Sobre
15 Cursos, Conferencias y Reuniones No.41, IICA. Zona Andina, Lima, Perú.
- 16 Tyler, E.J., S.W. Buol and P.A. Sánchez. 1978. Genetic association of
17 properties of soils of an area in the upper Amazon of Perú, Soil Sci. Soc. Amer. J. 42:771-776.
- 18 U.S. Geological Survey. 1977. Eros Data Center. U.S. Government Printing
19 Office, Washington, D.C. 28 pp.
- 20 Vettori, L. 1960. Método de análise do solo. Boletim Técnico, 7. Equipe de Pedologia e Fertilidade do Solo, Rio de Janeiro. 47 p.
- 21 Villachica, J.H. 1978. Maintenance of soil fertility under continuous cropping in an Ultisol of the Amazon Jungle of Perú. Ph.D. Thesis, North Carolina State Univ., Raleigh, N.C., U.S.A. 269 pp.
- 22 Villachica, J.H. and P.A. Sánchez. 1980. Maintenance of soil fertility in the Amazon of Perú. 1. Soil dynamics. 2. Crop performance (In press).
- 23 Villachica, J.H. and P.A. Sánchez. 1980. Importance of cationic balance for continuous cultivation in the Amazon Junge of Peru (In press).
- 24 Wang, C.H., T.H. Lieru and D.S. Mikklesen. 1976. Development of sulphur deficiency as a limiting factor for rice production. IRI Tech. Bull.
- 25
- 26
- 27



Área cubierta por los siguientes estudios:

- (1) PROYECTO RADAMBRASIL, Volúmenes 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17 y 18 (1974-1978), incluye 1 215 perfiles de suelos y 907 perfiles parcialmente descritos con análisis para evaluación de fertilidad.
 (2) EMBRAPA, Bol. No. 12 (1975), incluye 92 perfiles de suelos más 960 análisis de muestras superficiales.
 (3) SOMBRÖEK (1966), incluye 47 perfiles de suelo.

También cubierto con una parte del estudio No. (2) mencionado arriba.

Área cubierta con el estudio de COCHRANE (1973); incluye 209 perfiles de suelo.

Área cubierta con estudios de ONERN (1967-1978) Nos. 8, 14, 17, 26, 39, 40, 46 y 49. Incluye 195 perfiles de suelos.

Área cubierta con una parte del estudio No. (2) y (3) mencionados arriba.

Área cubierta con el estudio de EMBRAPA Vol. No. 38 (1977); incluye 67 perfiles de suelo, 35 perfiles complementarios, y 128 muestras superficiales, análisis para evaluación de fertilidad. También cubierto con parte de los estudios No. (1) y (2) mencionados arriba.

Área cubierta con estudios de EMBRAPA Bol. No. 53 (1977), y EMBRAPA (1975), incluye 31 perfiles de suelo, 96 perfiles complementarios, y 112 muestras con análisis para evaluación de fertilidad. También cubierto con una parte del estudio No. (2) mencionado arriba.

Área cubierta con el estudio de EMBRAPA Bol. No. 18 (1971); incluye 178 perfiles de suelo y 676 muestras superficiales con análisis para evaluación de fertilidad.

Área cubierta con los estudios de ORSTOM, INIAP y MAG de Ecuador, con descripciones de suelos y datos químicos generalizados.

Área cubierta con estudios de BENAVIDES (1973), 9 perfiles de suelos; y por CORTES et al. (1973), 19 perfiles.

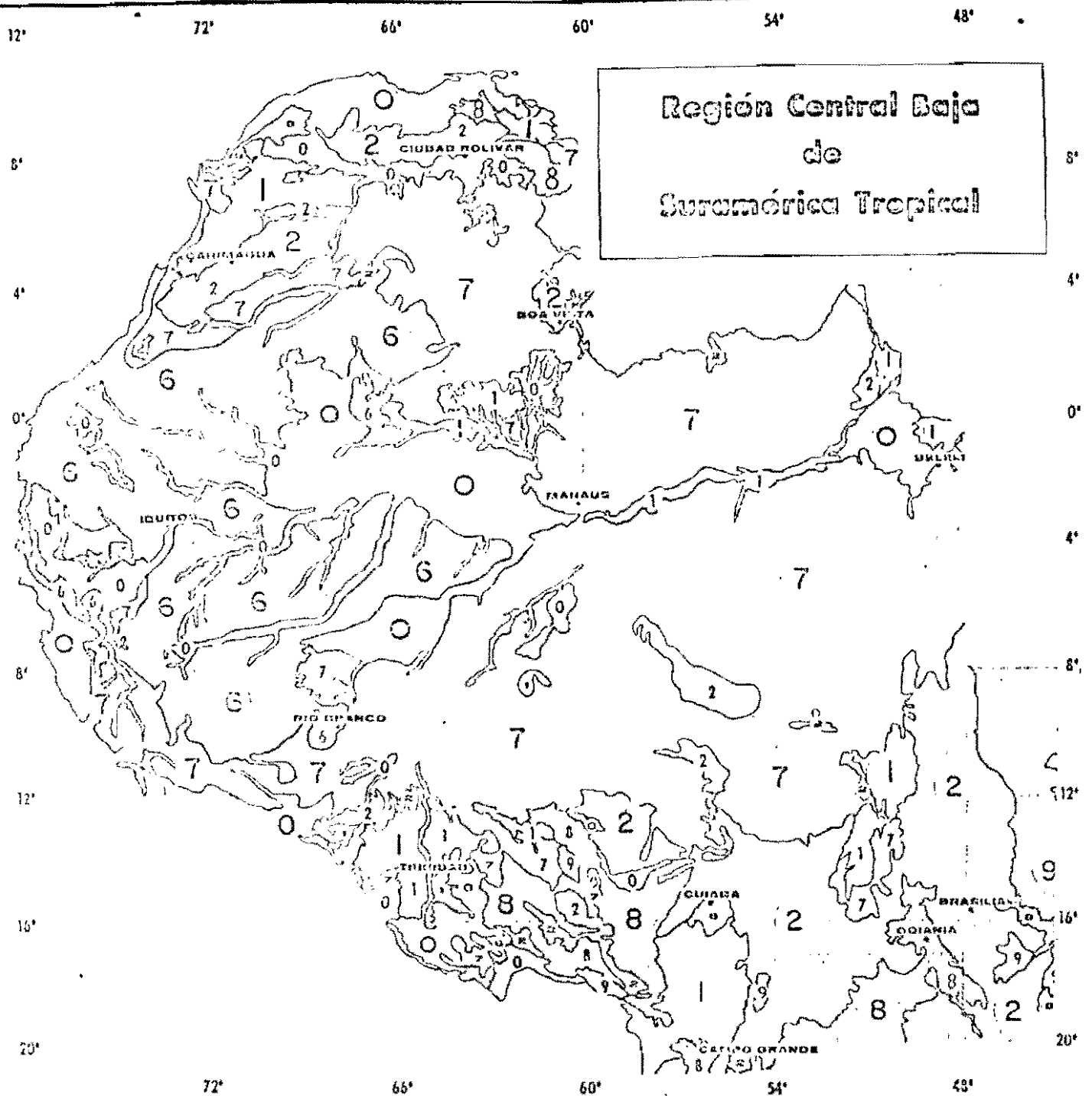
Área cubierta con el estudio de FAO, (1965); incluye 139 perfiles de suelo; y otros.

Área cubierta con estudios de COPLANARH, MOP, MAC, MARNR, etc. de Venezuela. Numerosos perfiles de suelos disponibles y datos químicos generalizados.

Área cubierta con estudios de suelos más generalizados, incluyendo SCHARGEL (1978). También incluye el Mapa de Suelos del Mundo, FAO-UNESCO, (1971).

Figura 1. PRINCIPALES ESTUDIOS DE SUELOS USADOS COMO FUENTE DE INFORMACION

MAPA DE VEGETACION NATURAL



1: SABANAS MAL
DRENADAS
2: SABANAS BIEN
DRENADAS
6: BOSQUE TROPICAL
LLUVIOSO

7: BOSQUE ESTACIONAL
SEMI-SIEMPREVERDE
8: BOSQUES DECIDUOS
Y SEMI-DECIDUOS
9: CAATINGA
0: OTROS

Figura 2. Mapa computarizado de vegetación

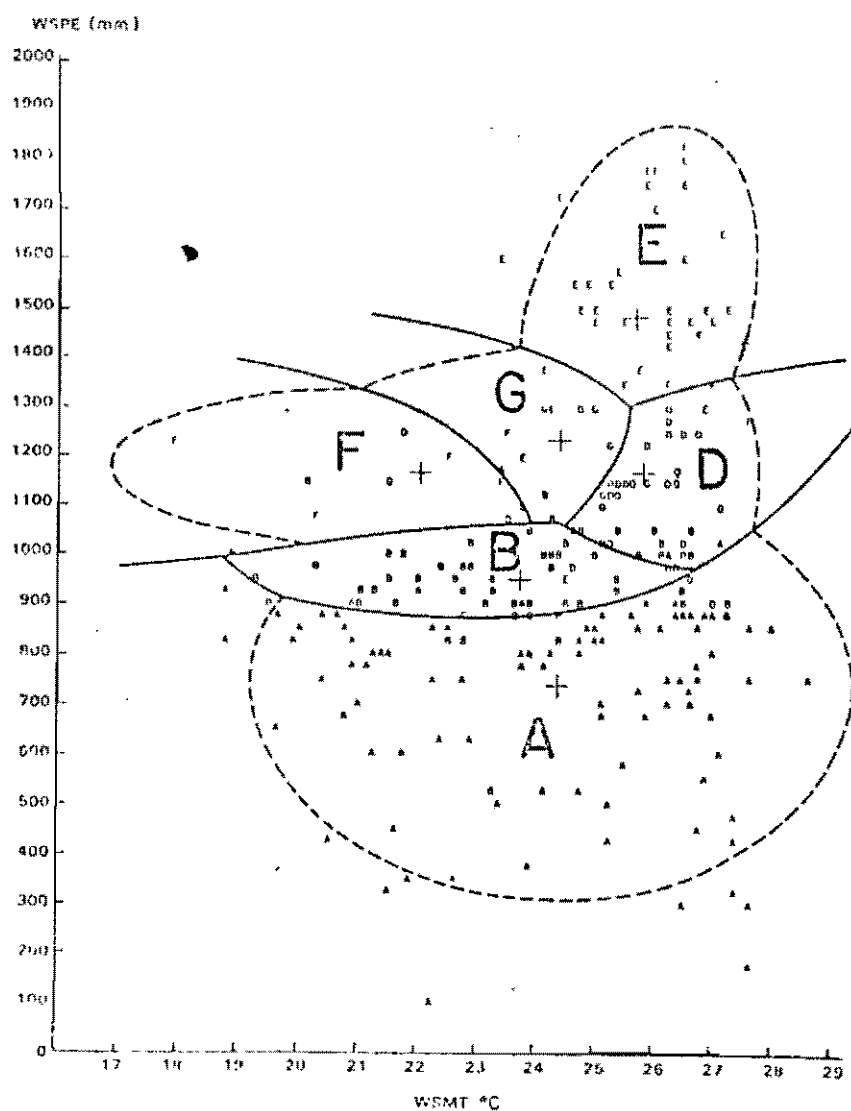


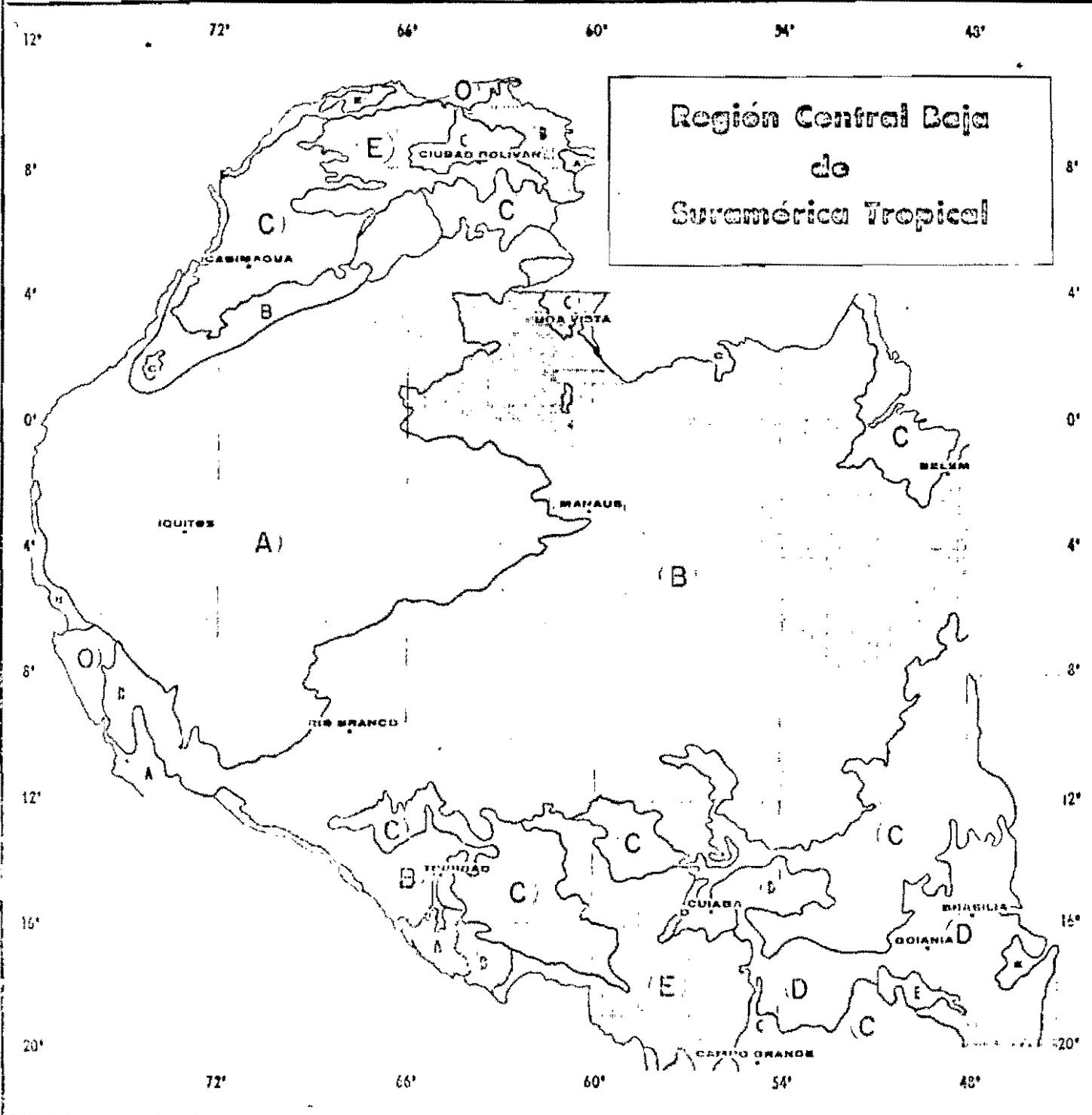
Figura 3.

Diagrama agrupado de clases de vegetación a través de Sudamérica tropical en términos de evapotranspiración potencial total en época de lluvia y temperatura media mensual en época de lluvia (Cochrane y Jones 1980).

A Bosque decídúo	E Bosque húmedo tropical
B Sabana bien drenada	F Bosque subtropical
D Bosque estacional semi-siempreverde	semi-siempreverde
G Bosque subtropical siempreverde.	

Nota: Las líneas completas muestran la equiprobabilidad de asignación. Las líneas trazas son elipsoides de 95% de confianza para las clases de vegetación.

MAPA DE SUBREGIONES CLIMATICAS



A = ETPEH > 1.300mm, > 9 MESES HUMEDOS,
TMEH > 23.5°C

B = ETPEH 1061 - 1300mm, 8-9 MESES
HUMEDOS, TMEH > 23.5°C

C = ETPEH 900-1060mm, 6-8 MESES HUMEDOS,
TMEH > 23.5°C

D = ETPEH 900-1060mm,
6-8 MESES HUMEDOS,
TMEH < 23.5°C

E = ETPEH < 900mm,
< 7 MESES HUMEDOS,
TMEH > 23.5°C

NOTA:

ETPEH = EVAPOTRANSPIRACION POTENCIAL ACUMULADA EN LA EPOCA HUMEDA

TMEH = TEMPERATURAS MEDIAS MENSUALES EN LA EPOCA HUMEDA

Figura 4. Mapa computarizado de subregiones climáticas



Figura 5.
Delineación de sistemas de tierras sobre
imágenes de satélite

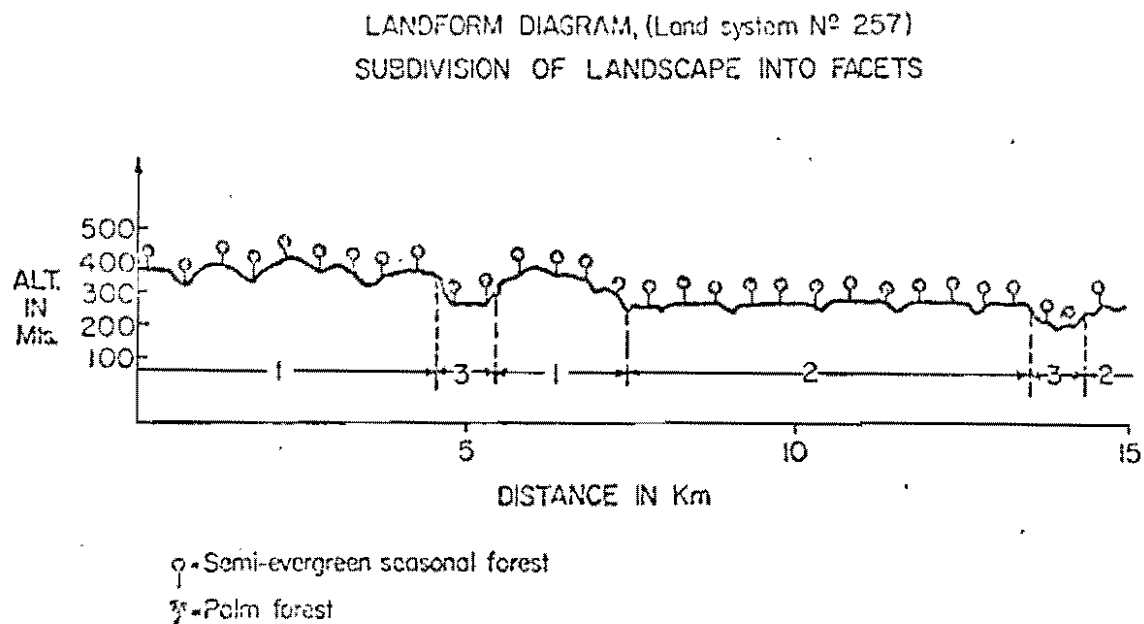
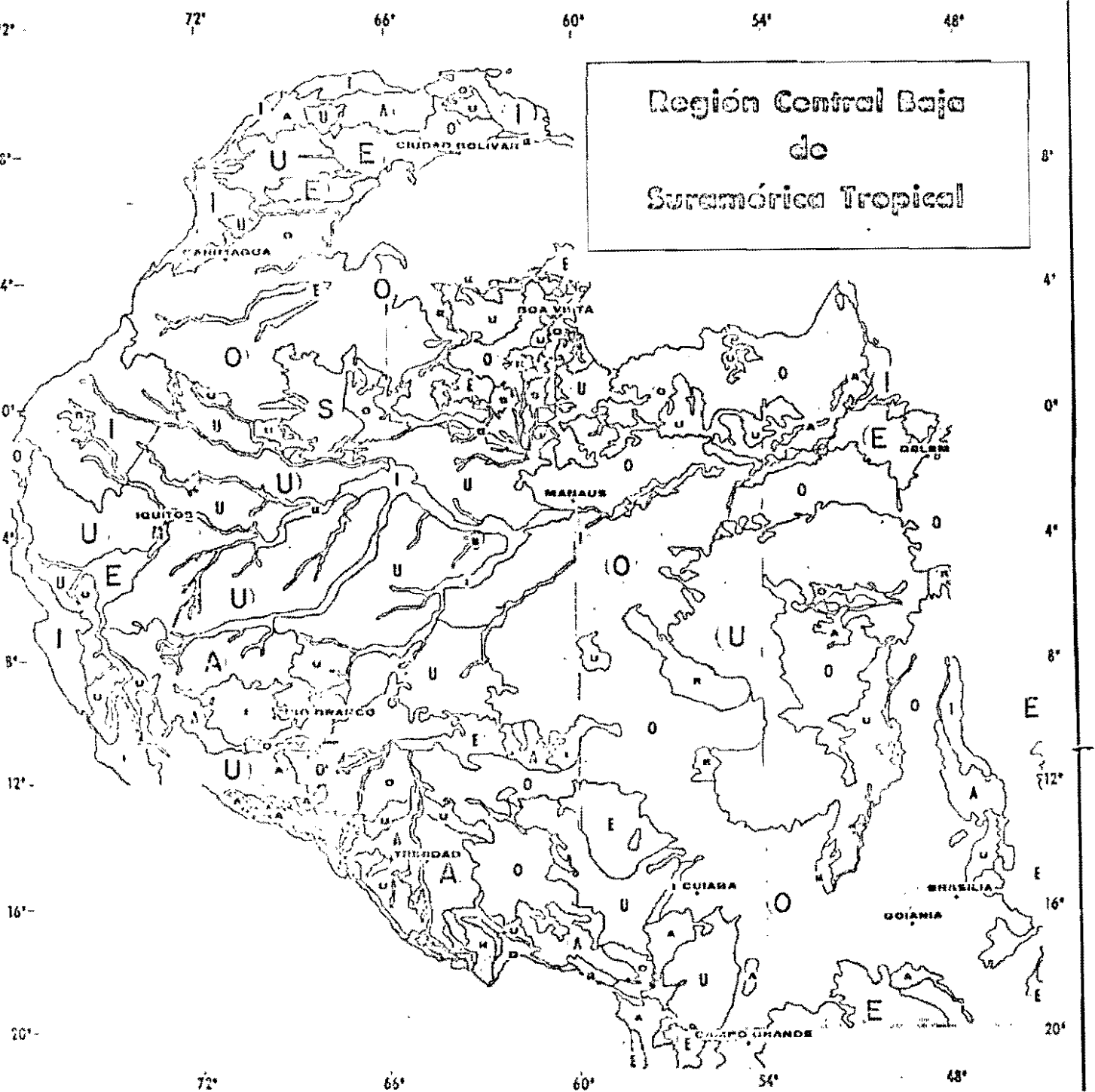


Figura 6. Diagrama de la forma de la tierra mostrando la Subdivisión del paisaje en facetas.

MAPA DE ORDENES DE SUELOS



A = ALFISOLOS

M = MOLISOLOS

D = ARIDISOLOS

O = OXISOLOS

E = ENTISOLOS

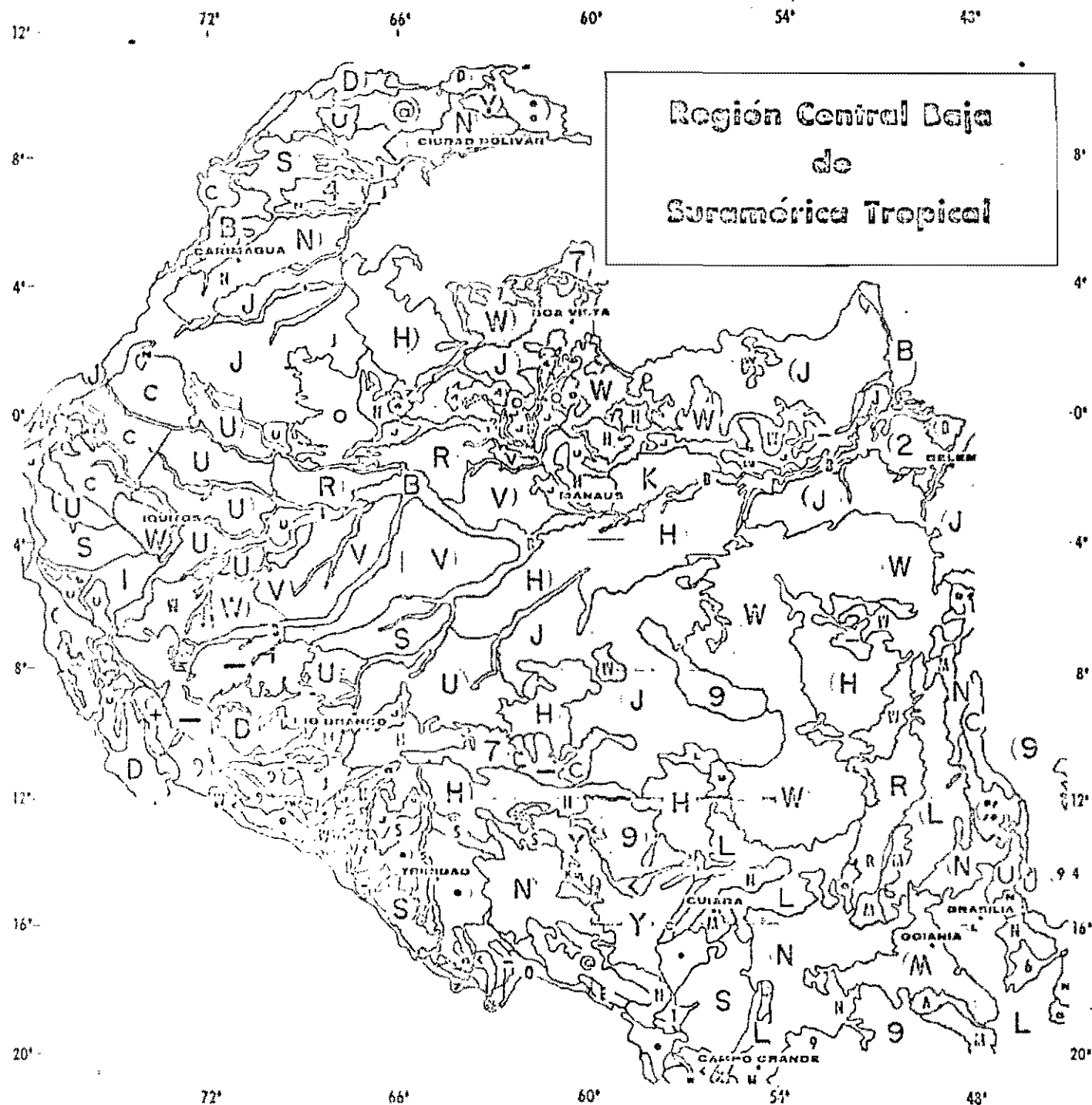
S = SPODOSOLOS

I = INCEPTISOLOS

U = ULTISOLOS

Figura 7. Mapa-computarizado de Ordenes de Suelos

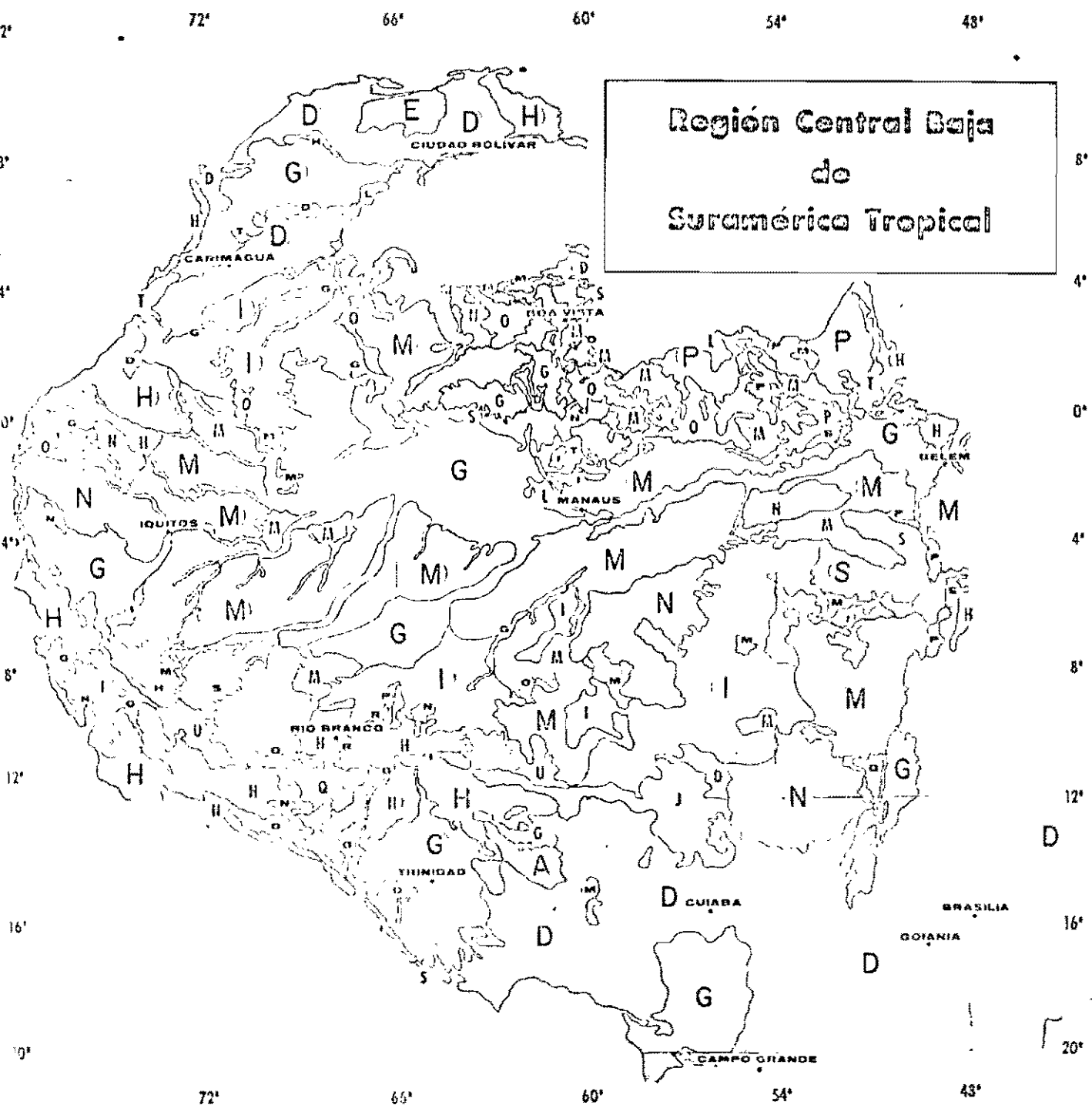
MAPA DE GRANDES GRUPOS DE SUELOS



X RHODUSTULTS	4 PSAMMAQUENTS	: SULFAQUEPTS	M EUTRUSTOX
\ NATRAQUALFS	5 TROPAQUENTS	B TROPAQUEPTS	N HAPLUSTOX
• TROPAQUALFS	6 TROPOFLOVENTS	C DYSTROPEPTS	O TROPAQUOODS
+ HAPLUDALFS	7 USTIFLOVENTS	D EUTROPEPTS	P ALBAQUULTS
\$ RHODUDALFS	* XEBOFLOVENTS	- USTROPEPTS	Q PALEAQUULTS
-- TROPUDALFS	7 TROPORTHENTS	E HAPLAQUOLLS	R PLINTHAQUULTS
2 HAPLUSTALFS	8 USTORTHENTS	F ARGUDOLLS	S TROPAQUULTS
3 NATRUSTALFS	9 QUARTZIPSAMMENTS	; HAPLUSTOLLS	Y HAPLUDULTS
• PALEUSTALFS	> TROPOPSAMMENTS	G PLINTHAQUOX	U PALEUDULTS
% RHODUSTALFS	< USTIPSAMMENTS	H ACRORTHOX	V PLINTHUDULTS
(HAPLOXERALFS	/ HYDRANDEPTS	I EUTRORTHOX	. RHODUDULTS
1 CAMBORTHIDS	= HAPLAQUENTS	J HAPLORTHOX	W TROPUDULTS
1 FLUVAQUENTS	A HUMAQUEPTS	K UMBRIORTHOX	Y HAPLUSTULTS
2 HAPLAQUENTS	# PLINTHAQUEPTS	L ACRUSTOX	Z PALEUSTULTS
3 HYDRAQUENTS			

Figura 2. Mapa computarizado de Grandes Grupos de suelos.

MAPA DE FERTILIDAD (SISTEMA FCC)



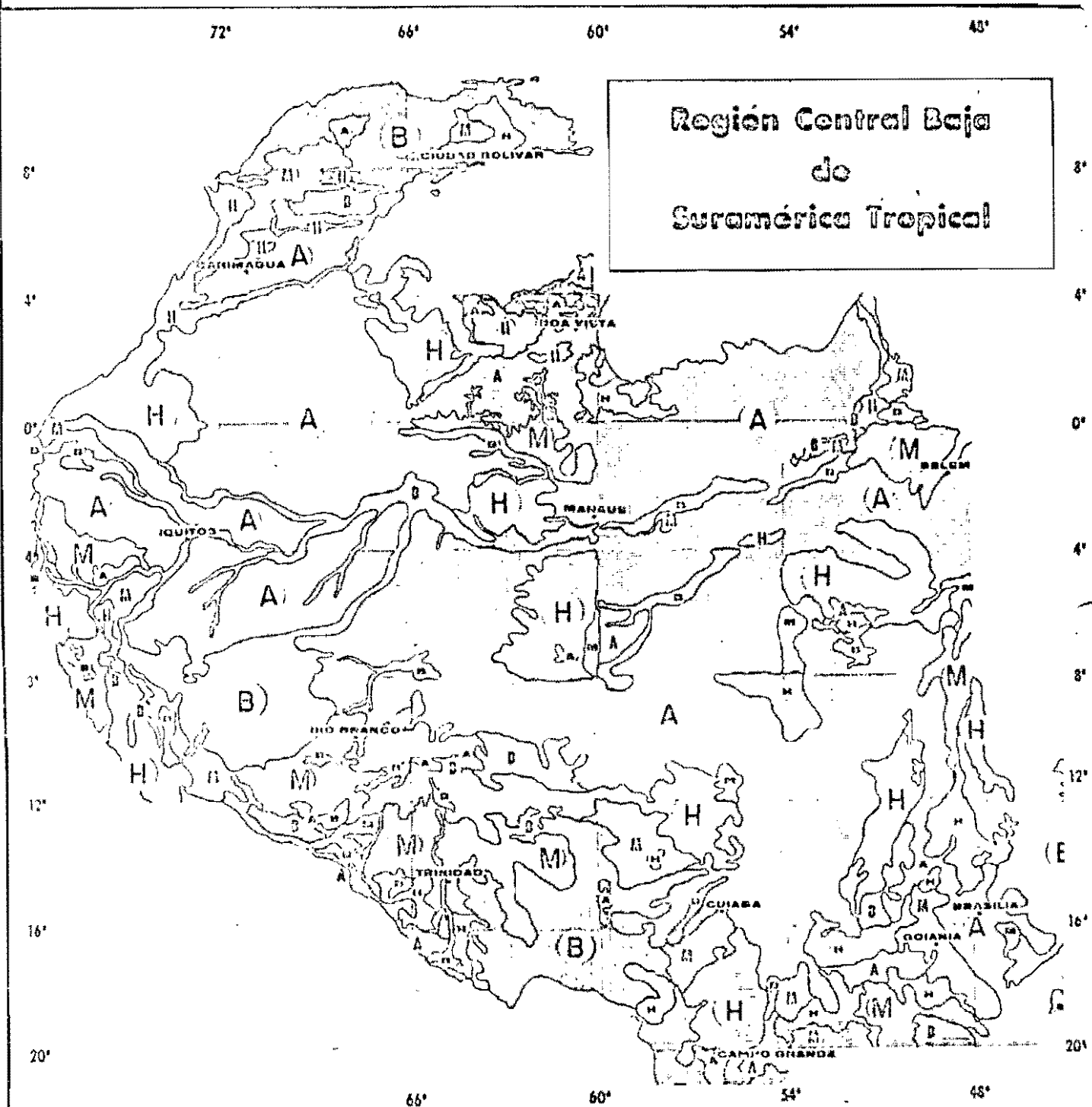
COMBINACIONES MODIFICANTES:

G = contienen "g"	L = hai	P = haki
D = contienen "d"	S = hk	Q = hei
H = h	M = hak	R = hi
I = ha	T = hke	T = hke
J = hac	N = hake	U = k
K = haei	O = hakei	

NOTA:

Modificador g=gley, d=seco, e=baja CIC, a=toxicidad por Al, h=hácido, i=fijación de P, K deficiente en K.

NIVELES DE SATURACION DE ALUMINIO EN EL SUELO SUPERFICIAL



A > 70%

M 10-40%

H 40-70%

B < 10%

Figura 10. Mapa computarizado del % de Saturación Aluminio —

NIVELES DE FOSFORO EN EL SUELO SUPERFICIAL (0-20 cm)

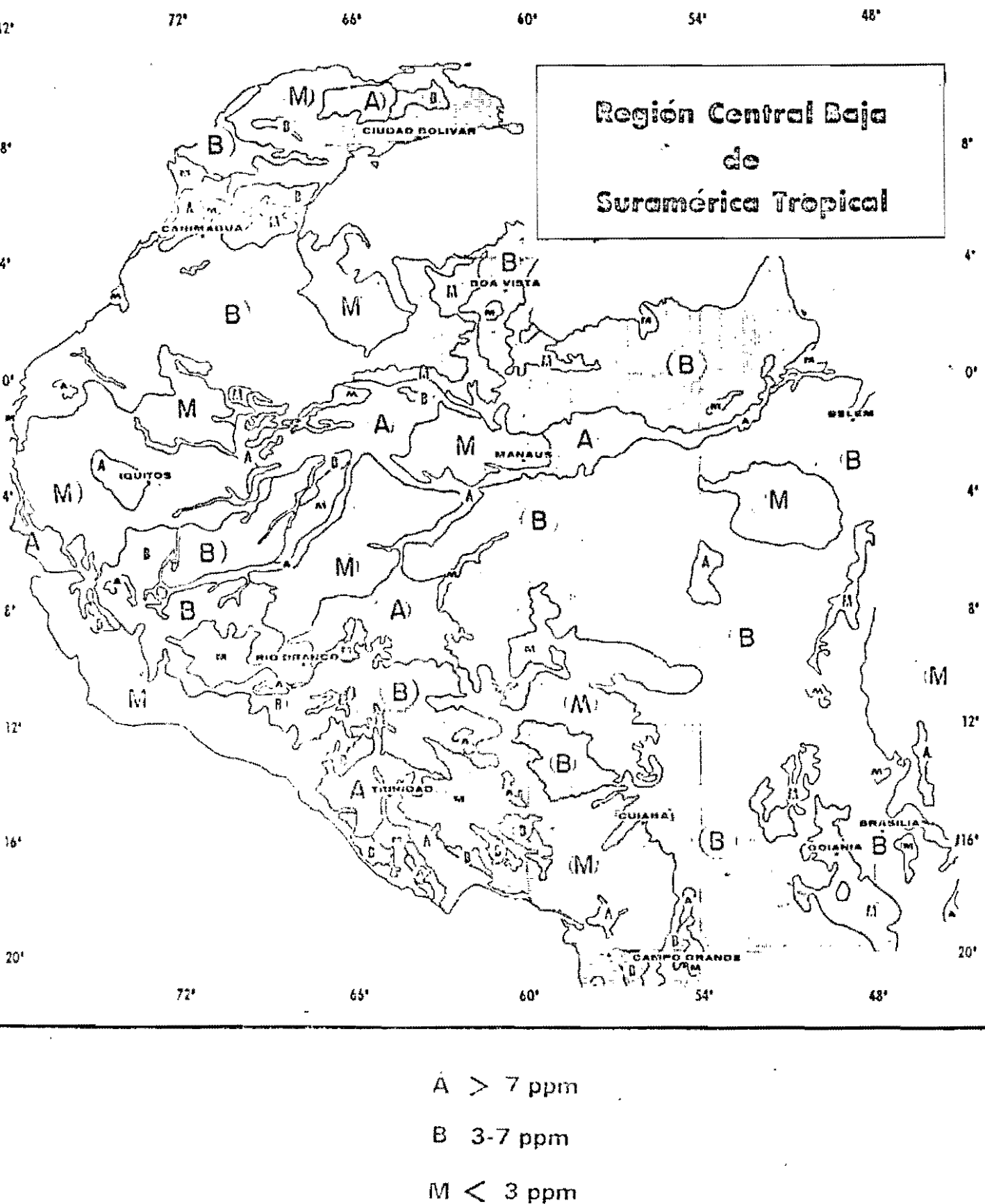


Figura 11. Mapa computarizado de fósforo en el suelo superficial

A P E N D I C E

UN RESUMEN DE LAS PRINCIPALES LIMITACIONES EDAFICAS DE LAS AGROECOZONAS DEL PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES

Cinco agroecozonas han sido seleccionadas para definir y subdividir el área de actuación del Programa de Pastos Tropicales a través de las tierras bajas húmedas de Suramerica Tropical. Estas se muestran en la Figura 1b, la cual es un mapa esquemático basado en printouts del computador de agrupamientos de sistemas de tierras que integran las amplias clases climáticas, topográficas y de vegetación natural definidas en este informe. Es una primera aproximación para poner en perspectivas las diferencias fundamentales de clima y paisaje. Debe notarse que las áreas forestadas muy pobremente drenadas indicadas en el mapa, han sido incluídas dentro de las subdivisiones de bosques de acuerdo con sus regímenes climáticos. La Tabla 1b resume las cinco agroecozonas en términos de sus principales características climáticas, topográficas y de vegetación.

La base para la subdivisión de las tierras bajas de Suramerica Tropical en subregiones climáticas ya ha sido discutida en el texto principal de este informe. La estrecha relación entre las cifras de evapotranspiración potencial de la época húmeda y la vegetación natural que crece sobre los suelos bien drenados, indican que las características gruesas de la vegetación natural son una función de la cantidad de energía que las plantas pueden usar de acuerdo a los patrones del balance hídrico anual. Este hallazgo ha sido usado como un amplio primer criterio para subdividir la región en agroecozonas para producción de pasturas perennes. El segundo criterio es el drenaje del suelo. En las tierras pobremente drenadas la habilidad de las plantas para resistir el anegamiento es de importancia

1 primaria. Consecuentemente las sabanas mal drenadas, incluyendo el pinto-
2 rescamente descrito "pantanal" de Brasil, las cuales se encuentran a través
3 de las subregiones B hasta E definidas en el texto, han sido agrupadas jun-
4 tas como una "agroecozona" para producción de pasturas, ya que ellas son
5 tierras afectadas por un problema común como son los prolongados períodos
6 de anegamiento anuales.

7 Debe enfatizarse que la subdivisión de la región en amplias subregio-
8 nes climáticas sobre la base de la energía que las plantas pueden usar de
9 acuerdo con sus patrones de balance hídrico anual, fue posible solamente
10 por medio de agrupamiento de las clases de vegetación de los suelos bien
11 drenados de los sistemas de tierras. Más aún, es obviamente necesario es-
12 tudiar las características climáticas en mucha mayor profundidad.

13 Era axiomático que las condiciones físicas y químicas del suelo dentro
14 de las agroecozonas debían definirse más cuidadosamente si iban a elegirse
15 sitios representativos para control de accesiones forrajeras primisorias
16 de alto rendimiento, y a desarrollarse criterios razonables para selección
17 y control a campo de germoplasma. La computarización del estudio del re-
18 curso tierra facilitó un análisis profundo de las limitaciones físicas y
19 químicas del suelo dentro de las agroecozonas. El resultado de este traba-
20 jo, referido a los suelos que se encuentran en situaciones bien drenadas,
21 no demasiado empinados (pendientes menores que 30%) dentro de las agroeco-
22 zonas predominantemente bien drenadas, ha sido resumido en la Tabla 2b,
23 secciones a hasta l. Los muchos factores relevantes a condiciones físicas
24 y químicas resumidas en los formatos de computarización para las facetas
25 de terreno de los sistemas de tierras y que fueron descritos en detalle por
26 Cochrane et al (1979), fueron examinados separadamente dentro de las sub-
27 divisiones de Grandes Grupos de suelos de las clases topográficas para
cada agroecozona. En la Tabla 2b, Secciones c, f, i y l, las clases

1 topográficas 0-8% y 8-30% han sido agrupadas para proveer un resumen de
2 las principales limitaciones del suelo. Debe notarse que la descripción
3 de suelo en términos de Grandes Grupos claramente ayuda con la evaluación
4 de las condiciones del suelo, pero no es suficiente para describir limita-
5 ciones edáficas específicas que permiten juzgar su importancia relativa en
6 perspectiva geográfica para la determinación de cualidades deseables de
7 germoplasma.

8 Sabanas Iso-hipertérmicas:

9 De la Tabla 2b, Secciones a, b y c, puede verse que la limitación fí-
10 sica predominante del suelo a través de esta agroecozona es la baja capaci-
11 dad de retención de humedad. Esto es particularmente evidente en los Gran-
12 des Grupos de Haplustox, Acrustox y Haplorthox dentro del orden Oxisoles, y
13 los Quartzipsamments y Ustipsamments de los Entisoles; los suelos con baja
14 capacidad de retención de humedad dentro de estos Grandes Grupos totalizan
15 más del 60% de los suelos encontrados en la agroecozona como un todo. En
16 vista de la tendencia de los patrones de precipitación a ser algo erráticos
17 en la ecozona, indicaría una necesidad de plantas capaces de soportar
18 stress por sequía más allá del indicado por la duración de la longitud e in-
19 tensidad de la estación seca.

20 Son de importancia primaria las deficiencias minerales del suelo,
21 principalmente P, K y Ca, debería buscarse con avidez plantas forrajeras
22 capaces de producir satisfactoriamente en suelos con bajos niveles de estos
23 elementos. La habilidad de las plantas para tolerar altos niveles de Al y
24 bajos de Mg es de importancia solamente sobre 30% del área. Más aún, los
25 % de saturación de Al en el subsuelo no tienden a ser tan altos como los
26 del horizonte superficial del suelo. La fijación de fósforo no aparenta
27 ser un problema en más del 30% de los suelos. Resumiendo, la extensión

1 geográfica de los suelos con toxicidad potencial de los suelos y problemas
2 de fijación de fósforo, no es tan grande como pudiese ser inferida de mapas
3 de suelo generalizados, de escala pequeña.

4 5 Sabanas Isotérmicas:

6 La Tabla 2b Secciones d, e y f indican que al igual que las sabanas
7 Isohipertérmicas, la baja capacidad de retención de humedad es un problema
8 serio. El 70% de los suelos, y casi exclusivamente Oxisoles, tienen baja
9 capacidad de retención de humedad. Este problema está demostrado por el
10 exagerado efecto que los "veranicos" (períodos de ocurrencia errática con
11 poca precipitación durante la estación húmeda en Brasil central), tienen
12 sobre el crecimiento de cultivos y producción de pastos. Las plantas forra-
13 jeras para esta ecozona deben adaptarse no solamente para sobrevivir una
14 prolongada estación seca de 4 a 6 meses, sino también resistir períodos
15 menores de stress por sequía durante la estación húmeda.

16 En contraste con las sabanas Isohipertérmicas, aquí son de importancia
17 primaria ambos problemas de deficiencias y toxicidades del suelo. Se
18 seleccionarían plantas forrajeras que dieran resultados satisfactorios en
19 suelos con altos niveles del % de saturación de Al y bajos niveles de P,
20 K y Ca. La fijación de fósforo también parecería ser un problema poten-
21 cial y difundido, así que habría que enfatizar la selección de germoplasma
22 adaptada a muy baja disponibilidad de fósforo. Tal vez el único aspecto
23 bueno de los suelos es que los niveles del % de saturación de Al tienden
24 a disminuir con la profundidad, ésto es muy importante en lo que se rela-
25 ciona con la penetración de raíces. También significa que la corrección
26 de toxicidad por Al a través de aplicaciones mínimas de cal como las cal-
27 culadas por la nueva fórmula del CIAT de encalado, proveerían una alterna-
tiva práctica de bajo costo para superar un serio problema a través de

1 esta agroecozona.

2
3 Bosque Estacional Semisiempre verde bajo Vegetación Nativa (Tabla 2b,
4 Secciones g, h, i).

5 Los datos analíticos de muestras de suelo tomadas principalmente de
6 perfiles que describen suelos bajo vegetación nativa, sugerirían que las
7 deficiencias potenciales de P, K y Ca serían problemas difundidos y que
8 los niveles de Al son a menudo altos. Sin embargo, como lo ilustró el tra-
9 bajo de Falessi mencionado en este informe, los suelos bajo vegetación de
10 bosque pueden ser cambiados completamente si la vegetación se quema y la
11 ceniza resultante se retorna al suelo. En otras palabras, la fertilidad
12 potencial de los suelos en esta ecozona bajo cobertura vegetal es una fun-
13 ción no solamente de la fertilidad per sé, sino también de la fertilidad
14 "almacenada" en la biomasa. Las cifras analíticas pueden solamente dar una
15 idea de la fertilidad si la vegetación es completamente removida por bul-
16 dozers en las tierras en limpieza. Después de una quema adecuada de la
17 vegetación, la fertilidad de estos suelos puede ser restaurada. Si es se-
18 guida por un cuidadoso manejo usando pasturas de raíces profundas, esta
19 fertilidad puede ser mantenida por muchos años.

20 El fenómeno de "fertilidad" que es almacenada en la biomasa indicaría
21 que, previendo que se usen adecuadas técnicas de manejo, hay una menor ne-
22 cesidad de investigar sobre pastos adaptados a condiciones de fertilidad
23 muy bajas para los suelos de la agroecozona del bosque semisiempreverde es-
24 tacional. Por otra parte, claramente hay mucho que necesita ser comprendi-
25 do acerca de manejo de pasturas en esta agroecozona.

26 Bosque Tropical Lluvioso bajo Vegetación Nativa. (Tabla 2b, Secciones
27 j, k, l).

Debido a la inherente dificultad de quemar bosques en zonas muy húmedas, las cifras analíticas que indican las limitaciones químicas para esta agroecozona probablemente servirán como una guía más útil para seleccionar criterios para pastos forrajeros mejor adaptados a condiciones químicas del suelo, que en el caso de los bosques estacionales semisiempreverdes. Los niveles del % de saturación de Al son a menudo altos, y los niveles de K casi universalmente bajos. Los niveles de P, Ca y Mg aparecen, en promedio, ser más altos que aquellos de las otras ecozonas. Esto es en parte debido a la más alta proporción de suelos inherentemente más fértiles, especialmente Inceptisols, Alfisols y Entisols. Estos últimos suelos totalizan el 25% de los suelos bien drenados de la región, su presencia indicaría que el desarrollo del germoplasma forrajero específicamente adaptado a suelos ácidos e infértiles para esta ecozona, podría no ser una alta prioridad.

DISCUSION

Los anteriores resúmenes de las principales limitaciones edáficas en las agroecozonas del Programa de Pastos Tropicales, toma en cuenta solamente lo que se conoce. Desafortunadamente, los trabajos de fertilidad y relevamiento de suelos raramente incluyen ensayos de S, Mn o elementos menores, debido a problemas inherentes analíticos o interpretativos. Por lo tanto, está la posibilidad de que para algunas regiones pueda ser deseable germoplasma tolerante a bajos niveles de S o niveles tóxicos de Mn.

El cuadro que ha emergido en relación a las principales limitaciones edáficas y por inferencia las prioridades para cualidades genéticas deseables en Pasturas Tropicales para los "suelos ácidos" del interior de América

1 Tropical, es considerablemente diferente de lo que fue previamente inferi-
2 do a partir de mapas generalizados en pequeña escala. El hallazgo de que
3 la fijación de P no es un problema potencial sobre la mayor parte del área,
4 pero que está principalmente confinada a la agroecozona isotérmica, daría
5 un nuevo énfasis al trabajo de resolver problemas de P. Es claro que el
6 uso estratégico de roca fosfórica proveería una solución a bajo costo para
7 corregir deficiencias de P para la producción de pasturas sobre gran parte
8 de la región. Sin embargo, deberían seleccionarse forrajeras para toleran-
9 cia a suelos con bajos niveles de P. Esto es particularmente importante
10 para las plantas de la sabana Isotérmica.

11 El segundo hallazgo principal es que la toxicidad potencial de Al no
12 es tan ampliamente difundida como se pensó previamente; sin embargo, es im-
13 portante para la agroecozona de sabana Isotérmica. Afortunadamente, en
14 esta ecozona los niveles del % de saturación de Al de muchos de los suelos
15 disminuye con la profundidad, y así el uso estratégico de aplicaciones mí-
16 nimas de cal según la nueva ecuación de encalado de CIAT, proveerá una so-
17 lución a bajo costo a muchos problemas de toxicidad. No obstante, las plan-
18 tas tolerantes a altos niveles de saturación de Al en el suelo es obviamen-
19 te una cualidad genética deseable, aunque esta tolerancia no necesite ser
20 tan grande como previamente se pensó. El germoplasma forrajero no necesita
21 ser universalmente seleccionado para tolerancia a niveles muy altos de Al
22 en solución del suelo, como ha sido una práctica en el pasado.

23 El tercer hallazgo principal es que los niveles de Ca y K son bajos
24 sobre una muy alta proporción de suelos. Los niveles bajos de Mg son tam-
25 bién comunes. Esto sugeriría que una cualidad deseable del germoplasma fo-
26 rrajero sería la tolerancia a bajos niveles de K, Ca y Mg. (Es claro que
27 los problemas de deficiencia de Ca y Mg pueden superarse por medio de apli-
caciones modestas de dolomita calcárea, sin embargo, el costo de esto

1 es función de la distancia desde los depósitos adecuados y comercialmente
2 explotados.

3 Las observaciones relacionadas con la fertilidad "almacenada" en la
4 biomasa juega una interpretación completamente diferente sobre la importan-
5 cia relativa de las limitaciones edáficas químicas para la agroecozona del
6 bosque estacional semisiempreverde. Es evidente que por la quema de la cu-
7 bierta forestal muchos de estos suelos pasarán por cambios importantes en
8 sus propiedades nutricionales. Más aún, la fertilidad restaurada puede ser
9 mantenida por muchos años bajo adecuado manejo de pasturas. Esto involu-
10 craría un insumo mínimo de fertilizantes químicos. Como consecuencia, la
11 búsqueda de germoplasma adaptada a suelos con condiciones de fertilidad ex-
12 tremadamente pobres, no necesariamente necesita ser considerada una priori-
13 dad para las regiones de bosques estacionales semisiempreverdes. En forma
14 similar, la observación que el ecosistema del bosque lluvioso tropical con-
15 tiene una alta proporción de suelos inherentemente fértiles, podría suge-
16 rir que la búsqueda de germoplasma forrajero especialmente adaptado a con-
17 diciones de muy baja fertilidad del suelo, no sería una prioridad cumbre
18 para la agroecozona del bosque lluvioso tropical.

19 Puede aún hacerse una observación más general en relación a las limi-
20 taciones químicas del suelo sobre el área de actuación del Programa de
21 Pastos Tropicales. Aunque los sitios de control de germoplasma pueden
22 ahora ser bien localizados para proveer limitaciones edáficas conocidas,
23 estos ensayos deberían ser controlados para la gama completa de problemas
24 nutricionales potenciales. Un cuidadoso control de problemas nutriciona-
25 les usando técnicas foliares analíticas sobre sitios de control estratégi-
26 camente ubicados, puede conducir a una riqueza de conocimientos en rela-
27 ción a problemas potenciales de suelos sobre el área de actuación en gene-
ral. Si solamente se identificase un solo problema de elemento traza,

1 ésto podría conducir a un significativo beneficio socio-económico.

2 Finalmente, la observación de que la capacidad de retención de humedad
3 es una limitante mayor en muchos de los suelos de sabana, enfatizaría la
4 necesidad básica de mantener perspectiva en el control de accesiones forra-
5 jeras adaptadas a los suelos "ácidos". No hay duda de que el clima, espe-
6 cialmente en el sentido de la energía disponible para el crecimiento de la
7 planta de acuerdo a los regímenes de humedad del suelo, es el factor prima-
8 rio que determina la adaptabilidad del germoplasma a una agroecozona. Es
9 por lo tanto muy necesario que el germoplasma sea controlado en sitios de
10 suelos adecuados y representativos, física y químicamente hablando, dentro
11 de las principales agroecozonas y sobre un período de varios años para
12 tener en cuenta las variaciones en clima y condiciones de humedad.

Tabla 1b. ZONAS AGRO-ECOLOGICAS PARA EL PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES
Suelos bajos de la región central de Sudamerica Tropical. Areas ha x 10⁶

Z O N A	TOPOGRAFIA				Total	%
	Plano pobrememente drenado	0-8%	8-30%	>30%		
<u>SABANAS POBREMAMENTE DRENADAS</u>	49				49	7
<u>SABANAS ISO-HIPERTERMICAS</u> TWPE* 901-1060 mm, 6-8 meses estación húmeda, WSMT** > 23.5°C	17	72	12	10	111	16
<u>SABANAS ISOTERMICAS</u> TWPE 901-1060 mm, 6-8 meses estación húmeda, WSMT < 23.5°C	< 1	25	9	7	42	6
<u>BOSQUE ESTACIONAL SEMI-SIEMPRE VERDE</u> TWPE 1061-1300 mm, 8-9 meses estación húmeda, WSMT > 23.5°C	53	145	94	4	296	41
<u>BOSQUE LLUVIOSO TROPICAL</u> TWPE > 1300 mm, > 9 meses estación húmeda, WSMT > 23.5°C	69	88	55	5	217	30
Total	189	330	170	26	<u>715</u>	
% del area total	26%	46%	24%	4%		

* TWPE = Evapotranspiración potencial total de la época húmeda.

** WSMT = Temperatura mensual media de la época húmeda.

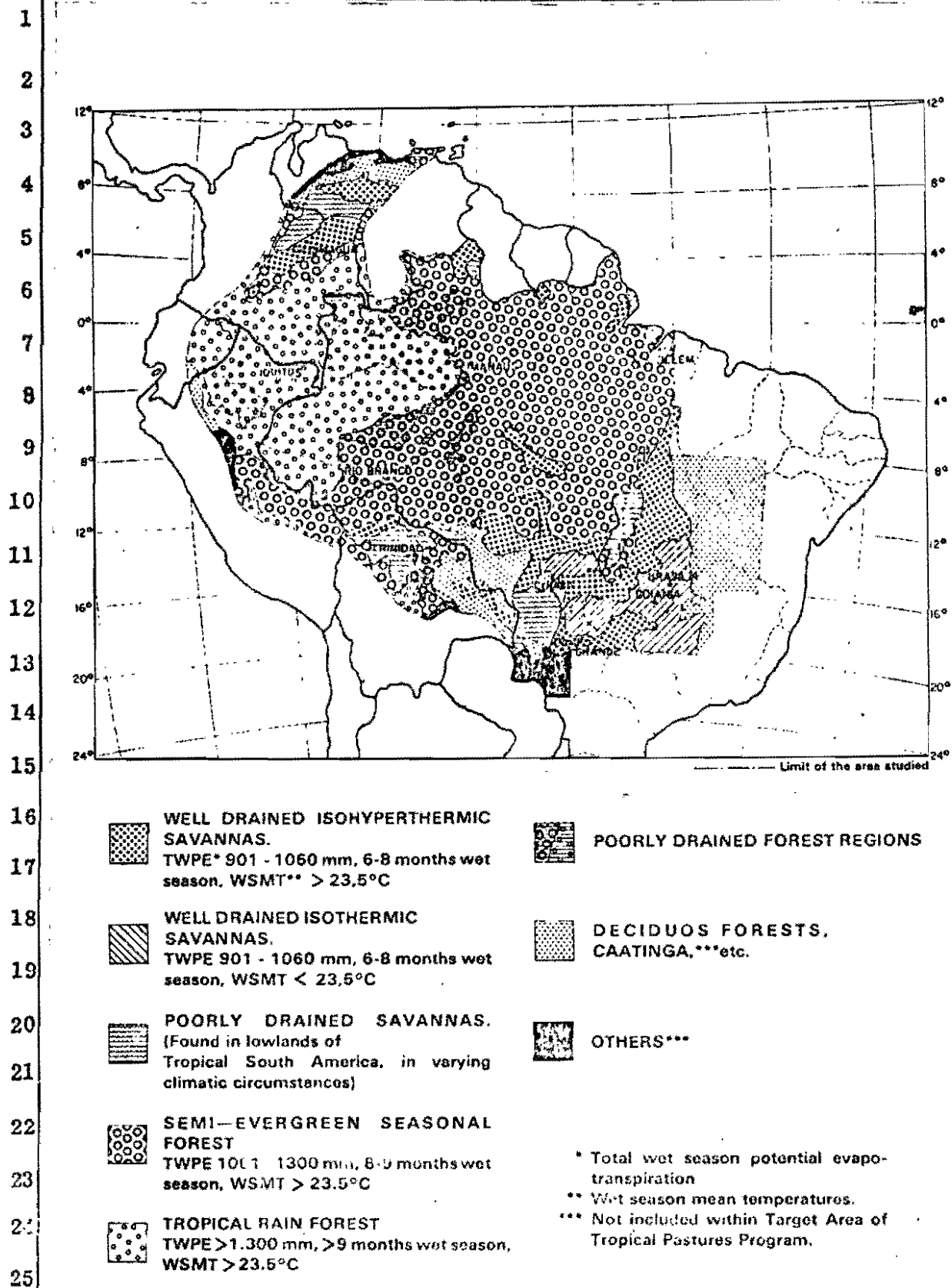


Figure 1b. **AGRO-ECOLOGICAL ZONES OF TROPICAL PASTURES PROGRAM**
(Sketch map based on computer printouts of the land resource evaluation studies)

Table 2b. A summary of the aerial extent of major soil constraints of importance to pasture plant germplasm selection for the well drained soils of the central lowlands of tropical South America.

a) ISO-HYPERTHERMIC SAVANNAS, Topographic class 0-8%

Soils		Chemical Constraints*, Areas: ha x 10 ⁴								Physical Constraints**	
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁴	Toxicity		Deficiencies					MH	S
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.		
OXISOL (66.5% of class)	Haplustox	19.24	7.53	7.72	14.07	11.93	8.04	13.40	9.89	9.48	4.80
	Acrustox	17.57	14.64	6.44	17.57	17.57	5.31	17.38	9.83	16.50	
	Haploorthox	6.02	1.94	1.68	5.85	3.45	4.99	4.28	3.46	5.67	
	Eutrustox	5.03	0.76	1.01	0.76		0.46	0.30	0.30	1.01	
	Subtotals	47.9	24.87	16.85	38.05	32.95	18.8	35.36	23.48	32.66	4.80
	% of Oxisols with const.		51.9%	35.2%	79.4%	68.8%	39.2%	73.8%	49.0%	68.2%	10.0%
ENTISOL (23.1% of class)	Quartzipsamments	12.71	0.28	4.60	12.71	12.71	11.23	12.63		12.71	12.71
	Tropofluvents	1.88									
	Ustipsamments	1.49			1.49	1.49	1.49			1.49	1.49
	Ustifluvents	0.51									
	Subtotals	16.6		4.60	14.20	14.20	12.72	12.63		14.2	14.2
	% of Entisols with const.			27.7%	88.8%	85.5%	76.6%	76.1%		85.5%	85.5%
ALFISOL (6.7% of class)	Rhodustalfs	2.44									
	Haplustalfs	2.43			0.17	0.17	0.17	0.17			
	Subtotals	4.8			0.17	0.17	0.17	0.17			
	% of Alfisols with const.				3.5%	3.5%	3.5%	3.5%			
ULTISOL (2% of class)	Plinthudults	1.48	1.48		1.48	1.48	1.48	1.48			1.48
	Subtotals	1.48	1.48		1.48	1.48	1.48	1.48			1.48
	% of Ultisols with const.		100%		100%	100%	100%	100%			100%
INCEPTISOL (< 1% of class)	Dystropepts	0.66			0.66					0.66	0.66
	Eutropepts	0.14									
	Subtotals	0.80			0.66					0.66	0.66
	% of Inceptisols with const.				77.6%					77.6%	77.6%
MOLLISOL (< 1% of class)	Haplustolls	0.32									
	TOTALS	72.00	26.6	21.45	54.6	48.9	33.2	49.6	23.5	47.5	21.14
	% of topographic class		37%	30%	76%	68%	46%	69%	33%	66%	29%
	Order of importance***		2 ^a	2 ^a	1 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a

b) ISO-HYPERTHERMIC SAVANNAS, Topographic class 8-30%

Soils		Chemical Constraints*, Areas: ha x 10 ⁴								Physical Constraints**	
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁴	Toxicity		Deficiencies					MH	S
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.		
OXISOL (78.0% of class)	Haplustox	7.51	2.26	0.48	5.18	4.95	2.48	4.95	2.34	4.58	0.19
	Eutrustox	1.64		0.11	0.11						
	Acrustox	0.05			0.05	0.05		0.05			
	Subtotals	9.2	2.26	0.59	5.34	5.00	2.48	5.0	2.34	4.58	0.19
	% of Oxisols with const.		24.6%	6.4%	58.0%	54.3%	27.0%	54.3%	25.4%	49.8%	2.1%
ENTISOL (11.0% of class)	Troporthent	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77	0.77		0.77	
	Quartzipsamments	0.56			0.56	0.56	0.30	0.26		0.56	0.56
	Subtotals	1.3	0.77	0.77	1.33	1.33	1.07	1.03		1.33	0.56
	% of Entisols with const.		59.2%	59.2%	100%	100%	82.3%	79.2%		100%	43.1%
	Subtotals	1.3	0.77	0.77	1.33	1.33	1.07	1.03		1.33	0.56
ALFISOL (7.1% of class)	Paleustalfs	0.84						0.84			
	Subtotals	0.84						0.84			
	% of Alfisols with const.							100%			
ULTISOL (3.2% of class)	Haplustults	0.38						0.38			
	Subtotals	0.38						0.38			
	% of Ultisols with const.							100%			
INCEPTISOL (< 1% of class)	Dystropepts	0.11			0.11			0.05			
	Subtotals	0.11			0.11			0.05			
	% of Inceptisols with const.				100%			45.5%			
	TOTALS	11.8	3.03	1.36	6.78	6.33	3.55	7.3	2.34	5.91	0.75
	% of topographic class		26%	11.5%	58%	54%	30%	62%	20%	50%	6%
	Order of importance***		2 ^a	3 ^a	1 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	3 ^a	1 ^a	1 ^a

c) ISO-HYPERTHERMIC SAVANNAS, Combined topographic classes 0-8 and 8-30%

Soils		Chemical Constraints*, Areas: ha x 10 ⁴								Physical Constraints**	
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁴	Toxicity		Deficiencies					MH	S
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.		
(Combined total area = 83.8 x 10 ⁴ ha)		29.63	22.81		61.38	55.23	36.75	56.9	25.84	53.41	21.89
% of combined area with constraint.....			35%	27%	73%	66%	44%	68%	31%	64%	26%
Order of importance***			2 ^a	2 ^a	1 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a	1 ^a	2 ^a

* Refers to topsoil, except Al ss = % Sat. Al, subsoil.

Al = % Sat. Al > 70%; K = < 0.15 meq/100gm; Ca = < 0.4 meq/100gm; Mg = < 0.2 meq/100 gm; P = < 3 ppm; P-fix = high P fixation. Refer: Cochrane et al (1979) for details.

** MH = Low moisture holding capacity, < 75 mm/100cm; S = sandy topsoils.

*** 1^a = > 50% of area, 2^a = 25-50% of area, 3^a = < 25% of area.

Table 2.
(Cont.) d) ISO-THERMIC SAVANNAS. Topographic class 0-8%

Soils		Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶								Physical Constraints**
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁶	Toxicity		Deficiencies					MH
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
6	OXISOL									
	(95.6% of class)									
	Acrustox	9.75	9.75	3.03	9.75	9.75	2.86	9.75	8.37	6.52
	Eutrustox	7.62	3.07	0.38	3.07	1.38		2.69	4.07	3.29
7	Haplustox	6.74	3.73	1.64	6.74	6.74	4.02	6.74	1.91	6.74
	Subtotals	24.1	16.55	5.05	19.56	17.87	6.88	19.18	14.35	16.55
	% of Oxisols with const.		68.6%	21.0%	81.1%	74.1%	28.5%	80%	60%	68.6%
8	ULTISOL									
	(3.5% of class)									
	Rhodustults	0.87								
9	ALFISOL									
	(0.9% of class)									
	Rhodustalfs	0.23			0.23					
	% of Alfisols with const.				100%					
10	ENTISOL									
	(<0.1 of class)									
	Ustifluvents	0.02								
11	TOTALS	25.2	16.55	5.05	19.79	17.87	6.88	19.18	14.35	16.55
	% of topographic class		66%	20%	79%	71%	29%	76%	57%	66%
	Order of importance		1°	3°	1°	1°	2°	1°	1°	1°

e) ISO-THERMIC SAVANNAS. Topographic class 8-30%

Soils		Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶								Physical Constraints**
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁶	Toxicity		Deficiencies					MH
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
15	OXISOL									
	(96.9% of class)									
	Haplustox	5.57	1.98	1.05	5.57	3.39	1.61	4.57		5.57
	Acrustox	3.01	3.01			3.01		3.01	2.01	2.01
16	Eutrustox	0.35	0.13	0.13	3.01					0.13
	Subtotals	8.9	5.12	1.18	8.58	6.40	1.61	7.58	2.01	7.71
	% of Oxisols with const.		57.3%	13.3%	96.1%	71.7%	18.0%	84.9%	22.5%	86.3%
17	ALFISOL									
	(3.1% of class)									
	Rhodustalf	0.29								
	% of Alfisols with const.									
18	TOTALS	9.2	5.12	1.18	8.58	6.40	1.61	7.53	2.01	7.71
	% of topographic class		56%	13%	93%	69%	17%	82%	22%	84%
	Order of importance		1°	3°	1°	1°	3°	1°	3°	1°

f) ISO-THERMIC SAVANNAS. Combined topographic classes 0-8 and 8-30%

Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶								Physical Constraints**
(Combined total area = 34.4 x 10 ⁶ ha)	Toxicity		Deficiencies					MH
	Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
	21.67	6.23	28.37	24.27	8.49	26.76	16.36	
	63%	18%	82%	71%	25%	78%	48%	
	1°	3°	1°	1°	3°	1°	2°	

Table 2 b
(Cont.) g) SEMI-EVERGREEN SEASONAL FOPEST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 0-8%

Soils		Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶								Physical Constraints**
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁶	Toxicity		Deficiencies					pH
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
OXISOL (48.5% of class)	Acrorthox	38.80	22.07	28.31	30.06	30.06	4.04	28.52	7.99	22.07
	Haploorthox	26.62	18.42	21.81	17.42	5.61	4.78	16.46	4.36	23.49
	Umbrorthox	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31	4.31			4.31
	Eutrothox	0.35						0.35		0.35
	Subtotals	70.1	44.8	54.43	51.79	39.98	13.13	45.31	12.35	50.22
	% of Oxisols with const.		63.9%	77.6%	73.9%	57.0%	18.7%	64.7%	17.6%	71.6%
ULTISOL (40.5% of class)	Tropudults	41.75	26.09	41.68	30.10	30.73	11.67	34.77	9.78	
	Paleudults	15.47	14.11	14.11	6.00	15.47	14.11	4.07	0.22	
	Haplustults	0.89		0.69	0.89	0.07		0.69		0.21
	Plinthudults	0.35	0.35	0.35	0.07		0.07	0.07		
	Subtotals	58.5	40.55	56.83	37.06	46.26	25.85	39.6	10.0	0.21
	% of Ultisols with const.		69.3%	97.1%	63.4%	79.1%	44.2%	67.7%	17.1%	0.4%
ENTISOL (6.6% of class)	Quartzipsamments	4.79	4.35	4.58	0.55	4.52	4.33	4.53		4.79
	Tropofluvents	1.13			1.30	0.37	0.37	0.25		0.63
	Ustipsamments	1.21	0.71	0.71	0.21	0.18	0.18	0.71		1.11
	Ustifluvents	0.26								
	Tropopsamments	0.16			0.06					0.14
	Subtotals	9.6	5.04	5.29	2.12	5.07	4.88	5.49		6.67
	% of Entisols with const.		52.5%	55.1%	22.1%	52.8%	50.8%	57.2%		69.5
ALFISOL (3.5% of class)	Hapludalfs	4.55			2.12			0.89		
	Haplustalfs	0.47			0.47			0.47		
	Subtotals	5.0			2.59			1.36		
	% Alfisols with const.				51.8%			27.2%		
INCEPTISOL (0.9% of class)	Eutropepts	0.75								
	Ustropepts	0.37								
	Dystropepts	0.24	0.24	0.24	0.24	0.24				
	Subtotals	1.36	0.24	0.24	0.24	0.24				
	% of Inceptisols with const.		17.6%	17.6%	17.6%	17.6%				
MOLLISOL ($<0.1\%$ of class)	Argiudolls	0.02						0.02		
	% of Mollisols with const.							100%		
TOTALS		144.6	90.7	116.8	93.8	91.6	43.9	91.8	22.4	57.1
% of topographic class			62.7%	80.8%	64.9%	63.3%	30.3%	63.5%	15.5%	39.5%
Order of importance			1°	1°	1°	1°	2°	1°	3°	2°

h) SEMI-EVERGREEN SEASONAL FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 8-30%

Soils		Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶								Physical Constraints**	
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁶	Toxicity		Deficiencies						MH
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.		
OXISOL (56.6% of class)	Haploorthox	38.49	36.32	31.92	28.36	23.15	28.05	30.19	6.18	36.65	
	Acrorthox	14.39	12.85		12.85	3.17	2.59	12.27		3.17	
	Haplustox	0.07		0.07				0.07	0.07		
	Subtotals	53.0	49.17	31.99	41.21	26.32	30.64	42.53	6.25	39.82	
	% of Oxisols with const.		92.8%	60.4%	77.8%	49.7%	57.6%	80.3%	11.8%	75.1%	
ULTISOL (36.5% of class)	Tropudults	27.09	3.05	15.63	12.87	12.53	2.77	12.23	0.91		
	Rhodudults	4.43									
	Paleudults	2.54		2.44							
	Haplustults	0.14			0.04			0.10		0.01	
	Subtotals	34.2	3.05	18.07	12.91	12.53	2.77	12.33	0.91	0.01	
% of Ultisols with const.		8.9%	52.8%	37.9%	36.7%	8.10%	35.01%	2.7%	0.03%		
ENTISOL (4.1% of class)	Troporthent	3.82			0.34	0.34	0.34	3.82		3.82	
	Quartzipsamments	0.02			0.02		0.02	0.02		0.02	
	Subtotals	3.8			0.36	0.34	0.36	3.84		3.84	
	% of Entisols with const.				9.38%	8.85%	9.38%	100%		100%	
INCEPTISOL (1.8% of class)	Dystropepts	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65		1.65	
	% of Inceptisols with const.		100%	100%	100%	100%	100%	100%		100%	
ALFISOL (1.4% of class)	Hapludalf	0.85						0.28			
	Haplustalf	0.25								0.02	
	Subtotals	0.2						0.28		0.02	
% of Alfisols with const.							30.43%		2.17%		
TOTALS		93.6	53.3	51.7	51.1	40.9	35.4	60.6	7.16	45.34	
% of total topographic class			57.0%	54.7%	50.0%	47.6%	37.6%	64.8%	7.6%	48.4%	
Order of importance			1°	1°	1°	2°	2°	1°	3°	2°	

i) SEMI-EVERGREEN SEASONAL FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Combined topographic classes 0-8% and 8-30%

	Chemical Constraints* Areas: ha x 10 ⁶								Physical Constraints**
	Toxicity		Deficiencies						
	Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	NH	
(Combined total area 238.2 x 10 ⁶ ha)	144.6	169.5	149.9	132.5	79.3	152.4	29.6	102.4	
% of area with constraints	60.7	70.7	67.9	55.6	34.3	64.0	12.4	43.0	
Order of importance	1°	1°	1°	1°	2°	1°	3°	2°	

Table 2b-
(Cont.) j) TROPICAL RAIN FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 0-8%

Soils			Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶						
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁶	Toxicity		Deficiencies				
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.
ULTISOL (66.5% of class)	Paleudult	26.05	26.05	26.05	26.05	22.56	25.16	8.42	
	Plinthudult	21.47	21.47	21.47	21.47			6.87	
	Tropudult	10.83	10.21	10.21	10.27	1.79	1.80	8.42	
	Subtotals	58.4	57.73	57.73	57.79	24.35	26.96	23.71	
	% of Ultisols with const.		99.9%	98.9%	99.0%	41.3%	46.2%	40.6%	
INCEPTISOL (14.3% of class)	Dystropepts	6.72	6.72	6.72	0.92			6.11	
	Eutropepts	4.26			4.26				
	Dystrandepts	1.58	0.45	0.45	1.39	0.61	0.45	0.94	1.13
	Subtotals	12.6	7.17	7.17	6.57	0.61	0.45	0.94	1.13
	% of Inceptisols with const.		57.1%	51.1%	52.3%	4.9	3.6%	7.5%	9.0%
ALFISOL (10.7% of class)	Hapludalf	9.41			9.41			9.41	
	% of Alfisols with const.				100%			100%	
OXISOL (4.3% of class)	Acrorthox	2.76	2.76	1.27	2.76	2.76	2.76	1.27	0.45
	Haplorthox	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01	1.01		
	Subtotals	3.8	3.77	2.28	3.77	3.77	3.77	1.27	0.45
	% of Oxisol		100%	60.5	100%	100%	100%	33.7%	11.9%
ENTISOL	Tropofluvent	3.63			3.13				
	% of Entisols with const.				86.2%				
TOTALS			87.7	68.7	67.18	80.7	28.7	31.2	1.58
% of Topographic class			78. %	77. %	92. %	33 %	36 %	40 %	2 %
Order of importance			1°	1°	1°	2°	2°	2°	3°

k) TROPICAL RAIN FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Topographic class 8-30%

Soils			Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶						
Order	Great Group	Area ha x 10 ⁶	Toxicity		Deficiencies				
			Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.
OXISOL (74.7% of class)	Haplorthox	33.53	31.42	31.42	33.53	13.60	13.20	32.68	11.48
	Acrorthox	7.47			7.47	7.47	7.47		
	Subtotals	41.00	31.42	31.42	41.00	21.07	20.67	32.68	11.48
	% of Oxisols with const.		76.6%	76.6%	100%	51.4%	50.4%	79.7%	28.0%
ULTISOL (6.6% of class)	Paleudults	2.14	2.14	1.88	2.14		1.88		
	Tropudults	1.51	1.51	1.51	1.51		1.51		
	Subtotals	3.65	3.65	3.39	3.65		3.39		
	% of Ultisols with const.		100%	92.9%	100%		92.9%		
INCEPTISOL (13.3% of class)	Dystropepts	7.32	6.40	4.79	7.32		6.40	1.61	1.61
	% of Inceptisols with const.		87.4%	65.4	100%		87.4%	22.0%	22.0%
ALFISOL (5.4% of class)	Hapludalf	2.96		0.23	2.96			2.73	
	% of Alfisols with const.			7.8	100%			92.2%	
TOTALS			54.9	41.5	39.83	54.9	21.1	30.5	13.1
% of topographic class			75%	72%	100%	38%	55%	67%	24%
Order of importance			1°	1°	1°	2°	2°	1°	3°

l) TROPICAL RAIN FOREST UNDER NATIVE VEGETATION. Combined topographic classes 0-8% and 8-30%

Chemical Constraints*. Areas: ha x 10 ⁶								
	Toxicity		Deficiencies					
	Al	Al ss	K	Ca	Mg	P	P-fix.	
(Combined total area = 143 x 10 ⁶ ha)	110.2	107.0	135.6	40.8	61.7	72.3	14.7	
% of area with constraint	77%	15%	95%	35%	43%	51%	10%	
Order of importance	1°	1°	1°	2°	2°	2°	3°	

III. GERMOPLASMA.

- La colección de Germoplasma del Programa de Pastos Tropicales del CIAT

Rainer Schultze-Kraft.

- Ensamblaje de Germoplasma en Pasturas: Problemática de Experimentación.

José M. Toledo

- Técnicas en Propagación por estacas de leguminosas forrajeras.

B. Grof, A. Ramírez, C. Buch.

- Evaluación de Especies Forrajeras en Sabana Isohipertermica en Carimagua, Colombia.

Bert Grof

- Evaluación de Germoplasma forrajero en los cerrados de Brasil.

Derrick Thomas

R.P. de Andrade.

LA COLECCION DE GERMOPLASMA DEL PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES DEL CIAT

Rainer Schultze-Kraft*

La ausencia de materiales semicomerciales o comerciales adaptados a condiciones de suelos ácidos e infértiles (Oxisoles y Ultisoles), los períodos prolongados de sequía y la baja productividad de las especies naturales, características de las regiones de sabana del trópico suramericano, crearon la necesidad de reunir el mayor número posible de plantas forrajeras con potencial de adaptación para estas áreas.

Sin duda, casi siempre hay un segundo motivo involucrado cuando alguien decide recolectar semilla de una planta silvestre o la planta misma: la necesidad de preservar los recursos genéticos ante la acelerada y continua expansión de la frontera agrícola.

El plan para la creación de un Banco de Germoplasma de Especies Forrajeras Tropicales en el CIAT surgió a principios de los años 70.

En este contexto es conveniente diferenciar entre los dos grupos principales de plantas comprendidas por el término "especies forrajeras": gramíneas y leguminosas. En cuanto a las primeras se refiere, debe destacarse el hecho de que casi la totalidad de las especies utilizadas en el trópico son de procedencia exótica, siendo Africa su principal centro de origen. Entre las varias especies que se introdujeron a Sur América en el pasado, en forma accidental o intencional, hay algunas tales como *Brachiaria decumbens*, *Hyparrhenia rufa* y *Melinis minutiflora*, las cuales muestran buena adaptabilidad a las condiciones edáficas y climáticas de las sabanas suramericanas y cuyo uso se está extendiendo continuamente.

La situación fue diferente con las leguminosas, de gran importancia como fuente de nitrógeno para la asociación con gramíneas (a través de la simbiosis con *rhizobium* spp.) y como fuente de proteína para el ganado, principalmente durante la estación seca. El material comercial o semi-comercial disponible, resultó ser inapropiado porque:

- Carecía por completo de adaptación a suelos ácidos (por ejemplo: *Centrosema pubescens*, *Glycine wightii*).
- Bajo las condiciones climáticas del trópico suramericano, la susceptibilidad a enfermedades era alta (por ejemplo, *Stylosanthes guianensis*, *Macroptilium atropurpureum*)
- Se trataba de especies subtropicales con problemas de floración (por ejemplo, *Desmodium intortum*).

Esta falta de adaptabilidad de las variedades comerciales a las condiciones de las sabanas del trópico suramericano se debió básicamente a que tales variedades no fueron seleccionadas en forma exclusiva para las condiciones del trópico suramericano sino para las condiciones edáficas y climáticas de Australia. Además, el material genético del cual fueron seleccionadas las variedades australianas, también provenía de regiones con condiciones edáficas y climáticamente homólogas a las de Australia, en las cuales los investigadores australianos concentraron sus esfuerzos de colección de germoplasma.

La falta de disponibilidad de variedades comerciales de leguminosas con buena adaptación al trópico suramericano parece algo paradójica, si se toma en cuenta que el origen de la gran mayoría de los géneros más importantes de leguminosas tropicales es la América tropical. Sin embargo, en el pasado estos vastos recursos genéticos de leguminosas potencialmente forrajeras sólo habían sido aprovechados en parte por los investigadores australianos - pero con miras a las necesidades específicamente australianas - y casi en absoluto por instituciones suramericanas con miras a las necesidades específicas del trópico suramericano. Las colecciones hechas por el IRI de Matão/Brasil durante la primera parte de la década de 1960 son la excepción.

La organización y realización de viajes exploratorios de colección, particularmente a zonas de sabanas tropicales y otras regiones de suelos ácidos e infértiles fue el paso siguiente para la formación en CIAT de

un Banco de Germoplasma de especies forrajeras tropicales adaptadas a las condiciones de sabanas del trópico suramericano.

Se decidió dirigir los viajes principalmente a regiones de suelos Oxisoles y Ultisoles, asumiendo que las probabilidades de encontrar allí plantas adaptadas a condiciones de baja fertilidad del suelo eran particularmente altas.

El objetivo principal de estos viajes, durante los cuales se recorrieron largas distancias en un tiempo relativamente corto, fue el de la recolección general de germoplasma de un máximo número de especies y ecotipos de plantas nativas (particularmente leguminosas) con un potencial forrajero conocido o sospechado. Una vez reconocido el potencial de alguna especie con base en la respectiva evaluación agronómica y/o una vez identificada alguna región específica como fuente de germoplasma promisorio, seguiría otro viaje de recolección, esta vez con mayor intensidad en la búsqueda.

Inicialmente se contó con la financiación del International Board for Plant Genetic Resources (IBPGR), y desde 1974 se realizó una serie de viajes de reconocimiento de colección en Colombia y diversas regiones de Brasil, Bolivia, Panamá y Venezuela. Además, se hicieron algunos viajes de recolección en busca de germoplasma específico: *Desmodium* spp. (Tailandia) y *Centrosema* spp. y *Zornia* spp. (Llanos Orientales de Colombia).

Es de resaltar que los viajes fuera de Colombia se planean y ejecutan como misiones conjuntas entre la respectiva institución nacional y CIAT, de tal modo que el germoplasma recolectado es un producto de genuina colaboración internacional. Como el material colectado durante estos esfuerzos colaborativos forma parte del patrimonio de recursos naturales de su país de origen, el CIAT está haciendo esfuerzos para mantener algunas cantidades mínimas de semilla multiplicada a disposición de las respectivas instituciones nacionales.

La colección del Banco de Germoplasma del Programa de Pastos Tropicales no sólo consiste en materiales que se están obteniendo durante los viajes de recolección, sino también en introducciones que se están recibiendo de otras instituciones dentro de las actividades de intercambio de germoplasma.

El Programa de Pastos Tropicales actualmente dispone de una importante colección de germoplasma de especies forrajeras tropicales (casi 6000 accesiones). Su importancia radica principalmente en el alto grado de especialización de materiales provenientes de regiones de suelos ácidos e infértiles y, por lo tanto, con muchas probabilidades de adaptación a las condiciones de sabana y selva de América tropical.

Otra característica importante de esta colección es que ella representa una colección activa de trabajo: todos los años, varios centenares de accesiones son sometidas a la evaluación inicial en los jardines de introducción en Quilichao, Carimagua y Brasilia. Además, un buen número de entradas pasa por los Ensayos Regionales A en los diversos ecosistemas del área objetivo del Programa.

Otras importantes colecciones de materiales que tienen un potencial alto como plantas forrajeras para regiones de suelos ácidos e infértiles del trópico suramericano, se encuentran principalmente en Brasil (EMBRAPA-CENARGEN en Brasilia, D.F.; EPAMIG en Belo Horizonte, MG; EMGOPA en Goiania, GO; Instituto de Zootecnia en Nova Odessa, SP), Belice y Antigua (CARDI), Florida/USA (Universidad de Florida, ARC Ft. Pierce) y otros países.

ENSAMBLAJE DE GERMOPLASMA EN PASTURAS:

PROBLEMATICA DE EXPERIMENTACION

José M. Toledo*

INTRODUCCION

Esta presentación, dentro del contexto de América tropical, tiene la ventaja para el autor de sólo pretender presentar la problemática sobre la experimentación para el ensamblaje de germoplasma en pasturas sin intentar dar soluciones, pues se trata solamente de fijar un marco de referencia global para las discusiones, que durante esta reunión de trabajo ("workshop") se realizarán en la búsqueda de soluciones a esta problemática.

Como esta reunión se realiza dentro de las actividades de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, debemos en primera instancia tener en cuenta y entender sus objetivos y proyecciones.

La Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales iniciada durante 1978 como una iniciativa del Programa de Pastos Tropicales de CIAT, en cooperación con las diferentes Instituciones Nacionales de Investigación que trabajan en pasturas para el área de frontera agrícola de América tropical, tiene como objetivo central "contribuir a la búsqueda de nuevas alternativas de germoplasma para pasturas en los diferentes ecosistemas y sistemas de producción prevalentes en los suelos ácidos y pobres de la vasta frontera agrícola del continente".

Entre otros objetivos múltiples se considera: "El uso de recursos genéticos acumulados tanto por instituciones internacionales como CIAT e Instituciones Nacionales como EMERAPA, etc.". "El desarrollar bases de extrapolación sobre el conocimiento de los rangos de adaptabilidad de germoplasma a través de los ecosistemas mayores y subecosistemas existentes". "Desarrollar y promover la capacidad científica en esta región a fin de realizar una eficiente experimentación que rápidamente y en forma secuencial ponga el germoplasma promisorio en forma de pasturas en los sistemas de producción".

* Científico Principal, Programa de Pastos Tropicales, CIAT.

Cumpliendo con estos objetivos la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, a la fecha, cuenta con 12 ensayos regionales A, representativos de ecosistemas mayores (sabanas, bosques, etc.) y aproximadamente 30 ensayos regionales B en lugares representativos de subecosistemas dentro de ecosistemas mayores. En los ensayos regionales A se hace una primera evaluación del potencial de adaptación de los materiales de germoplasma bajo las condiciones del ecosistema mayor, evaluando básicamente supervivencia. Los materiales que sobreviven y además muestran cierto grado de productividad subjetiva mayor, son expuestos a condiciones de subecosistemas mediante los ensayos regionales B donde las evaluaciones se realizan al corte para medir productividad estacional (máxima y mínima precipitación), obteniendo así una medida que integra adaptabilidad y potencial de productividad. Hasta este momento las evaluaciones son realizadas en monocultivo y no pretenden otra cosa que evaluar adaptabilidad del germoplasma a las diferentes condiciones de ecosistemas. Al utilizarse metodologías de evaluación uniformes (CIAT, 1982), ha sido posible hacer un análisis a través de localidades que permiten cumplir con uno de los objetivos de la Red que es crear bases de extrapolación sobre el conocimiento del comportamiento primario de adaptación del germoplasma.

Es evidente, sin embargo, que la experimentación realizada hasta la fecha no es de ninguna manera suficiente como para cumplir con el objetivo mayor que es poner estas nuevas alternativas de germoplasma en pasturas en sistemas de producción. Dentro de esta Red se contemplan entonces ensayos regionales bajo pastoreo en dos fases: los Ensayos Regionales C con un objetivo aún indefinido pero que en términos mayores debiera ensamblar el germoplasma en pequeñas parcelas para estudiar su potencial bajo pastoreo en términos de productividad (materia seca, capacidad de carga, etc.) y persistencia (dinámica en la composición botánica, supervivencia de los componentes de germoplasma en la pastura, etc.) bajo una o varias alternativas de manejo. Finalmente, las mejores pasturas en términos de productividad, persistencia y facilidad de manejo, son comparadas con las mejores pasturas de la localidad mediante los Ensayos Regionales D en donde se mide producción animal.

Justamente en esta reunión trataremos tal vez el más confuso campo de la investigación en pastura, las evaluaciones iniciales bajo pastoreo en pequeñas parcelas. Este es un campo de amplia potencialidad de debate con

grandes complicaciones en su conceptualización, dirección y enfoque que de seguro no serán fáciles de condensar y dilucidar. Sin embargo, confiando en la alta capacidad y experiencia de los participantes de esta reunión estoy convencido que se obtendrán grandes luces sobre la problemática de enfoque, diseño y técnicas de medición.

EL ECOSISTEMA Y LAS PROPIEDADES DEL GERMOPLASMA COMO DETERMINANTES DEL TIPO DE PASTURA A ENSAMBLARSE

Con la finalidad de crear un marco-base de discusión para esta reunión, debemos en primer lugar analizar las relaciones germoplasma:ecosistema (suelo, clima, factores bióticos, etc.) al mismo tiempo que visualizar las relaciones entre pasturas y sistemas de producción (rango de muy intensivos a muy extensivos):

La Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales viene trabajando en las tierras bajas de América tropical que incluyen Centroamérica, Caribe y Suramérica. Dentro de esta vasta región, T. T. Cochrane (1980, 1981, 1982) identificó cinco ecosistemas mayores: "Sabanas bien Drenadas Isohipertérmicas" (Llanos colombianos, venezolanos, sabanas al norte del Ecuador en Brasil), "Sabanas bien Drenadas Isotérmicas" (predominantemente cerrados brasileños), "Sabanas mal Drenadas" (Casanare en Colombia, Apure en Venezuela, Boa Vista y Pantanal de Corumba en Brasil), "Bosque Tropical Lluvioso" (noroeste de la Amazonía continental, Amazonía colombiana, Amazonía ecuatoriana y partes de la Amazonía de Perú y Brasil) y "Bosque Tropical Semi-Siempre Verde Estacional" (resto de Amazonía, zona de Tabuleiro en Bahia, etc.). Cada uno de estos ecosistemas mayores presenta gran diversidad de condiciones, fertilidad y drenaje de los suelos, condiciones que deben ser reconocidas en toda su magnitud cuando hablamos de adaptación de germoplasma. Justamente con miras a evaluar adaptación potencial, los ensayos regionales A y B de la Red Internacional, evalúan el comportamiento diferencial del germoplasma tomando en cuenta estos factores del recurso natural.

Es de esperarse que el germoplasma tenga rangos de adaptabilidad variable, consecuentemente sería utópico considerar que podrían darse recomendaciones de germoplasma para pasturas en base a una sola localidad por ecosistema mayor. En igual forma sería utópico pensar que

existe el material capaz de adaptarse a todas las condiciones mayores y subecosistemas dentro de los ocurrientes en América tropical. Esto llama pues a una realidad muy clara y es que: Dentro de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales no debemos esperar que en todos sus puntos hablemos del mismo germoplasma y muy probablemente ni siquiera de germoplasma similar en cuanto a su potencial de productividad.

Si a las diferencias de germoplasma debidas a grados de adaptación a ecosistemas, adicionamos las diferencias de "vocación" de los materiales de germoplasma en relación a los sistemas de producción y las alternativas de utilización de pasturas, veremos que estamos efectivamente hablando de una gran gama de materiales a evaluarse y ensamblarse en pasturas. Necesitaremos pues de técnicas alternativas de investigación que permitan el ensamblaje de pasturas para diferentes sistemas de producción.

Cuando se precisa tomar decisiones sobre la "vocación" potencial del germoplasma en respuesta a la pregunta surgida: ¿qué germoplasma encaja en determinado sistema de pastura?, muchas veces no contamos con la información de caracterización agronómica (tasas de crecimiento, calidad nutritiva, agresividad, etc.) que soporten decisiones normalmente tomadas a pura nariz u oído. Con esto llamo la atención sobre la necesidad de adecuada caracterización agronómica como investigación esencial para definir los pasos a darse en el ensamblaje de pasturas en base a germoplasma nuevo. No toda gramínea o leguminosa debe esperarse produzca y responda al manejo que concebimos para nuestro estereotipo particular de forrajera.

Hasta aquí, dentro del marco de discusión para esta reunión, hemos incorporado los problemas resultantes del amplio rango de alternativas de germoplasma, teniendo en cuenta su "vocación" para alternativas de pasturas y las implicaciones de ésto en relación a diferentes técnicas de evaluación del germoplasma en el proceso de ensamblaje de éste en pasturas.

SECUENCIA: GERMOPLASMA/PASTURA/SISTEMA DE PRODUCCION

En este acápite quiero resaltar la necesidad de que en la investigación para el ensamblaje de pasturas en base a germoplasma, lo mismo que en las evaluaciones de pasturas en producto animal, se debe tener en consideración

la relación de éstas con el sistema de utilización de las pasturas que se hace o potencialmente se hará en el sistema de producción animal.

En la Figura 1 se esquematiza, partiendo de germoplasma adaptado proveniente de ensayos regionales A y B, los diferentes campos de investigación en pastura y sistemas de producción, considerándose diferentes gamas de intensidad en el uso del recurso. Atravesando estos campos, a manera de ejemplo se muestran 4 flechas que indican diferentes caminos en el proceso de investigación para ensamblar el germoplasma en pasturas, evaluar la productividad de éstas y, finalmente, acomodar la pastura dentro del sistema de producción.

En la misma Figura 1, a mano izquierda y en forma vertical, vemos cómo las evaluaciones agronómicas realizadas en ensayos regionales A y B nos proporcionan información sobre el germoplasma "adaptado" (al ecosistema pero no a manejos posibles). Luego tendremos que evaluar estos materiales "adaptados" bajo pastoreo para finalmente hacer la investigación necesaria para acomodar estas pasturas mejores dentro de sistemas de producción. Dentro del campo de pasturas vemos que hay un amplio rango de alternativas de utilización de éstas, desde el sistema de corte y acarreo hasta el sistema de pastoreo continuo, pasando por sistemas de pastoreo diferido, pastoreo alterno, pastoreo rotacional con pocos potreros, pastoreo rotacional muy intensivo diario, etc.

En el campo de sistemas de producción vemos un rango más amplio de alternativas entre sistemas muy intensivos (lechería, engorde, estabulados, etc.) hasta sistemas de utilización extremadamente extensivos, como la utilización de recurso forrajero para la producción de terneras en áreas lejanas de frontera. En medio de estos dos extremos encontramos una amplia gama de posibilidades de utilización de pasturas. Dependiendo ésto de factores socioeconómicos como precio de la tierra, densidad de población, precio de los productos, subsidios gubernamentales, etc. y de factores del ecosistema, como precipitación a través del año, longitud de la estación de crecimiento, cantidad de radiación total, etc.

Veamos nuevamente en la Figura 1, cómo la línea A partiendo del germoplasma adaptado atraviesa el campo de investigación en pasturas en

línea recta entrando en el campo de sistemas de producción con alto grado de consistencia entre los requerimientos de pasturas del sistema de producción y la investigación realizada para ensamblar y evaluar la pastura respectiva. Creo que no hay duda de que éste sería el camino más eficiente para hacer la investigación de "evaluación" y "utilización" que permita directamente aplicar los resultados de investigación a los sistemas de producción.

Sin embargo, no es esto lo que normalmente sucede cuando hablamos de investigación en pasturas, muchas veces tomamos caminos divergentes a esta línea recta. A manera de ejemplo mostramos tres opciones más, la línea B que hace investigación en pasturas en forma intensiva (rotación, al corte, etc.) y pretende finalmente hacer la utilización de estos resultados de investigación en sistemas de producción con mediana o mínima intensidad de uso del recurso forrajero. Este caso, si bien es irregular, conceptualmente puede ser aceptable si estamos tratando de impactar en un sistema de producción extensivo o de mediana intensidad, considerando la utilización de pasturas en forma estratégica, o tratando de cambiar el uso de pasturas a sistemas un poco más intensivos en respuesta a presiones socioeconómicas diversas.

La línea C muestra una situación en que la pastura es evaluada dentro del concepto de pasturas extensivas y su utilización dentro del sistema de producción es finalmente con mediana o relativa alta intensidad de uso de este recurso. En este caso no hay duda de que estamos cometiendo un error grave forzando al investigador en sistemas de producción a hacer grandes ajustes y probablemente cometer errores a la hora de poner en práctica en el sistema de producción, una pastura en tal forma evaluada.

Una situación que con mucha frecuencia sucede en el proceso de investigación en pasturas, es la representada por la línea D. En este caso, el germoplasma es en primera instancia ensamblado, utilizando manejos en la experimentación correspondientes a utilización intensiva (en corte o "mob grazing") y luego la productividad de la pastura es evaluada en sistemas más extensivos como pastoreo continuo, etc. Este es el caso en que se salta de una técnica intensiva en las evaluaciones iniciales de ensamble de las

pasturas, a evaluaciones de la productividad de ésta en forma extensiva, sin información relevante sobre el potencial de manejo y de utilización de esta pastura. Posteriormente, esta pastura es transferida a los investigadores de sistemas de producción sin haber tenido en cuenta el rol de la pastura en el sistema de producción, siendo utilizada en éste en un nivel de intensidad diferente al de cualquiera de las evaluaciones previas. Además de la grave inconsistencia que muestra este enfoque de investigación, tiene éste el gran defecto de dejar entre los pasos de investigación grandes vacíos de información que son llenados por el investigador en forma intuitiva aumentando así la probabilidad de errores que conduzcan a recomendar pasturas que bajo las condiciones del sistema de producción tengan baja productividad, baja persistencia y lo que es peor y muy frecuente mínimo o nulo grado de adopción.

RELACION ENTRE NUMERO DE ENTRADAS DE GERMOPLASMA Y EL TIPO DE EXPERIMENTACION EN PEQUEÑAS PARCELAS BAJO PASTOREO

Otro de los temas importantes a discutirse en esta problemática de técnicas de experimentación en pequeñas parcelas bajo pastoreo, tiene que ver con el número de entradas de germoplasma a considerarse en las pruebas. Aquí es importante definir con claridad algunos objetivos posibles de estas pruebas o experimentos bajo pastoreo:

(1) Selección de germoplasma.- Lógicamente se necesita incluir un alto número de entradas de germoplasma, siendo la tendencia normal a hacer pastoreo común entre diferentes ecotipos. Prácticamente reemplazando el corte por un pastoreo rápido con alta carga ("mob grazing") para disminuir el efecto de selectividad. La mayor problemática en la interpretación de estas pruebas está en separar los efectos de selectividad de los animales, en relación a disponibilidad de materia seca, acostumbramiento previo y preferencia relativa; además de la poca relevancia de este sistema de pastoreo a sistemas de producción en el trópico.

(2) Ensamblaje de pasturas potenciales.- Este objetivo incluye la posibilidad de evaluar un número medio de germoplasma. Probablemente éste es el objetivo más compatible con lo que la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales considera sería el nivel más adecuado para evaluar por primera vez bajo pastoreo estos materiales potenciales resultantes de las

pruebas regionales agronómicas. En este nivel de evaluación y en este tipo de evaluación se conciben 4 a 10 materiales en asociaciones compatibles bajo uno o más manejos alternativos, esperándose que los resultados guíen al investigador a determinar la relativa productividad y persistencia bajo pastoreo de las pasturas, obteniendo también indicaciones sobre el potencial de manejo y utilización de esta pastura.

(3) Otro objetivo posible dentro de la investigación de pequeñas parcelas para pastoreo, es el de búsqueda de alternativas de manejo.— Con este objetivo se evaluarían una, dos o tal vez tres pasturas para un tratamiento específico de manejo al pastoreo, como podría ser frecuencias y presiones de pastoreo, patrones de siembra, sistemas de pastoreo, etc. Aquí se busca determinar la mejor técnica de manejo a fin de optimizar la productividad y persistencia de la pastura generando información muy importante para las pruebas futuras de pastoreo mayores con miras a evaluar la productividad de esta pastura dentro del contexto del sistema de producción.

(4) Otro objetivo posible es el de la evaluación de la productividad de la pastura, introduciendo dentro de esta evaluación en pequeñas parcelas la opción de medir algún parámetro de respuesta animal como ganancia de peso o producción de leche que permita estimar la productividad potencial de la pastura.

En la Tabla 1 se resume lo descrito arriba, relacionando el número de entradas a la definición de objetivos de la experimentación a realizarse. Podemos entonces hacer una separación bastante clara que permitirá definir alternativas de técnicas de evaluación a utilizarse dependiendo del caso. Esta división punteada corresponde a los experimentos con entradas de germoplasma menores de 10 y mayores de 10, respectivamente. Esta línea separa lo que a mi entender son dos problemáticas diferentes de experimentación, una correspondiente a germoplasma y la otra correspondiente a pasturas.

Teniendo en cuenta esta diferenciación debemos, en esta reunión, tratar de visualizar la problemática diferente que esto representa experimentalmente. Las preguntas mayores son: En el caso de experimentación con alto número de materiales, ¿debemos utilizar pastoreo común?, ¿es éste el único medio de hacerlo?, ¿bajo qué manejo o manejos?, ¿qué mediciones vamos a tomar en el material?, ¿qué ventajas hay de evaluar este material bajo pastoreo en relación

hacerlo bajo corte?, ¿qué tipo de información previa debemos tener antes de montar estos materiales bajo pastoreo?.

En el caso de pruebas en que se incluye un menor número de entradas, las que estamos llamando evaluaciones de pasturas, tendremos que preguntarnos: ¿es el pastoreo individual el único y mejor camino?, ¿qué manejos serán superimpuestos en el diseño del experimento?, ¿qué mediciones deberán ser tomadas?. No hay duda de que en este caso al estarse ya hablando de investigación en pasturas o de ensamblaje del germoplasma en pasturas, necesitaremos mayor información previa como de tasas de crecimiento estacional, preferencia relativa, compatibilidad potencial entre gramíneas y leguminosas, etc., que deberá ser obtenida previamente o por lo menos diseñada en forma paralela a fin de poder interpretar los posibles efectos confundidos que de seguro serán incluidos en estas primeras pruebas bajo pastoreo.

ESPECIFICIDAD POR LOCALIDAD VS. INFORMACION GENERALIZABLE

Otro tema importante a discutirse teniendo en cuenta que estamos trabajando dentro de una Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, es el problema de número de ensayos, su representatividad y la posibilidad de generalizar la información obtenida de estos Ensayos Regionales C para el ensamblaje de germoplasma en pasturas.

Un aspecto que debe ser tomado en cuenta, es la necesidad de metodologías uniformes con miras a comparar entre ensayos. Esto parece haberse descartado teniendo en cuenta las razones expuestas en la primera parte de este escrito, en que se menciona la gran diversidad de germoplasma y la gran dificultad de aplicar metodologías uniformes cuando estamos pensando en pasturas con diferentes destinos en el sistema de producción y con diferentes orígenes de germoplasma. Sobre este punto, probablemente no habría mucho que discutir, pues si bien se consideró necesario utilizar una metodología uniforme para los ensayos regionales (A y B) a fin de obtener información comparable de adaptabilidad, creándose bases sólidas de extrapolación; a nivel de pasturas, el objetivo de las pruebas con animales (C y D) se visualiza en la dirección que fije cada localidad de acuerdo con los sistemas de producción y sus requerimientos particulares de pasturas. En nuestras discusiones deberemos pues estar pensando más que en la "técnica" para este tipo de ensayos,

en alternativas para el ensamblaje de germoplasma en pasturas técnicamente sólidas.

Otro punto importante que deberá ser discutido durante esta reunión, es el de la necesidad de hacer los ensayos regionales C o ensayos de ensamblaje de germoplasma en pasturas en un alto número de localidades o en algunas pocas localidades seleccionadas. Esto dependerá del objetivo trazado en estas pruebas preliminares bajo pastoreo, como vimos en el acápite anterior. Si estamos hablando de un objetivo de selección de germoplasma bajo pastoreo y definimos que ese es el camino que debe seguir la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, tendremos que hacer este tipo de evaluaciones bajo pastoreo en un alto número de localidades. Por otro lado, si el objetivo de estas pruebas es el de ensamblaje de germoplasma en pasturas, estamos hablando de un número de ensayos regionales C en lugares representativos de ecosistemas y sistemas de producción en menor número de localidades. Finalmente, si el objetivo de la prueba C es obtener información de manejo y productividad potencial, podría pensarse en saltar las pruebas D (productividad animal de la pastura) y pasar directamente a los sistemas de producción. De ser así, se necesitará ensamblarlos en un alto número de localidades con el objetivo de movilizar las nuevas pasturas a los sistemas de producción.

COMENTARIO FINAL

Para concluir, esperando haber tocado con esta presentación algunos de los más importantes puntos a considerarse como marco de referencia a las discusiones que sostendremos durante los próximos tres días, quiero agradecer la presencia de todos ustedes. Igualmente quiero alentarlos a participar al máximo en las discusiones de esta reunión, teniendo en cuenta que si bien en nuestro continente las evaluaciones bajo pastoreo han venido siendo por tradición campo exclusivo de unos cuantos investigadores sobresalientes, queremos en esta ocasión abrir la discusión al punto de analizar y desarrollar técnicas de investigación sobre la problemática de evaluación de pequeñas parcelas al pastoreo aplicables a nivel de todo el continente, permitiendo la divulgación y el uso fácil de estas técnicas, para así ayudar a movilizar el germoplasma de los muchos jardines de introducción existentes, ensamblándolo en pasturas con potencial de impacto en los sistemas de producción animal de la vasta frontera agropecuaria del continente.

LITERATURA CITADA

- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1982. Manual para la Evaluación Agronómica, Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Editor Técnico: José M. Toledo, Cali, Colombia. 170 p.
- Cochrane, T.T. and P.G. Jones. 1980. Climate and vegetation in tropical South America. A computerized study of land resources. In: Anais do XXXI Congresso Nacional de Botânica. Ilheus-Itabuna, Brazil (In press).
- Cochrane, T.T. and P.A. Sánchez. 1982. Land Resources, Soils and their Management in the Amazon Region: A State of Knowledge Report. In: Amazonia: Agriculture and Land Use Research. Editor: Susana Hecht. CIAT, Cali, Colombia. 137-209 pp.
- Cochrane, T.T. and L.G. de Azevedo. 1980. A metodologia do Centro Internacional de Agricultura Tropical no estudos dos recursos da terra no América Tropical. CPAC-EMBRAPA, Brasilia (In press).
- Cochrane, T.T. 1982. Caracterización Agroecológica para el Desarrollo de Pasturas en Suelos Acidos de América Tropical. En: Manual para la Evaluación Agronómica. Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales. Editor Técnico: José M. Toledo, CIAT, Cali, Colombia. 23-44 pp.

Tabla 1. Separación en tipos de experimentación en germoplasma o pasturas dependiendo de los objetivos y número de entradas.

No. de Entradas	1	2	4	8	16	32	64	128	→
Objetivos:									
1) Selección germoplasma									←
2) Ensamblaje pasturas				←					
3) Ajuste de manejo	←								
4) Productividad potencial	←								
	Pasturas				Germoplasma				

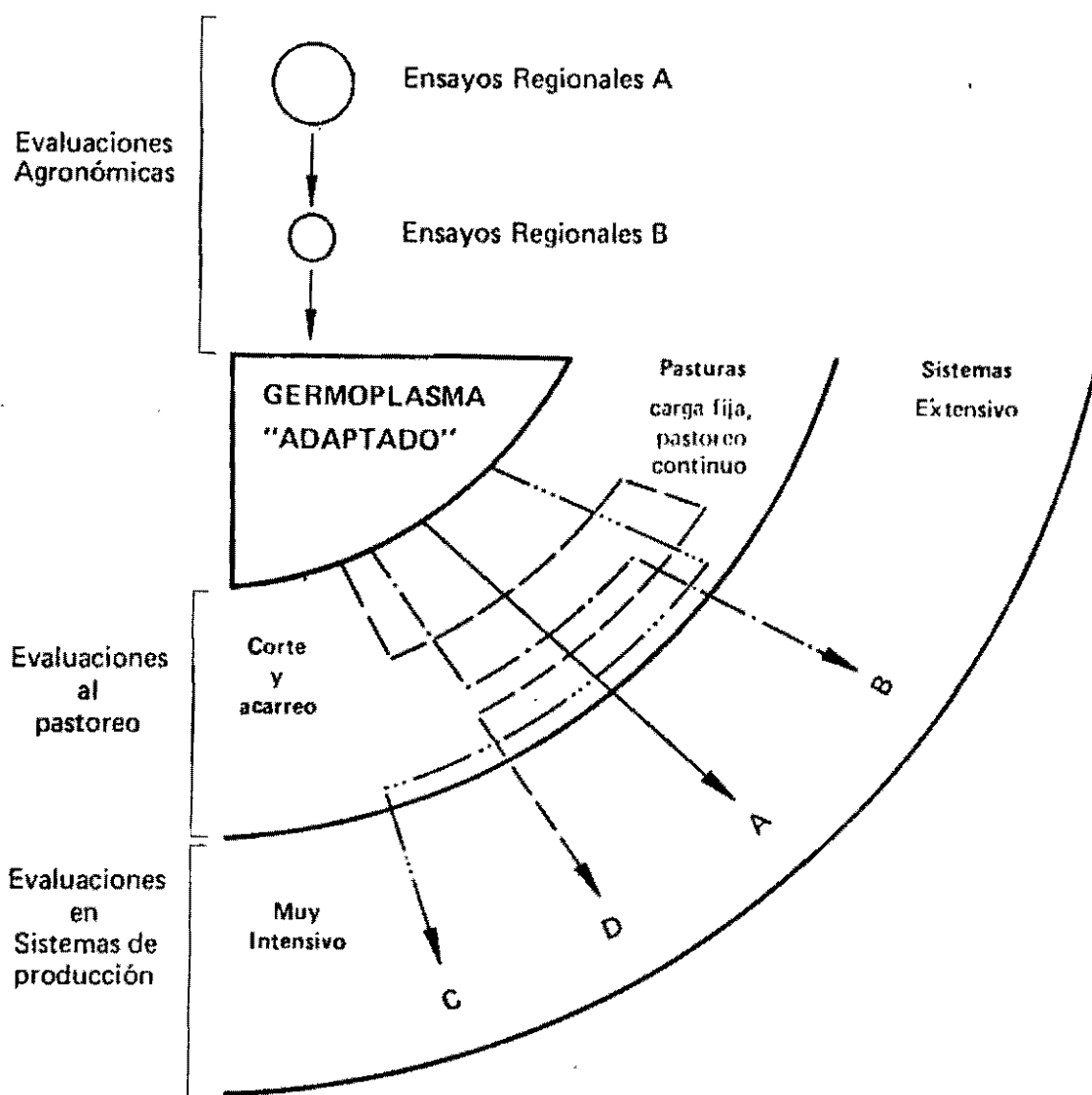


Figura 1: Esquematización de líneas secuenciales y alternativas de investigación para ensamblar pasturas partiendo de germoplasma adaptado y llevándolo al sistema de producción.

TECNICAS EN PROPAGACION POR ESTACAS DE LEGUMINOSAS

FORRAJERAS

Bela Grof, Agrostólogo

Aldemar Ramírez, Técnico I

Carlos Buch, Ingeniero Agrónomo

PROGRAMA DE PASTOS TROPICALES

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL

Apartado 6713, Cali, Colombia

INTRODUCCION

Las leguminosas forrajeras forman uno de los grupos de plantas más numerosos y esparcidos en el globo terrestre; se encuentran en regiones de climas variados y condiciones ecológicas diversas hasta 3,000 msnm.

La técnica de propagación por estacas consiste en separar los tallos de la planta madre y colocarlos en condiciones ambientales favorables para inducirlos a formar raíces y nuevos tallos para producir una nueva planta.

La técnica de propagación por estacas requiere ciertos cuidados técnicos especialmente en el corte de las estacas ya que este hecho se considera como uno de los éxitos en la propagación. Otro hecho importante es conocer algunos aspectos básicos sobre las formas y las estructuras del crecimiento en las leguminosas las cuales se pueden aprovechar para obtener mayor cantidad de estacas por planta, teniendo en cuenta que las plantas originarias sean sanas y de estructura fuerte y madura.

Medios de propagación del material forrajero

Los medios a utilizar para la propagación del material forrajero pueden ser diferentes tales como: arena tipo cuarzo, perlita (perlite), vermiculita (vermiculite), suelo, agua, los

cuales han dado muy buenos resultados en la propagación de leguminosas como Zornia, Stylosanthes, Desmodium, Centrosema, etc.

Estos medios a utilizar deben ser suficientemente firmes y densos para mantener las estacas en su sitio durante el enraizamiento; deben retener la suficiente humedad relativa en forma pareja y porosa de modo que el exceso de agua escurra y permita una aereación adecuada. Se debe tener en cuenta que estos medios estén libres de nemátodos, malezas y otros organismos patógenos nocivos que pueden afectar las estacas.

A continuación se detallan algunos de los medios de propagación de las especies forrajeras:

A. Arena

Generalmente se emplea arena de cuarzo que es en forma predominante un complejo de sílice. La arena más conveniente para el enraizamiento de leguminosas forrajeras es la que en albañilería se emplea para enlucidos. Es importante fumigarla con una solución de Difolatan al 1% o algún otro fungicida recomendable con el fin de que neutralice algunas especies de hongos que producen ahogamiento. Aunque virtualmente la arena no contiene nutrientes minerales no posee capacidad amortiguadora respecto a sustancias químicas.

B. Vermiculita

Es un material micáceo que se expande al calentarse. Se encuentra en grandes depósitos en EE.UU. en los Estados de Carolina del Norte y Montana. Químicamente es un silicato hidratado de magnesio, aluminio y hierro, muy liviano de reacción neutra con buena capacidad amortiguadora (buffer), insoluble en agua pero capaz de absorberla en grandes cantidades. La vermiculita está formada por capas separadas delgadas y ha demostrado ser muy resistente al ataque de hongos. Se puede utilizar sola o mezclada con perlita pues ha demostrado que en ambos casos resulta muy satisfactorio su empleo.

C. Perlita

Es un material volcánico de color blanco que se extrae de los derrames de lava y después de ser tratado en hornos a grandes temperaturas se forma en granos pequeños, esponjosos y porosos que retienen agua en una proporción de 3 a 4 veces su peso. Esencialmente es neutro, con un pH de 7.0 a 7.5 pero sin capacidad de amortiguamiento; no contiene nutrientes y sostiene muy bien las estacas. Cuando se lava en una solución de agua y ácido sulfúrico se puede utilizar varias veces.

Es de observar que la perlita se puede utilizar sola o mezclada en partes iguales con la vermiculita.

D. Suelo

Cuando se utiliza el suelo como medio de propagación es conveniente tener en cuenta:

1. Seleccionar suelo que tenga una textura muy bien definida.
2. Que esté libre de malezas, semillas y hongos nocivos para las estacas, muchas veces es conveniente esterilizar con vapor, bromuro de metilo, formol o en hornos a temperatura entre 50 y 60°C.
3. Debe mezclarse el suelo con arena en relación a 2 partes de suelo por 1 de arena para garantizar mejores resultados de enraizamiento pues es conveniente el drenaje en este tipo de propagación.

E. Agua

El agua es otro medio de gran importancia en la propagación de leguminosas forrajeras. Es indispensable que esté libre de gérmenes patógenos para lo cual se esteriliza hirviéndola y utilizándola fría o deionizada. Las estacas deben tratarse con fungicidas y estimulantes enraizadores conforme se indica más adelante.

Cuando el medio es el agua, se pueden colocar las estacas en vasos de precipitación (beakers), tubos de ensayo o frascos pequeños.

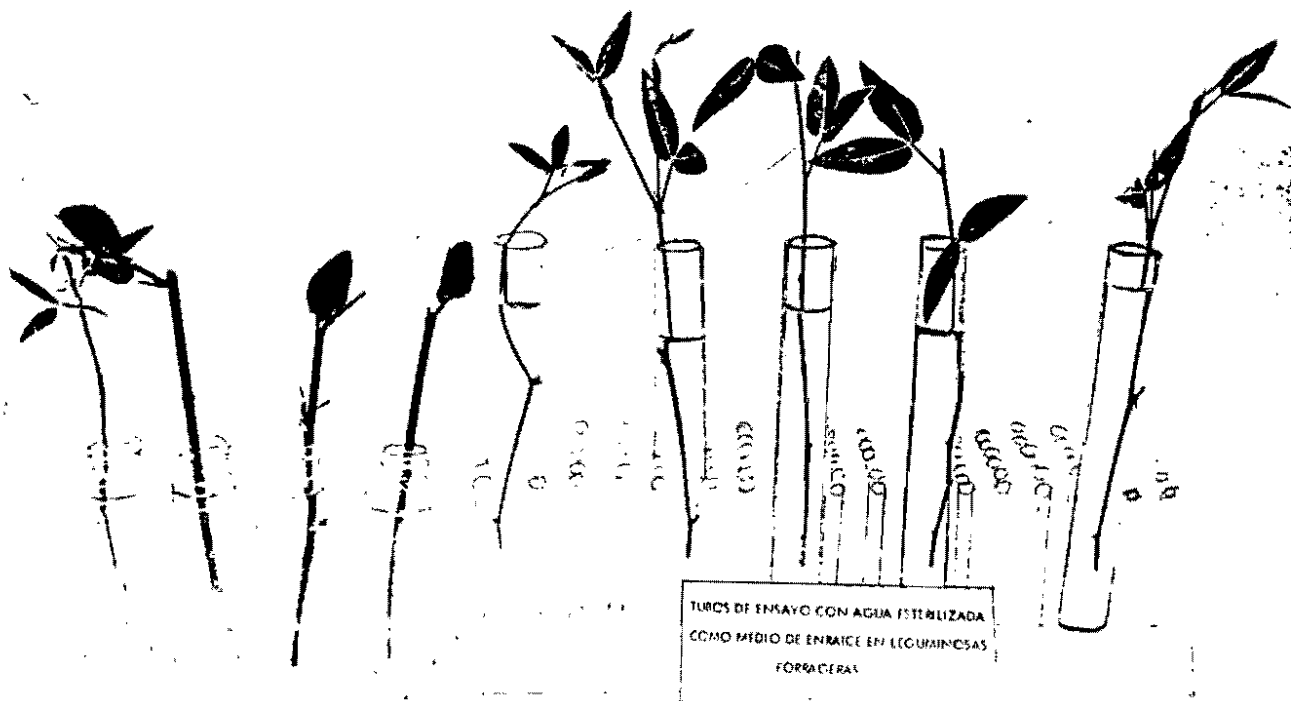


Figura 1. Tubos de ensayo con agua esterilizada como medio de enraizamiento.

SITIOS DE PROPAGACION E INSTALACIONES

A. Sitios

Los sitios de propagación son fundamentales en la técnica de propagación por estacas, ya que la temperatura y la aireación del lugar debe tener temperaturas promedios de 20°C a 35°C. Los invernaderos son los sitios más favorables para las estacas por estar más protegidas de las inclemencias del tiempo.

B. Instalaciones

Son las bases o estructuras donde se colocarán los medios de propagación. Pueden ser: cámaras, recámaras, bandejas de plástico tipo Jiffy, bandejas de eternit, etc.

En la Figura 2 se indica la cámara y la recámara como bases en una mesa de forma rectangular con una medida de aproximadamente 2.20 m de largo por 1.10 de ancho. En los cuatro lados u orillas de la mesa se encuentran las láminas de eternit de 20 cm de altura, que sirven de contención a los medios que se utilizarán tales como piedrita, arena, perlita o vermiculita.

Este tipo de instalación es ideal cuando se tienen sistemas de riego en forma de niebla pues se mantiene la temperatura adecuada.

RECÁMARA TOTALMENTE FORRADA EN PLASTICO
"Riego en forma de niebla"

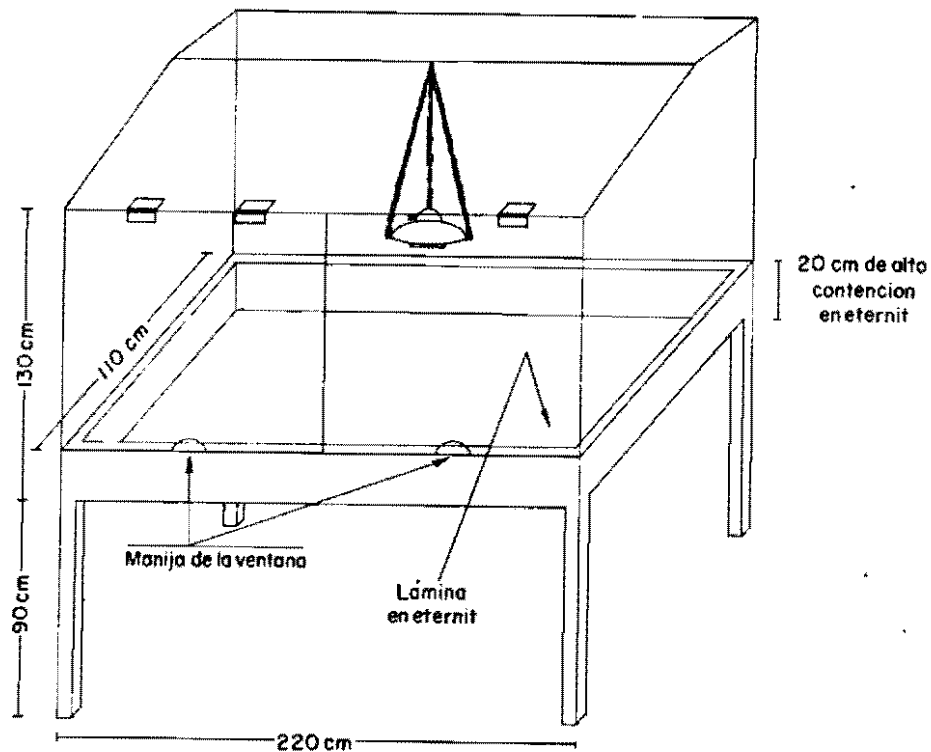


Figura 2. Recámara totalmente forrada en plástico con riego en forma de niebla.

La Figura 3 muestra otra cámara de propagación que es muy práctica; tiene las mismas medidas que la de la Figura 2 pero no está cubierta en plástico. Tiene solamente 70 cm y se le pueden adaptar sistemas de riego en forma de lluvia, utilizando una manguera conectada a un tubo PVC de 1" con boquillas especiales en este tipo de propagación (Figura 4).

A los dos tipos de cámara que hemos descrito anteriormente se les puede adaptar calor que consiste en conectar cables eléctricos mediante alambre de hierro galvanizado en la base de los medios. Este sistema se considera ideal para las épocas frías.

CAMARA DE PROPAGACION SENCILLA "Riego en forma de lluvia fina"

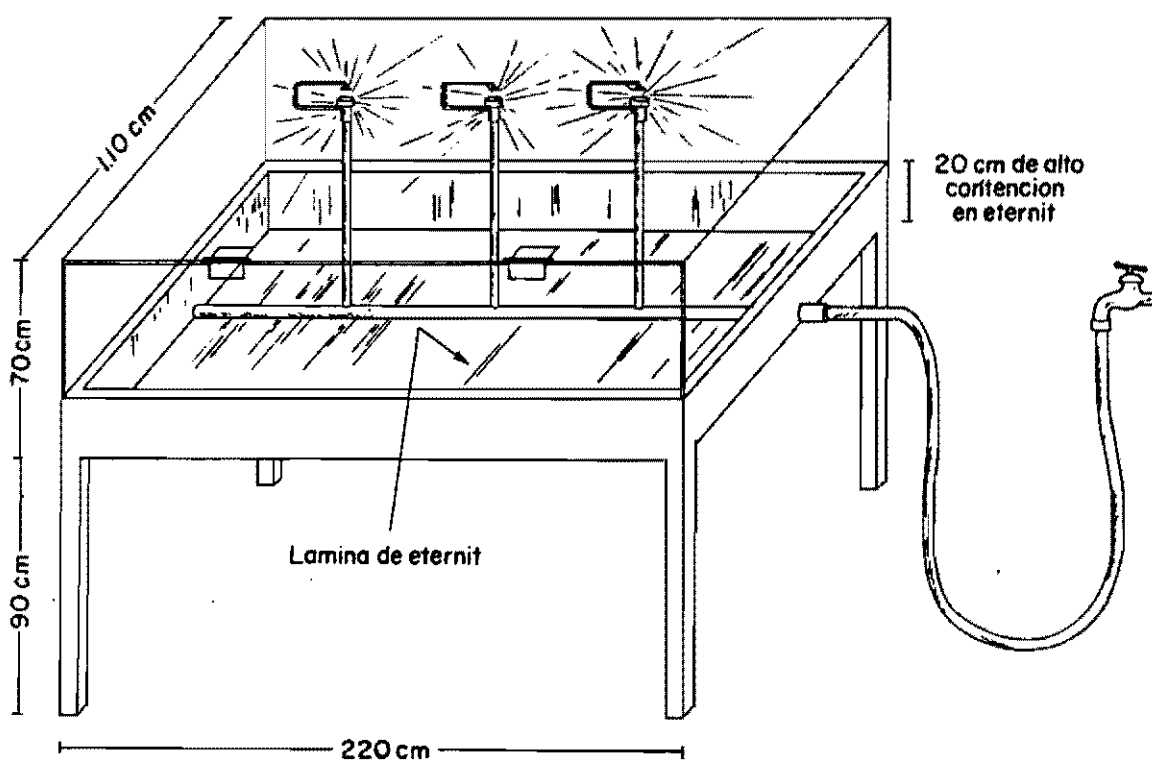


Figura 3. Cámara de propagación sencilla con riego en forma de lluvia fina.

TIPOS DE BOQUILLAS COMERCIALES USADOS EN PROPAGACION POR ESTACAS

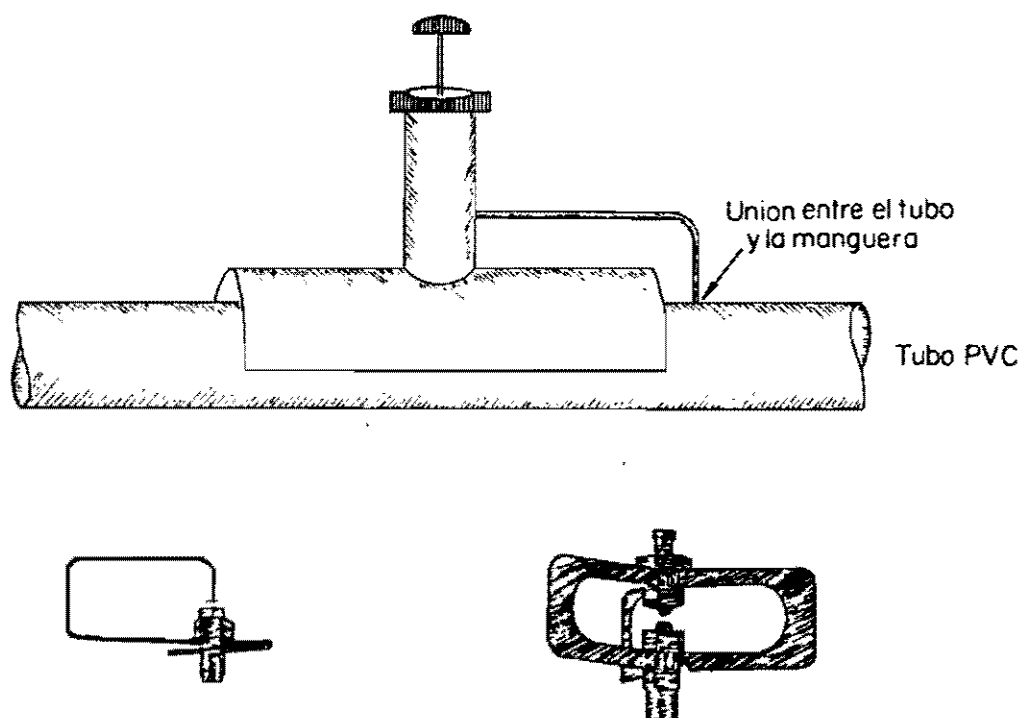


FIGURA 4. Tipos de boquillas comerciales usados en propagacion por estacas

C. Bandejas

Preferiblemente se pueden utilizar bandejas de eternit de tipo comercial que son las apropiadas para propagar cantidades pequeñas y de fácil enraice, utilizando como medios la perlita y la vermiculita en partes iguales. Las medidas de esta bandeja son: 50 cm de largo x 34 de ancho con una altura de 12 cm.

Distribución de los medios en la cámara de propagación

Los medios que mejores resultados han dado en propagación de leguminosas forrajeras han sido: piedrita pequeña tipo cuarzo o piedrita pequeña de río, arena blanca y perlita o vermiculita preferiblemente mezclada.

En la Figura 5 se presenta la forma de distribuir estos medios en la cámara, recámara o bandeja siguiendo el orden de abajo hacia arriba.

se aconseja colocar en la siguiente forma:

- a) Cinco centímetros de arena blanca o menuda de río, indispensable para que haya drenaje.
- b) Cinco centímetros de arena blanca o de río que es fácil de conseguir en las orillas de los ríos grandes.

c. Cinco centímetros de perlita o vermiculita en caso de que se tengan ambas se pueden mezclar en partes iguales.

El porcentaje de enraizamiento es muy elevado con resultados de 100% si se tienen en cuenta los puntos anteriormente citados.

Cuando se utiliza únicamente arena blanca o amarilla como medio de enraice se obtienen resultados promedios entre 65 y 75% y hay que regar continuamente lo cual no sucede con la perlita que retiene agua en una proporción de 3 a 4 veces su peso.

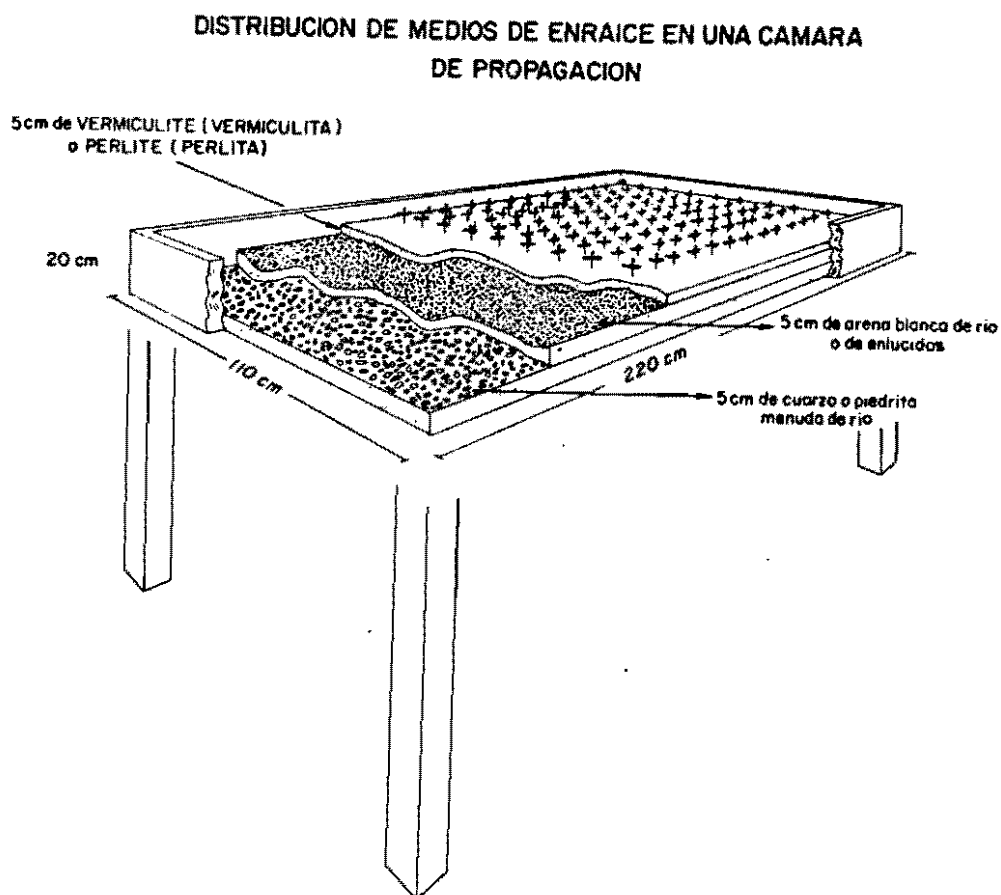


Figura 5. Distribución de medios de enraice en una cámara de propagación.

Preparación de una estaca forrajera

En la propagación de leguminosas forrajeras, sólo es necesario que se forme un nuevo sistema radicular en la zona del último nudo inferior, para que dé origen a una nueva planta. Por tal razón debemos seleccionar material maduro y sano, lavar este material con agua limpia y empezar a sacar las estacas de mejor apariencia. Estas se pueden cortar con un bisturí o una tijera. Es conveniente que las estacas que se corten tengan entre 12 y 15 cm de largo que es el más apropiado.

A. Corte de la estaca

El corte debe hacerse en forma vertical a 0.5 cm abajo del nudo de la parte inferior y dejando en la estaca un máximo de 2 a 3 hojas puesto que éstas son un fuerte estímulo para la iniciación de las raíces cuando se dejan más hojas que las que hemos mencionado. La pérdida de agua a través de ellas puede reducir el contenido de agua de las estacas hasta un nivel tan bajo que ocasiona su muerte antes que se formen las raíces. De ahí la importancia de dejar 2 ó 3 hojas para evitar la transpiración de las leguminosas forrajeras.



Figura 6. Estacas de leguminosas forrajeras.

Desde hace mucho tiempo ha sido una práctica estándar en cámaras y recámaras en los invernaderos, regar con frecuencia las estacas así como el piso para mantener en esta forma una humedad elevada. Para invernaderos y otras estructuras cerradas se dispone de sistemas automáticos que atomizan el agua en forma de niebla o lluvia fina que refresca las hojas y por ende los medios de propagación.

B. Productos químicos a usar

Teniendo en cuenta las estacas cortadas de 12 a 15 cm cada una con un número determinado de nudos, entre 4 y 5, se procede a continuar los siguientes pasos:

1. Se prepara una solución de fungicida para tratar las estacas a razón de 200 cc de agua en un gramo de Difolatan, Vanroot o Agallol. Se recomienda cualquiera de estos tres fungicidas por los buenos resultados que se han obtenido con ellos.
2. Se llenan dos vasos de precipitación (beakers) con 500 cc de agua esterilizada o deionizada.
3. Se prepara una solución (estimulante enraizador) y se vierte en un vaso de precipitación 100 cc en un gramo de ácido indolbutírico. (Figura 7).

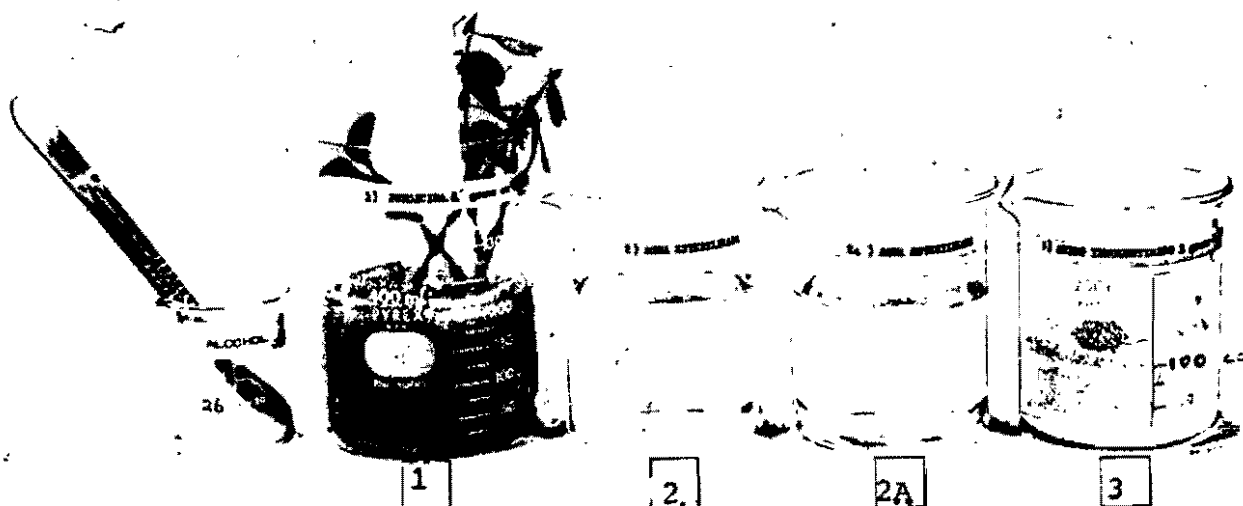


Figura 7. Elementos para la preparación de la solución. (Fungicida-estimulante)

Cuando están listos los elementos anteriores se procede en la siguiente forma:

Se introducen las estacas en el vaso de precipitación No. 1 que contiene la solución del agua y el fungicida. Las estacas pueden permanecer allí durante 20 a 30 segundos. Luego se sacan de este vaso de precipitación y se llevan al vaso de precipitación No. 2 que contiene agua esterilizada, de allí se pasan al vaso de precipitación No. 2A que también contiene agua esterilizada. Esto se hace con el único fin de lavar las estacas de dicho fungicida para que actúe libremente el estimulante enraizador. Después del vaso de precipitación No. 2A se pasa al último vaso de precipitación No. 3 que contiene una solución de 100 cc de agua en un gramo de ácido indolbutírico (1/100). Las estacas pueden permanecer en este vaso de precipitación durante un minuto. Terminado este proceso se llevan a la cámara de propagación (Figuras 9 y 10).

Las estacas tratadas con ácido indolbutírico ofrecen un porcentaje muy alto de enraizamiento con un tiempo promedio de 13 a 15 días de donde se sacarán para ser llevadas al sitio que les corresponde.

Cuando no se tiene ácido indolbutírico se pueden utilizar otros estimulantes enraizadores tales como Hormonagro (polvo), Rootan (polvo), ácido indol-3 acético, etc.



Figura 9. camara de propagacion conestacas de stylosanthes capitata

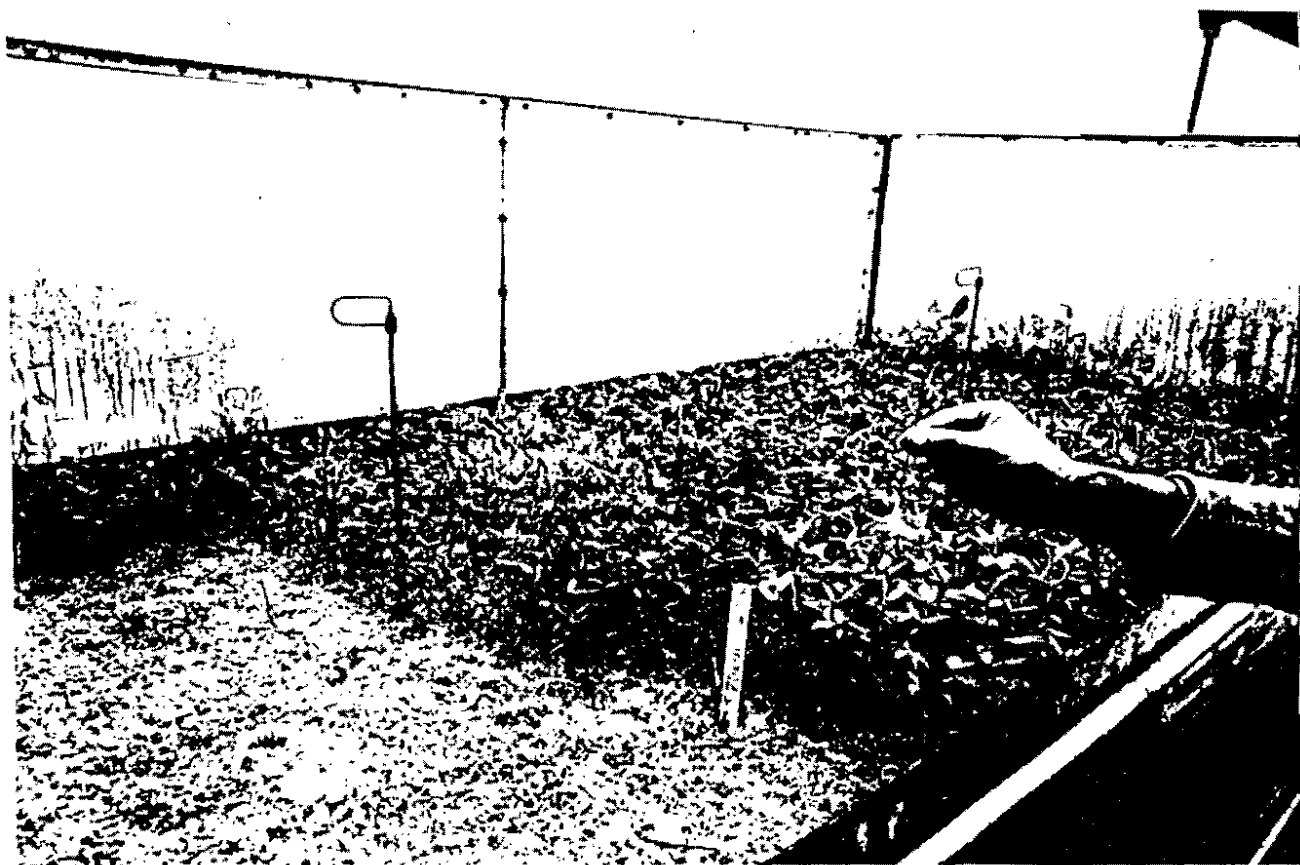


Figura 10. camara de propagacion con estacas de ZORNIA

Las leguminosas forrajeras que han dado mejores resultados respecto a los anteriores tratamientos son: (Figuras 11, 12 y 13).

Género

Especie

Stylosanthes

capitata

guianensis

leiocarpa

scabra

hamata

Desmodium

ovalifolium

canum

scorpiorus

barbatum

Zornia

latifolia

brasiliensis

sp.

Cassia

rotundifolia

mimosoides

viscosa

Centrosema

pubescens

brasilianum

virginianum

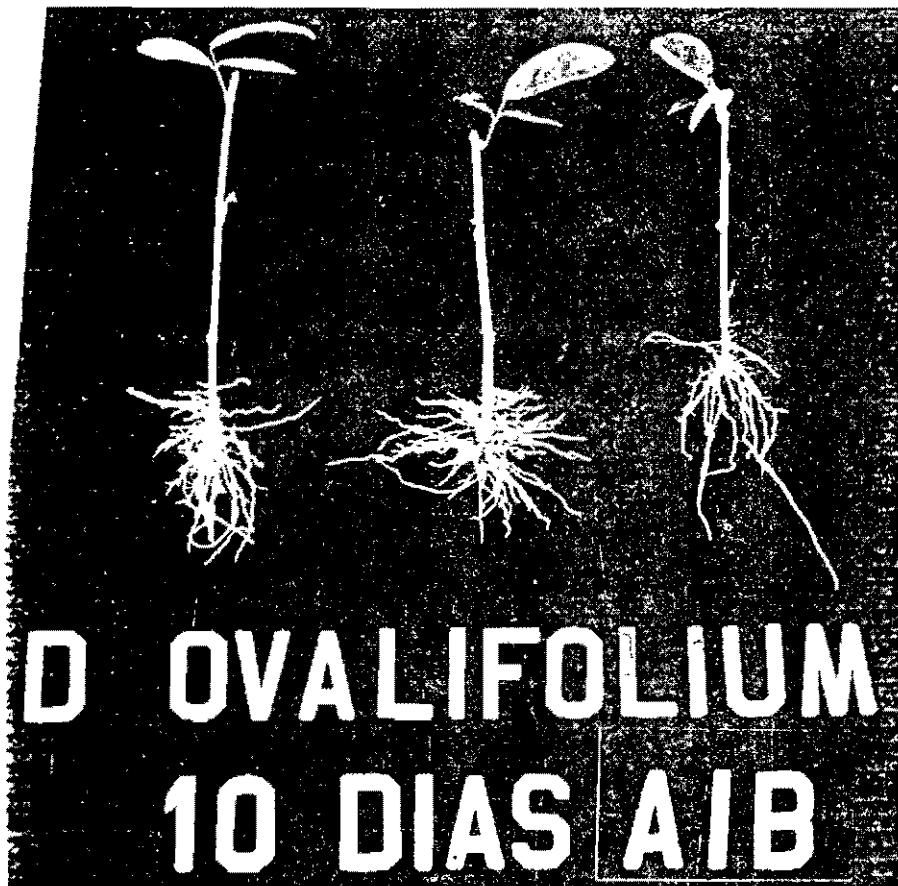


figura 11. estacas de *Desmodium Ovalifolium* 10 dias despues-
de tratadas con acido indolbutirico

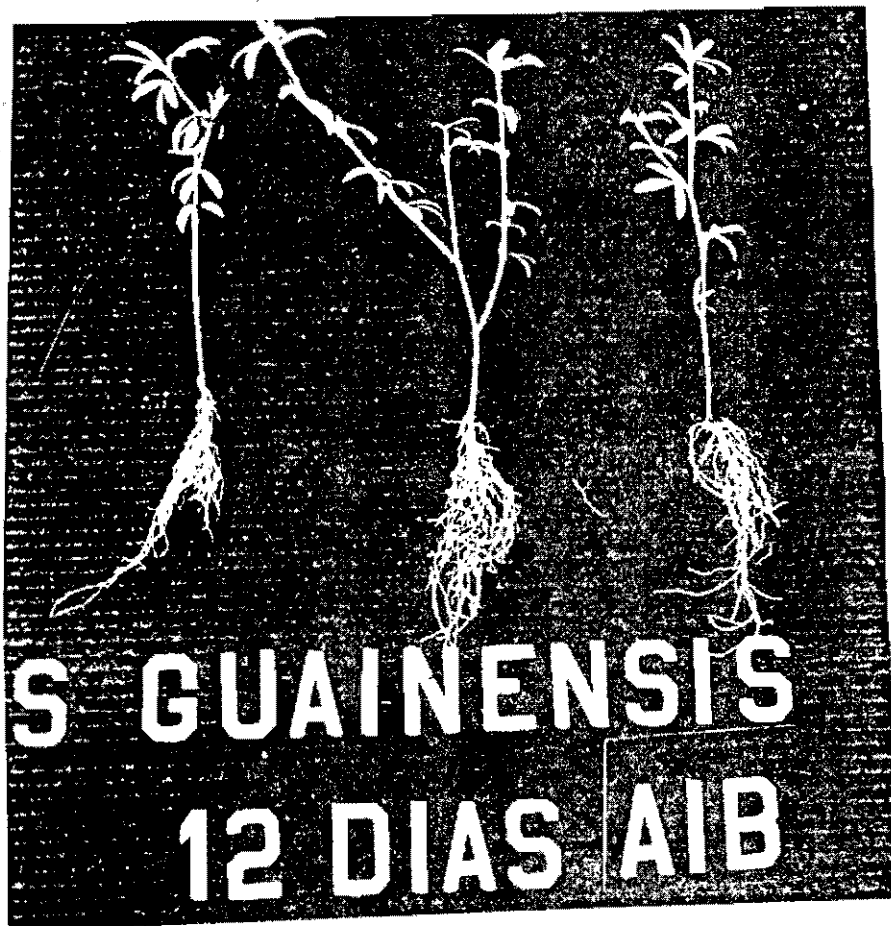


figura 12. estacas de *S. Guainensis* 12 dias despuesd de tra-



Figura 13. estacas de Zornia Brasiliensis 12 días después de tratadas con Acido indolbutirico.

CUIDADO DE LAS ESTACAS DURANTE EL ENRAIZAMIENTO

En el enraizamiento de leguminosas forrajeras es muy importante mantener una humedad adecuada para reducir al mínimo la pérdida de agua por las hojas, una práctica común especialmente en épocas secas es asperjar las hojas con frecuencia aunque se emplee más tiempo. Se pueden hacer varias aspersiones ligeras de agua durante el día con intervalos largos cuando no se tienen equipos de riego automático.

Aunque durante la formación de las raíces es importante la alta humedad en la estructura de propagación, también es necesario que se proporcione un drenaje adecuado de tal modo que escurra el exceso de agua y el medio de enraizamiento no quede húmedo en exceso.

También es importante mantener buenas condiciones sanitarias en las cámaras, procurando también que las hojas que caen deben ser retiradas; igualmente debe hacerse con las estacas que estén muertas.

Si en las estacas aparecen insectos tales como áfidos, araña roja, chinches y otros, es necesario aplicar medidas de control por medio de insecticidas, acaricidas y fungicidas.

Al retirar las estacas ya enraizadas debe tenerse mucho cuidado pues al hacerse en forma brusca se podría perder gran parte de las raíces que ya están formadas.

REFERENCIAS

1. Bean, G., E.S. Trickett and D.A. Wells. Automatic mist control equipment for the rooting of cuttings. Jour. Agr. Eng. Res., 2:44-48. 1957.
2. Brooklyn Botanic Garden. Handbook on Propagation. Plants and Gardens. Vol. 13, No. 2. 1957.
3. Hartmann, Hudson T. and Kester, D.E. Propagación de plantas; principios y prácticas. México, D.F. Compañía Editorial Continental. 1972.
4. Osborne, W.W. Soil sterilization and fumigation. Proc. Plant Prop. Soc., 11:57-67. 1961.
5. Petersen, F. Current methods in the selection and production of nursery stock, Proc. Plant Prop. Soc., 11:235-240. 1961.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Bela Grof, Agrostólogo y Carlos Buch, Ingeniero Agrónomo del Programa de Pastos Tropicales por su asistencia técnica en este trabajo. También al señor Camilo Oliveros de la Sección de Artes Gráficas y la señorita Olga Vivas por su colaboración editorial en la copia del trabajo.

Aldemar Ramírez

EVALUACION DE ESPECIES FORRAJERAS EN SABANA ISOHIPERTERMICA EN CARIMAGUA, COLOMBIA

Bert Grof
CIAT

El Programa de Pastos Tropicales del Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), en colaboración con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), realiza ensayos con especies forrajeras en la Estación Experimental de Carimagua - Centro Nacional de Investigaciones Agropecuarias (CNIA), localizada en los Llanos Orientales de Colombia, a 320 km al este de Villavicencio, en una localización geográfica de 4,5° de latitud Norte y 71,5° de longitud Oeste, a una altura entre 150-175 m.s.n.m.

El ecosistema de los "Llanos", sabanas tropicales bien drenadas, se caracteriza por tener una evapotranspiración potencial total durante la estación húmeda (TWPE) de 1060 mm. Las sabanas tropicales se dividen en dos tipos a saber: isohipertérmicas e isotérmicas, ubicándose los "Llanos" en el primer tipo, con una temperatura promedio durante la estación lluviosa superior a 23,5°C.

Los suelos de la región se caracterizan por ser muy ácidos (pH 4,2 - 4,8) e infértiles. La mayoría son oxisoles bien drenados, de origen sedimentario de la región andina, con una capa de loess. Son deficientes en N, P, K, Ca, Mg, S y algunos elementos menores. La mayoría de cultivos anuales sufren por toxicidad de aluminio en suelos no encalados. Las condiciones físicas, sin embargo, son excelentes.

La precipitación promedio anual es de 2100 mm distribuidos entre abril y noviembre (Figura 1). La estación seca es muy marcada desde mediados de Diciembre hasta fines de Marzo. La temperatura promedio es de 26°C, con un promedio mínimo de 20°C, un máximo de 33°C y extremos de 14 y 35°C.

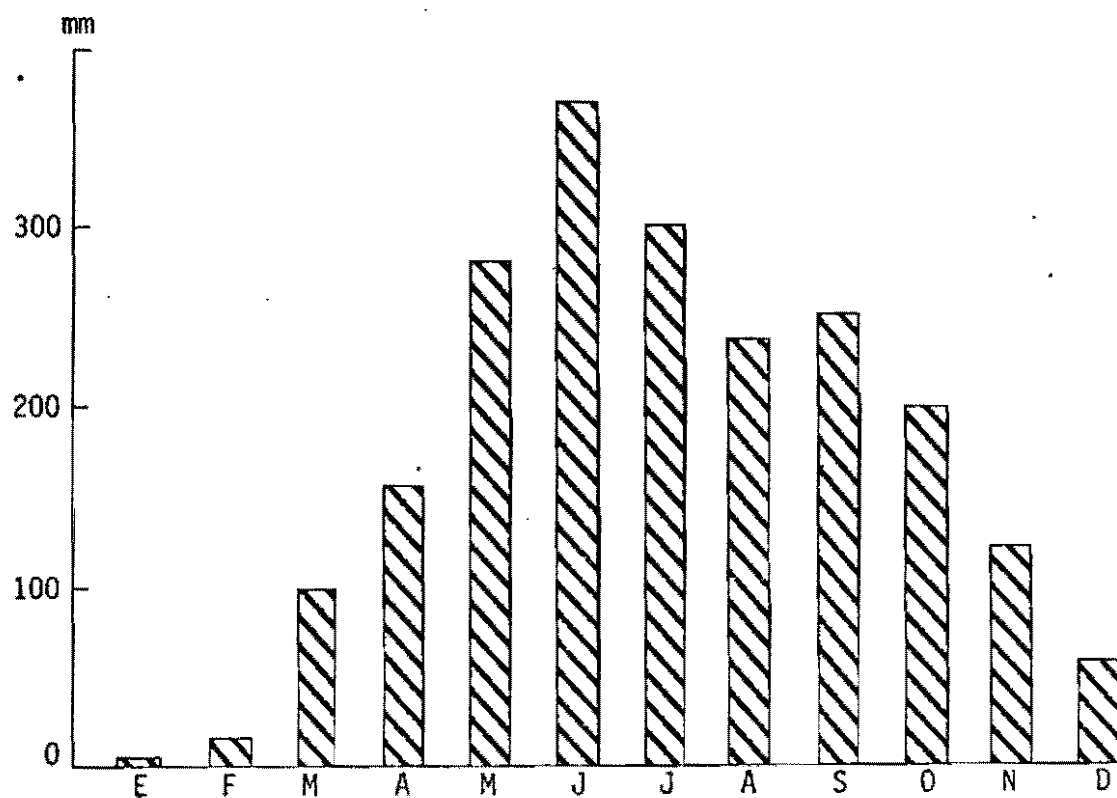


Figura 1. Precipitación promedio mensual en Carimagua (Promedio de 9 años).

EVALUACION PRELIMINAR

Durante los últimos dos años se han estudiado numerosas especies nativas e introducidas con el objetivo primordial de identificar especies que posean una mayor adaptabilidad a las condiciones de sabanas. Inicialmente se realizaron evaluaciones en pequeñas parcelas con nueve géneros de leguminosas y siete de gramíneas (Cuadro 1).

Un análisis final sobre las evaluaciones de este grupo de accesiones indica que las siguientes leguminosas y gramíneas son promisorias para las sabanas isohipertérmicas:

Leguminosas:

Los géneros *Stylosanthes*, *Desmodium* y *Centrosema* contienen algunas especies bien adaptadas a este ecosistema. *Arachis* y *Zornia* tienen características menos promisorias y el resto de las especies evaluadas no mostraron resultados significativos, como por ejemplo, *Aeschynomene* y *Cassia*. El concepto básico de futuros trabajos se enfoca primordialmente en la selección de ecotipos de las especies "claves" como son *Stylosanthes guianensis*, *S. capitata* y varias especies de *Centrosema* y *Desmodium ovalifolium*.

Stylosanthes guianensis:

Se probaron además 76 accesiones agronómicas de la variedad "stylo" (tardío) - *Stylosanthes guianensis* Sw. var. *guianensis*. La variedad más sobresaliente, entre 27 accesiones probadas, en cuanto al rendimiento de forraje seco fue CIAT 10136, además de ser la más resistente a la antracnosis y al barrenador del tallo durante la segunda estación lluviosa después del establecimiento. Otras cinco accesiones más, produjeron rendimientos similares a la variedad CIAT 10136 durante un período de 510 días, pero mostraron menos resistencia al ataque de insectos y enfermedades. En otro experimento realizado con 33 accesiones, únicamente cuatro variedades mantuvieron un 75% o más de la población original durante el segundo período (Cuadro 2).

Cuadro 1. Introducciones de especies forrajeras evaluadas en Carimagua, 1980-1981.

	Género	No. especies	No. Accesiones
LEGUMINOSAS			
	<i>Aeschynomene</i>	18	193
	<i>Arachis</i>	2	2
	<i>Cassia</i>	2	21
	<i>Calopogonium</i>	1	1
	<i>Centrosema</i>	18	172
	<i>Desmodium</i>	12	196
	<i>Stylosanthes</i>	11	242
	<i>Tephrosia</i>	1	1
	<i>Zornia</i>	8	281
TOTAL	9	73	1109
GRAMINEAS			
	<i>Andropogon</i>	1	46
	<i>Brachiaria</i>	8	18
	<i>Echinochloa</i>	1	1
	<i>Hemarthria</i>	1	1
	<i>Melinis</i>	1	1
	<i>Panicum</i>	2	2
	<i>Setaria</i>	1	1
TOTAL	7	15	70
TOTAL NUMERO DE ACCESIONES			1179

Cuadro 2. Rendimiento de materia seca de *Stylosanthes guianensis* var. tardío durante un período de 510 días. Carimagua, Llanos Orientales.

Accesión CIAT No.	Rendimiento Materia Seca* (t/ha)
10136	6,61 a
2034	5,32 ba
2326	5,15 bac
2046	4,93 bac
1317	4,57 bdac
1062	4,47 ebdac
1280	4,06 ebdc
1927	4,00 ebdc
1523	4,00 ebdc
1808	3,94 ebdc
1283	3,90 ebdc
1545	3,15 ebdfc
1887	3,12 ebdfc
1286	3,11 ebdfc
1507	3,08 ebdfc
2028	3,03 ebdfc
1533	2,98 ebdfc
1542	2,88 ebdfc
1977	2,86 ebdfc
2180	2,81 ebdfc
1891	2,49 edfc
1021	2,35 edfc
1896	2,23 edf
2032	2,13 edf
1500	2,03 edf
1930	1,84 ef
1491	0,83 f

* Los valores seguidos de letra diferente tienen diferencia significativa ($P < 0,05$), según Duncan.

Durante 1979 se sembraron 10 ecotipos de *S. capitata* para ser sometidos a evaluación bajo pastoreo. Se efectuó un muestreo de 21 cortes en un periodo de 623 días. Los cuatro ecotipos siguientes, mostraron buena recuperación y persistencia: 1693, 1405, 1728 y 1019. En el Cuadro 3, se presentan los resultados de dos cortes durante las épocas de invierno y verano en el último año de este ensayo. Es interesante anotar que los ecotipos del grupo agromorfológico decayeron notablemente en su vigor.

Centrosema spp.:

Todas las especies que se encontraban en observación, incluyendo *C. macrocarpum*, *C. pubescens* y *C. brasilianum* presentaron problemas de hongos, bacteriosis y/o insectos principalmente. Es necesario examinar otras especies y ecotipos de *Centrosema* con tolerancia a enfermedades. Los rendimientos estacionales de materia seca de las principales especies de *Centrosema* se detallan en el Cuadro 4.

Desmodium ovalifolium:

Entre los nueve ecotipos de *D. ovalifolium* que se seleccionaron hubo una marcada diferencia en la variación en el rendimiento de materia seca y producción de semilla. Se presentó una relación inversa entre estas dos características (Cuadro 5).

Gramíneas:

Entre las gramíneas evaluadas se tienen *Andropogon gayanus* y especies de *Brachiaria*, e.g. *B. humidicola*, *B. brizantha* que justifican una investigación más intensa.

Andropogon gayanus:

El objetivo de un proyecto de mejoramiento es la producción de genotipos de esta especie con una floración uniformemente tardía.

Brachiaria brizantha CIAT 664:

Esta especie fue introducida de Puerto Rico donde se clasificó como uno de los mayores productores. Su característica principal radica en su rápido

Cuadro 3. Rendimiento de materia seca estacional, durante el segundo año después del establecimiento, de 10 ecotipos de *Stylosanthes capitata* en asociación con *Andropogon gayanus* bajo pastoreo.

Ecotipo CIAT No.	Corte 15 Julio/81 (Epoca lluviosa)	Corte 21 Enero/82 * (Epoca seca)
	-----kg/ha/mes-----	
1405	348 ab	348 a
1693	548 a	319 ab
1728	463 a	192 ab
1019	473 a	164 bc
1943	207 b	120 c
1323	201 b	75 c
1315	122 c	36 c
1342	133 bc	22 c
1325	152 bc	9 c
1318	97 c	67 c

Los valores seguidos de letra diferente tienen diferencia significativa ($P < 0,05$), según Duncan.

Cuadro 4. Disponibilidad media de materia seca estacional de especies de *Centrosema* en asociación con *Andropogon gayanus* bajo pastoreo.

Especies	Corte 14 Enero (Epoca seca)	Corte 8 Julio (Epoca lluviosa)
	-----kg/ha/mes-----	
<i>Centrosema brasilianum</i> (Promedio 4 ecotipos)	469 a	591 a
<i>Centrosema pubescens</i> (Promedio 2 ecotipos).	181 b	493 a
<i>Centrosema macrocarpum</i> (CIAT 5065)	103 b	126 b

Los valores seguidos de letra diferente tienen diferencia significativa ($P < 0,05$), según Duncan.

Cuadro 5. Disponibilidad de materia seca estacional de nueve ecotipos de *Desmodium ovalifolium* en asociación con *Brachiaria humidicola* bajo pastoreo.

Ecotipo CIAT No.	Corte 7 (Epoca lluviosa)	Corte 2 (Epoca seca)	Rendimiento de semilla
	-----kg/ha/6 semanas-----		(kg/ha)
350	2917 a	849 a	0,8
3652	2827 ab	1044 a	0,8
3666	2742 abc	792 ab	109,1
3794	2215 abc	874 ab	2,8
3776	1905 bc	942 ab	1,8
3793	1535 cd	821 ab	48,9
3788	1423 cd	620 b	4,5
3780	1272 cd	742 ab	15,2
3784	966 cd	744 ab	152,6

Los valores seguidos de letra diferente tienen diferencia significativa ($P < 0,05$), según Duncan.

crecimiento de estolones. Frecuentemente se prueba la productividad de esta especie en asociación con ocho ecotipos de *Desmodium ovalifolium*.

Brachiaria dictioneura CIAT 6133:

Es una gramínea con una mejor producción de semilla que *B. humidicola*. Se comporta bien con *Desmodium ovalifolium*. En Carimagua esta especie ha producido 405 kg/ha de semilla pura en el primer año de establecida, destacándose por un contenido de cariopside del 44%.

También se realizaron ensayos con las variedades *Brachiaria humidicola* CIAT 679, *Brachiaria decumbens* Stapf cv. Basilisk y *Andropogon gayanus* Kunth cv. Carimagua 1 en asociación con *Desmodium ovalifolium* Wall. *B. humidicola* dio la más alta tasa de crecimiento y el mayor rendimiento total de materia seca. Las dos especies de *Brachiaria* mostraron una tasa de crecimiento significativamente más alta que la variedad *A. gayanus*. Los rendimientos con *D. ovalifolium* fueron de 17,4 - 13,94 y 9,14 t/ha/año, respectivamente.

EVALUACION DE GERMOPLASMA FORRAJERO EN LOS CERRADOS DE BRASIL

Derrick Thomas

R.P. de Andrade

EMBRAPA-CIAT-CPAC

Desde el año 1977 opera en la región de sabanas tropicales del Brasil (Cerrados) un programa conjunto CIAT-EMBRAPA para la evaluación de praderas. El principal objetivo es seleccionar gramíneas y leguminosas que: 1) crezcan y produzcan semillas en suelos ácidos bajo condiciones de alta saturación de aluminio, estrés de agua y baja aplicación de fertilizantes; 2) persistan bajo condiciones de pastoreo; y 3) sean tolerantes a plagas y enfermedades.

Los Cerrados constituyen un ecosistema mayor dentro de la asociación de suelos Oxisol-Ultisol en Suramérica tropical. Se clasifican como sabanas bien drenadas isotérmicas, con una evapotranspiración potencial en la época húmeda entre 901 a 1.060 mm. El programa está localizado en el Centro de Investigaciones Agrícolas del Cerrado (CPAC), a 35 km al Noroeste de Brasília, a 15°36' de latitud Sur y es representativo de las condiciones de clima y suelo de la región.

Esta área se caracteriza por el dominio de superficies antiguas erosionadas de pendiente suave, que en ocasiones se encuentran rodeadas por escarpados. La altitud es de 1.010 m.s.n.m., con una temperatura media anual de 21°C y una precipitación promedio de 1573 mm (promedio de 35 años), la cual ocurre en un 90% entre Octubre y Marzo inclusive.

Los suelos son Oxisoles con un pH de 4,5; P disponible de 1,0 ppm; y saturación de Al del 60%. Los dos tipos de suelo más importantes en la región son el Latosol Pardo-Rojo y el Latosol Rojo-Amarillo.

METODOLOGIA

Se sembraron en Categoría II, varias accesiones provenientes de los bancos de germoplasma forrajero del CIAT y EMBRAPA (Categoría I), conjuntamente con cultivares comerciales como testigos. Las evaluaciones se realizan en ambos tipos de suelo, en los cuales se corrigen las deficiencias conocidas de nutrimentos, pero el pH permanece inalterado.

Se toman observaciones sobre la fenología, producción de forraje, valor nutritivo, producción de semillas y tolerancia a plagas y enfermedades.

Para la calificación del ataque de enfermedades como la antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*), se utiliza una escala de 1 (ausencia de enfermedad) a 5 (muerte de la planta). Las accesiones más promisorias pasan a Categoría III en donde las leguminosas se siembran conjuntamente con las gramíneas en parcelas pequeñas para ser evaluadas con animales en pastoreo; en esta etapa se hacen observaciones sobre compatibilidad de especies, producción de forraje, persistencia y fijación y transferencia de N. Las mejores asociaciones pasan finalmente a ser evaluadas en Categoría IV, bajo condiciones de pastoreo continuo con 3 cargas animales. En este estado, periódicamente se toman muestras para estimar la disponibilidad de forraje y composición botánica de la pradera.

Paralelamente a la investigación, se realiza una multiplicación de semilla del germoplasma promisorio, de tal manera que ésta sea suficiente para las evaluaciones, estudios de nutrición de plantas, establecimiento y utilización de praderas.

RESULTADOS Y DISCUSION

Leguminosas: Desde el año de 1978, han sido evaluadas en Categoría II 1.057 leguminosas correspondientes a 16 géneros (Cuadro 1). Sesenta y siete por ciento de éstas corresponden a especies de *Stylosanthes*. En el Cuadro 2 se incluyen las características principales de algunas de ellas. Las especies *S. guianensis* (tardío), *S. capitata*, *S. macrocephala*, *S. viscosa*, *S. brasiliensis*, *C. macrocarpum* y *C. brasilianum*, se conocen

Cuadro 1. Germoplasma forrajero bajo evaluación en Categoría II, en Brasilia, Brasil.

Especies	Número por especie
LEGUMINOSAS	
<i>Stylosanthes guianensis</i>	195
<i>Stylosanthes scabra</i>	171
<i>Stylosanthes capitata</i>	164
<i>Stylosanthes macrocephala</i>	76
<i>Stylosanthes viscosa</i>	61
<i>Stylosanthes humilis</i>	21
<i>Stylosanthes hamata</i>	4
<i>Stylosanthes leiocarpa</i>	2
<i>Stylosanthes tomentosa</i>	2
<i>Stylosanthes ingrata</i>	1
<i>Stylosanthes campestris</i>	1
<i>Stylosanthes ruellioides</i>	1
<i>Stylosanthes angustifolia</i>	2
<i>Stylosanthes</i> sp.	1
<i>Aeschynomene</i> sp.	17
<i>Calopogonium</i> sp.	29
<i>Cassia</i> sp.	6
<i>Centrosema</i> sp.	86
<i>Cratylia</i> sp.	2
<i>Desmodium</i> sp.	30
<i>Galactia</i> sp.	20
<i>Leucaena</i> sp.	18
<i>Macroptilium/Vigna</i> sp.	11
<i>Pueraria</i> sp.	3
<i>Rhynchosia</i> sp.	8
<i>Soemmeringia</i> sp.	2
<i>Teramnus</i> sp.	2
<i>Zornia</i> sp.	121
TOTAL LEGUMINOSAS	1.057
GRAMINEAS	
<i>Panicum maximum</i>	75
<i>Brachiaria decumbens</i>	4
<i>Brachiaria humidicola</i>	2
<i>Brachiaria ruziziensis</i>	2
<i>Brachiaria brizantha</i>	5
<i>Melinis minutiflora</i>	11
<i>Setaria anceps</i>	2
<i>Andropogon gayanus</i>	22
TOTAL GRAMINEAS	123

Cuadro 2. Resumen de las características de las especies "claves" y otras, evaluadas en Brasilia, Brasil.

Especies	Adaptación al clima	Tolerancia al aluminio	Producti- vidad y vigor	Persistencia bajo pasto- reo o corte	Retención de hojas verdes en época seca	Valor nutri- tivo y/o aceptabilidad	Tolerancia a plagas y enfermeda- des	Producción potencial de semilla
<i>Stylosanthes guianensis</i>	++	++	++	+	++	+	+	+
<i>Stylosanthes capitata</i>	++	++	++	++	+	+	+	++
<i>Stylosanthes macrocephala</i>	++	++	++	++	+	+	++	++
<i>Zornia brasiliensis</i>	++	++	++	++	+	++	++	+
<i>Centrosema macrocarpum</i>	++	++	++	++	+	+	++	+
<i>Centrosema brasiliensis</i>	++	++	++	+	+	+	++	+
<i>Stylosanthes viscosa</i>	++	++	++	++	++	+	+	+
OTRAS ESPECIES								
<i>Zornia latifolia</i>	++	++	+	+	—	++	—	++
<i>Stylosanthes scabra</i>	++	++	+	+	+	—	—	++
<i>S. humilis/S. hamata</i>	++	++	+		—		—	++
<i>Calopogonium</i> spp.	++	++	+	+	—	—	++	++
<i>Galactia</i> spp.	++	++	—	—	++	+	++	—
<i>Macroptilium/Vigna</i> spp.	++	—	—		—	+	++	+
<i>Pueraria/Teramnus</i> spp.	++	—	—		—	+	++	+
<i>Leucaena leucocephala</i>	++	—	—		++	+	++	++
<i>Aeschynomene</i> spp.	++	++	—		—		—	++
<i>Desmodium</i> spp.	+	++	—		—		—	—
<i>Desmodium ovalifolium</i>	—	++	—	—	—	—	—	—

++ = Excelente; + = bueno; — = pobre; espacios en blanco = desconocidos.

corrientemente como especies "claves"; las accesiones de estas especies han mostrado buena adaptación al clima y a ambos tipos de suelos, igualmente han mostrado ser tolerantes al ataque de plagas y enfermedades, lo cual es de particular importancia para las especies de *Stylosanthes*, en las que la antracnosis es el principal limitante.

El comportamiento de introducciones seleccionadas se presentan en los Cuadros 3 y 4. Todas las accesiones son más productivas que los testigos y en la mayoría de los casos de mayor valor nutritivo.

Como resultado de cuatro años de evaluación bajo condiciones de pastoreo en Categoría III, *S. guianensis* CIAT 2243 (tardío), *S. capitata* CIAT 1019 y CIAT 1097, *S. macrocephala* CIAT 1582, se evalúan finalmente en Categoría IV.

En el futuro, más accesiones de las especies "claves" pasarán a Categoría II. En 1981-82, se estableció una nueva Categoría III con introducciones de *S. macrocephala*, *Z. brasiliensis* y *C. macrocarpum*. En 1982-83, accesiones de *S. guianensis* (tardío) y *S. viscosa* CIAT 1094, se evaluarán en Categoría III.

Gramíneas: A partir del año 1979, se han evaluado 123 introducciones de cinco géneros de gramíneas (Cuadro 1). En el Cuadro 5 se muestra el comportamiento, en un Latosol Pardo-Rojo, de las accesiones seleccionadas.

Los géneros *Melinis* y *Setaria* mostraron baja productividad y ninguna de las especies de *A. gayanus* fue superior al testigo CIAT 621, lanzado en forma comercial en Brasil como cv. Planaltina.

El comportamiento de todas las accesiones fue pobre en el Latosol Rojo-Amarillo, a pesar de la aplicación de fertilizantes. No se encontró ataques de plagas o enfermedades en las gramíneas.

En el futuro se piensa evaluar algunas especies de *Paspalum* en estos suelos.

Cuadro 3. Comportamiento de especies de *Stylosanthes* seleccionadas en Categoría II en Brasília, Brasil.

Especies	Rango de antracnosis	Rendimiento MS g/planta	Digestibi- lidad In vitro MS	Contenido proteína cruda	Contenido Ca	Contenido P
-----%						
<i>Stylosanthes guianensis</i>						
cv. Endeavour (control)	4,0	39	41	11,1	0,55	0,12
CIAT Nos. 1095, 2191, 2203, 2244, 2245, 2950, 2951, 2953	1,0-1,5	105-340	41-51	9,8-11,5	0,55-0,93	0,13-0,20
<i>Stylosanthes capitata</i>						
CIAT Nos. 2253, 2254	1,0	135-144	54-61	10,6-13,7	1,01-1,03	0,12-0,16
<i>Stylosanthes macrocephala</i>						
CIAT Nos. 2039, 2053, 2133, 2280, 2732	1,0	60-240	32-52	7,4-13,8	0,54-1,07	0,12-0,15
<i>Stylosanthes viscosa</i>						
CIAT No. 1094	1,0	155	50	11,9	0,41	0,08

Cuadro 4. Comportamiento de especies de *Zornia* y *Centrosema* seleccionadas en Categoría II en Brasilia, Brasil.

Especies	Rendimiento	Digestibilidad	Contenido	Contenido	Contenido
	MS	<i>In vitro</i> MS	proteína cruda	Ca	P
	g/planta	-----%			
<i>Zornia</i> sp.					
CIAT No.728 (control)	45	64	19,4	0,69	0,19
CIAT No.7847	96	63	16,3	0,54	0,13
CIAT Nos.7485, 8023, 9472, 9473	90-109	40-58	11,3-15,6	0,35-0,56	0,13-0,21
<i>Centrosema</i> sp.					
CIAT No.5062 (control)	50	44	13,0	0,69	0,11
CIAT No.5118	145	42	13,3	0,64	0,13
CIAT No.5234	119	47	12,4	0,48	0,16
CIAT Nos.5274, 5275, 5276	95-107	43-52	12,9-18,2	0,67-1,01	0,10-0,14

Cuadro 5. Comportamiento de gramíneas seleccionadas en Categoría II en Brasília, Brasil.

Especies	Producción MS		Digestibilidad	Contenido proteína	Contenido	Contenido
	1er.año	2do.año	In vitro MS	cruda	Ca	P
	-----kg/ha-----			-----%-----		
<i>Panicum maximum</i>						
(Tipo común)						
cv. común*	3395	2670	72,7	14,0	0,28	0,19
CIAT 6141	6825	8130	61,9	13,4	0,23	0,17
(Tipo Green Panic/Gatton)						
cv. Petrie*	4405	5900	55,6	10,6	0,27	0,18
cv. Gatton*	4010	3480	72,8	12,5	0,32	0,19
CIAT 6116	3515	8630	60,6	13,9	0,23	0,18
CIAT 6124	2948	7400	54,5	12,6	0,35	0,23
<i>Brachiaria decumbens</i>						
cv. Basilisk*	3262	3510	61,5	11,9	0,18	0,23
<i>Brachiaria brizantha</i>						
CIAT 6016	4896	7320	58,4	12,7	0,17	0,23
CIAT 6021	2695	5840	64,3	13,2	0,14	0,24
<i>Brachiaria</i> spp.						
CIAT 6058	5120	8470	65,6	13,2	0,17	0,22

* Especies "control".

IV. ENSAYOS REGIONALES DE EVALUACION DE GERMOPLASMA.

- Objetivos y Organización de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.

José M. Toledo.

- Metodología para Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales.

José M. Toledo.
Rainer Schultze-Kraft

- Recopilación, Procesamiento y Análisis de Información.

Maria Cristina Amézquita

OBJETIVOS Y ORGANIZACION DE LA RED INTERNACIONAL DE EVALUACION DE PASTOS TROPICALES *

José M. Toledo.**

América del Sur tropical, América Central y El Caribe constituyen el área de actuación del Programa de Pastos Tropicales del CIAT. Para el programa tiene interés especial una extensa área de sabanas y bosques tropicales de suelos ácidos e infértiles que, a pesar de la falta de tecnología, viene siendo ocupada vigorosamente por la ganadería con base en pasturas nativas o introducidas, de baja productividad y persistencia. Esto ocurre en diversidad de ecosistemas, tanto en sabanas tropicales bien y mal drenadas como en bosques tropicales, donde la selección de especies y ecotipos adaptados debe ser el primer paso hacia el desarrollo de la tecnología de producción de ganado a base de pasturas.

Sin embargo, sólo algunas instituciones nacionales y el CIAT cuentan con bancos de germoplasma de especies forrajeras, y ante esta situación, un camino lógico a seguir para estudiar el rango de adaptación del germoplasma es la constitución de una "Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales".

* Tomado de: Manual para la Evaluación Agronómica "Red Internacional de Pastos Tropicales" CIAT

** Ph.D. Agrónomo, Coordinador del Programa de Pastos Tropicales.

La red permite a las instituciones del continente compartir el germoplasma de los bancos activos existentes, estudiar el comportamiento del germoplasma nuevo bajo condición específica y en relación con otros sitios en el continente, y establecer nexos de intercambio de información científica para poder extrapolar mejor los resultados de investigación obtenidos.

La constitución de una red de este tipo no sólo necesita la aprobación e interés por parte de las instituciones e investigadores participantes, sino que también requiere de un acuerdo sobre metodologías que permita la comparación de resultados entre localidades. Además de un buen nivel de comprensión de la problemática global para producir pasturas bajo las condiciones adversas de la región, se requiere también del apoyo paralelo de un programa de adiestramiento como el que el CIAT viene desarrollando, de reuniones de trabajo, como la que generó el presente documento, y de contacto e intercambio de información periódicos.

PROBLEMATICA

El área de actuación del Programa de Pastos Tropicales comprende más de 300 millones de ha de sabanas y 500 millones de ha de bosques tropicales en su mayor parte con suelos oxisoles y ultisoles, ácidos y predominantemente infértiles. La distribución de estos suelos por países se puede ver en el Cuadro 1.

Esta área, cuya complejidad se discute con mayor detalle en el capítulo "Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en

CUADRO 1. Distribución de oxisoles y ultisoles en países de América Latina y El Caribe, calculada de acuerdo con los mapas de la FAO de suelos del mundo, a escala de 1:5 millones.

País	Millones de hectáreas	Porcentaje del país	Importancia ¹
Brasil	572.71	68.0	***
Colombia	67.45	57.0	***
Perú	56.01	44.0	**
Venezuela	51.64	58.0	***
Bolivia	39.54	57.0	***
Guyana	12.25	62.0	***
Surinam	11.43	62.0	***
Paraguay	9.55	24.0	*
Ecuador	8.61	23.0	*
Guyana Francesa	8.61	94.0	***
México	4.42	2.0	
Panamá	3.59	63.0	***
Honduras	3.13	29.0	**
Nicaragua	2.92	30.0	**
Cuba	2.42	21.0	*
Chile	1.37	2.0	
Argentina	1.28	0.4	
Guatemala	0.96	9.0	
Costa Rica	0.70	14.0	*
Haití	0.52	19.0	*
Jamaica	0.45	41.0	**
Trinidad	0.42	84.0	***
República Dominicana	0.42	9.0	
Belice	0.40	19.0	*
Puerto Rico	0.16	18.0	*
Guadalupe	0.09	47.0	**
Martinica	0.05	43.0	**
Totales:			
América Latina ²	851,10	42.0	**
América tropical	848,45	51.0	***
América del Sur tropical	828,21	59.0	***
América Central y El Caribe	15,80	23.0	*

1 *** Más del 50% del país o región.

** Más del 25% del país o región

* Más del 10% del país o región

2 Incluye los siguientes países donde no hay suelos oxisole ni ultisoles:
Uruguay, El Salvador, Antigua, Bahamas, Barbados, Curazao y Antillas Menores

suelos ácidos de América tropical", presenta cinco ecosistemas que son las sabanas bien drenadas térmicas, las sabanas bien drenadas isohipertérmicas, las sabanas mal drenadas, el bosque tropical lluvioso y el bosque tropical semisiempreverde estacional. Se trata de extensas áreas actualmente subutilizadas en su mayor parte, y que se consideran marginales para la agricultura debido principalmente a la poca fertilidad de sus suelos a las deficiencias o excesos de agua y a la limitada o ninguna infraestructura vial; en ellas la ganadería constituye la actividad pionera a pesar de la falta de tecnología apropiada para el manejo de sus diferentes componentes de producción.

Como consecuencia de la situación descrita, en estas regiones la productividad de las explotaciones ganaderas es muy baja y en muchos casos constituye un riesgo de degradación del suelo y del ecosistema en general, especialmente en las explotaciones localizadas en bosques tropicales. La tecnología que garantice una productividad biológica, económica y ecológicamente exitosa deberá, en primera instancia, solucionar los problemas de producción de pasturas para la alimentación animal bajo las condiciones predominantes de suelos con problemas de acidez y baja fertilidad.

Una primera alternativa es trabajar con especies "probadas", llamadas así por haber dado resultados en otras condiciones ecológicas; para tales especies habrá que modificar en muchos casos el ambiente (con fertilización, enmiendas, riegos, control fitosanitario, etc.), con el fin de garantizar su éxito bajo nuestras condiciones. Una segunda alternativa consiste en encontrar géneros, especies y ecotipos básicamente adaptados

a las condiciones de suelo y clima, con tolerancia o resistencia a las plagas y enfermedades predominantes en los diferentes ecosistemas naturales de la región en mención.

Lo anterior, visto a nivel continental, es sin lugar a dudas un objetivo complejo y ambicioso, para llegar a obtener información sobre el rango de adaptación del germoplasma constituirá la más sólida base de extrapolación y será un gran primer paso hacia la solución de la problemática de producción ganadera en estas regiones. A nivel de un país, de un ecosistema o de una localidad, será de extrema importancia contar con el germoplasma que se adapte mejor a sus condiciones de clima, plagas y enfermedades.

Todo programa de investigación en pasturas necesita dedicar parte de su esfuerzo a la evaluación de germoplasma forrajero nuevo. No se pretende aquí definir el camino que deban seguir los centros nacionales de investigación, sino llamar la atención sobre la importancia de obtener germoplasma de pastos adaptado a las condiciones locales como la más certera base para garantizar el éxito de la ganadería. La decisión sobre el grado del esfuerzo que se debe dedicar a la investigación con nuevas especies vs. especies "probadas" es potestad de cada investigador o programa de investigación en respuesta a condiciones propias, bien sea de recursos naturales, socioeconómicas o políticas de cada región.

A pesar de lo anterior, se espera que en todo caso la evaluación de nuevo germoplasma sea siempre parte integrante de los programas de inves-

tigación. Es cierto que no todas las instituciones pueden afrontar el costo y realizar el esfuerzo necesario para la colección, el acopio y mantenimiento de bancos de germoplasma, pero tanto el CIAT como algunas instituciones nacionales del continente lo hacen y cuentan con recursos de germoplasma valiosos que se deben compartir.

OBJETIVOS

Los objetivos principales de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales son:

- a) Estudiar el rango de adaptación de germoplasma de gramíneas y leguminosas forrajeras, a través de los diferentes ecosistemas de las tierras del trópico localizadas a baja altura sobre el nivel del mar.
- b) Proporcionar germoplasma forrajero seleccionado por ecosistemas a las diferentes instituciones de investigación en pasturas, localizadas en el área en mención.
- c) Promover el desarrollo tecnológico de la producción de pasturas en el área de expansión de la frontera agropecuaria del trópico americano, mediante el intercambio de técnicas de investigación e información científica.

ORGANIZACION

La Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales está constituida por los diferentes tipos de Ensayos Regionales conducidos por las instituciones nacionales participantes, y por el Programa de Pastos Tropicales; el banco de datos de la unidad de Servicio de Datos del CIAT también

es parte integral de la red. La organización de la red se representa en la Figura 1, en la cual se puede apreciar esquemáticamente la línea de flujo del germoplasma desde los bancos hacia los Ensayos Regionales A, B, C, y D en secuencia, así como los canales de la información generada, procesada y de intercambio técnico.

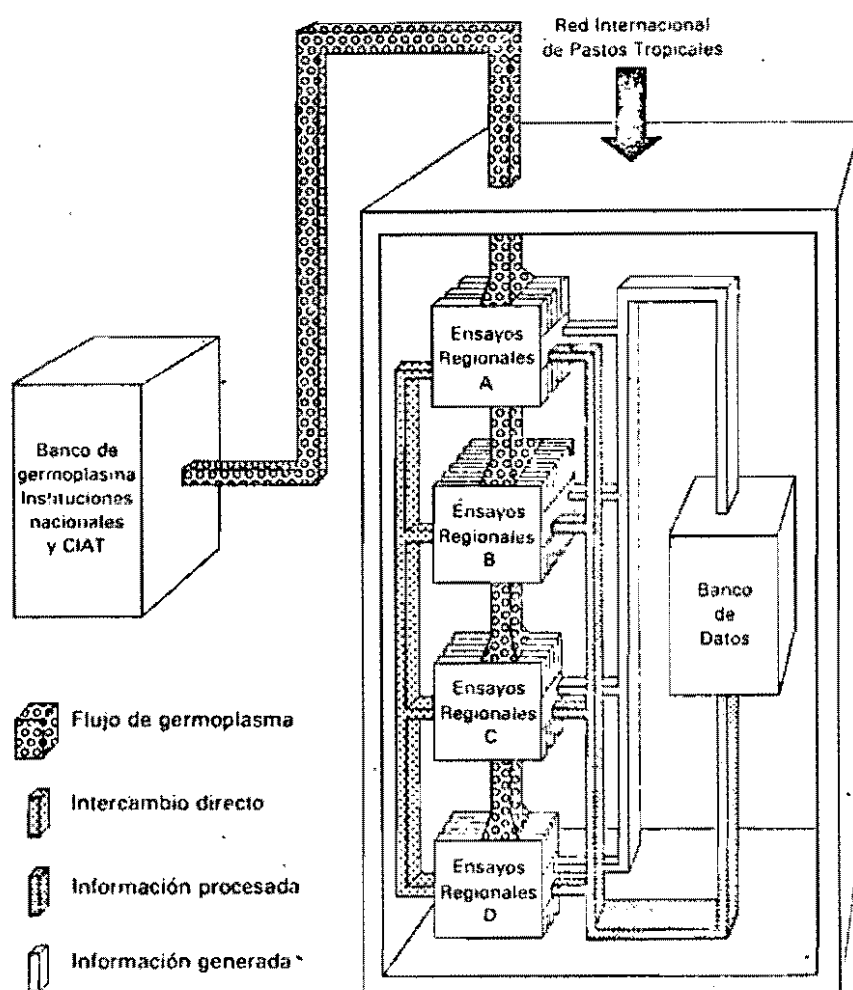


FIGURA 1. Organización de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.

Toda la información comparable y confiable producida en todos y cada uno de los ensayos regionales de los diferentes niveles de evaluación va a alimentar el banco de datos (canal de información generada); el banco reúne y procesa la información que recibe de los miembros de la red, y luego la envía a todos y cada uno de los participantes (canal de información procesada).

El canal de intercambio técnico se establece libremente entre los miembros de la red, directamente o con ayuda del banco de datos, con el fin de compartir la información técnico-científica, generada no solamente por la red en la adaptación de especies, sino también por los participantes en sus programas independientes de investigación.

Diferentes tipos de ensayos regionales.

A partir de los bancos de germoplasma, el material genético debe pasar por diferentes pruebas sucesivas dentro del área de actuación del programa, con el fin de seleccionar los mejores ecotipos por ecosistema.

Tales pruebas son:

- a) Los Ensayos Regionales A (ERA) que tienen como objetivo evaluar la supervivencia de un elevado número de entradas (80 a 150), en pocos lugares altamente representativos de los cinco ecosistemas mayores.
- b) Los Ensayos Regionales B (ERB), a través de los cuales se evalúa la productividad bajo corte de las diferentes entradas seleccionadas con A (tal vez 20 ó 30 materiales), bajo diferentes condiciones o subecosistemas del ecosistema mayor respectivo.

- c) Los Ensayos Regionales C (ERC) que incluyen un número muy reducido de especies y entradas seleccionadas para cada subecosistema en los ERB; tales ecotipos en mezclas se someten al pisoteo de los animales en diferentes manejos para evaluar el efecto del animal sobre la estabilidad y persistencia de la pastura.
- d) Finalmente, los Ensayos Regionales D (ERD) tienen como objetivo evaluar la productividad de la mejor o de las dos o tres mejores pasturas (asociadas o no), en términos de ganancia de peso del animal o de producción de leche, en comparación con los mejores testigos locales.

Toda esta secuencia mantiene un claro enfoque por ecosistemas, pero de acuerdo con los resultados será posible obtener especies con un rango de adaptación tan amplio que se puedan llegar a considerar promisorias para varios ecosistemas.

La secuencia de la evaluación del germoplasma en la red se representa en la Figura 2 con una copa, cuya base está constituida por los bancos del germoplasma del CIAT e instituciones nacionales y cuyo recipiente está conformado propiamente por la red; en este recipiente se definen claramente, a diferentes alturas, los cuatro niveles de evaluación, así:

Los Ensayos Regionales A están cerca de la base de la copa y son unos pocos puntos o lugares de evaluación; allí opera un primer filtro de selección por supervivencia del germoplasma a las condiciones de suelo, clima, plagas y enfermedades de los cinco ecosistemas mayores.

Los Ensayos Regionales B están representados en la copa a un nivel más alto y por un número mayor de puntos que los Ensayos A; este mayor

número de puntos representa una expansión en el número de ensayos por ecosistema, hacia subecosistemas de un mismo ecosistema. Los ERB constituyen un segundo filtro donde el criterio de selección es la productividad estacional evaluada agronómicamente junto con la tolerancia a plagas y enfermedades.

Los Ensayos C, en un nivel aún más alto y con un número de puntos idealmente igual al número de B, pero efectivamente menor, constituyen un tercer filtro; en ellos, una cantidad muy reducida de selecciones de los Ensayos B se somete al pastoreo, en asociaciones de gramíneas y leguminosas. El criterio aquí es seleccionar las mezclas de gramíneas y leguminosas que sean más productivas, estables, persistentes y fáciles de manejar bajo uno o varios manejos compatibles con los del lugar.

El nivel más alto de la copa está constituido por los Ensayos D que corresponden a la evaluación de la productividad de la mezcla o mezclas que se han seleccionado en C, midiendo dicha productividad en términos de producto animal y comparándola con la obtenida con los mejores testigos locales bajo los sistemas de manejo factibles en cada región.

En la copa también se señalan, mediante la distancia entre los niveles de los cuatro tipos de Ensayos A, B, C y D, los intervalos técnicos o vacíos de información que no cubre la red pero que idealmente se deben llenar al pasar de un nivel a otro dentro del flujo de evaluación de germoplasma.

El Cuadro 2 muestra la información que se obtiene mediante los cuatro tipos de ensayos regionales de la red. Indica además, la información

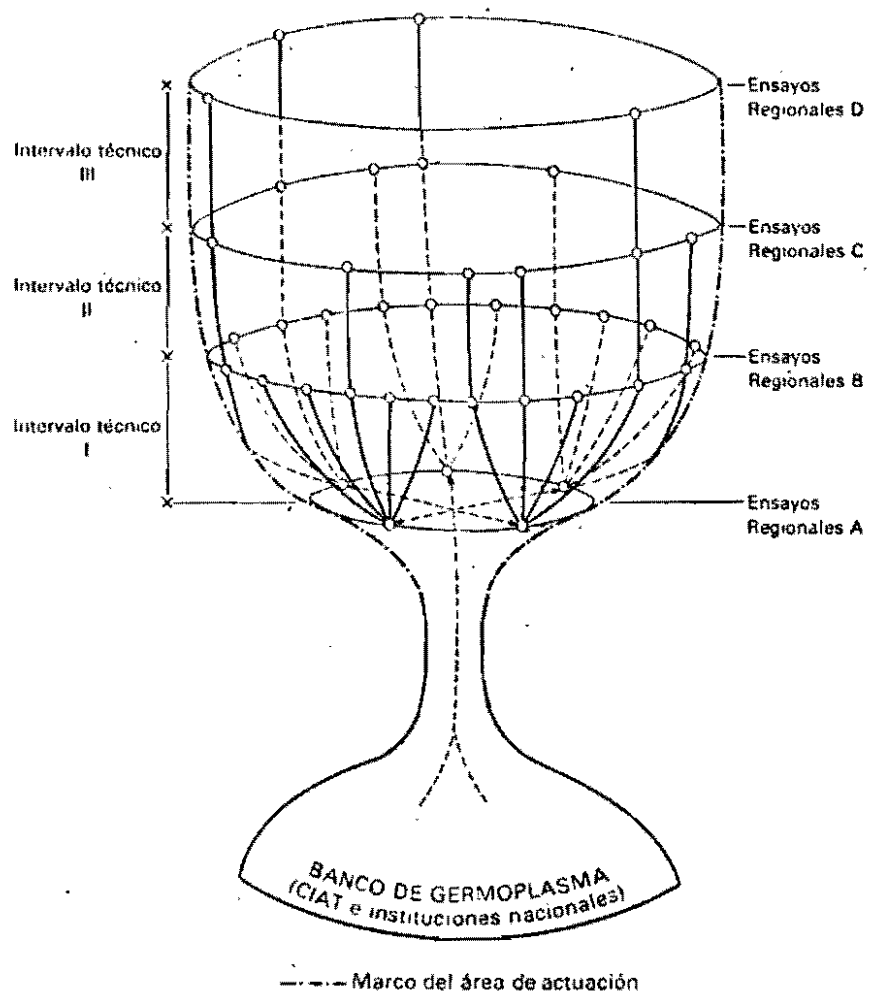


FIGURA 2. Representación esquemática del flujo ideal de germoplasma.

que requiere investigación adicional por parte del programa de Pastos Tropicales del CIAT y de las instituciones nacionales, para completar el conocimiento que garantice éxito en el establecimiento, la productividad y la persistencia de pasturas.

Aunque los intervalos tecnológicos están indicando que los Ensayos Regionales A, B, C y D no son en manera alguna la única investigación que se requiere, estos ensayos constituyen las evaluaciones mínimas que se deben hacer in situ para poner el material a disposición del productor en pocos años, partiendo de una germoplasma desconocido.

CUADRO 2. Información obtenida por los diferentes tipos de ensayos de la red (puntos 1, 2, 4, 7 y 10) e intervalos de información a obtenerse con ensayos paralelos (puntos 3, 5, 6, 8 y 9).

Tipos de ensayos de la red	Factores importantes que afectan el establecimiento, la persistencia y productividad de pasturas en mezclas.
Ensayos regionales A	1. Adaptación a clima y suelo. 2. Tolerancia a enfermedades e insectos. 3. Requerimientos nutricionales. a) de establecimiento. b) de mantenimiento.
Ensayos regionales B	4. Crecimiento y productividad estacional. 5. Calidad nutritiva estacional. 6. Compatibilidad entre gramíneas y leguminosas.
Ensayos regionales C	7. Efecto del pastoreo 8. Palatabilidad relativa en mezclas (consumo selectivo) 9. Producción de semilla.
Ensayos regionales D	10. Productividad en carne o leche.

Lo más probable es que no todas las personas e instituciones que participan en la red puedan obtener información sobre cada punto en los intervalos tecnológicos. Sin embargo, con el procesamiento de los Ensayos A, B, C y D a través de localidades se tendrá, además del rango de adaptación de cada especie, una excelente base de extrapolación de resultados para que la información generada sólo en algunas localidades, pueda ser compartida por todos los miembros de la red. Esto es, sin lugar a dudas, uno de los mayores beneficios de la Red de Ensayos Regionales.

METODOLOGIA PARA EVALUACION AGRONOMICA DE PASTOS TROPICALES.

José M. Toledo *

Rainer Schultze-Kraft**

La adaptación de germoplasma a las condiciones de clima, suelos, plagas y enfermedades de una región, área o localidad es el punto de partida lógico de cualquier programa de investigación en pastos. Este primer paso es de vital importancia cuando, como ocurre en la mayoría de los suelos ácidos e infértiles del trópico, no se conoce sino un número reducido de especies que sobreviven en estas condiciones.

La adaptación del germoplasma normalmente se evalúa en los llamados "jardines de introducción", que muchas veces se han establecido sin diseño alguno y cuyo sistema de evaluación es poco confiable; además, no se ve claramente su relación con etapas posteriores para la evaluación de los materiales más adaptados. Por esta razón, la "Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales" ha adoptado las metodologías que se describen en este capítulo para la evaluación agronómica de la adaptación de las especies de pastos tropicales.

La posibilidad de obtener datos comparable y de mayor confiabilidad usando las técnicas simples pero superiores de diseño y evaluación que se proponen en esta metodología, constituye una base sólida para el intercambio de información y para la extrapolación entre los miembros de la red.

* PhD, Agrónomo de Pasturas.

** Dr. Agr., Agrónomo de Germoplasma

Esta proporcionará la información que permita escoger con más certeza el germoplasma promisorio para continuar las evaluaciones agronómicas y con animales a fin de completar la secuencia de investigación en forma más rápida y eficiente.

Las evaluaciones agronómicas de adaptación de germoplasma de pastos tropicales, tal como se indica en el capítulo Objetivos y Organización, han sido concebidas en dos etapas: Ensayos Regionales A (ERA) para evaluar la supervivencia de tales materiales en el ecosistema y Ensayos Regionales B (ERB) para evaluar su adaptación, mediante mediciones de productividad estacional. Estas dos etapas están diseñadas para cubrir secuencialmente condiciones en ecosistemas y subecosistemas, respectivamente.

Metodología para los Ensayos Regionales A

Los Ensayos Regionales A (ERA), como ya se indicó, tienen como objetivo probar y evaluar el comportamiento preliminar o supervivencia de un alto número de entradas (aproximadamente 100) bajo las condiciones en que son expuestas. Estos ensayos se localizan en puntos altamente representativos de ecosistemas mayores.

Diseño y duración del ensayo

Se adoptó el sistema de bloques completos al azar en arreglos en parcelas divididas así:

Parcelas = géneros

Subparcelas = especies y entradas.

El arreglo en parcelas divididas obedece a la necesidad de mantener las entradas en parcelas pequeñas de plantas puras y de evitar en lo posible interacciones entre plantas muy diferentes, así, las parcelas deben incluir géneros como Stylosanthes spp., Desmodium spp., etc., y las sub-parcelas debe incluir entradas tales como Stylosanthes capitata 1315, Stylosanthes guianensis 136, Stylosanthes capitata 1097, Stylosanthes hamata 147, etc.

Se deberán establecer ensayos separados para gramíneas y para leguminosas puesto que entre ellas podrían ocurrir interacciones mayores que entre entradas de la misma familia; además, los tratamientos de fertilidad para cada una son diferentes.

Tamaño de las parcelas. La sub-parcelas constan de 21 plantas individuales, sembradas en tres hileras de siete plantas cada una; las distancias entre las plantas son de 0.5 x 0.5 m en un área sin muchas malezas, o de 0.3 x 0.3 m en un área con problemas de malezas (Figura 1). De esta forma se pueden usar parcelas de 3.5 x 2.0 m en áreas con poca incidencia de maleza y parcelas de 2.1 x 1.2 m en áreas infestadas por aquellas.

Repeticiones. Se deben hacer tres o cuatro repeticiones con unas tres o cuatro franjas de parcelas; no se recomienda hacer una sola franja de las 100 o más entradas por repetición, pues sería muy difícil encontrar a lo largo de 120 a 200 m, según sea el tamaño de la parcela, la uniformidad de condiciones que debe hacer dentro de la repetición (Figura 2).

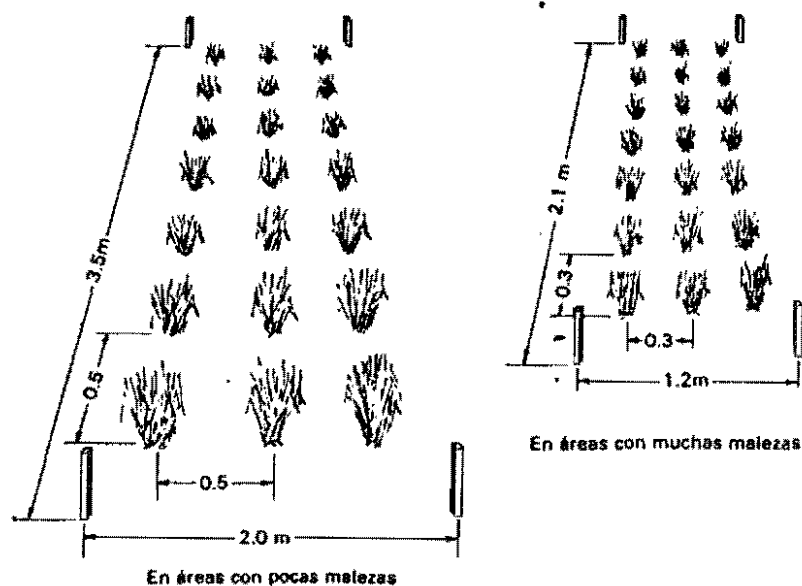


FIGURA 1. Tamaños alternativos de las sub-parcelas y localización de las plantas según la incidencia de malezas en el área.

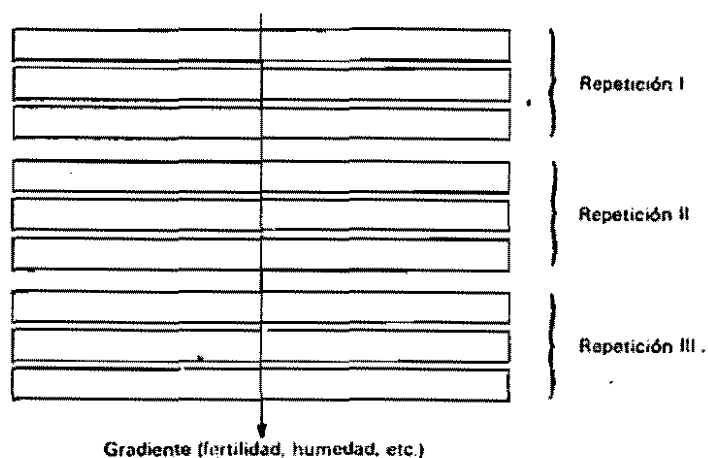


FIGURA 2. En los ERA es preferible incluir varias franjas por repetición en lugar de hacer una franja larga, para asegurar mayor uniformidad de condiciones.

Las repeticiones se deben colocar perpendicularmente a la gradiente (pendiente, cambio de fertilidad de suelo, humedad del suelo, etc.).

Duración del ensayo. Dos años.

Siembra y manejo del ensayo.

Siembra. Se debe efectuar en el momento en que haya humedad adecuada, esto es, al comienzo o durante el período de lluvias y previendo que en condiciones de buen drenaje, habrá humedad suficiente por lo menos durante los tres o cuatro meses siguientes a la siembra. En terrenos con drenaje defectuoso los excesos de lluvia pueden ser tan dañinos como las sequías para el establecimiento del pasto; por eso se recomienda usar al máximo la información meteorológica de la localidad y el conocimiento acerca de inundaciones periódicas del terreno, pudiéndose sembrar al comienzo o al final de la época lluviosa, según más convenga.

La disponibilidad (cantidad) de semilla seña siempre el factor limitante para el buen establecimiento de estos ensayos; por lo tanto, se recomienda sembrar dos o tres semillas por punto o golpe en el caso de las leguminosas y cinco o 10 en el caso de las gramíneas, guardando semillas para posible resiembra.

El terreno se debe preparar prolijamente pero sin exceso, a fin de evitar la erosión y el lavado de fertilizantes y semillas.

Es importante cubrir la semilla sólo superficialmente para así evitar problemas de mala germinación debidos a una siembra demasiado profunda.

Fertilización de establecimiento. Se recomienda la aplicación de 22 kg/ha de P (50 kg de P_2O_5), 41.5 kg de K (50 kg de K_2O), 100 kg de N, 20 kg de Mg y 20 kg de S. Se utiliza superfosfato triple, KCI, urea y sulfato de magnesio como fuentes respectivas para los cuatro primeros elementos mencionados; el S está incluido en la misma fuente del Mg (Cuadro 1).

CUADRO 1. ERA. Fertilización de establecimiento para las entradas de gramíneas y leguminosas, según el tamaño de parcela adoptado.

Elemento	Fuente	Dosis (kg/ha)	Cantidad (g/banda)			
			por parcela de 2.1x1.2m		por parcela de 3.5x2.0 m	
N ¹	Urea	217	5.2	(15.6) ²	16.8	(50.4)
K	KCI	83	2.0	(6.0)	6.5	(19.5)
P	SFT	111	8.0	-	25.9	-
Mg	MgSO ₄	200	14.0	-	46.7	-

¹ Solamente para gramíneas.

² Para el N y el K las cifras entre paréntesis indican las cantidades por parcela para la segunda y tercera aplicaciones que son al voleo.

³ El S está incluido en la dosis de Mg.

El fósforo, el magnesio y el azufre se incorporan a 20 cm de profundidad en el momento de la siembra, sobre una banda de 15 cm de ancho. El nitrógeno y el potasio se fraccionan, aplicando 1/3 de la dosis recomendada en banda 28 días después de la siembra, 1/3 más al voleo cuando se considere establecido el ensayo, después del corte de uniformidad (12 a 15 semanas aproximadamente), y el último tercio, también al voleo, después de dos evaluaciones. Se debe evitar hacer la fertilización en períodos secos cuando no sería efectiva.

La fertilización nitrogenada se usa solamente para las gramíneas.*

Fertilización de mantenimiento. Un año después de la siembra del ensayo se recomienda la aplicación de 7 kg/ha de P (15 kg de P_2O_5), 41.5 kg de K (50 kg de K_2O), 50 kg de N, 10 kg de Mg y 10 kg de S (Cuadro 2); para el efecto se usan las mismas fuentes utilizadas para el establecimiento.

CUADRO 2 ERA. Fertilización de mantenimiento.

Elemento	Fuente	Dosis	Cantidad (g/parcela)	
			tamaño 2.1 x 1.2 m	tamaño 3.5 x 2.0 m
N	Urea	108	8 ²	25.3 ²
K	KCl	83	6 ²	19.3 ²
P	SFT	33	7.1	23.1
Mg S ³	MgSO ₄	100	21.6	70.0

Solamente para gramíneas.

El N y el K se aplicarán fraccionados: 1/3 de la recomendación cada segunda evaluación de 8 semanas; la dosis indicada corresponde a 1/3 de la recomendación de mantenimiento.

El S está incluido en la dosis de Mg.

CUADRO 2. ERA. Fertilización de mantenimiento.

Elemento	Fuente	Dosis (kg/ha)	Cantidad (g/parcela)	
			Tamaño 2.1 x 1.2 m	tamaño 3.5 x 2.0 m
N ¹	Urea	108	8 ²	25.3 ²
K	KCl	83	6 ²	19.3 ²
P	SFT	33	7.1	23.1
Mg	MgSO ₄	100	21.6	70.0
S ³				

Solamente para gramíneas

El N y el K se aplicarán fraccionados: 1/3 de la recomendación cada segunda evaluación de 8 semanas; la dosis indicada corresponde a 1/3 de la recomendación de mantenimiento.

El S está incluido en la dosis de Mg.

El fósforo, el magnesio y el azufre se aplican al voleo sobre toda la parcela, preferente durante la época de lluvia, al año después de la siembra. Las dosis de nitrógeno y potasio se aplican al voleo en toda la parcela, distribuidas en tres aplicaciones de 1/3 cada dos cortes de evaluación. La fertilización nitrogenada se usa solamente para la gramíneas.

Mantenimiento del ensayo. El ensayo se debe mantener libre de malezas mediante control mecánico y manual. Se debe hacer control de insectos, principalmente hormigas, pero sólo al comienzo del período de establecimiento; posteriormente no se hace control ninguno de insectos.

Después de 12 a 15 semanas, cuando se considere que el ensayo se ha establecido en su mayor parte, se hace un corte de uniformidad, el cual se

repite cada ocho o nueve semanas. La altura del corte de las diferentes parcelas se debe hacer según el hábito de crecimiento de las plantas, así: para el crecimiento postrado debe ser 5 a 10 cm; para plantas de crecimiento semierecto, de 10 a 15 cm; para plantas erectas, de 15 a 30 cm, y para plantas semiarbustivas y arbustivas de 30 a 60 cm, cortando el rebrote alrededor de las plantas.

Datos que se deben registrar

Información básica:

- Fecha de siembra
- Evaluación de la germinación a los 20 días después de la siembra, calificando de 1 a 5, así:
 - 1 = 0 germinación
 - 2 = < 25%
 - 3 = > 25 y < 50%
 - 4 = > 50 y < 75%
- Fecha en la cual cada parcela cubrió el suelo.
- Fecha de floración, si ocurriera durante las primeras 12 a 15 semanas del período de establecimiento.
- Grado de adaptación para producción. Se evalúa inmediatamente antes de los cortes de uniformidad (cada ocho o nueve semanas), por apreciación subjetiva de cada entrada (subparcela) en comparación con las demás entradas del mismo género (parcela), e integrando criterios sobre porte, color, producción, cobertura, vigor y salud. se califica así:

E = excelente

B = bueno

R = regular

M = malo.

- Igualmente, cada ocho a nueve semanas se deben evaluar los daños por insecto y los daños por enfermedades.
- También se deben hacer otras evaluaciones, principalmente a las 12 ó 15 semanas después de la siembra y posteriormente sin frecuencia definida, sobre síntomas de toxicidades o deficiencias minerales, y sobre nodulación en leguminosas.
- Durante el ensayo se debe obtener la información meteorológica diaria, tan completa como sea posible. Conviene instalar un pluviómetro en el área del experimento.

Informaciones adicionales:

Producción de materia seca. Se recomienda obtener información sobre la materia seca del rebrote a las ocho a nueve semanas, en períodos de máxima y de mínima precipitación. Para el efecto se corta y se pesa 1 m² de cada parcela al momento de hacer la evaluación visual del grado de adaptación, dejando el resto de la parcela para el corte de uniformidad respectivo. El peso de la materia seca se determina en la misma forma en que se hace con los ensayos B (ver

$$MS/m^2 = \frac{PF \times ps}{pf} \text{ en donde,}$$

PF = peso fresco de la muestra,

pf = peso fresco de la submuestra,

ps = peso seco de la submuestra.

Producción de semilla. Se puede evaluar después de un año de información cuando se hayan definido los materiales mejores, destinando una de las repeticiones para el efecto; las otras repeticiones deben seguir bajo el manejo y evaluación normales..

La evaluación sobre producción de semilla se hace a intervalos de corte de 15 a 20 semanas aproximadamente, usando la escala de calificación E, B, R y M. Con ella no sólo se puede obtener información sobre el potencial de producción de semilla de los materiales más promisorios, sino que las pequeñas cantidades que se cosechen se pueden usar en ERB y en otras evaluaciones para caracterizar el material seleccionado.

METODOLOGIA PARA LOS ENSAYOS REGIONALES B

Los Ensayos Regionales B (ERB) están diseñados para evaluar germoplasma en un mayor número de localidades representativas de las variaciones dentro de un mismo ecosistema. Dicho de otro modo, los ERB evalúan germoplasma en subecosistemas dentro de un ecosistema mayor.

El número de entradas para evaluar en este tipo de ensayos varía entre 20 y 30, incluyendo gramíneas y leguminosas. Este número lógicamente es menor que el de los ERA, donde se hizo la primera selección de material promisorio.

En los ERB se da énfasis a la evaluación de la productividad de cada entrada como la mejor medida para definir su adaptación al medio.

Estas evaluaciones de la productividad se hacen durante los períodos extremos de precipitación, y se obtienen curvas de producción que son de utilidad posterior en el diseño de experimentos bajo pastoreo.

Diseño y duración del ensayo

Bloques completos al azar en arreglo de parcelas divididas, donde:

parcelas = entradas

subparcelas = edad del rebrote en la parcela de muestreo.

Como en los ERA, en estos ensayos hay que sembrar las entradas en parcelas puras (no asociadas). Dado que los requerimientos y tratamientos de fertilidad son diferentes para las gramíneas y las leguminosas, y que se quiere evitar la interacción entre ellas, hay que hacer la siembra por separado, es decir, un experimento para gramíneas y otro para leguminosas.

Tamaño de la parcela y área de muestreo. Para cada entrada se debe destinar cuatro hileras de 5 m cada una, a distancias de 0.5 m entre sí. El área de muestreo cubre las dos hileras centrales hasta los 0.25 m a cada lado de las mismas y sin incluir los 0.5 m finales en cada extremo (de su longitud). Así, las dimensiones totales de la parcela efectiva o de muestreo son $1 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 4 \text{ m}^2$, tal como se ve en la Figura 3.

La parcela total de muestreo se divide en cuatro subparcelas de 1 m^2 cada una para muestreos independientes tomados a las tres, seis, nueve, y

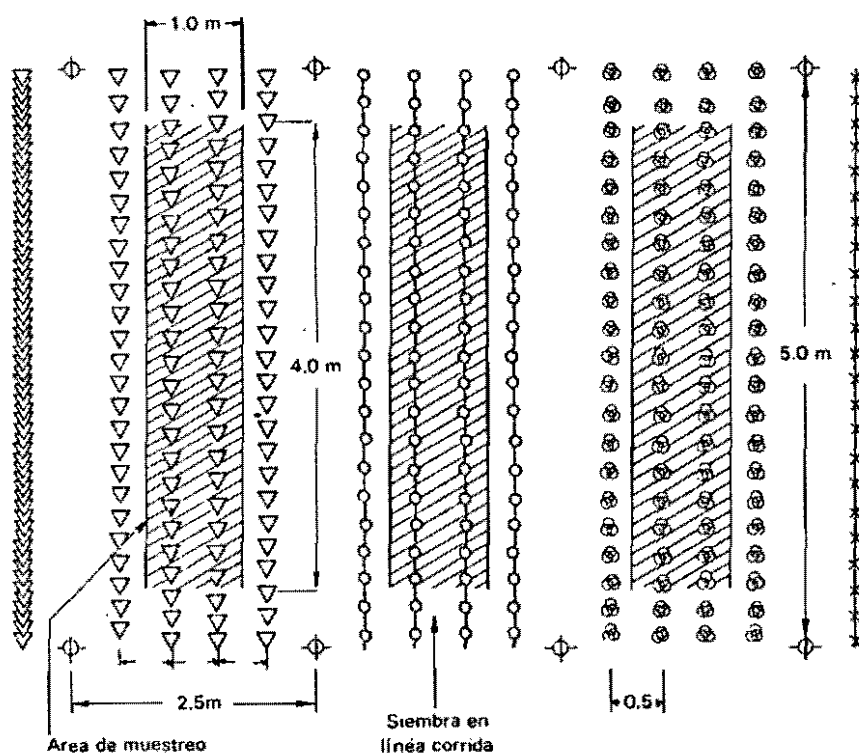


FIGURA 3. Dimensiones, disposición de las hileras de plantas, área total y área de muestreo en los Ensayos Regionales B.

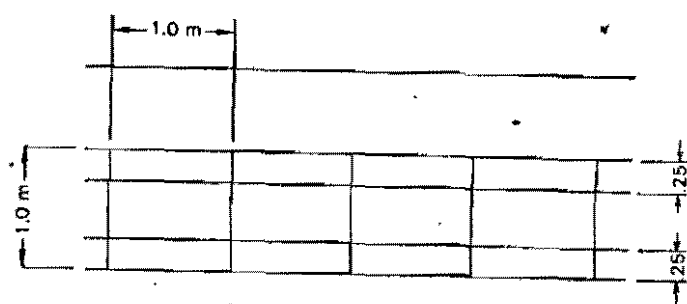


FIGURA 4. Disposición y dimensiones de las subparcelas de corte dentro de la parcela efectiva de muestreo.

12 semanas del rebrote (Figura 4); para el efecto se usa el marco se describe

Repeticiones. Se deben sembrar más de dos repeticiones, y se recomiendan cuatro. Las repeticiones se pueden colocar en bloques de una o más hileras según sea la uniformidad de la gradiente encontrada en el terreno. En las Figuras 5 y 6 se ilustra un posible arreglo para cuando hay una gradiente mayor que afecta el campo uniformemente y otro para cuando hay dos gradientes predominantes.

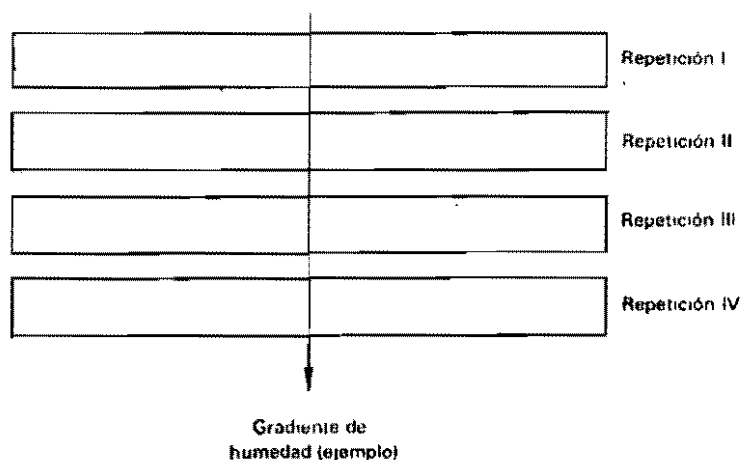


FIGURA 5. Ejemplo de un arreglo cuando una gradiente mayor afecta el campo uniformemente:

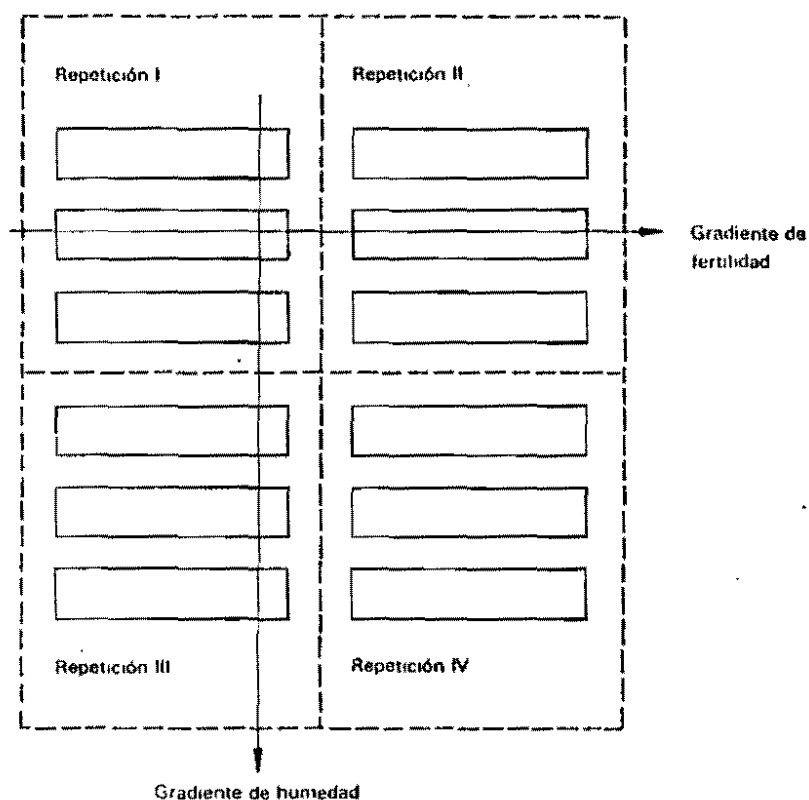


FIGURA 6. Ejemplo de un arreglo cuando dos gradientes afectan la uniformidad del campo.

Estos dos arreglos son los que se adaptan mejor a la problemática del terreno en los ejemplos. Sin embargo, queda a criterio del responsable de cada ensayo efectuar el bloqueo más eficiente, de acuerdo con las condiciones del terreno.

Duración del ensayo: Dos años.

Siembra y mantenimiento del ensayo

Siembra. Esta se debe efectuar previendo una disponibilidad adecuada de agua, que no sea excesiva ni escasa, durante las 12 a 15 semanas posteriores.

Las entradas se siembran en línea corrida en hileras de cinco metros, y cubriendo superficialmente la semilla. Se recomienda reservar una tercera parte de la cantidad de semilla que se haya recibido de cada entrada, con el fin de disponer de material para una posible resiembra; ésta se debe hacer si a los 20 ó 30 días después de la siembra se notan áreas sin plantas en las hileras sembradas.

Fertilización de establecimiento. Para el establecimiento de las entradas en ERB, se recomienda la aplicación de 22 kg/ha de P (50 kg de P_2O_5), 41,50 kg de K (50 kg de K_2O), 100 kg de N, 20 kg de Mg y 20 kg de S. Como en los ERA, las fuentes respectivas para los elementos mencionados son superfosfato triple, KCI, urea y sulfato de magnesio; este último es la fuente para Mg y S.

El fósforo, el magnesio y el azufre se incorporan a 20 cm de profundidad, en el momento de la siembra, sobre una banda de 15 cm de ancho (Cuadro 3). El nitrógeno y el potasio se fraccionan aplicando 1/3 de la

CUADRO 3. ERB. Fertilización para el establecimiento de ecotipos.

Elemento	Fuente	Dosis (kg/ha)	Cantidad (g/banda)
N ²	Urea	217	22.6 (90.4) ³
K	KCI	83	8.6 (34.4)
P	SFT	111	34.7
Mg	MgSO ₄	200	62.5

¹ Tamaño de la parcela 5.0 x 2.5 m

² Solamente para las gramíneas.

³ Para el N y el K las cifras entre paréntesis indican las cantidades por parcela para la segunda y tercera aplicaciones que son al voleo.

⁴ El S está incluido en la dosis de Mg.

dosis en banda 28 días después de la siembra y 1/3 más al voleo 13 semanas después del establecimiento; el último tercio se aplica también al voleo un mes antes del comienzo de la época seca, cuando corresponda, o durante el corte de uniformidad para iniciar la primera evaluación.

La fertilización nitrogenada se usa solamente para gramíneas. En caso de leguminosas con síntomas de deficiencia de N.

Fertilización de mantenimiento. Después de un año de sembrado el ensayo, se recomienda la aplicación de 7 kg/ha de P (15 kg de P_2O_5), 41.5 de K (50 kg de K_2O), 50 kg de N, 10 kg de Mg y 10 kg de S. Se utilizan las mismas fuentes empleadas para el establecimiento.

El fósforo, el magnesio y el azufre (Cuadro 4) se aplican al voleo,

CUADRO 4. ERB. Fertilización de mantenimiento para los ecotipos.

Elemento	Fuente	Dosis (kg/ha)	Cantidad (g/parcela)
N ²	Urea	108	67.8 ³
K	KCI	83	51.9 ³
P	SFT	33	41.3
Mg	MgSO ₄	100	125.0
S ⁴			

¹ Parcela de 5.0 x 2.5 m.

² Solamente para gramíneas.

³ El N y el K se aplican en dos fracciones; la dosis indicada corresponde a la mitad de la recomendación de mantenimiento.

⁴ El S está incluido en la dosis de Mg.

preferentemente durante la época de lluvia al año de la siembra. El nitrógeno y el potasio se aplican al voleo, fraccionando la dosis para aplicar la mitad al momento de aplicar el fósforo y la otra mitad un mes antes del comienzo de la época seca, cuando corresponda, o inmediatamente después de un corte de uniformidad.

Labores de cultivo. El ensayo se debe mantener libre de malezas mediante control manual o mecánico. Se debe tratar de simular en él lo que pasaría normalmente en un potrero bajo utilización, y cortarlo con una frecuencia de ocho semanas en los períodos sin evaluación. Los períodos de evaluación se deben establecer dentro de las épocas mas representativas de máxima y mínima precipitación.

Datos que se deben evaluar y cómo hacerlo.

El éxito de cualquier ensayo, y muy especialmente de una red de ensayos regionales, depende de las técnicas que se empleen en la determinación de los valores para cada parámetro. El interés primordial de la red es obtener datos confiables y muy especialmente comparables.

En la metodología de evaluación se incluyen dos tipos de observaciones que corresponden al período de establecimiento y a las evaluaciones que corresponden al período de establecimiento y a las evaluaciones de producción durante las épocas de máxima y de mínima precipitación; la técnica de evaluación de los diferentes parámetros es la misma para los dos tipos o momentos de observación, aunque varían el significado y uso de los valores.

Se considera que la cantidad de materia seca es la medida que mejor habla de la adaptabilidad relativa de una especie a un medio específico, la cual se debe tomar en dos oportunidades del año, durante las épocas de máxima y de mínima precipitación. El momento para iniciar este tipo de mediciones dependerá de los ciclos de precipitación del lugar y del criterio del investigador; pero es muy importante que los períodos de duración de 12 semanas de estas evaluaciones encajen perfectamente dentro de los períodos más seco y más lluvioso que se esperan.

El participante en la red responsable de cada ensayo es quien conoce mejor las fluctuaciones de la precipitación que ocurren en su localidad, y quien debe escoger los períodos representativos de máxima y mínima precipitación; éstos deben comprender un total de 12 semanas a partir del corte de uniformidad.

Como ejemplo se puede considerar el caso de un lugar de la Amazonia donde las lluvias presentan la distribución que muestra la Figura 7. En este caso, se harían los cortes de uniformidad para iniciar las evaluaciones el 15 de Enero para el período de máxima precipitación, y el 1° de Junio para el de mínima precipitación.

Todas las mediciones se deben efectuar sobre el área efectiva de muestreo que señala la Figura 3; para ello se necesitará, además de las herramientas normales como tijeras, cuerda, estacas, reglas graduadas, etc., un marco cuadrado de 1 x 1 m, como el que muestra la Figura 8. Este marco

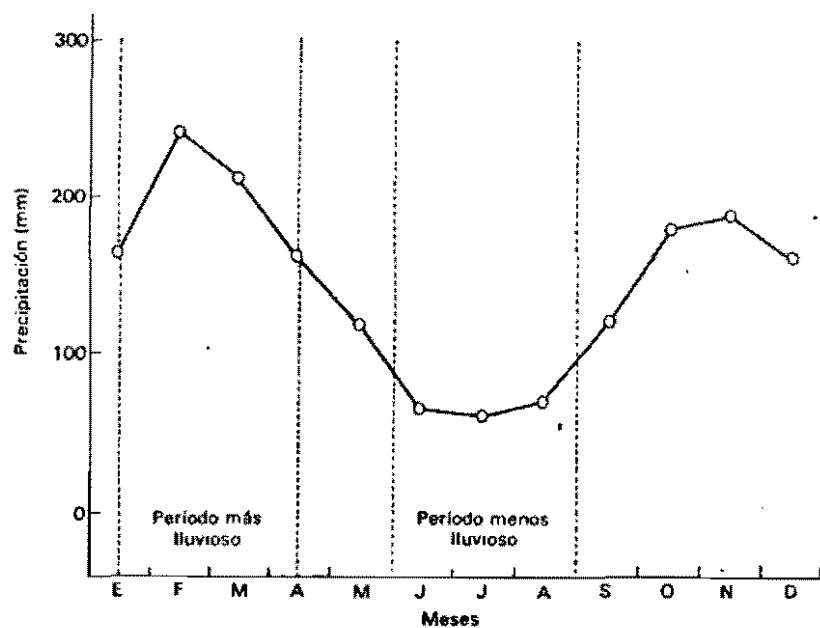


FIGURA 7. Ejemplo de selección de los períodos de máxima y mínima precipitación, según la distribución de las lluvias registras en años anteriores en un lugar de la Amazonía (X 20 años).

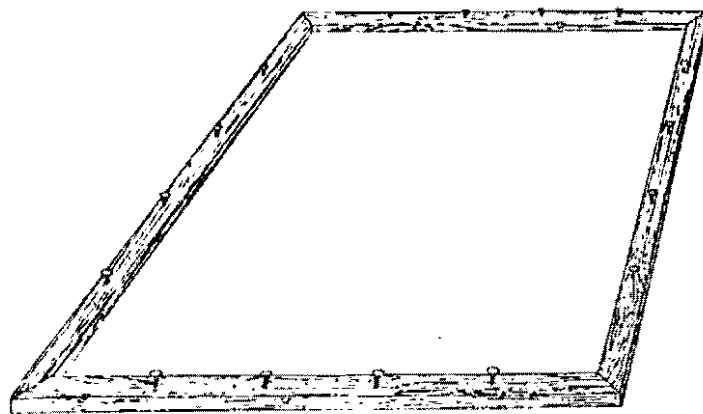


FIGURA 8. Marco (1 x 1 m) para mediciones en los ERB.

puede ser de madera o de alambre grueso (1/8" ó 3/16") pero en todo caso debe llevar clavos o ganchos pequeños que permitan formar, con una piola, una retícula de 0.20 x 0.20 m para las mediciones que la requieran.

En los ERB se toma información sobre los siguientes aspectos básicos para la evaluación agronómica:

- Recuento de plantas
- Altura de plantas
- Cobertura
- Producción de materia seca

Recuento de plantas. Durante el establecimiento, el número de plantas por m^2 se debe registrar cada 4, 8 y 12 semanas; durante la producción se hace a las 3, 6, 9 y 12 semanas después del corte, en épocas de máxima y mínima precipitación.

Para tomar los datos se coloca el marco de $1 m^2$ sobre las dos hileras centrales, tal como se ve en las Figuras 9 y 10, y se cuenta el número de plántulas o plantas comprendidas dentro de él.



Figura 9 Recuento de la planta en $1 m^2$.

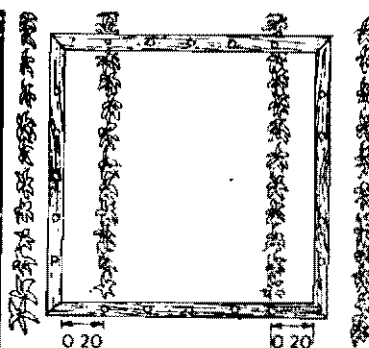


Figura 10. Colocación del marco para recuento de plantas.

En las evaluaciones del establecimiento se cuentan las plantas que queden dentro del marco colocado al azar a lo largo de las dos hileras centrales cuando, a criterio del investigador, la población sea razonablemente uniforme; en caso contrario, el recuento se hace sobre el m^2 que, también a criterio del investigador, represente mejor la población del total de las dos hileras centrales.

El recuento de las plantas para la evaluación de producción en los períodos de máxima y mínima precipitación se hará después del corte respectivo (a las 3, 6, 9 y 12 semanas) dentro del área que sistemáticamente haya correspondido al corte.

En casos en que la entrada sea de crecimiento indefinido y no sea fácil contar las plantas, esta medición se podrá omitir pues las evaluaciones de cobertura darán la información de persistencia en estos casos.

Altura de plantas. Se deben hacer anotaciones sobre la altura de cinco plantas seleccionadas al azar en cada parcela durante el período de establecimiento; más adelante, durante los períodos de máxima y mínima precipitación, se debe informar sobre el promedio de la altura en cada subparcela de muestreo (dentro del marco).

La altura se mide en centímetros desde el suelo hasta el punto más alto de la planta, sin estirla y sin contar la inflorescencia (Figura 11).

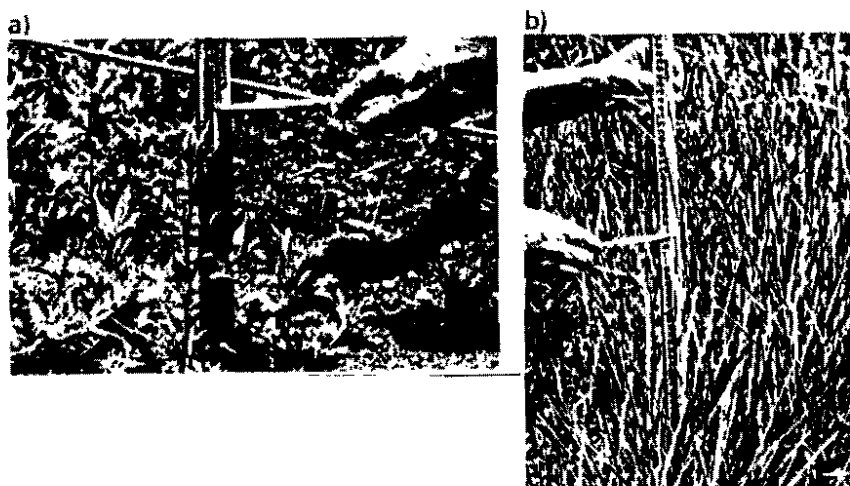


FIGURA 11. Forma de medir la altura de las plantas en una leguminosa (a) y en una gramínea (b). Se toma la distancia del suelo al punto más alto de la hoja superior, sin estirar el follaje ni incluir la inflorescencia.

En el caso de que el tamaño de las plantas en las dos hileras centrales sea muy irregular, se deben medir cinco que cubran adecuadamente la variabilidad. Si hay dos tamaños definidos, el número de plantas que se midan dentro de cada tamaño debe guardar relación con proporción con respecto al total; así por ejemplo, si se estima que un 40% de las plantas son de tamaño pequeño, se mide la altura de dos plantas pequeñas y tres de las más altas.

Durante el establecimiento, en general se procura obtener una medida de la altura lo más representativa posible de las dos hileras centrales de la parcela. Cuando se trata de evaluar la producción durante la máxima y la mínima precipitación, las medidas deben representar la altura de la vegetación en el correspondiente m^2 a las 3, 6, 9, y 12 semanas, usando el marco descrito.

Cobertura. La cobertura se debe registrar en porcentaje por m^2 . Durante el establecimiento se mide a las 4, 8 y 12 semanas después de la siembra; durante la producción se mide de acuerdo con los períodos predeterminados de crecimiento (3, 6, 9 y 12 semanas) en las épocas de máxima y mínima precipitación.

Para medir la cobertura se usa un marco de madera o metálico, y una piola o cordel que se pasa por todos los ganchos o clavos laterales del marco para formar un cuadriculado.

El marco cuadriculado se coloca sobre las dos hileras centrales tal como se hizo para el recuento de plantas. La cobertura se estima según la proporción aparente en que el pasto cubra cada área de la retícula (0.2×0.2 m); su valor se anota en un papel previamente cuadriculado que represente el marco cuadriculado con el cordel.

Posteriormente, en la oficina, se suman estos valores por parcela y y el total se multiplica por 4* para obtener el valor en porcentaje.

* La suma de las 25 fracciones de la retícula se multiplica por 4 porque $\frac{100}{25} = 4$

El valor que se registra debe redondearse a la cifra entera más próxima (Figura 12).

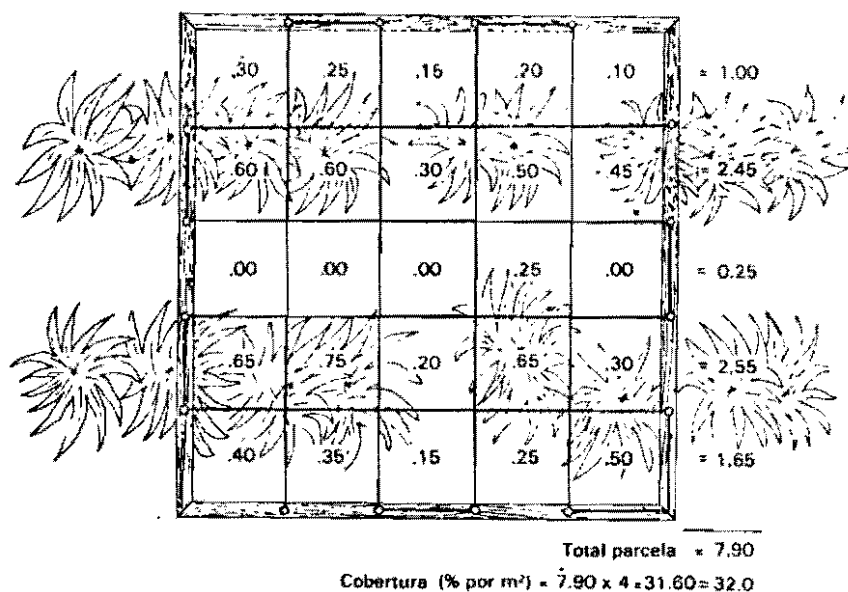


FIGURA 12. Ejemplo del uso del marco en la evaluación de cobertura.

Durante el establecimiento, la idea general es obtener la información más real y representativa de lo que ocurre en las dos hileras centrales de la parcela, lo mismo que se hace con las medidas de la altura mínima de las plantas. Con tal fin, el marco de evaluación se coloca al azar o selectivamente, según sea el grado de uniformidad de la cobertura a lo largo de la parcela (4 m²).

La información para evaluar la producción debe representar la cobertura del área que corresponda al corte (3,6,9 y 12 semanas de crecimiento).

Después de medir la cobertura con el marco cuadrículado se quita la cuerda y se procede al corte respectivo.

Producción de materia seca. La parcela de 1 x 4 m se divide en cuatro subparcelas de 1 x 1 m que cubran las dos hileras centrales, y se corta una subparcela cada vez, a las 3, 6, 9 y 12 semanas (Figura 13). El corte se debe hacer a las alturas acordadas así:

- 5 a 10 cm para plantas postradas
- 10 a 15 cm para plantas semierectas
- 15 a 30 cm para plantas erectas
- 30 a 60 cm para plantas semiarbusivas cortando rebrotes alrededor de la planta.

Para evaluar la materia seca se deben registrar los siguientes datos en las épocas de máxima y de mínima precipitación: peso fresco de la muestra en g/m^2 , peso fresco de la submuestra en gramos, y peso seco de la submuestra en gramos.

El material recolectado se puede pesar en el campo o se puede pesar posteriormente en el laboratorio, puesto que para el presente caso no interesa la producción de materia fresca. En ambos casos es importante tomar inmediatamente submuestras de aproximadamente 250 g para la determinación de materia seca (MS).

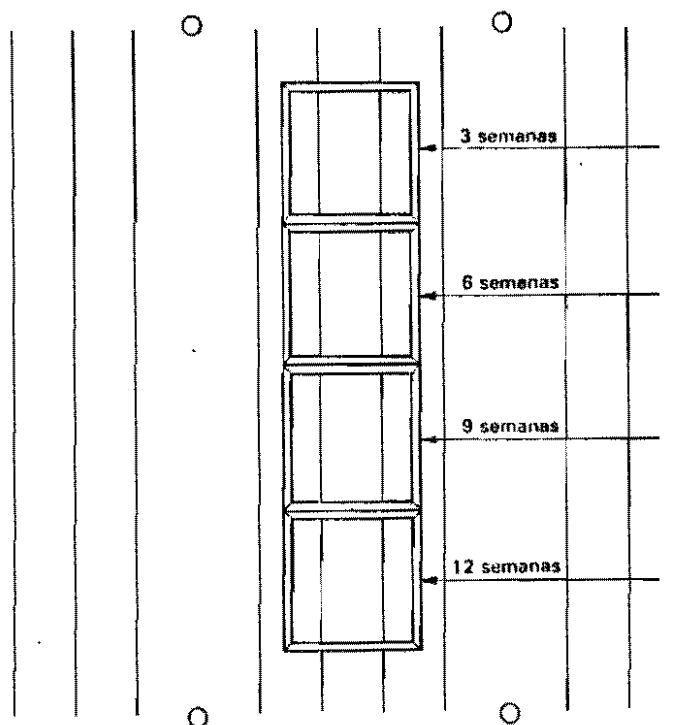


FIGURA 13. Colocación del marco en las subparcelas correspondientes a cada período después del corte de uniformidad. Si el desarrollo de las plantas en el experimento es uniforme, las parcelas se pueden cortar en secuencia, tal como se ve en la figura, pero si el experimento es muy irregular, la posición de cada corte se debe determinar al azar.

Cuando se pesa en el campo, se evitan errores ocasionados por el transporte del material a la oficina o laboratorio; pero en días con viento y lluvia también se puede incurrir en errores por mala instalación de las balanzas en el campo (colocación de cero y taras). Además se requiere un equipo adecuado para el caso: una balanza con una capacidad hasta de 10 kg para pesar las muestras, especialmente para el caso de cortes correspondientes a las 9 ó 12 semanas, y una balanza mas precisa para pesar las submuestras de aproximadamente 250 g que se han de usar para la determinación de MS.

Cuando las muestras se pesan en el laboratorio, la operación resulta normalmente más precisa, porque se pueden usar balanzas de mayor exactitud, y tanto el peso fresco como el seco se miden con el mismo instrumento. El mayor riesgo de error está en la posibilidad de confundir o perder las muestras en el transporte del campo al laboratorio.

Es indispensable tomar las submuestras para la determinación de MS inmediatamente después de pesar el material fresco, a fin de no alterar la información por diferencias en el contenido de humedad de la muestra y de la submuestra. Las submuestras, de aproximadamente 250 g, se deben poner en bolsas de papel de peso conocido, adecuadamente marcadas (repetición, especie, fecha, etc.) y puestas a secar en horno a temperaturas entre 60 y 70°C. Después de 48 horas de secado, las bolsas se deben pesar a la temperatura ambiente.

Si no se dispone de estufa, el secado se puede hacer al sol, aunque éste no es un método recomendable. La mejor forma de hacerlo es usando bolsas o sacos de cabuya o tela negra muy porosa para permitir el fácil intercambio de aire, y lo suficientemente grandes como para esparcir dentro de ellas los 250 g de material en una capa delgada. Estas bolsas con las submuestras se deben colocar de preferencia sobre una superficie de cemento o similar, directamente al sol.

El método de secado al sol es muy lento y requiere permanente atención del investigador, pues cuando las muestras están muy húmedas tienden a

descomponerse; igualmente, todo el proceso de secado se puede echar a perder si los materiales no se protegen anticipadamente de la lluvia.

El momento para pesar la muestra es también difícil de determinar cuando las muestras se secan al sol. Se podría decir que dicho momento ha llegado cuando las muestras, después de dos a cuatro horas bajo fuerte sol, tienen un peso constante. Esto es algo que requiere de la experiencia propia de cada investigador.

Otras evaluaciones. Las evaluaciones de daños por insectos y enfermedades, de deficiencias y toxicidades, y de la nodulación, en el caso de las leguminosas, se deben realizar de acuerdo con la técnica de evaluación descrita en los capítulos correspondientes.

Caracterización del ecosistema y datos de clima. La localidad de cada Ensayo Regional B se debe caracterizar lo más completamente posible en cuanto a su ubicación geográfica y política, y condiciones predominantes de clima y suelo.

Igualmente es necesario registrar la información diaria sobre el clima (precipitación y temperatura) durante los períodos de evaluación del establecimiento y de la producción en la época de máxima y mínima precipitación.

RECOPIACION, PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE INFORMACION

María Cristina Amézquita *

La Red de Evaluación de Germoplasma de Pastos Tropicales obtiene información sobre el comportamiento de ecotipos de gramíneas y leguminosas forrajeras a través de un rango de localidades pertenecientes a los cinco ecosistemas que conforman el Area de Actuación del Programa.

Para la recopilación, procesamiento y análisis de la información generada en cada uno de los ensayos de la Red se requiere una metodología que sea confiable y que permita realizar comparaciones estadísticamente válidas a nivel de localidad individual, a nivel de ecosistema y a través de ecosistemas.

El presente documento describe la metodología adoptada para los Ensayos Regionales A y B (ERA y ERB).

RECOPIACION DE LA INFORMACION

Con el fin de unificar los resultados experimentales obtenidos en cada una de las localidades, permitir que la información registrada pase directamente a la etapa de transcripción en "disquetes" (medios magnéticos de almacenamiento de información), y garantizar un análisis estadístico apropiado, se diseñaron formatos especiales para recopilar la información obtenida en cada localidad.

Para evaluar supervivencia de las entradas (Prueba A) se emplean:

Formato 1: Información general de la localidad. Para cada lugar en donde se realiza un ensayo A se registra: Identificación de la localidad, parámetros ambientales y datos de suelo.

Formato 2: Evaluación de la adaptación de ecotipos. Por fecha de evaluación, se registra para cada ecotipo en cada una de las 4 repeticiones su calificación de adaptación, número de plantas/parcela, % de cobertura y opcionalmente, producción de materia seca

* Dipl. Estadística Mat., Jefe Sección Biometría

en gr/m².

Para evaluar la productividad del forraje bajo corte (Prueba B) se emplean:

- Formato 1: Información general de la localidad. Para cada lugar en donde se realiza un Ensayo Regional B se registra: Identificación de la localidad, parámetros ambientales y datos de suelo.
- Formato 2: Mediciones durante el período de establecimiento. A la edad de 4, 8 y 12 semanas después de la siembra, se registra para cada ecotipo en cada una de las 3 repeticiones: Número de plantas/m², % de cobertura, altura de plantas, daño por insectos y daño por enfermedades.
- Formato 3: Mediciones durante el período de producción. A la edad de 3, 6, 9 y 12 semanas después de un corte de uniformización se registra para cada ecotipo en cada repetición el número de plantas/m², % de cobertura, altura promedio de planta, producción de materia seca/m², daño por insectos y daño por enfermedades.
- Formato 4: Información meteorológica durante la evaluación. Este formato sirve para registrar datos diarios de temperatura máxima, mínima y precipitación durante los períodos de evaluación tanto en la época de establecimiento como en los períodos de producción.

El colaborador responsable del ensayo debe llenar los formularios por triplicado, dejando para su archivo la primera copia y remitiendo el original y la segunda copia al banco de datos y al archivo de la red, respectivamente.

Conviene recordar que los datos de los Ensayos Regionales A sobre adaptación de entradas* (Formato 2) se registran cada ocho o nueve semanas a partir de la 15a semana después de la siembra, por un tiempo mínimo de un año; los de los Ensayos Regionales B se registran en tres épocas de evaluación que son el período de establecimiento (Formato 2) y los períodos de

* Entradas = Variedades, ecotipos, especies y géneros incluidos en los Ensayos Regionales.

producción en condiciones de máxima y de mínima precipitación (Formato 3), conjuntamente con los datos de temperatura y precipitación correspondientes a esos períodos (Formato 4).

En los Apéndices A a F del presente manual se cuentan copias (en tamaño reducido) de los Formatos 1 y 2 de los ERA y 1 a 4 de los ERB y sus correspondientes instrucciones; éstas son las mismas que aparecen en el reverso de los formatos correspondientes a los ERB que se están usando actualmente.

PROCESAMIENTO DE LA INFORMACION

El conjunto de programas que realizan el proceso de generación de archivos de datos básicos, detección, corrección de inconsistencias y análisis estadístico se ha desarrollado utilizando SAS (Statistical Analysis System) en su versión 79.5. Como equipo de computación se usó inicialmente el computador ITEL AS/5 del DANE (Departamento Administrativo Nacional de Estadística, en Bogotá, Colombia) mediante teleproceso utilizando como terminal el computador IBM S/34 localizado en CIAT. A partir de enero 1982 el CIAT cambió su equipo de computación a un IBM 4331 que es el que se está usando actualmente.

1.- Generación de archivos con datos básicos

En el CIAT la información consignada en los formatos se somete inicialmente a un proceso de revisión visual para detectar y corregir posibles fallas en la forma de registro de datos. Luego se graba en disquetes en dos archivos independientes por localidad para el caso de los Ensayos Regionales A, y de siete archivos en el caso de los Ensayos B, para ser sometida luego al proceso de detección y corrección de errores por computador.

Los archivos por localidad se identifican mediante nombres especiales según el tipo de Ensayo Regional, la localidad donde se realizó el ensayo y tipo de información que contiene, así:

Nombre del archivo Información que contiene

- Ensayos A
1. XYZZG General sobre la localidad
 2. XYZZADAP Evaluaciones de adaptación, ordenadas por fecha de evaluación.
- Ensayos B
1. XYZZG General sobre la localidad
 2. XYZZEP Establecimiento, datos de plantas
 3. XYZZEC Establecimiento, datos climatológicos
 4. XYZZPMXP Producción máxima precipitación, datos de plantas
 5. XYZZPMXC Producción máxima precipitación, datos climatológicos.
 6. XYZZPMNP Producción mínima precipitación, datos de plantas.
 7. XYZZPMNC Producción mínima precipitación, datos climatológicos.

Donde XYZZ corresponde al código asignado a cada localidad, así:

X = indica el tipo del ensayo regional: A o B

Y = identifica el ecosistema al cual pertenece esa localidad con:

L = bosque tropical lluvioso

E = bosque tropical semisiempreverde

H = sabana tropical bien drenada hipertérmica

T = sabana tropical bien drenada térmica

M = sabana tropical mal drenada.

Los dos últimos caracteres, ZZ, corresponden a un número consecutivo entre 01 y 99 que identifica la localidad dentro de cada ecosistema.

2.- Detección de inconsistencias

Se inicia entonces la etapa de detección de inconsistencias por computador cuyo objetivo es corregir errores en cada una de las variables de interés mediante chequeo de rangos, cálculo de promedios, desviación estándar y valores máximo y mínimo por entrada. Se chequea además los códigos de familia, género, especie y ecotipo, así como el número de la repetición.

En el caso de los ERA, las variables de interés (Formato 2) son: grado de adaptación, número de plantas por parcela, porcentaje de cobertura, daño

por insectos y daño por enfermedades. Para los ERB las variables de interés son: a) durante el establecimiento (Formato 2): altura de las plantas, porcentaje de cobertura y evaluación del daño causado por insectos y enfermedades y b) durante el período de producción (Formato 3): rendimiento de materia seca (kg/ha), porcentaje de cobertura y evaluaciones de daño por insectos y enfermedades. Además se incluye la información climatológica (temperatura y precipitación), tanto en el período de establecimiento como en los de producción.

Una vez corregidas las inconsistencias en la información se prosigue a la etapa de análisis.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La finalidad del análisis estadístico es efectuar comparaciones válidas entre las entradas dentro de una localidad específica y a través de las localidades que pertenecen a un mismo ecosistema.

Los datos provenientes de la Red se someten inicialmente a un análisis estadístico individual por localidad, cuyos resultados se envían al colaborador responsable; posteriormente se hace un análisis combinado entre los resultados de las localidades de un mismo ecosistema, cuyo producto permite conocer y comparar el comportamiento de las entradas en el rango de condiciones ambientales de ese ecosistema particular.

Tanto en los ERA como en los ERB se analizan en forma independiente los ensayos de las gramíneas y de las leguminosas.

Ensayos Regionales A. En lo que se refiere a los ERA, dado que su objetivo es evaluar adaptación (supervivencia) a nivel de localidades representativas de un ecosistema mayor, se cree conveniente efectuar únicamente análisis individual por localidad; el resultado de este análisis sirve de base para seleccionar entradas que se evalúan posteriormente en subecosistemas del ecosistema mayor, mediante los ERB.

El análisis clasifica las entradas de gramíneas y leguminosas según su grado de adaptación al medio en una escala de 1 a 5, obteniéndose así los

siguientes cuatro grupos por localidad:

Excelentes: 3.5 a 4.0

Buenos : 2.5 a 3.4

Regulares : 1.5 a 2.4

Malos : < 1.5

Los parámetros relacionados con número de plantas/parcela y porcentaje de cobertura a través del tiempo sirven como indicadores de supervivencia. Igualmente se obtiene una estimación del nivel de daño por enfermedades e insectos en cada entrada.

Ensayos Regionales B. En los ERB, los datos que se toman durante el período de establecimiento tienen como objetivo acopiar información que permita entender y explicar los posibles problemas correspondientes a este período, que afecten las observaciones del período de producción.

En general, los datos provenientes del período de establecimiento están destinados a estudiar el grado de confiabilidad del ensayo; por lo tanto, desde el punto de vista del estudio del comportamiento de las especies en los diferentes ecosistemas, las variables generadas sólo se consideran para efectos del análisis individual por localidad.

Por el contrario, el objetivo de la información proveniente de la época de producción es evaluar la adaptación de las entradas, (géneros, especies y ecotipos) en diferentes localidades (subecosistemas) de un ecosistema mayor en épocas de máxima y de mínima disponibilidad de agua. Desde el punto de vista del análisis estadístico de la información correspondiente a este período, se hace énfasis en el análisis combinado entre las localidades de un mismo ecosistema; sin embargo, también se producen análisis individuales por localidad, los cuales se envían al colaborador para su propia información y toma de decisiones.

La metodología del procesamiento y análisis de los ERB es más compleja que la de los ERA pues en este nivel ya se está trabajando con germoplasma promisorio (seleccionado de los ERA). Cada localidad envía información meteorológica y a nivel de parcela experimental sobre tres períodos experimentales.

Para efectos del análisis estadístico individual por localidad se han desarrollado programas, aplicables a los datos de cualquier localidad, que hacen el análisis y organizan los resultados en formatos de impresión especialmente diseñados para estos Ensayos Regionales.

El plan de análisis combinado entre localidades de un mismo ecosistema comprende tres aspectos:

- 1.- Comparaciones entre las entradas comunes a todas las localidades de un ecosistema con respecto a: curvas de producción, curvas de cobertura, producción de materia seca y tasa de crecimiento entre la fecha del corte de uniformidad y la fecha de la máxima producción. Se hacen con análisis de varianza según este modelo:

$$Y_{ijk} = \mu + L_i + R_j(L_i) + E_k + (L \times E)_{ik} + \text{Residuo}$$

donde,

Y_{ijk} = respuesta del ecotipo k en la repetición j de la localidad i

μ = promedio de respuesta general

L_i = efecto de la localidad i

$R_j(L_i)$ = efecto de la repetición j de la localidad i

E_k = efecto de la entrada k

$(L \times E)_{ik}$ = efecto de la interacción localidad x ecotipo.

Considerando L localidades, E entradas comunes a todas las localidades, y r repeticiones por localidad, la distribución de grados de libertad y prueba de F sería la siguiente:

<u>Fuente de Variación</u>	<u>gl</u>	<u>F</u>
Localidad	L-1	$CM_L / CM_{R(L)}$
Repetición (localidad)	(r-1)L	
Entrada	E-1	CM_E / CM_{ExL}
Entrada x localidad	(E-1)(L-1)	$CM_{ExL} / CM_{\text{Residuo}}$
Residuo=Rep x Entrada (localidad)	(r-1)(E-1)(L)	
Total	rLE-1	

Para hacer comparaciones entre curvas de crecimiento o de cobertura se hacen análisis de varianza multivariados, tomando como variable de respuesta el vector $\vec{Y}_{ijk}$ cuyos elementos son los coeficientes de la curva para cada entrada.

- 2.- Estudio de adaptabilidad de las entradas para clasificarlas de acuerdo con su sensibilidad a diferencias en el ambiente. Se sigue el método inicialmente por Eberhart, S.A. y Russell, W.A. (1966), y utilizado posteriormente por muchos otros autores interesados se seleccionan ecotipos de acuerdo con su adaptabilidad (ver Apéndice G: Resumen de metodologías para medir la estabilidad o adaptabilidad de variedades).

Como definición de adaptabilidad se adopta la presentada por Laing (1978): "adaptabilidad se refiere a la respuesta relativa de un genotipo evaluado a través de un rango de localidades", en contraste con el concepto de estabilidad, que se refiere a la "respuesta relativa de un genotipo a factores ambientales cambiantes a través del tiempo en una misma localidad".

Como índice ambiental se considera:

$I = \text{promedio de rendimiento de la localidad} - \text{promedio de rendimiento general}^*$.

Como parámetros de adaptabilidad se adoptan la pendiente (b) de la regresión de rendimiento de la entrada en función del índice ambiental y la raíz del cuadrado medio de las desviaciones de la regresión ($\sqrt{CMD}$).

* Estos promedios incluyen entradas comunes a todas las localidades, pero excluyen la entrada en evaluación.

3.- El último paso del análisis combinado pretende clasificar las entradas según su nivel de producción y su adaptabilidad con base en la información obtenida en las dos etapas anteriores. Como producto final se obtienen grupos de entradas de comportamiento y producción similares a través de un mismo ecosistema.

Como metodología estadística se usa el análisis por conglomerado o 'Cluster analysis' (ver Apéndice H).

RESULTADOS QUE SE ENVIAN AL COLABORADOR

Los resultados que se envían al colaborador como producto del análisis individual de su ensayo regional A comprenden únicamente las calificaciones de adaptación de cada uno de los ecotipos en los varios períodos de evaluación. Aparece por ecotipo el calificativo de EXCELENTE, BUENO, REGULAR o MALO.

Los resultados que se envían al colaborador como producto del análisis individual de su Ensayo Regional B comprenden:

- a) Estimación del grado de heterogeneidad de las parcelas durante el establecimiento (sobre la base del CV de la altura de planta).
- b) Ajuste de las curvas de producción de materia seca para cada entrada en los períodos de establecimiento y de producción en las dos épocas estacionales. Se obtiene el modelo (líneal o cuadrático) de mejor ajuste.
- c) Comparación de los varios ecotipos de gramíneas y leguminosas en términos de producción de materia seca (kg/ha) y de porcentaje de cobertura.
- d) Cálculo del nivel de daño causado por enfermedades e insectos en cada ecotipo.
- e) Curvas de temperatura y precipitación semanal en cada período.
- f) En un futuro, cada colaborador recibirá también la información correspondiente a su ecosistema y los resultados del análisis combinado.

V. PROTECCION DE PLANTAS
FITOPATOLOGIA
ENTOMOLOGIA

- El Concepto de Centro de diversidad y su importancia para la evaluación de enfermedades de Leguminosas Forrajeras en Centro y Suramerica.

Jill Lenné

- Enfermedades de Pastos Tropicales en Sur y Centro América.

Jill Lenné

- Control de Insectos Mediante la Utilización de Plantas Hospederas Resistentes.

M. Calderón

EL CONCEPTO DE CENTRO DE DIVERSIDAD Y SU IMPORTANCIA PARA LA EVALUACION DE ENFERMEDADES DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS EN CENTRO Y SURAMERICA

Jill Lenné *

La mayoría de las leguminosas forrajeras que se están evaluando en el Programa de Pastos Tropicales del CIAT son nativas de Centro y Suramérica, y por consiguiente, están siendo estudiadas en sus ambientes naturales o centros de diversidad. Es importante comprender esta situación cuando dichas plantas se evalúan desde el punto de vista de las enfermedades que las afectan.

El centro de diversidad de una planta contiene toda la variación natural de la misma, y es, al mismo tiempo el centro de diversidad de los patógenos y plagas especializados en ella. Se piensa que las razas más patogénicas y los biotipos de insectos existen en el centro de diversidad de un parásito con mayor probabilidad que en cualquier otra parte. En los centros de diversidad, tanto el hospedero como el parásito han estado asociados por largo tiempo como factores selectivos recíprocos en evolución. Cada nueva y más virulenta raza o biotipo que evolucione debe necesariamente haber reducido la proporción de individuos susceptibles en la población hospedera y los sobrevivientes habrán desarrollado resistencia, a menudo de carácter múltiple. Por consiguiente, los centros de diversidad sirven como la principal fuente de resistencia genotípica contra enfermedades e insectos. Por medio de la selección de leguminosas forrajeras en sus centros de diversidad debe ser posible seleccionar germoplasma con resistencia múltiple contra los patógenos y plagas especializadas que los atacan.

Como es el centro de diversidad de una planta identificada? Esto es a menudo difícil de establecer, especialmente para plantas alimenticias, debido al movimiento de material vegetal realizado por el hombre en cientos de años. En el pasado, sin embargo, las leguminosas tropicales con potencial forrajero han sido de poco interés para el hombre. La colección activa de germoplasma comenzó hace sólo pocas décadas. Los sitios de colección de las leguminosas tropicales con potencial forrajero, como aparecen en los estudios taxonómicos son entonces buenos indicadores de los centros de diversidad de estas plantas. Aunque

la definición está influida por el número de colecciones y la exactitud de la identificación de las plantas, generalmente hay suficiente información para definir los centros de diversidad de muchas leguminosas.

El género *Stylosanthes* ha recibido una mayor atención entre todos los géneros de leguminosas tropicales. Como resultado, se han logrado más colecciones de este género que de cualquier otro y existe más información disponible para definir los centros de diversidad de las especies. Con base en la información disponible, los centros de diversidad de aquellas especies más importantes para el Programa de Pastos Tropicales del CIAT se pueden encontrar con mayor probabilidad en:

<i>Stylosanthes capitata</i>	- Oriente de Venezuela
<i>Stylosanthes scabra</i>	- Brasil
<i>Stylosanthes bracteata</i>	- Brasil, Paraguay y Argentina
<i>Stylosanthes guianensis</i>	- Desde Centroamérica hasta Argentina
<i>Stylosanthes guianensis</i> "tardío"	- Brasil y Venezuela

Además de *S. guianensis*, la especie más ampliamente distribuida, aquellas especies de interés para CIAT tienen distribuciones limitadas. Sobre la base del concepto de centro de diversidad, se espera que los patógenos y plagas especializados que afectan a *S. capitata* se encontrarán en la región oriental de Venezuela y Brasil; los que afectan *S. scabra* en Brasil; los que afectan a *S. bracteata*, en Brasil, Paraguay y Argentina, y los que afectan a *S. guianensis* "tardío", en Brasil. Se espera también que los parásitos que afectan a *S. guianensis* estén distribuidos ampliamente. Por consiguiente, para exponer estas leguminosas a sus plagas y patógenos especializados y seleccionar germoplasma con resistencia múltiple, deben realizarse selecciones y evaluaciones de enfermedades en sus centros de diversidad.

Recientemente, la importancia de realizar selecciones en el centro de diversidad se ha puesto de relieve con respecto a *S. capitata*, una leguminosa forrajera con considerable potencial para los suelos ácidos e infértiles de Suramérica Tropical. La antracnosis, causada por *Colletotrichum* spp., es la enfermedad más seria de *Stylosanthes* spp.; una ayuda importante en la selección a nivel de campo es la identificación de ecotipos de *S. capitata* que muestren resistencia.

La selección de campo de 78 ecotipos de *S. capitata* para establecer su reacción a la antracnosis en Carimagua dió como resultado 68 resistentes (Tabla 1), mientras que en Brasília solamente se encontraron 8. Es claro que las razas especializadas de hongos que producen antracnosis en *S. capitata* existen en su centro de diversidad: Brasil. La selección por resistencia a antracnosis en Colombia, donde *S. capitata* es una planta exótica, seguramente dará como resultado ecotipos susceptibles.

Tabla 1. Selección de campo de 78 ecotipos de *Stylosanthes capitata* en Carimagua, Colombia, y Brasilia, Brasil en 1978 y 1979.

Reacción a la antracnosis				
Selección	Localidad	Mod.		
		Resistente	Resistente	Susceptible
Carimagua	Colombia	68	10	0
Brasilia	Brasil	8	29	49

Si la cuarentena de la planta provee suficiente seguridad contra la importación de patógenos en la semilla, el riesgo de utilizar ecotipos susceptibles puede ser aceptable. Con respecto a los pastos tropicales, sin embargo, la colección e introducción de plantas es una actividad continua y las posibilidades de introducción de patógenos son posibles incluso bajo las más estrictas regulaciones de cuarentena.

Se concluye que la primera selección de leguminosas forrajeras tropicales en sus centros de diversidad se considera esencial para la identificación de germoplasma con resistencia a patógenos y plagas especializadas. Este enfoque hacia la selección de germoplasma debe reducir la necesidad de mejoramiento genético por resistencia a patógenos y plagas de estas leguminosas.

ENFERMEDADES DE PASTOS TROPICALES EN SUR Y CENTRO AMERICA

Jill Lenné

A. LEGUMINOSAS

1. Stylosanthes

- a) ANTRACNOSIS: Importante en todas las especies de Stylosanthes eg. capitata; guianensis; macrocephala; scabra; viscosa; hamata.

Tipo de patógeno: Hongo

Patógenos: Colletotrichum gloeosporioides
Colletotrichum dematium

Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú,
Venezuela, Centroamérica

Síntomas:

(i) Stylosanthes capitata: Lesiones en los tallos, marrón y negro, usualmente situado en las estípulas y en el tallo bajo las estípulas. Lesiones en las hojas; crema y marrón con márgenes marrones; usualmente en las plantas jóvenes.

(ii) Stylosanthes guianensis: Lesiones en los tallos y las hojas, marrón o negra.

Lesiones en los tallos: manchas en todas partes y lesiones en las estípulas.

Lesiones en las hojas: manchas en todas partes y lesiones en las puntas.

(iii) Stylosanthes scabra, hamata y viscosa: Lesiones en los tallos y las hojas; crema o gris con márgenes marrones.

b) SECAMIENTO (BLIGHT)

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Sclerotium rolfsii

Rango de hospedantes: Stylosanthes spp. (esp. S. capitata)

Distribución: Brasil, Colombia

Síntomas**:

Marchitamiento de las plantas; secamiento y muerte. En las plantas con estos síntomas, es posible encontrar el micelio blanco y los esclerocios circulares y marrones en los tallos cerca al suelo.

** El efecto de las hormigas en Stylosanthes spp. es muy similar a secamiento pero la presencia de los esclerocios confirma la identidad de Sclerotium rolfsii.

c) ANUBLO DE LA INFLORESCENCIA POR Rhizopus (Rhizopus spp.)

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Rhizopus spp.

Rango de hospedantes: Stylosanthes capitata

Distribución: Colombia

Síntomas:

Marchitamiento y muerte de las inflorescencias. El hongo está asociado con los botones.

d) CHANCRO POR Botryosphaeria ribis.

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Botryosphaeria ribis

Rango de hospedantes: S. capitata, S. scabra

Distribución: Colombia

Síntomas:

Agrietamiento y chancros de tallos leñosos de plantas de 1-2 años; formación de chancros; muerte de las plantas.

e) ANUBLO DE LA INFLORESCENCIA POR *Botrytis cinerea*

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: *Botrytis cinerea*
Rango de hospedantes: *S. hamata*, *S. capitata*
Distribución: Colombia
Síntomas:

Marchitamiento y muerte de las inflorescencias. El hongo *Botrytis cinerea* está asociado con las inflorescencias.
Secundario.

f) MANCHA FOLIAR POR CERCOSPORA.

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: *Cercospora* sp.
Rango de hospedante: *S. guianensis*
Distribución: Pucallpa, Perú
Síntomas:

Manchas marrones o negras y redondas. Secundario.

g) HOJA PEQUEÑA

Tipo de patógeno: *Mycoplasma*
Patógeno: *Mycoplasma* sp.
Rango de hospedantes: *S. capitata*, *S. macrocephala*, *S. scabra*.
Distribución: Brasil
Síntomas:

Proliferación de las hojas y los tallos; hojas pequeñas y entrenudos cortos.

h) MOHO GRIS

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Physarum sp.
Rango de hospedantes: S. capitata
Distribución: Colombia
Síntomas:

Moho gris y limoso por encima de toda la planta; interferencia en fotosíntesis. Secundario.

2. Desmodium

a) NEMATODO DEL NUDO DE LA RAIZ- (ROOT-KNOT NEMATODE)

Tipo de patógeno: Nemátodo
Patógeno: Meloidogyne javanica
Rango de hospedantes: Desmodium spp. esp. D. ovalifolium,
D. heterocarpon, D. gyroides.
Distribución: Colombia, Brasil

Síntomas de las plantas:

Primero amarillamiento o clorosis de las plantas en diferentes partes del pedazo; después las plantas afectadas pierden las hojas y mueren.

Síntomas de las raíces:

Nudos o agallas de las raíces.

b) HOJA PEQUEÑA

Tipo de patógeno: Mycoplasma
Patógeno: Mycoplasma sp.
Rango de hospedantes: Desmodium spp. esp. D. intortum, D.
heterocarpon, D. cajanifolium, D. gyroides

Distribución: Brasil, Colombia, Bolivia, Perú, Centro-América.

Síntomas:

Proliferación de las hojas y los tallos, hojas pequeñas y entrenudos cortos.

c) ROYA FALSA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Synchytrium desmodii

Rango de hospedantes: Desmodium ovalifolium

Distribución: Asia esp. Sri Lanka e India

Síntomas:

Pústulas con esporas naranjas polvosas en las hojas y los tallos; deformación de los ápices y hojas jóvenes; agallas en los tallos; defoliación y muerte de tallos.

d) MILDEO POLVOSO

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Oidium sp.

Rango de hospedantes: Desmodium spp.

Distribución: Todos los países de Sur y Centro América; común en Desmodium spp. nativos.

Síntomas:

Mildeo polvoso y blanco por encima de toda la planta; interferencia en fotosíntesis.

e) MANCHA FOLIAR POR CERCOSPORA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Cercospora spp.

Rango de hospedantes: Desmodium spp.

Distribución: Sur y Centroamérica

Síntomas:

Manchas irregulares; crema a marrón a negra. Una enfermedad secundaria.

f) MANCHA FOLIAR POR RHIZOCTONIA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Rhizoctonia solani

Rango de hospedantes: Desmodium spp.

Distribución: Colombia y Brasil

Síntomas:

Manchas irregulares; crema o marrón. Una enfermedad secundaria.

3. Zornia

a) COSTRA O CHANCRO POR SPHACELOMA (SPHACELOMA SCAB)

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Sphaceloma zorniae

Rango de hospedantes: Zornia spp.

Distribución: Brasil, Colombia, Venezuela.

Síntomas:

Lesiones en los tallos y pecíolos.

Lesiones jóvenes: manchas pequeñas, crema con márgenes marrones; elíptico a circular.

Lesiones maduras: grandes; en todas partes de los tallos; con costras o chancros cremas o marrones; defoliación y muerte de los tallos.

b) COMPLEJO VIRUS Y MOHO NEGRO

Tipo de patógeno: Virus y hongo

Patógeno: Virus y Meliola sp.

Rango de hospedantes: Zornia latifolia, Z. reticulata, Z. campestris.

Distribución: Brasil

Síntomas:

Enrollamiento y deformación de las hojas, detención del crecimiento; crecimiento de hongos dentro de las hojas deformes.

c) MARCHITAMIENTO BACTERIAL

Tipo de patógeno: Bacteria
Patógeno: Corynebacterium flaccumfaciens
Rango de hospedantes: Zornia spp.
Distribución: Colombia
Síntomas:
Marchitamiento y muerte de los tallos y plantas

d) ANTRACNOSIS

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Colletotrichum spp.
Rango de hospedantes: Zornia spp.
Distribución: Centro y Sur América
Síntomas:

Lesiones en las hojas: manchas pequeñas; crema y algunas veces con márgenes marrones en todas partes de las hojas.

Lesiones en los tallos: manchas marrones a negras.

4. Centrosema

a) MANCHA FOLIAR POR CERCOSPORA (CERCOSPROA LEAF SPOT)

Tipo de patógeno: Hongo
Patógenos: Cercospora bradburyae
Cercospora canescens
Cercospora spp.

Rango de hospedantes: Centrosema pubescens, C. plumieri, C. virginianum, C. macrocarpum.

Distribución: Centro y Suramérica.

Síntomas:

Lesiones en las hojas; marrón a negra, usualmente con una aureola amarilla; angular a circular, en todas partes de las hojas.

b) BACTERIOSIS

Tipo de patógeno: Bacteria

Patógeno: Pseudomonas flourescens BIOTIPO 2

Rango de hospedantes: Centrosema sp. CIAT 5112, 5118, 5278

Distribución: Colombia, Brasil

Síntomas:

Pudrición y muerte de las hojas pequeñas y terminales, manchas necróticas en hojas maduras; defoliación y muerte de plantas.

c) MANCHA FOLIAR Y AÑUBLO POR RHIZOCTONIA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Rhizoctonia solani

Rango de hospedantes: Centrosema brasilianum, algunas veces en C. pubescens y C. arenarium.

Distribución: Colombia, Brasil y Perú

Síntomas:

Manchas cremas y añublo de las hojas; defoliación y muerte de las plantas.

d) MANCHA FOLIAR POR ANTRACNOSIS

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Colletotrichum gloeosporioides
Rango de hospedantes: Centrosema spp.
Distribución: Centro y Sur América
Síntomas:
Lesiones en las hojas; cremas con márgenes marrones, en todas partes de las hojas.

e) MANCHA FOLIAR POR ALTERNARIA

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Alternaria sp.
Rango de hospedantes: Centrosema pubescens
Distribución: Colombia
Síntomas:
Manchas marrones con zonas diferentes en todas partes de las hojas.

5. Aeschynomene

A) ANTRACNOSIS

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Colletotrichum spp.
Rango de hospedantes: Aeschynomene spp.
Distribución: Centro y Sur América
Síntomas:
Lesiones en las hojas y tallos, negras.
Lesiones en los tallos: manchas negras en todas partes de los tallos.
Lesiones en las hojas: manchas pequeñas, negras en todas partes de las hojas.

b) MANCHA NEGRA POLVOSA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Polythrincium sp.

Rango de hospedantes: Aeschynomene sp.

Distribución: Colombia

Síntomas:

Manchas negras polvosas en las caras inferiores de las hojas; defoliación.

6. Pueraria phaseoloides (Kudzú)

a) ANTRACNOSIS

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Colletotrichum gloeosporioides

Rango de hospedantes: Pueraria phaseoloides

Distribución: Centro y Suramérica

Síntomas:

Manchas marrones con márgenes negras en todas partes de las hojas y tallos. Manchas negras y pudrición de las vainas.

b) MANCHA FOLIAR POR CERCOSPORA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Cercospora spp.

Rango de hospedantes: Pueraria phaseoloides

Distribución: Centro y Suramérica

Síntomas:

Manchas cremas-café en todas partes de las hojas. Secundaria.

7. Leucaena

a) MANCHA FOLIAR POR CAMPTOMERIS

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Camptomeris leucaenae
Rango de hospedantes: Leucaena spp.
Distribución: Colombia, Ecuador, Venezuela, Centro-
América, México.

Síntomas:

Lesiones en las hojas: en la cara superior, manchas muy pequeñas, amarillas o marrón.

En la cara inferior: lesiones circulares con manchas diminutas, polvosas y negras. Las hojas con muchas lesiones se tornan amarillas y se caen.

b) BACTERIOSIS DE LA VAINA

Tipo de patógeno: Bacteria
Patógeno: Pseudomonas flourescens BIOTIPO 2
Rango de hospedantes: Leucaena spp.
Distribución: Colombia, Brasil, Centroamérica, México.

Síntomas:

Pudrición de las semillas en las vainas; en asociación con heridas causadas por insectos.

c) ANTRACNOSIS

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Colletotrichum gloeosporioides
Rango de hospedantes: Leucaena spp.
Distribución: Colombia, Brasil, Centroamérica, México.

Síntomas:

Manchas negras en las hojas y tallos; amarillamiento y defoliación.

d) MILDEO POLVOSO

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Oidium sp.
Rango de hospedantes: Leucaena spp.
Distribución: Colombia, Brasil, Centroamérica, México.
Síntomas:
Mildeo polvoso y blanco por encima de toda la planta; común en hojas bajas.

8. Macroptilium

a) ROYA (Rust)

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Uromyces appendiculatus
Rango de hospedantes: Macroptilium spp. (incluso Siratro),
Vigna spp.
Distribución: Brasil, Colombia, Perú, Venezuela.
Síntomas:
Lesiones en las hojas; en ambas caras, más común en las hojas maduras, pústulas elípticas a circulares con polvo marrón (esporas del hongo). Hojas con muchas lesiones están amarillas.

b) ROYA FALSA (FALSE RUST)

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Synchytrium phaseoli
Rango de hospedantes: Macroptilium spp., Glycine spp.
Distribución: Brasil, Ecuador, Centroamérica
Síntomas:
Lesiones en las hojas y los tallos.
Lesiones jóvenes: pústulas elípticas a circulares con polvo naranja (esporas del hongo).

Síntomas:

Manchas crema-gris en todas partes de la hoja.

9. Calopogonium

a) MANCHA FOLIAR POR ANTRACNOSIS

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Colletotrichum gloeosporioides

Rango de hospedantes: Calopogonium spp.

Distribución: Colombia, Brasil

Síntomas:

Manchas marrones con márgenes negras en todas partes de la hoja.

b) MANCHA FOLIAR POR CERCOSPORA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Cercospora sp.

Rango de hospedantes: Calopogonium sp.

Distribución: Colombia, Brasil

Síntomas:

Manchas cremas en todas partes de la hoja.

B. GRAMINEAS

1. Andropogon gayanus

a) MANCHA FOLIAR POR RHYNCHOSPORIUM

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: Rhynchosporium sp.

Rango de hospedantes: Andropogon gayanus (posib. arroz)

Distribución: Colombia, Brasil.

Síntomas:

Primero: manchas pequeñas naranjas y redondas en todas partes de las hojas; formación de zonas de crecimiento del hongo; bajo condiciones húmedas el micelio del hongo está en los bordes de las lesiones. Secundario.

b) ENFERMEDAD "PUNTA TORCIDA" DE *Andropogon gayanus*.

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: *Fusarium* sp. posib.

Rango de hospedantes: *A. gayanus* (posib. caña y maíz)

Distribución: Brasil y Colombia

Síntomas:

Enrollamiento de las hojas, Secundario.

2. *Panicum maximum*

a) MANCHA FOLIAR POR CERCOSPORA

Tipo de patógeno: Hongo

Patógeno: *Cercospora fusimaculans*

Rango de hospedantes: *Panicum maximum*

Distribución: Centro y Suramérica

Síntomas:

Lesiones en las hojas y en los tallos, marrón, elíptico a casi radicular, en todas partes de las hojas y los tallos.

b) CARBON (SMUT)

Tipo de patógeno: Hongo
Patógeno: Tilletia ayersii
Rango de hospedantes: Panicum maximum
Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela,
Centroamérica.

Síntomas:

El carbón afecta la inflorescencia. Las flores aparecen hinchadas. No hay semillas en las flores hinchadas. Las flores están llenas de polvo gris (esporas del hongo) y pegajosas.

CONTROL DE INSECTOS MEDIANTE LA UTILIZACION DE PLANTAS HOSPEDERAS RESISTENTES

Preparado por:M. Calderón

I. EVOLUCION SIMULTANEA

La planta en el proceso de evolución, ha desarrollado ciertas reacciones de defensa contra el ataque de insectos. Los insectos, por otro lado se han co-adaptado a las reacciones defensivas de la planta. Este equilibrio en un determinado momento evolutivo se puede romper y se produce una ligera ventaja ya sea para el insecto o para la planta.

El hombre ha aprendido a manejar o manipular el contenido genético de las plantas de tal forma, que el equilibrio se rompa en favor de la planta y no del insecto; en otras palabras el hombre ha aprendido a ver el fitomejoramiento a una velocidad mayor de la que se produce naturalmente en el proceso evolutivo.

II. CARACTERISTICAS DE LA RESISTENCIA

La resistencia se refiere a la interacción planta-insecto, la cual es relativa y se define solamente en términos de otras plantas o variedades y debe ser hereditaria.

Definición: Painter (1951), definió la resistencia como la cantidad relativa de cualidades hereditarias que posee la planta con la cual se determine el último grado de daño pro

ducido por el insecto. Beck y Maxwell (1973), la define como el total de características hereditarias mediante las cuales una especie vegetal o línea genética reduce las probabilidades de que sea usada exitosamente como planta hospedera, por una especie o biotipo de insecto.

III. LOS TRES COMPONENTES DE RESISTENCIA

Painter dividió la resistencia en tres componentes básicos que son:

1. Preferencia - Para oviposición, alimento o protección.
2. Atibiosis - Efecto adverso de la planta sobre la biología del insecto.
3. Tolerancia - La capacidad de la planta de reponerse o recuperarse del daño producido por el insecto y soportar la infestación.

Estos tres componentes forman el "triángulo de resistencia" el cual es muy importante porque siempre uno o más de estos componentes están presentes en cualquier caso de resistencia. En algunas ocasiones otros mecanismos de resistencia pueden estar presentes y estos usualmente se agrupan bajo el término de "no clasificados".

IV. CRITERIO USADO PARA EVALUAR LA RESISTENCIA

La resistencia se puede determinar por uno o más de los siguientes factores:

1. Número de insectos atraídos a la variedad vegetal para oviposición y alimentación bajo condiciones de selección libre.
2. Número de huevos ovipositados.
3. Cantidad de alimentación. (Cuánto daño ha causado el insecto).
4. Duración del ciclo biológico del insecto en diferentes variedades. (Efecto en la fecundidad-fertilidad sobrevivencia etc.)
5. Número de insectos sobrevivientes en diferentes variedades.
6. Duración de la vida reproductiva de los adultos.

V. FACTORES QUE INFLUYEN EN LOS INSECTOS PARA LA SELECCION DE PLANTAS HOSPEDERAS.

1. Sustancias químicas de la planta
2. Sustancias químicas derivadas de la relación planta - insecto
3. Factores físicos y ambientales.
4. Factores morfológicos.

La concentración de los constituyentes vegetales varía

con:

1. Hora del día

2. Estación del año
3. Estado de crecimiento de la planta (edad de la planta).
4. Tipo de tejido de la planta
5. Condiciones climáticas
6. Condiciones edafológicas.

VI. DEFINICION DE UNA PLANTA EN RELACION CON LA RESISTENCIA.

Una planta, para nuestros propósitos, se define como un ambiente microquímico, heterogéneo que cambia en espacio y en tiempo, en lo que se refiere a crecimiento, clima y suelo.

VII. SUSTANCIAS QUIMICAS DE LA PLANTA O CONSTITUYENTES VEGETALES MAS IMPORTANTES PARA EL INSECTO.

1. Carbohidratos
2. Grasas
3. Proteínas
4. Minerales
5. Sustancias secundarias - glucocidos, alcaloides.
6. Aceites esenciales- derivados de benceno, compuestos de cadena recta y Terpenos.

Los carbohidratos, grasas, proteínas y minerales son muy importantes desde el punto de vista de la nutrición. Las

sustancias secundarias, incluyendo los glucocidos y los al_{caloides} son importantes como estimulantes alimenticios, de_{terrentes} alimenticios, estimulantes y repelentes de la ovi_{posición}. Los aceites esenciales, por otro lado son impor_{tantes} en lo que se refiere a atracción y repelencia, usual_{mente} cuando está involucrada una distancia corta.

Un ejemplo de lo anterior se presenta en el algodone_{ro}, donde a partir del botón de algodón se han aislado esti_{mulantes} alimenticios, un material repelente, un material atrayente y un factor que suprime la oviposición. Todos es_{tos} factores son importantes para el comportamiento del picudo del algodonero *Anthonomus grandis*.

VIII. USO DE PLANTAS HOSPEDERAS RESISTENTES.

La resistencia puede ser usada de las siguientes ma_{neras}:

1. Medida principal de control
2. Componente de buen control de los programas de erradicación
3. Como complemento del control biológico o químico
4. Se complementa con el control cultural
5. Es un componente del sistema de manejo de plagas (muchos factores de control). Control integrado.

Medida principal de control.- Esta es la manera bási_{ca} en que se ha usado la resistencia hasta la fecha. Ejemplos

excelentes donde se han usado variedades resistentes como un método de control es en el caso de la mosquita del tallo del trigo, la mosca "Hessian", el barrenador europeo del maíz, la filoxera de la vid, el áfido manchado de la alfalfa, el áfido del chicharo, el gusano bellotero y muchos otros.

Componente de buen control en los programas de erradicación.

1. Reducción en la población inicial.- Las posibilidades de usar una variedad resistente para reducir una población alta de insectos antes de aplicar cualquier medida de control, han sido grandes. Un ejemplo es el uso de la variedad "frego" de algodnero para la erradicación del picudo. Esta variedad contiene de un 60 a 90% de resistencia, que puede ser de gran valor para abatir las poblaciones iniciales de la plaga que se preparan para la reproducción - diapausa, además se pueden usar otras medidas de control como trampas con feromonas y otros componentes en un programa de erradicación.

2. Prevención de reinfectación o establecimiento de los niveles económicos.- Las variedades resistentes juegan un papel muy importante en aquellas áreas en donde se han reducido las poblaciones de la plaga a niveles que no son de importancia económica o la erradicación total de la plaga, porque ahí las variedades resistentes evitan la resurgencia o reestablecimiento de la población plaga.

Complemento del control biológico o químico.

Biológico.-

1. Aumento de la efectividad de los patógenos, predadores y parásitos.
 - a. Disminución en el vigor o condiciones fisiológicas generales.
2. Mejoramiento de la eficiencia de los parásitos, predadores y patógenos.
 - b. La morfología cambiante de la planta puede mejorar la efectividad y la eficiencia, como por ejemplo la forma de la hoja, color, cuerpo fructífero, características del tallo, pubescencia, etc.
3. Las plantas tolerantes pueden servir como hospederas para mantener altas densidades de población de parásitos y predadores en el campo para controlar otras plagas.

Químico.-

1. Reduce la población que se desea controlar.
2. La resistencia puede afectar al insecto, haciéndolo mas susceptible al insecticida, con lo cual se produce un mejor control.
3. Se requieren cantidades bajas de insecticidas para el control.
4. La eficiencia del insecticida se puede aumentar

mediante cambios morfológicos de la planta, como por ejemplo la variedad "frego" y otra que tiene las hojas muy coriáceas en el algodónero,

Contribuciones de la investigación bioquímica de la resistencia

La investigación en la resistencia ha contribuido en muchas otras áreas del control de insectos. Muchas de las sustancias biológicamente activas que se encuentran en las plantas pueden tener muchas aplicaciones en otras áreas de control de modo que se pueden usar como cebos para insectos, patógenos, etc. Algunas de las áreas que han demostrado tener una importancia especial son:

1. Atrayentes vegetales
2. Estimulantes alimenticios
3. Repelentes
4. Toxinas

Un ejemplo de lo anterior es un estimulante alimenticio del picudo del algodónero, que se ha usado para una dispersión efectiva de patógenos al picudo en condiciones naturales. Muchos de los problemas asociados con patógenos están relacionados con el insecto. Los estimulantes alimenticios prometen ser un arma poderosa en el control de los insectos - plaga.

Como complemento del control cultural

- a. Barreras Físicas.- Ejemplo: El Chinche del sorgo y millo la langosta del sorgo y maíz.
- b. Uso de cultivos trampa para manipular las poblaciones, como sucede en la alfalfa y el maíz con algodónero.
- c. Cultivos resistentes. Limita las poblaciones de la plaga para que pasen estas a cultivos susceptibles. Por ejemplo maíz resistente limita las poblaciones de bellotero en algodónero y soya. Plantas resistentes al chicharo limitan las poblaciones de áfidos en alfalfa.

Como componente de un sistema de manejo de plagas.

El uso de variedades resistentes es un componente principal del sistema de manejo de plagas. Una ilustración descriptiva se presentó usando algodónero sin nectararios, como un ejemplo de variedad resistente con otros factores de control.

Relación Insecto-Planta. Coevolución o Evolución subsecuente.

La coevolución es la teoría de la evolución que se acepta generalmente en la relación insecto-planta, que se supone es el resultado de una fuerte interacción evolutiva

entre plantas e insectos (ver cuadro adjunto).

Sin embargo, se puede observar que: 1) Los insectos son factores de selección muy importantes para las plantas en la naturaleza. 2) Las líneas evolutivas paralelas de plantas e insectos pueden ser el resultado de interacciones coevolutivas raras, mientras que muchas especies de insectos que están muy relacionadas taxonómicamente se alimentan de plantas que son muy diferentes en lo que se refiere a la taxonomía. 3) Una especie vegetal a menudo es atacada por varias especies de insectos muy relacionados los cuales no son los resultados de factores tróficos. 4) Las interacciones planta-insecto no son necesariamente antagónicas, los insectos oligófagos pueden idealmente regular la abundancia de sus plantas hospederas, mientras que la misma planta puede servir como guía para combinaciones específicas de factores ecológicos. Por lo tanto, la teoría de la evolución subsecuente propone lo siguiente: La evolución de las plantas con flores son el resultado de factores de selección (factores abióticos, interacciones suelo-plantas y factores bióticos, interacciones planta-planta, etc.) muchos mas potentes que el ataque de insectos, crearon la base trófica diversificada, bioquímicamente para la evolución de ataques de insectos fitófagos. En otras palabras, el insecto se adapta al nicho ecológico disponible. Así la evolución de la planta desempeña un papel decisivo en la selección de nuevas formas de insectos sin efectos de selección recíprocos notables.

Como un ejemplo: se ha propuesto que el lúpulo silvestre (Humulus lupulus) y el cáñamo silvestre (Cannabis sativa v. spontanea) fueron las hospederas originales del barrenador europeo del maíz en Hungría, ya que estas especies son infestadas regularmente en la actualidad. Después del desarrollo agrícola en Hungría durante los últimos 300 años, el maíz, el sorgo, el cáñamo y el lúpulo cultivado se transformaron en los principales hospederos del barrenador del maíz, siendo por supuesto mas importante el maíz. Ninguno de estos cultivos son nativos, ya que el maíz es nativo de México:

Artemisia vulgaris, es la hospedera común en Francia, sin embargo, prácticamente no es atacada por el barrenador en Hungría.

En pruebas de preferencia para oviposición llevadas a cabo con una raza univolutiva del barrenador del maíz, no hubo diferencias significativas entre maíz, cáñamo, Artemisia y la planta no hospedera Galinsapa parriflora. Una raza multivolutiva de Francia creada en cáñamo prefirió esta planta en lugar del sorgo, Panicum miliaceum, Artemisia y Maíz.

Las larvas del primer instar de la misma raza mostraron preferencia para el cáñamo y Artemisia en lugar de otras plantas. De este modo el comportamiento de las larvas para la selección de la planta hospedera parece estar relacionado con algunas características primitivas.

Un ejemplo existe en México. El barrenador de la caña de azúcar ataca a esta última, al maíz y al sorgo, mientras

que el barrenador neotropical del maíz ataca maíz. El barrenador del suroeste del maíz ataca principalmente maíz pero puede afectar sorgo. El barrenador neotropical del maíz es tan específico que en aquellas áreas donde se cultiva maíz, sorgo y caña de azúcar solamente se encuentra en maíz, aunque sus larvas se puedan desarrollar en caña de azúcar.

ADJUNTO I

Pepino progenitor
bi bi

Fuerte presión alimenticia del ácaro

Ocorre la mutación en el pepino progenitor
bi bi

La mutación ocurre en el progenitor de los coleópteros del pepino, los cuales permiten la roptura de cucurbitacinas

Disminución general

Fuerte selección para las plantas
Bi
Plantas bi-resistentes a alimentos generales.

Fuerte presión alimenticia de la plaga.

Fuerte presión de selección para cualquier mecanismo de defensa que reduzca la presión de la plaga.

Tabla I.- Categorías de factores que probablemente gobiernen el establecimiento de insectos sobre diferentes plantas en fases diferentes.

Fases de establecimiento	Tipos de respuestas de insectos a plantas	Características de la planta que afectan la respuesta de los insectos.
1	ORIENTACION: Respuesta positiva (atracción) resultando en la llegada y establecimiento de los insectos sobre la planta. Respuesta negativa (repulsión) resultando en que los insectos eviten la planta.	Atracción determinada por diferentes características físicas (visuales, etc) y/o características químicas (contenido de agua, olor). El establecimiento y llegada de los insectos sobre diferentes plantas se puede deber a: a) su orientación como respuesta a estímulos ambientales debido a la vecindad de la planta. b) accidental sin orientación. Repelencia determinada por diferentes factores físicos y/o químicos.
2	ALIMENTACION: Resultando en la ingestión de alimentos	Ingestión determinada por diferentes factores físicos (visuales, mecánicos, etc.) y/o caracteres químicos (contenido de agua, olor, gusto).
3	METABOLISMO DEL ALIMENTO INGERIDO Incluye: a) Digestión/Absorción del alimento ingerido. b) Metabolismo intermedio resultando en la asimilación del alimento en los tejidos	Valor nutritivo, por ejemplo: disponibilidad de todos los nutrientes necesarios para todos los procesos metabólicos resultando en la asimilación: digestibilidad/absorción de constituyentes vegetales. Asimilación, por ejemplo: disponibilidad de los constituyentes alimenticios absorbidos para promover todos los procesos metabólicos satisfaciendo las necesidades de los insectos y ausencia de inhibidores metabólicos (toxinas).
4.	RESPUESTA - CRECIMIENTO	Digestibilidad determinando la ingestión cuantitativa de alimento y valor nutritivo determinando metabolismo del alimento ingerido.
5	SUPERVIVENCIA Y PRODUCCION DE HUEVOS FERTILES.	
6	OVIPOSICION	Disponibilidad de oviposición, también puede ser determinada por diferentes características físicas y/o químicas.
7	ECLOSION NORMAL DE LOS HUEVOS OVIPOSITADOS	

Tabla II.- Rango e interacciones de estímulos sensoriales que determinan la selección por un insecto.

1. Estímulos de medio	Estos determinan la llegada de los insectos en la vecindad de las plantas, como por ejemplo la luz y la humedad.
a. Estímulos visuales	Las plantas y su medio atraen a los insectos a una distancia máxima.
b. Humedad del medio	Atraen a una distancia más corta.
c. Estímulos de olor y humedad	Atraen a la distancia más corta.
2. El contacto químico y los estímulos mecánicos determinan la alimentación u oviposición.	

RESISTENCIA DE PLANTAS A INSECTOS

TERMINOLOGIA

- I. La resistencia se relaciona con la interacción de la planta y el insecto.
 - A. Se debe de examinar o definir ya sea de uno o de ambos puntos de vista.
Ejemplos:
 - a. Antibiósis - Efecto de la planta sobre el insecto
 - b. Tolerancia - Efecto del insecto sobre la planta
- II. La resistencia es relativa.
 - A. La resistencia se define solamente en términos de otras variedades mas susceptibles.
 - B. Sin una variedad "standard" para comparar con material de prueba es casi imposible establecer si una variedad vegetal contiene resistencia.
- III. La resistencia se define:
 - A. La cantidad relativa de cualidades hereditarias que posee una planta y que mediante ellas afecta el último grado de daño producido por el insecto.
- IV. Inmunidad de la planta.
 - A. Es aquella variedad o planta en donde un insecto específico nunca consume o daña bajo cualquier condición conocida.

B. Es una condición extremadamente rara, el término no es usado ligeramente.

C. Si el término es usado es para calificar o explicar las condiciones.

V. Resistencia moderada. Nivel intermedio de resistencia.

A. Es regido por genes que bajo ciertas condiciones ambientales causan la expresión de factores de resistencia.

B. El tipo más común de resistencia usado.

C. Ejemplos de fuentes de resistencia moderada.

1. Trigo Pawnee - Mosca "Hessian"

2. Trigo Dickinson - Chinche verde

3. Alfalfa Cody - Afido manchado de la alfalfa.

D. Ejemplos de resistencia moderada en "C" en donde se produce el abatimiento en cada generación de la densidad de población a niveles que no son de importancía económica, son muy importantes.

VI. Pseudoresistencia - Falsa resistencia

A. Se define como resistencia aparente que resulta como caracter transitorio en plantas hospederas potencialmente susceptibles.

B. Existen tres tipos de pseudoresistencia:

1. Evasión de la planta hospedera.-Donde la planta puede evadir el ataque del insecto pasando rápidamente por la etapa susceptible o mediante una maduración temprana.

Ejemplos:

- Los primeros trabajos desarrollados en fitomejoramiento para variedades de algodónero de maduración temprana para el control de Anthonomus grandis.
- Fechas de siembra para el gusano rosado y para la mosca "Hessian" determinadas para que el cultivo escape al período de mayor emergencia de insectos y de este modo se limita el período de tiempo durante el cual la planta puede ser infestada por la plaga.

2. Resistencia inducida.-

- a. Resistencia temporal que resulta por alguna condición de la planta o del medio ambiente.
- b. Puede resultar de:
 - 1) Variación de la humedad. Puede afectar el daño producido por insectos picadores, chupadores, como por ejemplo los áfidos.
 - 2) Cambios en la fertilidad del suelo. Un buen ejemplo se presenta con los ácaros. Las plantas sanas y vigorosas a menudo soportan infestaciones mejor que aquellas que no están bien fertilizadas.
 - 3) Temperatura. La temperatura extrema, ya sea alta o baja puede afectar la capacidad de reparación y expresión del daño en la planta.

3. Escape.-

- a. Puede haber ausencia de infestación o daño debido a circunstancias transitorias, como por ejemplo, una infestación incompleta.

C. No se puede ignorar la pseudoresistencia.

- 1. Se debe determinar a partir de la verdadera resistencia mediante investigación.
- 2. Incluye tiempo y esfuerzo pero no incluye repetición del procedimiento.

LAS FUNCIONES DE LA INTRODUCCION EN EL FITOMEJORAMIENTO

I. Principales centros de origen de plantas cultivadas.

A. China Central y Occidental.

"Trigo Buck", soya, tres especies de millo un número de leguminosas, peras, manzanas, ciruelas, cereza y cítricos.

B. Asia Suroriental.

Arroz, caña de azúcar, numerosas leguminosas, muchas frutas tropicales (plátano, mango, cítricos), orquídeas, yute, algodón asiático, ajonjolí, millo y diferentes palmas.

C. Asia Central.

Trigo común, trigo club, trigo shot, chicharo, lenteja, frijol, garbanzo, algodón asiático, lino, cáñamo y la nuez pistache.

D. Oriente.

Trigo (9 especies), arroz, vid, granada, pera, cereza, membrillo, almendra, higo, alfalfa, trebol de Persia, y algarrobo.

E. Zona del Mediterraneo.

Lino, cebada, frijol, garbanzo de semilla grande en comparación con la semilla pequeña de Asia (origen primario).

F. Abisinia.

Trigo y cebada.

G. América Central y México.

Maiz, especies americanas de frijol, calabaza, pimienta, algodón de tierras altas y un número de frutas.

H. América del Sur.

1. Perú, Bolivia, Ecuador, y Colombia - muchas plantas con tuberculo, incluyendo varias especies de papa blanca.

2. Isla de Chiloe - papa irlandesa.

3. Peru - maiz, tomate, frijol lima, cacahuete y piña.

II. Cultivos derivados de plantas herbáceas.

III. Importancias de los centros de origen.

IV. Trabajo de introducción de especies vegetales.

V. Exploración e introducción de la planta por el Depto. de Agricultura.

A. Cuatro estaciones regionales de introducción.

1. Noroeste - Génova, Nueva York.
2. Sureste - Experimento Georgia.
3. Norte Central - Ames, Iowa
4. Oeste - Pullman, Washington.

VI. Funciones de las estaciones regionales de introducción.

- A. Reunir las solicitudes para introducir material vegetal.
- B. Circular nuevos inventarios especiales.
- C. Tener listas disponibles de material e inventario de los investigadores en cada especialidad.
- D. Evaluar de una forma preliminar todas las introducciones.
- E. Tener los resultados de las evaluaciones disponibles a todos los fitomejoradores interesados.
- F. Organizar el incremento y/o propagación de todo el material en la región y repartirlo a los fitomejoradores en el futuro.

RESISTENCIA DE LA PLANTA HOSPEDERA

- I. Relación de las variedades resistentes con otras fases de la entomología.

A. Relaciones de las variedades resistentes y los ni
veles de población de los insectos.

1. La variación de los cultivos puede producir
grandes efectos sobre la fe

- a) El uso de cultivos resistentes que sirvan como barreras para prevenir el movimiento de los insectos hacia cultivos susceptibles; por ejemplo en el caso de la chinche se usa un campo cultivado de Millo susceptible rodeado de diferentes hileras de sorgo Atlas resistente.
- b) El uso de hospederas alternantes de picudo limitan las poblaciones en los cultivos, por ejemplo cultivos trampa, siembra de cultivos susceptibles que atraigan a los adultos para la oviposición.
- c) El uso y relación de diferentes cultivos a la langosta, particularmente Melanoplus differentialis, se usa sembrar en la periferia de los campos de maíz unas hileras de sorgo.

B. La relación que existe del uso de variedades resistentes y el uso de control biológico mediante predadores y parásitos, pueden ser de una o más de las siguientes maneras:

- 1. Reducción general en los niveles de población de los predadores o parásitos de las plantas hospederas por la acción de variedades resistentes

tes; esto puede dificultar que el parásito o predator encuentre suficiente cantidad de insectos-plaga para su propio mantenimiento.

2. La fisiología o nutrición de los parásitos de la plaga se puede afectar por las variedades resistentes, presentándose condiciones defavorables para su establecimiento, produciéndose insectos débiles, pequeños, etc.
3. El efecto de las plantas resistentes sobre el insecto-plaga puede repercutir en su reproducción, tamaño y sexo de los insectos parásitos o predadores.
4. Las plantas resistentes pueden limitar las fuentes alternantes de alimento o humedad para los predadores y parásitos, por ejemplo quitando los nectararios se proporciona resistencia a ciertos lepidópteros y hemipteros, pero también estas fuentes son usadas por ciertos predadores como algunas especies de Chrysopa, Coccinelidos y algunas avispas parásitas, como fuentes alimenticias alternantes cuando otra fuente de humedad o de alimento no está disponible.

Debido a lo anterior, es difícil predecir con cierto grado de exactitud, las relaciones que se pueden presentar entre las plantas resistentes y los insectos parásitos y predadores de

una liberación en variedades resistentes. Esto se debe de probar antes de efectuar una liberación de parásitos o predadores.

C. Relación del uso de variedades resistentes y el control químico.

1. Existen pruebas considerables que demuestran una relación muy directa entre el alimento de los insectos y la eficiencia de ciertos insecticidas para matar los insectos.

a) Las larvas de mosquito varían desde una susceptibilidad completa a una resistencia completa de rotenona a nicotina, dependiendo de la dieta previa. Este tipo de relaciones también se presenta con algunos de los hidrocarburos clorados.

b) Se han registrado variaciones en la susceptibilidad del ácaro rojo a diferentes insecticidas dependiendo del huésped que le haya servido de alimento previamente.

c) Se presentó mayor mortalidad del coccido Epidiaspis leperii después de aplicar tres diferentes insecticidas, cuando la plaga se cultivó en durazno y no en pera.

d) El porcentaje de mortalidad producido por ciertos compuestos de arsénico en insectos defoliadores parece ser que varía desde cero

a 98% dependiendo de la dieta previa al tratamiento.

e) En el caso de la mosca casera, la mortalidad después del tratamiento con Piretrum y DDT varía también dependiendo de la dieta previa.

f) Las chicharritas (altatrizas) de la papa son más fácilmente controladas en papa que resiste a chicharritas que en variedades que son susceptibles.

2. Los ejemplos mencionados sugieren que la combinación del control químico con el uso de variedades resistentes puede ser altamente efectiva, cuando un método solo no produce control satisfactorio.

3. El control obtenido por la combinación del químico y las variedades resistentes puede resultar de la interacción de los dos o de algún efecto directo de las variedades resistentes en la fisiología del insecto, haciéndolo más sensible al insecticida.

I. Sumario de Conceptos Importantes.

A. La resistencia se presenta como una diferencia entre las especies y la variación de las plantas. La resistencia es relativa.

- B. Los grados que existen de diferencia son muy amplios y van desde donde se pueden medir solamente en buenas pruebas críticas hasta donde se aproxima a la inmunidad.
- C. La resistencia en el campo se puede medir de tres formas:
 - 1. Diferencias en el daño que se produce a la planta.
 - 2. Diferencia en el número de plantas vivas, puede o no afectar la calidad o producción.
 - 3. Número de insectos presentes.
- D. Las diferencias se presentan tanto en las especies cultivadas como en especies silvestres.
- E. Hay diferencias en resistencia a insectos con hábitos alimenticios muy amplios y también con hábitos alimenticios restringidos. Por ejemplo: gusano bellotero polífago; la mosca Hessian - oligófago; áfidos - oligófago.
- F. Los mecanismos de resistencia parecen ser muy diversos, igual que la alta diversidad específica de los insectos.
- G. La resistencia se puede usar como una herramienta para saber mas acerca del insecto y la fisiología de la planta, comportamiento del insecto, etc.
- H. La resistencia se puede usar por los Agrónomos para determinar la combinación de semillas.
- I. La resistencia se puede comparar solamente bajo con-

diciones ambientales semejantes. Los biotipos y razas de los insectos son parte del medio ambiente. Por ejemplo la resistencia de alfalfa al áfido manchado y al áfido de la lenteja es mayor conforme aumenta la temperatura. Sucede todo lo contrario en el caso del pulgón del trigo y la cebada *Schizaphis graminum*.

- J. Dos formas básicas para aumentar la resistencia:
 - 1. Combinando los componentes de resistencia, - Dos o más fuentes diferentes.
 - 2. Adicionando genes que son resistentes bajo diferentes condiciones.

II. Casos principales en donde la preferencia es la base de la resistencia o una de las bases de la resistencia.

- A. Mosca Hessian del trigo.
- B. Langosta en maíz.
- C. Afidos en maíz.
- D. Barrenador europeo del maíz en maíz.
- E. Gusano bellotero del algodón.
- F. Picudo del algodón.
- G. Chicharritas (Empoasca fabae) en papa.
- H. El escarabajo colorado de la papa, en papa.
- I. Phyllotreta sp. en papa.
- J. Afidos en papa.
- K. Palomilla Glyohipteryx fischeriella Zell en pastos de jardín.

- L. Mosca fit en avena.
- M. Chicharritas de la caña de azúcar en caña de azúcar.
- N. Chicharritas en ciertas leguminosas.
- O. El barrenador (Diatraea sp.) en caña de azúcar.
- P. Trips en cacao.
- Q. La conchuela del frijol, entre variedades de frijol.
- R. Chicharritas en algodón.

III. Antibiosis.— Esta forma de resistencia es la más deseable porque posiblemente es la más permanente.

- A. Efectos de la antibiosis sobre el insecto y sobre su ciclo biológico.
 - 1. Muerte de larvas jóvenes, ninfas o huevos.
 - 2. Duración anormal de la vida.
 - 3. Muerte inmediatamente antes de llegar al estado adulto. Generalmente en el primer instante.
 - 4. Hábitos y fisiología aberrantes.
 - 5. Bajas reservas alimenticias, incapacidad para hibernar.
 - 6. Bajo peso, tamaño pequeño.
 - 7. Baja fecundidad.
 - 8. Debilidad.
 - 9. Baja fertilidad.
 - 10. Adultos anormales.

B. Posibles explicaciones fisiológicas de antibiósis.

1. Efectos deletorios de sustancias químicas específicas.
2. Ausencia de materiales alimenticios específicos, por ejemplo: carotenos.
3. Diferencias en la cantidad de alimento disponible por ejemplo: en la mosca sierra del trigo, trigo con tallo sólido contra trigo normal. La larva es incapaz de usar el centro del tallo para alimentarse y hace túneles para alimentarse cerca de los vasos.
4. El material, alimenticio presente pero por alguna razón no disponible.

IV. Algunos ejemplos de resistencia hereditaria como resultado de antibiósis.

- A. Resistencia al áfido algodonero (pulgón lanífero) de la manzana. La condición heterocigota en las variedades "Northern Spy" and "Winter Majetin", conocida por más de cien años. Algunas cruces entre plantas susceptibles dieron lugar a un número pequeño de progenie altamente resistente, indicando la presencia de genes recesivos para resistencia.
- B. Phylloxera vitifoliae. Más de un factor genético involucrados en vide resistentes.
- C. La variedad Lloyd George de frambuesa rojo resis-

tente a áfidos, llevados o más factores genéticos para resistencia, dos de ellos en condiciones heterocigóticas.

- D. Resistencia de sorgo a áfidos.- La resistencia se hereda como un carácter dominante en la generación F_1 , lo cual indica un factor genético acumulativo y complementario para resistencia. Tanto la preferencia como la tolerancia y la antibiósis, están involucradas en este caso.
- E. Siete o más pares de factores genéticos diferentes, están involucrados en el caso de resistencia de trigo a la mosca Hessian. Algunos son recesivos y otros dominantes. El grado de efectos de las plantas que poseen estos genes va desde algunas que son efectivas contra solo una parte de la población del insecto hasta una combinación de dos pares de genes que totalmente evitan el crecimiento de las larvas de la mosca bajo todas las condiciones probadas.
- F. Para otros ejemplos se recomienda leer la parte que se refiere a la herencia de la resistencia a insectos en plantas cultivadas.

V. Algunos ejemplos de antibiósis como un factor de resistencia.

- A. Entre la especie de planta hospedera y el insecto involucrado:

1. Grillos Melanoplus differentialis.
2. El gusano cortador del oeste, Agrotis orthogomia.
3. Gusano bellotero del algodouero, Heliothis armigera.
4. Afidos, Toxoptera graminum.
5. Filoxera de la vid, Phylloxera vitifoliae.
6. El escarabajo colorado de la papa, Leptinotarsa
7. Picudo del algodouero, Anthonomus grandis.

B. Entre variedades de una sola especie vegetal, involucran los siguientes insectos:

1. Pulgón lanígero de la manzana, Eriosoma lanigerum.
2. El áfido de la uva espina Kakimia Houghttonensis.
3. El áfido de la frambuesa, Amphorophora rubi.
4. El áfido de la habichuela, Macrosimhum pisi, en la alfalfa y la habichuela.
5. La chinche del sorgo Blissus leucopterus.
6. La mosca Hessian del trigo Phytophaga destructor
7. El áfido del frijol Aphis rumicus.
8. El áfido del melón Aphis gossypii.
9. El trip del cacao sobre cacao Selenothrips rubrocinctus.
10. El barrenador de la caña de azúcar Diatraea sacharalis.
11. El picudo del frijol Acanthoscelides obtectus.
12. El picudo del garbanzo Callosobruchus maculatus.

13. El barrenador europeo del maiz Pyrausta nubilalis.
14. El escarabajo del maiz Diabrotica Duodecipunctata.
15. El gusano bellotero del maiz en maiz y en algodón Heliothis zea.
16. La chicharrita de la papa en papa Empoasca Fabae.
17. La mosca sierra del trigo, en trigo y cebada Cephus cinctus.
18. El áfido manchado del alfalfa sobre alfalfa.

VI. MICROBIOLOGIA DE SUELOS

- Fijación de Nitrogeno por Leguminosas. Rosemary S. Bradley
- Metodología de Inoculación con Rhizobium de Leguminosas Forrajeras por Peletización. Rosemary S. Bradley
- Selección de Cepas de Rhizobium y Tecnologías para la inoculación de Leguminosas Forrajeras. Rosemary S. Bradley
- Sistema de evaluación de Cepas de Rhizobium en suelos no perturbados. Rosemary S. Bradley
- Recolección de Nódulos para posterior aislamiento de Rhizobium. Rosemary S. Bradley

CURSO SOBRE INVESTIGACION PARA LA PRODUCCION DE PASTOS TROPICALES

Fijación de Nitrógeno por Leguminosas

ROSEMARY S. BRADLEY - Febrero 1982

I- Métodos para medir fijación de nitrógeno por leguminosas

1. Total de N.
2. Reducción de acetileno
3. Métodos utilizando ^{15}N
 - a. Incorporación de $^{15}\text{N}_2$
 - b. Método de "valores A"
 - c. Relación natural $^{15}\text{N}^{14}\text{N}$
4. Número, peso y color interno de los nódulos.
5. Evaluación de la eficiencia de la simbiosis y la necesidad de inocular en el campo.

II- Factores importantes que afectan la fijación de nitrógeno por leguminosas forrajeras en suelos ácidos tropicales

1. Carbohidratos, energía, fotosíntesis y oxígeno
2. Temperaturas altas
3. Humedad del suelo
4. Acidez, Ca^{++} , Al^{+++} y Mn^{++}
5. N, Mo, P y micorrizas
6. Otros factores biológicos (especificidad, antibióticos, toxinas)

III- Métodos de manejo para mejorar fijación de nitrógeno en el campo

I- Métodos para medir fijación de nitrógeno por leguminosas

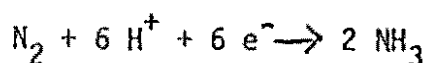
No existe ningún método perfecto para medir fijación de nitrógeno. Normalmente se elige una combinación de los métodos más apropiados considerando los objetivos del ensayo. Aquí se comparan las desventajas y ventajas de cada método, no los procedimientos. Los procedimientos se encuentran en varios libros (Vincent, 1970; Burris 1974).

1. Total de N

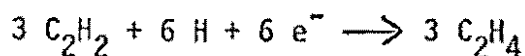
En este método se mide el total de N Kjeldahl en el tejido y se lo expresa como porcentaje del peso seco total, o como total de N producido, calculado por hectárea, o por número de plantas y en términos del tiempo de crecimiento de las plantas. El porcentaje de N en el tejido varía entre leguminosas y con diferentes edades y condiciones de crecimiento. A veces el porcentaje de N aumenta con una cepa más eficiente de Rhizobium, y a veces solamente el N total aumenta. La cantidad total de N en el tejido representa no solamente la cantidad de N_2 fijada sino también la cantidad de N absorbida del suelo, entonces no es una medida directa de fijación de N_2 . Sin embargo la cantidad total de N es lo más importante para el agricultor y es el índice más directo de la contribución de la leguminosa para el ecosistema. Se puede también medir acumulación de N en el suelo y en el tejido de plantas asociadas con las leguminosas para una estimación más completa de la contribución de la leguminosa. También puede ser importante la distribución del N dentro de la planta, por ejemplo en leguminosas forrajeras el N en las hojas es más importante, pero en leguminosas de grano el N en los granos es más importante.

2, Reducción de acetileno

Este es un método usado para medir indirectamente la actividad de la nitrogenasa (la enzima que fija nitrógeno). El método se basa en la reducción de acetileno por la enzima, con la producción de etileno. Esta reacción requiere 3 veces menos electrones por molécula de C_2H_2 reducida que por molécula de N_2 reducida:



N i t r o g e n a s a



Se puede medir el etileno producido en un cromatógrafo de gas con un detector de ionización de llama y una columna de Porapak R. Se divide el número de moles (o μ moles o nmoles) de etileno producidos por unidad de muestra por 3 para obtener una estimativa de los moles de N_2 que serían fijados bajo las mismas condiciones. Para raíces de leguminosas el tiempo de incubación es de 0.5 - 3 horas entonces los resultados representan efectos en corto plazo y no se deben extrapolar para el largo plazo.

El método tiene una limitación grande en el caso de leguminosas, en que la disponibilidad de H^+ varía entre leguminosas y cepas de Rhizobium y que con algunas combinaciones la disponibilidad es mayor para la reducción de acetileno que para la fijación de N_2 . (Smith et al 1976, Schubert & Evans 1976). Esto implica que en los casos así se exagera el potencial del sistema de fijar nitrógeno cuando se usa el método de reducción de acetileno.

También existen muchos otros factores que afectan las dos reacciones de una manera diferente. Entonces el método no es tan cuantitativo como pensarán los autores originales (Hardy et al 1968, 1973). Sin embargo es útil para comparaciones cualitativas, y teniendo mucho cuidado con la interpretación de los resultados.

3. Métodos utilizando ^{15}N

Estos métodos son mucho más caros que los otros métodos mencionados aquí, pero son la medida más directa de medir la cantidad de N_2 siendo fijada.

a. Incorporación de $^{15}\text{N}_2$

En este método se incuba la planta en una atmósfera de $^{15}\text{N}_2$ y se analiza la cantidad de ^{15}N incorporada en el tejido de la planta. No es aplicable para ensayos de campo, y es difícil mantener condiciones constantes dentro de la cámara de incubación.

b. Método de "valores A"

Para este método se tiene que incorporar ^{15}N en el suelo antes de sembrar las plantas, a través de fertilizantes marcados (NO_3 o NH_4). Después se siembra la planta en la que se quiere evaluar la fijación de nitrógeno y una planta testigo que no fije nitrógeno (por ejemplo una gramínea o una leguminosa sin nódulos).

Después de cosechar las plantas se mide la relación $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ en el tejido de los dos sistemas (fijando y no fijando) y se calcula la cantidad de N_2 fijada utilizándose la diferencia de la relación $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ entre los dos sistemas :

Atom% exceso de ^{15}N en sistema fijadora

x N total en sistema fijador
atom % exceso de ^{15}N en testigo

x N total en el sistema fijador

La diferencia es debida a la dilución del ^{15}N absorbido del suelo por $^{14}\text{N}_2$ de la atmósfera en las plantas que fijan nitrógeno.

El método supone que la planta testigo absorbe ^{15}N y ^{14}N del suelo en la misma proporción que la planta que fija nitrógeno. Esto no es siempre el caso, pero se han obtenido resultados interesantes en ensayos hechos en diferentes países del mundo utilizándose este método (Fried & Mistr, 1979). También se tiene que tener cuidado que las gramíneas usadas como testigos no fijen nitrógeno.

c. Relación natural $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$

Este método depende de la variación natural de la relación $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ en el ambiente debido al peso mayor del ^{15}N que es relativamente inmóvil en relación al ^{14}N . El suelo en general contiene una proporción mayor de ^{15}N que la atmósfera. Entonces las plantas que fijan nitrógeno tienen una relación $^{15}\text{N}:^{14}\text{N}$ mas bajo en el tejido que plantas que no fijan nitrógeno. El único problema con este método es que las diferencias son muy pequeñas y requieren un espectómetro de masa muy sensible para poder detectarlas, y que existen pocos laboratorios en el mundo que están equipados para hacer los análisis. Se puede utilizar este método también para comparar la capacidad de diferentes leguminosas para absorber nitrógeno del suelo.

4. Numero peso y color interno de los nódulos

En general se puede decir que una planta con más nódulos de color interno rojo (debido a la presencia de leghaemoglobina, que suministra el oxígeno para la nitrogenasa), fija más nitrógeno que una planta con menos nódulos con color interno blanco, verde o muertos. También en general se puede decir que el peso de los nódulos es una medida más útil que el número, porque muchos nódulos pequeños pueden fijar la misma cantidad de nitrógeno que pocos nódulos grandes. Muchas veces nódulos inefectivos son mayores o más abundantes, pero generalmente no contienen leghaemoglobina entonces el color interno es verde o blanco.

El tamaño y número de nódulos varía entre las leguminosas, por ejemplo Centrosema tiene relativamente pocos nódulos grandes (3-5 mm diámetro) y Stylosanthes tiene muchos nódulos pequeños (1-2 mm diámetro). Se puede evaluar la nodulación sin dañar la planta cavando cuidadosamente alrededor de las raíces y estimándose el número, la distribución y el color interno de los nódulos, e incluyendo información sobre el estado de las plantas (síntomas de deficiencia de nitrógeno) y si estas fueron inoculadas o no. Sin embargo, sin datos de peso total de los nódulos y respuesta de las plantas a la fertilización con nitrógeno, la evaluación de nodulación no es una estimativa adecuada de la eficiencia de la simbiosis.

5. Evaluación de la eficiencia de la simbiosis y la necesidad de inoculación en el campo.

Para evaluar la eficiencia de la simbiosis y la necesidad de inoculación con Rhizobium es necesario conducir un ensayo de campo con tres tratamientos (sin inocular, con inoculación y fertilizado con N).

Las posibles respuestas y sus interpretaciones son discutidas por Date (1977). Sin estos tratamientos no se puede decir si la inoculación es necesaria, porque siempre se tiene que considerar la posibilidad de que las cepas nativas son adecuadas para una efectiva nodulación de la planta sin inoculación. También se tiene que determinar si el inoculante usado es efectivo bajo las condiciones del ensayo, porque muchas veces los inoculantes en venta en el mercado son fabricados con cepas seleccionadas en condiciones de suelos de una fertilidad diferente o de clima diferente, y pueden no funcionar bajo las condiciones locales. También en condiciones tropicales es difícil mantener el inoculante bajo las condiciones ideales (refrigerado y con menos de 6 meses después de la fecha de fabricación), y entonces es posible que el número de Rhizobium por grama de inoculante sea demasiado bajo para la nodulación adecuada de la planta.

Un problema con la interpretación de los resultados de este tipo de ensayo en el caso de pastos es que depende de la respuesta de las plantas a la aplicación de fertilizante nitrogenado. En el caso de pastos esto es difícil porque normalmente se siembran las leguminosas forrajeras en asociación con una gramínea que es más eficiente que la leguminosa en su capacidad de absorber nitrógeno del suelo. También el nitrógeno aplicado se pierde fácilmente debido a las fuertes lluvias y al sol caliente que causan altas tasas de lixiviación y volatilización del nitrógeno aplicado. Entonces es necesario hacer aplicaciones frecuentes y aplicar altos niveles de nitrógeno a praderas de una leguminosa pura para detectar una respuesta a nitrógeno. La respuesta detectada puede ser una subestimación de la necesidad real de la leguminosa de nitrógeno en una pradera donde haya competición con una gramínea. Pero de cualquier manera es muy importante conducir ensayos de este tipo antes de empezar un programa

ma de selección de cepas de Rhizobium para la producción de inoculantes, porque esto puede ser tiempo perdido si las leguminosas nodulan bien con las cepas nativas o si los inoculantes comerciales ya disponibles son bastante efectivos bajo las condiciones locales.

II- Factores importantes afectando la fijación de nitrógeno por leguminosas forrajeras en suelos ácidos tropicales.

Es necesario distinguir entre los factores que afectan directamente la fijación de nitrógeno y los que tengan un efecto indirecto, en que afectan el crecimiento de la planta, que entonces está en mejores o peores condiciones para proporcionar energía al nódulo. Para determinar si los factores están afectando al nódulo directamente se estudian los efectos sobre plantas noduladas comparadas con plantas fertilizadas con N. No vale la pena hacer ensayos sobre los efectos de otros factores en el crecimiento de leguminosas si las plantas están sufriendo de deficiencia de N. Entonces se deben montar los ensayos o con fertilización nitrogenada o utilizando una cepa de Rhizobium que es comprobada como efectiva bajo las condiciones de ensayo, o con los dos.

Aquí discutiremos los factores :

1. Carbohidratos, energía, fotosíntesis, oxígeno
2. Temperaturas altas
3. Humedad del suelo
4. Acidez, Ca^{++} , Al^{+++} y Mn^{++}
5. N, Mo P y micorrizas
6. Factores bióticos

en relación a su efecto en las varias etapas de funcionamiento de los nódulos :

1. Supervivencia del Rhizobium en el suelo
2. Infección y formación de nódulos
3. Actividad de los nódulos formados
4. Crecimiento de la planta hospedera

1. Carbohidratos, energía, fotosíntesis y oxígeno

La disponibilidad de carbohidrato es muy importante para el funcionamiento del nódulo, porque la fijación de nitrógeno requiere mucha energía por molécula de N_2 fijada (17,2 ATP/ N_2 ; Gutschick 1982). Se esperaría entonces una mayor fijación de N_2 durante el día cuando la planta está fotosintetizando. Esto no siempre es verdad, por ejemplo fué observado que en caupi (Vigna unguiculata) y soya (Glycine máx) la actividad de nitrogenasa (reducción de acetileno) fué mayor durante la noche que en el día en Nigeria (Ayanaba & Lawson, 1977). Esto se puede explicar en términos de las altas temperaturas durante el día que causan competencia entre la nitrogenasa, y los otros sistemas de metabolismo del nódulo por oxígeno y carbohidratos en temperaturas arriba de 20°C. (Sprent, 1979).

Muchas veces se observan deficiencias nutricionales en plántulas noduladas luego de la germinación, esto se presenta cuando plantas no noduladas no muestran deficiencias. Después las plantas noduladas pueden recuperar y producir más que las plantas no noduladas. Esto es debido al alto requerimiento de energía y nutrientes para la formación de los nódulos antes que empiecen a fijar nitrógeno. Se sugiere que la aplicación de un bajo nivel de fertilizante nitrogenado (10 kg N/ha) puede solucionar este problema, pero en el caso de pastos asociados con gramíneas esta solución no sirve, porque la gramínea absorbería el nitrógeno antes que la leguminosa. La mejor solución sería la utilización de cepas de Rhizobium seleccionadas por su

capacidad de nodular y fijar nitrógeno antes que las cepas normalmente usadas.

Normalmente también se baja la tasa de fijación de nitrógeno durante el henchimiento de las vainas de la planta por causa de la competición por energía. Entonces una planta con una fase vegetativa más prolongada fija más nitrógeno. Esto puede ser importante en una leguminosa bajo pastoreo donde los animales comen las flores y entonces la fase vegetativa es prolongada. Sin embargo el pastoreo posiblemente tiene un efecto negativo sobre la fijación de nitrógeno, porque la desfoliación de la planta resulta en una merma de la energía disponible. Efectos positivos del pastoreo sobre la fijación de nitrógeno pueden resultar debido a otros factores como el pisoteo y reciclaje de nutrientes, y una liviana desfoliación que estimula el crecimiento vegetativo. Whiteman (1970) concluyó que la desfoliación funciona en dos etapas, una desfoliación mediana causando la caída de nódulos y una desfoliación severa reduciendo la capacidad de la planta de producir nódulos nuevos. En pastos la caída de nódulos debida a la descomposición no es totalmente negativa porque el nitrógeno que se libera por su descomposición puede ser absorbido por la gramínea asociada con la leguminosa.

El proceso de fijación de nitrógeno normalmente es muy sensible al oxígeno, porque la enzima nitrogenasa se descompone cuando entra en contacto directo con el aire. Uno de los sistemas más eficientes es la leghaemoglobina que controla el suministro del oxígeno a la enzima en cantidades suficientes para su respiración pero no tanto que se dañe. (Appleby, 1974). En ensayos de reducción de acetileno con raíces noduladas, puede haber un efecto negativo de deficiencia de oxígeno dentro del frasco de incubación debido a la respiración de las raíces. Normalmente esta es la causa de una merma en la actividad a través del

tiempo, y entonces se calcula la actividad usando la tasa inicial de reducción de acetileno, durante las primeras tres horas de incubación.

2. Temperaturas altas

La temperatura afecta todas las etapas de fijación de nitrógeno, supervivencia del Rhizobium en el suelo, infección, formación de los nódulos, y su funcionamiento.

Las cepas de Rhizobium varían en su capacidad de supervivir en suelos calientes y húmedos (Bowen & Kennedy 1959), y normalmente se mueren en temperaturas arriba de 40°C. La situación en suelos calientes y secos no es tan grave, pero es más grave en suelos arenosos que en suelos arcillosos. Parece que las partículas de arcilla protegen las células de Rhizobium del efecto del exceso de calor (Marshall, 1964). La temperatura óptima para crecimiento de Rhizobium es más baja que la temperatura para supervivencia, pero para las mismas cepas los dos parámetros son relacionados.

Normalmente, la actividad de los nódulos es inhibida en temperaturas más altas que 30°C, y el crecimiento de las plantas tolera temperaturas hasta de 35°C. La cepa tiene una influencia sobre la tolerancia de la simbiosis a altas temperaturas (Souto & Dobereiner 1970; Herridge & Roughley 1976; Day et al 1978; Sweeney & Hopkinson 1975).

Muchas veces la temperatura de la superficie del suelo en los trópicos es más alta que 35°C, pero con 2-3 cm de profundidad las temperaturas son mucho más bajas. La temperatura del suelo también depende de su color; después de una quema cuando la superficie del suelo es negra, las temperaturas del suelo son más altas. Cuando haya una co-

bertura buena de vegetación las temperaturas del suelo no suben tanto como la temperatura del aire.

Sin embargo en los ensayos en pots de invernaderos en los trópicos, las temperaturas alcanzan niveles muy altos y se deben tomar medidas para controlarlas, por ejemplo no usando pots negros y cubriendo la superficie del suelo con arena blanca para mantener temperaturas representativas de las temperaturas encontradas en el campo.

3. Humedad del suelo

Ambos la falta de agua y el encharcamiento del suelo pueden afectar la fijación de nitrógeno y la supervivencia del Rhizobium en el suelo. Montmorillonita y algunos azúcares (por ejemplo maltosa) pueden proteger el Rhizobium de los efectos de la sequía. La supervivencia en suelos con temperaturas arriba de 40°C es mejor cuando el suelo es seco que cuando es húmedo y las cepas varían en su capacidad de tolerar la sequía (Jansen van Rensburg & Strijdom, 1980). La supervivencia de Rhizobium en suelos encharcados parece no ser un problema serio pero carecen de estudios sobre este asunto (Lowendorf, 1980).

La falta de agua puede inhibir infección de raíces por Rhizobium, respiración en el nódulo, transporte del nitrógeno desde el nódulo hasta otras partes de la planta, y disponibilidad de energía para mantener la actividad del nódulo (Sprent 1979).

La tolerancia al exceso de agua varía entre las leguminosas, algunas siendo acuáticas, adaptándose por varios mecanismos por ejemplo especies de Neptunia tienen raíces y nódulos que flotan y de Aeschynomene que tienen nódulos en el caule (Yatazawa & Susilo, 1980), y bajo condiciones de encharcamiento los nódulos de soya se adaptan para el me-

jor transporte interno de aire, formándose lenticeles (Pankhurst & Sprent, 1975). Parece que los efectos negativos del exceso de agua son indirectos, resultando de la deficiencia del oxígeno causada por la pobre difusión de este elemento y otros gases bajo condiciones de encharcamiento.

El agua puede inhibir la reducción de acetileno por raíces noduladas entonces siempre se deben hacer los ensayos con raíces luego de sacarlas del suelo, sin lavarlas,

4. Acidez, Ca^{++} , Al^{+++} y Mn^{++}

La acidez del suelo es una limitación grave de la fijación de nitrógeno en los trópicos. En las zonas templadas se usa encalamiento para corregir la acidez del suelo, pero en los trópicos no es económicamente posible aplicar los niveles de cal necesarios para corregir el pH de los ultisols y oxisols ácidos (pH 4.5) que constituyen 43% de los suelos tropicales (Sánchez & Salinas, 1981).

En general leguminosas fertilizadas con N son menos susceptibles a la acidez que leguminosas noduladas (Andrew 1976) indicando que existe un efecto negativo directo de la acidez en la fijación de N_2 . Sin embargo existen factores asociados con la acidez que también afectan a la fijación de N_2 por ejemplo toxicidad de aluminio y manganes y de deficiencia de molibdeno y calcio.

Varios estudios recientes utilizarán medios de cultivo ácidos para la selección de cepas de Rhizobium tolerantes a la acidez (Date & Halliday, 1976; Keyser & Munns 1979). Estudios en nuestro laboratorio han mostrado que una gran proporción de las cepas aisladas de nódulos de Sty-

Stylosanthes spp que son de crecimiento muy lento, crecen mejor en un pH de 5.5, que en pH 4.5 o 6.8. Esta observación es importante por que el crecimiento de las cepas en el medio normalmente usado (pH 6.8 o 4.5) es tan lento que se contaminan y se pierden las cepas antes de que se puedan aislar. Usándose medio de pH 5.5 probablemente el porcentaje de éxito de aislamiento de nódulos de Stylosanthes spp será más alto.

Las cepas de Rhizobium más frecuentes en suelos ácidos producen alcalinidad en medio de cultivo, y Morris (1965) sugiere que esta producción de alcalinidad puede neutralizar el pH de suelos ácidos para favorecer el crecimiento de las mismas cepas de Rhizobium. Sin embargo existe poca evidencia experimental que confirme esta hipótesis, y probablemente la cantidad de alcalinidad producida no sería suficiente para cambiar el pH del suelo que tiene una capacidad de tamponar mayor que el medio de cultivo. También, la producción de alcalinidad por Rhizobium varía con la fuente de carbono usada para su crecimiento (Date & Halliday, 1979), y entonces la producción de alcalinidad en el suelo probablemente depende de los azúcares producidos por la raíz de la leguminosa. Manitol que es el azúcar más usado en medios de cultivo para Rhizobium no es necesariamente el azúcar más abundante en las raíces.

El efecto de deficiencia de Ca^{++} y acidez en la función de los nódulos es probablemente más importante que el efecto en infección y formación de los nódulos (Munns 1978, Andrew 1976) pero la relación Ca:Mg en medio de cultivo para Rhizobium es muy importante (Norris, 1958). La respuesta positiva de leguminosas a la fertilización con bajos niveles de Ca observada en leguminosas forrajeras en Carimagua (CIAT 1981) era probablemente por lo menos parcialmente debida a un aumento en fijación de nitrógeno. Será necesario conducir más estudios para determinar inte-

racciones entre Ca^{++} leguminosas y cepas de Rhizobium. Andrew (1976) observó un efecto negativo de un nivel más alto de Ca^{++} en el crecimiento de S. humilis.

El efecto negativo de Al^{+++} sobre nodulación observado por varios autores (Andrew 1976, de Carvalho et al 1981) es por lo menos parcialmente debido al efecto negativo de Al^{+++} sobre el desarrollo de las raíces. Toxicidad de Al^{+++} solamente es importante en especies conocidas como tolerantes a la acidez, porque la toxicidad de aluminio es un problema que ocurre solamente en suelos ácidos. Se han detectado diferencias grandes entre especies y ecotipos de Stylosanthes en su tolerancia al aluminio. Cepas de Rhizobium tolerantes a la acidez también varían en su tolerancia al aluminio (Keyser et al 1977).

La toxicidad de Mn puede limitar la formación de nódulos, función de nódulos, y crecimiento de la planta igualmente (Munns 1978 Andrew & Hegarty, 1969) y puede ser modificada por la fertilización con Ca^{++} (Dobereiner & Aronovich 1976).

La toxicidad de Mn^{++} es menos importante que Al^{+++} en la mayoría de los oxisols y ultisols de America Latina (Sánchez & Salinas 1981).

5. N, Mo, P y micorrizas

Aquí no se considerarán los otros nutrientes (S, K, Mg, Co, Cu, Zn, B) que puedan también afectar a la fijación de nitrógeno. Robson (1978) ha escrito una revisión muy buena de la literatura sobre el asunto, pero en términos generales se puede decir que la planta que no está muy bien alimentada no fijará nitrógeno.

La presencia de N mineral en el suelo inhibe la fijación de nitrógeno, y el nivel de N mineral en que la fijación de N_2 es inhibida varía

entre leguminosas. Entonces la tasa de fijación de N_2 está relacionada con la tasa de nitrificación (producción de nitratos) en el suelo. Los niveles de NO_3-N son normalmente muy bajos en sabanas, probablemente porque todo el NO_3 producido es inmediatamente absorbido por las gramíneas. Sin embargo la preparación del suelo para la siembra estimula la nitrificación y resulta en la acumulación de NO_3 en el suelo, que es después inmovilizado por el crecimiento de microorganismos y/o plantas (Brady, 1974), o lixiviado si no se siembra inmediatamente.

NO_3 puede acumular en el suelo en una pradera en que la gramínea por alguna razón no sea capaz de absorber todo el NO_3 producido, o si se siembra praderas de leguminosas puras, por ejemplo en bancos de proteína.

Sin embargo, bajo condiciones normales en praderas de mezclas de leguminosas con gramíneas, no se esperaría la acumulación de suficiente NO_3 para inhibir la fijación de N_2 .

Las leguminosas que están fijando nitrógeno tienden a acidificar la rizosfera porque están absorbiendo más cations que anions por la falta de absorción de NO_3^- (Munns 1978).

El molibdeno es requerido para la formación de las enzimas nitrogenasa y reductasa de NO_3 , entonces es muy importante en el metabolismo de N de la planta. Molibdeno es poco disponible en suelos ácidos (Vlek & Lindsay 1977). Se han observado respuestas en el campo de leguminosas a la fertilización con molibdeno en Australia (Bruce, 1978) y en cilindros de suelo no perturbado de Carimagua, con Stylosanthes capitata y Desmodium ovalifolium (Bradley et al no publicado),

pero en un ensayo de campo en Carimagua las leguminosas no respondieron a la fertilización con Mo (CIAT 1981). Posiblemente la falta de respuesta era debida a la alta tasa de mineralización de N de este suelo (CIAT, 1981). En suelos más arenosos puede ser que se detectarían respuestas en el campo.

La disponibilidad de P en suelos tropicales es un problema por causa de su alta capacidad de inmovilizar (fijar) el P. Le Mare (1979) mostró la capacidad de fijar P de suelos de Carimagua y de Brasil, y que está relacionada con el contenido de Al, Fe y materia orgánica. Mosse et al (1976) mostraron una concentración mayor de P en los nodulos que en el resto de la planta, y bajo condiciones de deficiencia de P la proporción de P en las raíces fue mayor en relación a la parte aérea de S. humilis que bajo condiciones de suficiente P (Robinson & Jones 1970). Bajo condiciones de sequía el P también se concentra en las raíces (Andrew & Jones, 1978). Los niveles de N en el tejido de leguminosas forrajeras aumentan con aumentos de P (Andrew & Robins 1969). Las micorrizas aumentan la capacidad de la planta de absorber P, aumentando la superficie de las raíces para explorar un volumen mayor de suelo. Mosse (1977) muestra efectos positivos de la infección con micorrizas en la nodulación, y Jehne (1980) evaluó la importancia de micorrizas en Pastos Tropicales. No se entienden muy bien todavía las interacciones N, fijación de N_2 , P y micorrizas y en algunos cultivos, por ejemplo frijol, esto es complicado porque las variedades tolerantes a bajos niveles de P fueron seleccionadas con fertilización con N (Graham 1981). En el caso de leguminosas forrajeras tropicales es importante asegurar que la selección para tolerancia a bajos niveles de P no es también una selección para baja fijación de N_2 .

6. Otros factores bióticos

El factor biótico más importante que afecta la simbiosis Rhizobium-leguminosa es la especificidad que existe entre especies de leguminosa y cepas de Rhizobium (Broughton 1978). Las cepas de Rhizobium fueron divididas en siete especies dependiendo de esta especificidad pero hay muchas excepciones y la validez de las siete especies viene desde mucho tiempo siendo discutida (Wilson 1944). 4 especies son de crecimiento rápido y producen ácido en medio de cultivo YNA, y 3 son de crecimiento lento y producen alcalino. Para cepas aisladas de leguminosas forrajeras esta clasificación no es adecuada y Date (1977) clasificó las leguminosas en tres grupos. El primer grupo se llamó de "promiscuo efectivo" que indica que nodulan efectivamente con un rango grande de cepas de Rhizobium. Estas leguminosas incluyendo Pueraria, algunas Stylosanthes spp., Zornia, Macroptilium ("Siratro") y otras normalmente nodulan bien en el campo sin inoculación. Sin embargo bajo condiciones extremas, como en los suelos de Carimagua, solamente una pequeña proporción de las cepas es efectiva, y entonces las plantas sí responden a inoculación.

El segundo grupo que se llama "promiscuo inefectivo", nodula con un rango grande de cepas pero inefectivamente. Este grupo incluye algunas Stylosanthes spp., Desmodium spp., Centrosema, etc. Estas leguminosas constituyen el mayor problema para inoculación, porque las cepas nativas inefectivas compiten con las cepas inoculadas y pueden no dejar las cepas inoculadas formar suficientes nódulos.

El tercer grupo se llama "específico" que quiere decir que solamente nodulan con cepas aisladas de la misma especie. Ejemplos son Leucaena algunas Stylosanthes spp., Lotononis bainesii, etc.

Es muy improbable que exista suficiente Rhizobium específico en el suelo para la nodulación adecuada de estas leguminosas, y es casi obligatorio inocularlas. Sin embargo, hay que considerar que la mayoría de estos datos provienen de Australia donde la mayoría de las leguminosas no son nativas, y que talvez en el país de origen de la leguminosa habría suficiente Rhizobium en el suelo para nodularla sin inoculación.

Otro factor biótico importante pero poco estudiado son los efectos de antibióticos y toxinas en el suelo. Recientemente se ha observado que cepas de Rhizobium resistentes a altos niveles de estreptomicina son más comunes en suelos de los cerrados de Brasil donde son cultivados que en suelos vírgenes, y se sugiere que la perturbación del suelo estimula el crecimiento de actinomicetos que producen antibióticos. Esto podría explicar la falla de cepas de Rhizobium japonicum introducidas para la inoculación de soya en los cerrados de Brazil (Scotti et al, in press). Poco se sabe sobre toxinas producidas por la vegetación nativa que probablemente representan una forma de defensa de la planta. Hely et al (1957) notarán que cenizas neutralizan los efectos de las toxinas.

III-METODOS DE MANEJO PARA MEJORAR FIJACION DE N_2 EN EL CAMPO

El método de manejo más importante para mejorar fijación de N_2 en el campo es la selección de leguminosas y cepas de Rhizobium efectivas bajo las condiciones locales, y la fertilización adecuada de esta asociación para que el crecimiento y la fijación de nitrógeno alcancen niveles óptimos. Aquí consideraremos solamente la selección de cepas de Rhizobium y la inoculación de las semillas de leguminosas.

Voy a explicar más o menos la metodología seguida para selección de cepas en nuestro laboratorio en CIAT una vez que hemos detectado respuestas de las leguminosas a nitrógeno en el campo.

Aislamos cepas de Rhizobium de nódulos de leguminosas forrajeras creciendo bajo condiciones naturales o en praderas, ensayos, etc. A veces es necesario adaptar el medio de cultivo a los requerimientos de las cepas, pero la mayoría crece bien en el medio usado mundialmente (YMA neutro). Confirmamos que las cepas aisladas son Rhizobium según su capacidad de nodular "Siratro" en tubos de ensayo, su crecimiento relativamente lento, su no crecimiento en "Bacto-peptone", la falta de ketolactasa, y su producción de alcalinidad en YMA neutro. Existen unas excepciones de cepas con características diferentes, pero la mayoría es muy típica. Después de purificadas y caracterizadas se liofilizan las cepas, y se guarda toda la información relevante en una tarjeta con el número de la cepa, sus características y los números de los ensayos en que fué utilizada. No hay ninguna garantía que algunas de las cepas no son iguales, porque muchas veces provienen de la misma planta o del mismo nódulo, pero también se han observado diferencias entre cepas aisladas del mismo nódulo. Tenemos una colección de más de 2000 cepas aisladas de leguminosas forrajeras diferentes.

Dependiendo de los objetivos del ensayo, tenemos dos sistemas para probar la efectividad de las cepas.

Uno es un sistema con arena y solución nutritiva estéril. Se mantiene el pH en 4.5 regando los pots cada día con solución nueva. En el sistema tradicional (jarras de Leonard) es imposible mantener el pH en 4.5, posiblemente porque la planta modifica el pH de la solución.

El otro es un sistema usando cilindros de suelo no perturbado y no

esterilizado, de sitios diferentes en Carimagua. En este sistema hemos conseguido respuestas muy significativas a la inoculación de ciertas cepas de Rhizobium en ciertas leguminosas, pero el problema parece ser la variabilidad del suelo en los cilindros. Sin embargo, es muy eficiente para la selección preliminar de las cepas.

Una vez probadas como efectivas en estos dos sistemas, se prueban las cepas en ensayos de campo comparando leguminosas inoculadas y no inoculadas, primero para detectar efectos en el establecimiento y segundo para detectar efectos a través del largo plazo.

Existen diferentes métodos para la inoculación de semillas de leguminosas una vez que se tengan cepas comprobadas como efectivas en el campo. El inoculante se prepara mezclando un caldo que contiene Rhizobium con turba molida. Un inoculante de buena calidad contiene 10^9 células de Rhizobium por gramo, y se lo empaca en un plástico fino que deje pasar suficiente aire para la respiración del Rhizobium.

Normalmente el inoculante se debe guardar en nevera (no congelado) y se considera que un inoculante con 2×10^7 células por gramo es aceptable. Los inoculantes de CIAT contienen mas o menos este número de células por gramo después de 6 meses de estar guardados en la nevera, entonces la fecha de vencimiento corresponde a estas condiciones.

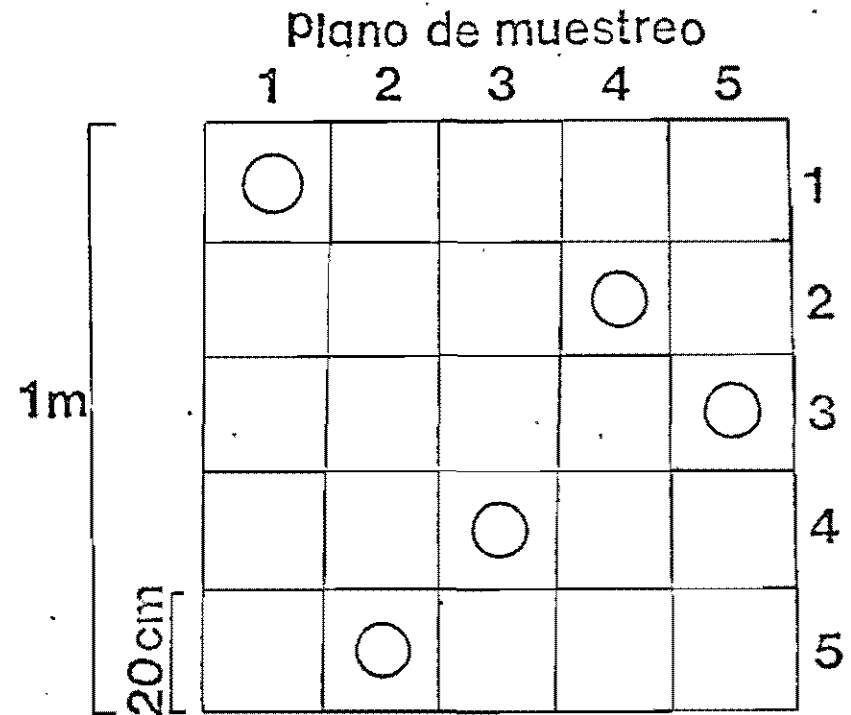
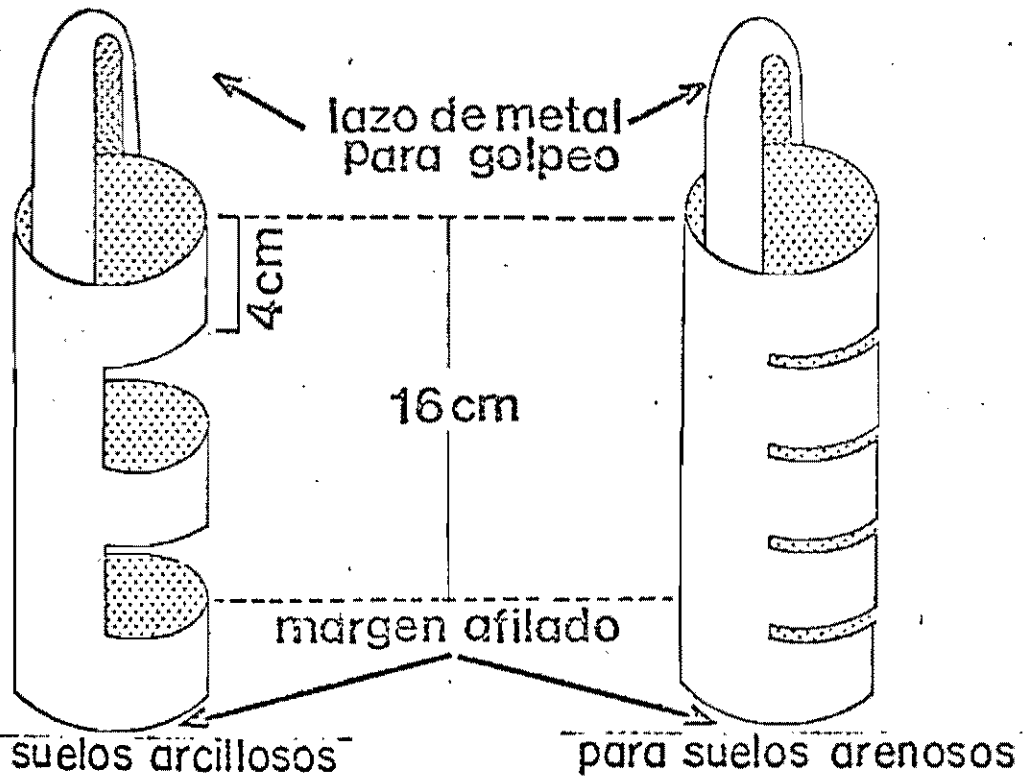
Normalmente se pegan los inoculantes en las semillas con una solución de 40% de goma arábiga. En las condiciones extremas de suelo como los de Carimagua es importante que se pegue el máximo posible de células de Rhizobium por semilla. En semillas pequeñas es a veces difícil pegar inoculante suficiente. Se recomiendan 50g de inoculante por kilo de semillas pequeñas (501-1000 semillas/g), 25g/kg de semillas medianas (101-500 semillas/g) y 5g/kg de semillas grandes (1-100 semi-

llas/g).

No se deben guardar semillas inoculadas porque a veces la semilla produce toxinas que matan al Rhizobium (Bowen 1961). Se debe inocular la semilla y sembrar lo más pronto posible. Para mejorar la supervivencia del Rhizobium inoculado en las semillas se puede recubrir las (peletizar) con cal o roca fosfórica, incluyendo el equivalente de 100g/ha de Mo (no como NaMoO_4) (Gault & Brockwell, 1980). Norris & Date (1976) recomiendan que se peletizen semillas inoculadas con cepas de Rhizobium de crecimiento lento (la mayoría de las leguminosas forrajeras tropicales) con roca fosfórica, y semillas inoculadas con cepas de crecimiento rápido (por ejemplo algunas cepas de Leucaena) con cal.

Se han mostrado efectos positivos en algunas leguminosas de peletización con cal y en otras con roca fosfórica (Halliday, 1979). Se necesitan más estudios para definir los requerimientos para la tecnología de inoculación de las leguminosas forrajeras siendo seleccionadas por CIAT. Las metodologías de inoculación, recolección de nódulos y evaluaciones de nodulación se encuentran en hojas aparte.

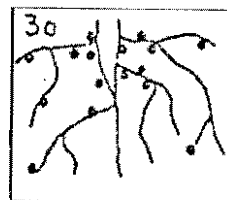
Usando un marco de 1m^2 dividido en 25 cuadros de 20×20 cm, escoger un lugar en la pradera donde haya más del 60% de cobertura de la leguminosa. Estimar el porcentaje de cobertura de la leguminosa, usando una escala de 1 a 4 para cada cuadro. Usando un barreno de 7 cm de diámetro (ver dibujo), y golpeándolo con un martillo, sacar una muestra del suelo de cada línea de cinco cuadros, cada una de una columna diferente (ver plano). Dividir cada muestra de suelo en 4 sub-muestras representando 4 profundidades en el suelo (0-4, 4-8, 8-12, 12-16 cm). Contar el número de nódulos en las veinte sub-muestras. Repetir en cuatro sitios más de la pradera que tengan más que 60% de cobertura de leguminosa. En el caso de bajo número de nódulos por muestra, se puede aumentar el número de muestras por marco, o el número de sitios muestreados. Se debe tomar nota del color interno de los nódulos y especificar si los números representan el número total de nódulos o únicamente los nódulos vivos. Se pueden expresar los números por área, por porcentaje de cobertura de la leguminosa, o por planta. En praderas donde no hay áreas con más de 60% de cobertura de leguminosa, deben evaluarse con la metodología descrita para plantas individuales.



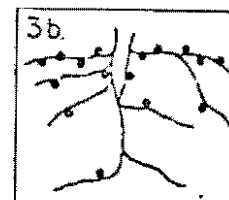
METODO PARA EVALUACION DE NODULACION EN PLANTAS INDIVIDUALES DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS (dic. 1980)

Se puede evaluar la nodulación de plantas individuales sin dañarlas, usando una navaja y cavando cuidadosamente en derredor de las raíces de la planta. En los casos donde no importa la supervivencia de la planta, se puede remover la planta entera del suelo usando un azadón, pero sin arrarcarla, pues así muchos nódulos pueden quedar en el suelo. Se evalúa la nodulación según las categorías del formato adjunto. Los números representan niveles de nodulación (0 = nada; 1 = baja; 2 = regular; 3 = buena) y las letras representan diferencias en la distribución. Nuevas categorías de distribución pueden ser creadas, pero siempre usando los mismos niveles (1, 2 y 3). Es importante evaluar la nodulación tanto en la raíz principal, como en las secundarias. No se deben incluir nódulos secos ni muertos. Se debe tomar nota del color interno de los nódulos. La evaluación es más fácil con plantas jóvenes de 1 - 4 meses de edad.

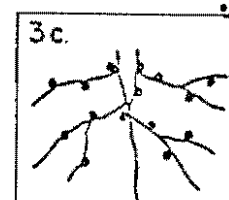
CATEGORIAS PARA
EVALUACION DE DISTRIBUCION DE NODULOS
EN LEGUMINOSAS FORRAJERAS



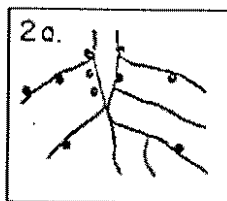
BUENA NODULACION
ESPECIALMENTE CERCA
DE LA RAIZ PRINCIPAL



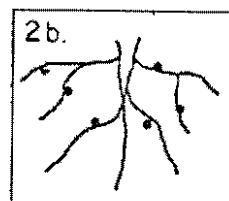
BUENA NODULACION
ESPECIALMENTE
EN LAS RAICES
SUPERFICIALES



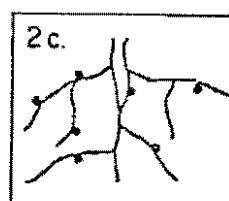
BUENA NODULACION,
NODULOS DISTRIBUIDOS
UNIFORMEMENTE



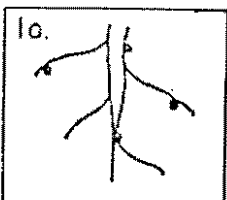
REGULAR NODULACION
ESPECIALMENTE EN
LA RAIZ PRINCIPAL



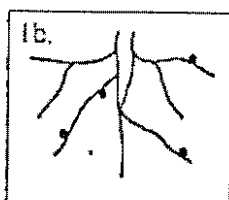
REGULAR NODULACION
SIN NODULOS EN
LA RAIZ PRINCIPAL



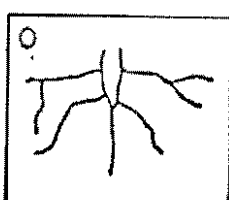
REGULAR NODULACION,
NODULOS DISTRIBUIDOS
UNIFORMEMENTE



MALA NODULACION
CON POR LO MENOS
1 NODULO EN LA
RAIZ PRINCIPAL



MALA NODULACION
SIN NODULOS EN
LA RAIZ PRINCIPAL



SIN NODULOS

DATOS NECESARIOS PARA LA HISTORIA DE LOS NÓDULOS ENVIADOS A CIAT PARA

AISLAMIENTO

Sección Microbiología de Suelos, Pastos Tropicales - CIAT -

Cali-Colombia

Es muy importante enviar el máximo posible de información sobre los nódulos. Se solicita adaptar la siguiente información, según el caso específico.

1. Fecha de recolección de los nódulos
2. Planta hospedera (si disponen de semilla para ensayos posteriores. Si es económicamente importante).
3. Procedencia (País, Departamento, Ciudad, Pueblo, Hacienda)
4. Clima (Lluvia, temperatura, tiempo y meses de estaciones).
5. Colector
6. Características de la planta (Tamaño y color con relación a otras de la misma especie, si es una planta aislada o varias en grupo /pradera).
7. Características del nódulo (Tamaño, forma, superficie, color)
8. Nodulación abundante, regular, esparcida.
9. Plantas inoculadas (con qué cepa?)
10. Plantas no inoculadas
11. Características de la vegetación (pradera, sabana con arbustos, sabana con árboles, sabana inundable, potrero, lado de la carretera, disturbado, natural, experimento (especificar), selva, plantación, selva desmontada y resembrada , etc.
12. Características del suelo (humedad, pH estimado o medido (especificar), fertilización, arcilloso, arenoso, fertilidad natural alta, media, baja etc.).

P.D.: Para la recolección de los nódulos por favor seguir las instrucciones "Recolección de nódulos para posterior aislamiento de Rhizobium"

Seccion de Microbiología de Suelos - PASTOS TROPICALES-CIAT

Marzo de 1982

Metodología de Inoculación con Rhizobium de semillas de Leguminosas

Forrajeras por peletización

La inoculación de la semilla de leguminosas forrajeras es importante para proporcionar una cepa de Rhizobium que sea efectiva en la fijación de suficiente nitrógeno con el objetivo de maximizar la producción de forraje en ausencia de otra fuente nitrogenada.

Se llama "inoculante" a la mezcla de una cultura de la cepa de Rhizobium apropiada para la leguminosa a ser sembrada, con turba (un suelo con alto contenido de materia orgánica) molida. Se puede aplicar el inoculante o pegándolo en la semilla o directamente en el zurco usando inoculante "granulado". Inoculante granulado se prepara con turba de una malla más gruesa (#40) que el inoculante que se aplica en la semilla (Malla #100). Aquí no se discutirá inoculación con inoculante granulado.

Se puede inocular la semilla simplemente mezclando el inoculante con agua y agrégándolo a la semilla, pero es mucho más eficiente si se pega el inoculante en la semilla con pegante y que se cubra la semilla inoculada con roca fosfórica o cal para que el inoculante se proteja de las condiciones negativas del suelo. Las semillas de Leucaena se recubren con cal y las demás leguminosas con roca fosfórica. Este proceso se llama "peletización".

I n s t r u c c i o n e s

1. La semilla debe ser escarificada previamente a la inoculación. En caso de semillas tratadas con fungicidas se deben lavar las semillas con a-

gua y secarlas antes de inocularlas.

2. El inoculante es perecedero y debe, de ser posible, ser guardado en la nevera (no congelado). Después de seis meses en la nevera ya no sirve. Al clima, el inoculante pierde su efectividad en menos tiempo.
3. El inoculante está empacado en plástico muy delgado para facilitar la respiración de las bacterias. Para evitar que se rompan los paquetes se deben envolver en papel o tela que no sea plástica pues el plástico puede inhibir la respiración.
4. Preparar la solución de goma arábiga comercial por lo menos un día antes del plantío, agregando 40 g. de goma a 100 ml de agua limpia y dejando la mezcla durante 12 horas para disolver. Guardar la solución en la nevera.
5. En el día del plantío, agregar a las semillas un volumen de solución de goma arábiga, suficiente para que se cubran todas las semillas pero que no sean demasiado húmedas. La cantidad necesaria para un kilo de semillas varía de 10 ml. para semillas grandes (v.g. Centrosema) a 20 ml para semillas pequeñas (v.g. D. ovalifolium o Stylosanthes spp), pero también depende de la forma y la textura de la superficie de las semillas. Semillas más achatadas y con superficie rugosa necesitan de más goma que semillas redondas con superficie lisa.
6. En caso de que no haya goma arábiga se puede usar una solución de 10% de azúcar en agua, o leche. Sin embargo este procedimiento aumenta el riesgo de remoción de las semillas por hormigas. También se puede usar carboxy-metilcelulosa, adhesivo comercialmente dispo-

nible, siempre que esté libre de los fungicidas que a veces los fabricantes le adicionan para preservarlo. La carboxy-metilcelulosa se prepara en una concentración de 5%. Una marca adecuada fabricada en Medellín (Colombia) es "Antex".

7. Agregar una cantidad de inoculante suficiente para proporcionar un mínimo de 5000 células de Rhizobium por semilla. Sabiendo el número de semillas por gramo y el número de células de Rhizobium por gramo de inoculante se puede calcular la cantidad de inoculante necesaria.

El inoculante fresco contiene 10^9 células/gramo y después de 6 meses de guardado en la nevera no debe contener menos de 2×10^7 células/gramo. En la Tabla 1 se ven las cepas de Rhizobium y cantidades de inoculante actualmente recomendadas.

Se debe mezclar el inoculante con las semillas y goma vigorosamente, para que el inoculante se distribuya uniformemente entre las semillas. Las semillas deben despegarse una de la otra cuando se adiciona el inoculante. Cuando el inoculante forma grumos y las semillas se mantienen pegadas una en la otra, es debido al exceso de goma.

8. Después de inocular las semillas se deben peletizar con roca fosfórica. El caso de semillas grandes, medianas y pequeñas es diferente al de las semillas muy pequeñas.
9. Se deben peletizar las semillas grandes, medianas y pequeñas inmediatamente después de inocularlas antes de que se seque la goma arábiga, agregando aproximadamente 200 g roca fosfórica por kilo de semillas y revolviendo muy suavemente por rotación del recipiente o encima de una carpa o material parecido. También se puede peletizar las semi -

llas en un mezclador de concreto. Es ventajoso agregar 150 g MoO_3 /ha (100 g Mo) a la roca usada para peletizar la semilla.

10. Para las semillas muy pequeñas (por ejemplo Stylosanthes y Desmodium ovalifolium) que se inoculan con 50 g inoculante /kg semilla, no se pueden peletizar bien con la misma cantidad de goma arábica. Se recomienda entonces que se extiendan las semillas inoculadas encima de una carpa en la sombra para secar la primera capa de goma arábica (mas o menos 20 minutos), y que después se les agrega una capa más de goma arábica para pegar roca fosfórica.
11. Después de peletizar las semillas se deben dejar extendidas en la sombra para que se sequen y endurezcan los "pelets". Esto es importante para evitar después los pelets se descascaren.
12. Evitar de guardar las semillas peletizadas durante mucho tiempo antes de la siembra, pues el Rhizobium puede perder su efectividad debido a toxinas producidas por la semilla.

TABLA 1. Recomendaciones actuales (Marzo 1982) para la inoculación de algunas leguminosas forrajeras

CIAT Cepa recomendada	LEGUMINOSA	Tamaño semilla	Cantidad aproximada de Inoculante/kg semilla
1967	<u>Leucaena leucocephala</u> Cunningham	grande	5g
1780	<u>Centrosema macrocarpum</u> 5065		
590	<u>C.sp.</u> 5112		
590	<u>C.pubescens</u> 438	medio	10 g
2434	<u>Pueraria phaseoloides</u> 9900		
1502	<u>Desmodium canum</u> 3005	pequeño	25 g
2335	<u>D. ovalifolium</u> 350	muy pequeño	50 g
1460	<u>Stylosanthes capitata</u> 1019 1315 y 2310		
No inocular	<u>Zornia</u> spp.		

SELECCION DE CEPAS DE RHIZOBIUM Y TECNOLOGIAS PARA LA INOCULACION DE LEGUMINOSAS FORRAJERAS

Rosemary S. Bradley

La fijación de N (conversión de N_2 de la atmósfera en NH_4 + asimilable por plantas) es una reacción biológica muy importante para aumentar la producción agrícola sin tener gastos muy grandes de energía con la producción química de fertilizantes nitrogenados y su distribución. El sistema más conocido para fijar N biológicamente es la simbiosis entre plantas de la familia de las leguminosas y la bacteria Rhizobium con la cual forma nódulos en las raíces de las plantas. Los nódulos contienen la enzima nitrogenasa que cataliza la reacción de fijación de N, utilizándose como fuente de energía los azúcares producidos por la fotosíntesis de la planta.

En 1888, Beijerinck demostró la habilidad de Rhizobium para formar nódulos y fijar N, y desde este tiempo el asunto se ha venido estudiando intensivamente para determinar sus posibles aplicaciones en la agricultura.

El efecto positivo de la inoculación con Rhizobium en el campo varía entre diferentes cultivos y condiciones ambientales. Algunas leguminosas son más específicas que otras en su capacidad para formar nódulos efectivos con cepas de Rhizobium. En el caso de leguminosas forrajeras tropicales se sabe que especies de Centrosema, Desmodium y Leucaena muchas veces requiere la inoculación con cepas específicas de Rhizobium para alcanzar su potencial máximo de producción. Con otras leguminosas como Zornia spp.,

Stylosanthes spp. y Pueraria phaseoloides no se han detectado respuestas significativas a la inoculación en el campo; de otro lado, no se han llevado a cabo muchos ensayos con estas leguminosas. Es posible que en condiciones ambientales desfavorables para el buen funcionamiento de las cepas nativas de Rhizobium en el suelo, sea necesaria la inoculación con cepas seleccionadas en condiciones desfavorables como más eficientes que las cepas nativas.

En el CIAT se están seleccionando cepas de Rhizobium para la inoculación de diferentes leguminosas forrajeras en las condiciones de Carimagua en los Llanos Orientales de Colombia. Se han observado respuestas positivas a la inoculación de Centrosema macrocarpum 5065, C. sp. 5112, Desmodium ovalifolium 350, D. canum 3005, Pueraria phaseoloides 9900 y Stylosanthes capitata 1019, 1315 y 2310. Los ensayos se llevaron a cabo en cilindros de suelo natural y no esterilizado de Carimagua. Se escogió el sistema de suelo natural para la selección, porque el suelo perturbado representa tasas altas de mineralización de N que enmascara la respuesta de las leguminosas a la inoculación. En algunas leguminosas, especialmente D. ovalifolium, la nodulación de las plantas por cepas nativas en el testigo sin inoculación fue muy abundante, pero aún en este caso la mejor cepa inoculada (CIAT 2335) aumentó la producción de N en el follaje de las plantas en 80% (1.80 veces), y en la mayoría de las otras leguminosas los aumentos debidos a la inoculación fueron aún mayores.

Para determinar si las cepas seleccionadas en suelo natural también pueden funcionar en suelo perturbado se inoculó la cepa CIAT 2434, seleccionada para Pueraria phaseoloides, y otras dos cepas promisorias en suelo

preparado de tres maneras diferentes los resultados muestra que la cepa seleccionada funcionó muy bien en los tres tratamientos. Será necesario conducir más ensayos para seleccionar más cepas y comparar su habilidad de persistir en el campo a lo largo del tiempo.

Un factor de mucha influencia para el éxito de la inoculación es el número de células de Rhizobium que se inocula por semilla. En condiciones favorables para la nodulación, 100 células/semilla pueden ser suficientes para la nodulación adecuada de las plantas. Sin embargo, en condiciones desfavorables pueden ser necesarias 10^6 células/semilla. Esto representa un problema en el caso de semillas muy pequeñas, p.ej. las de Stylosanthes, Desmodium y Zornia spp. que tienen entre 700 y 1000 semillas/g. Es difícil pegar más de 50 g de inoculante en 1 Kg de semillas pequeñas, ya que un inoculante de muy buena calidad contiene 10^9 células de Rhizobium/g. Entonces el máximo de Rhizobium que se puede pegar en estas semillas pequeñas es 50,000 células/semilla, y con inoculante de calidad inferior (10^8 células/g) solamente se pueden pegar 5000 células/semilla. Es muy importante entonces conservar la alta calidad de los inoculantes, manteniéndolos en condiciones refrigeradas, y también inocular las semillas por un método que asegure el máximo posible de células de Rhizobium por semilla.

También se puede mejorar la inoculación recubriendo las semillas con roca fosfórica o cal lo cual forma una capa protectora separando las células inoculadas de Rhizobium de las condiciones negativas en el suelo. Generalmente se recomienda el recubrimiento ("peletización") de semillas

de leguminosas forrajeras con roca fosfórica, pero en algunos casos específicos, p.ej. Leucaena, se recomienda cal.

En el CIAT se están desarrollando métodos para peletizar mejor las semillas pequeñas. Se ha encontrado que una doble capa de goma arábica se recubren mejor las semillas.

El Mo también tiene un efecto muy positivo en la fijación de N. El cuadro 1 muestra el efecto del Mo en la fijación de N por Stylosanthes capitata en un suelo arenoso de Carimagua. La aplicación de Mo es aún más eficiente cuando se incluye roca fosfórica en el recubrimiento de las semillas. La fuente de Mo usada en este caso no debe ser NaMoO_4 .

El cuadro 2 muestra las cepas de Rhizobium que el CIAT está recomendando actualmente para inoculación de las leguminosas y las cantidades de inoculante necesarias según los diferentes tamaños de semilla.

El CIAT suministra cepas o pequeñas cantidades de inoculantes a los investigadores interesados en realizar ensayos de campo o de invernadero, para determinar respuestas de leguminosas forrajeras a la inoculación en las condiciones locales.

CUADRO 1. Efecto de Mo en la producción de N en el follaje (mg N/maceta) de S. capitata 1019 en cilindros de suelo arenoso de Carimagua (La Alegría).

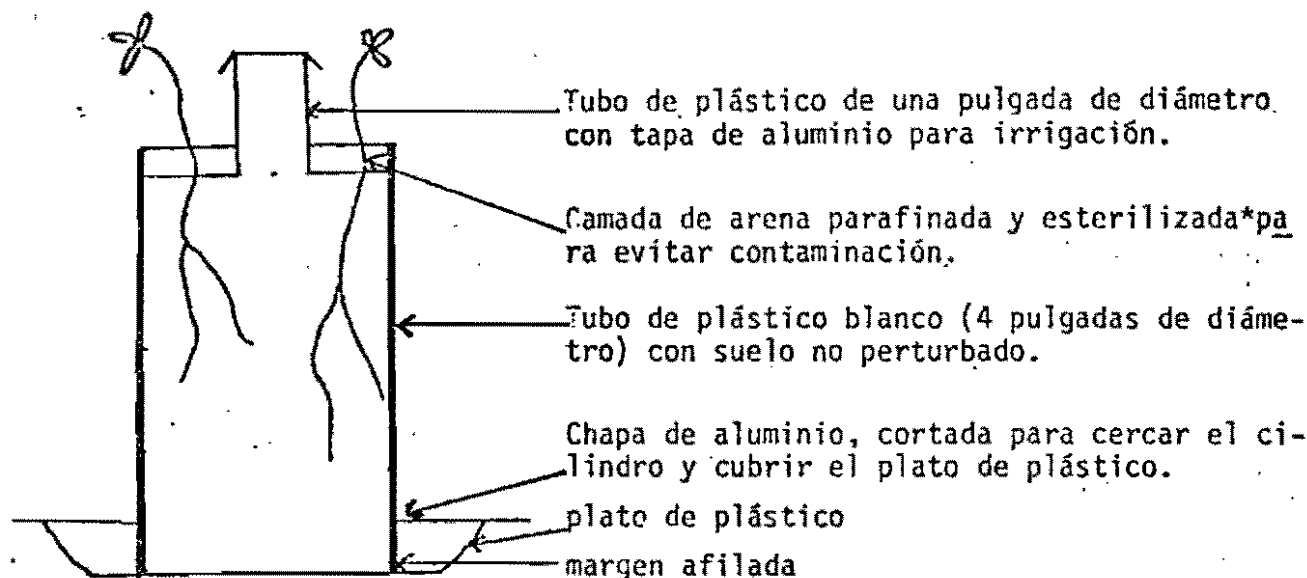
g Mo/ha	Inoculado con cepa CIAT 1460		No inoculado 150 kg N/ha
	Mo aplicado en pelet	Mo aplicado en solución nutritiva	
0	-	24.50 e	55.78 a
100	33.95 cde*	30.93 de	66.92 a
200	-	36.33 cde	55.59 ab
400	-	45.10 bcd	63.62 a

* Diferentes letras representan diferencias significativas entre tratamientos.

CUADRO 2. Recomendaciones actuales (Marzo 1982) para inoculación de algunas leguminosas forrajeras.

Cepa CIAT recomendada	Leguminosa	Tamaño semilla	Cantidad aprox. de inoculante/ kg semilla
1967 1780 590	<u>Leucaena leucocephala</u> Cunningham <u>Centrosema macrocarpum</u> 5065 <u>C. sp</u> 5112	grande	5 g
590 2434	<u>C. pubescens</u> 438 <u>Pueraria phaseoloides</u> 9900	medio	10 g
1502	<u>Desmodium canum</u> 3005	pequeño	25 g
2335 1460	<u>D. ovalifolium</u> 350 <u>Stylosanthes capitata</u> 1019,1315 y 2310	muy pequeño	50 g

SISTEMA PARA EVALUACION DE CEPAS DE RHIZOBIUM EN SUELOS NO PERTURBADOS



Se puede usar este sistema en experimentos donde se quiere comparar tratamientos con diferentes cepas de Rhizobium con un testigo sin inoculación y sin nitrógeno y otro testigo con nitrógeno. La ventaja de usar suelo no perturbado es que la perturbación del suelo puede causar un aumento en la tasa de mineralización resultando la liberación de nitrógeno mineral, que puede inhibir la nodulación. Otros cambios causados por la perturbación pueden afectar la respuesta a la inoculación también.

Se introducen los cilindros por golpeo en el suelo del sitio seleccionado; protegiendo el cilindro con un pedazo de madera, y removiéndolo con una pala. Se puede irrigar el suelo antes, en el caso de ser demasiado duro, pero cuidando de que el agua se distribuya igualmente en el área que será muestreada. Los cilindros se introducen en el suelo hasta aproximadamente 2 cm. de su margen superior, dejando así espacio suficiente para la arena parafinada. Se pueden dejar los cilindros enterrados en el sitio y sacarlos luego, antes del experimento, para que se conserven bajo condi-

ciones naturales. Luego, después de sacarlos del suelo se debe pesar cada uno, igualando los pesos por remoción de tierra debajo o colocando piedras en el plato. Se deben cubrir los cilindros con un plato o algo parecido (por ejemplo: la parte central cortada de la chapa de aluminio) para evitar contaminación por Rhizobium hasta que se plante el experimento. Se deben mantener los cilindros en capacidad de campo, con agua libre de contaminación y niveles mayores de nutrientes o Rhizobium que se encuentran normalmente en el agua de la lluvia y en el sitio a ser testado.

Para montar el experimento se plantan las semillas inoculadas y recubiertas con la misma metodología que se usaría en el campo, pero teniendo cuidado de que se proporcione más o menos el mismo número de células de Rhizobium por semilla en todos los tratamientos. Se deben aplicar, un mínimo de 300 células por semilla y se puede aumentar esta cantidad hasta 5000 células por semilla.

Se aplica los niveles de nutrientes recomendados, usando una solución de reactivos químicos en agua. El nitrógeno se aplica después de la germinación a través del tubo de irrigación. Se aplica un volumen de agua igual a los tratamientos que no reciben nitrógeno. Se divide la aplicación de nitrógeno, por ejemplo en el caso de tener dos testigos con la aplicación de 75 y 150 kg N ha⁻¹ durante un experimento de más o menos 3 meses de duración, se podría aplicar el equivalente de 15 y 30 kg N ha⁻¹ respectivamente, cada dos semanas durante las 10 primeras semanas del experimento. Se debe tener cuidado de que la cantidad de solución aplicada no sea tan grande que se encharque el suelo.

Se deben mantener los cilindros cubiertos hasta que las plántulas alcancen mas o menos 2 cm de altura, cuando se debe poner el tubo de irrigación y la arena parafinada. Después de aproximadamente una semana se reduce el número de plantas a lo requerido siempre dejando las plantas mejo

res, y se hace la primera aplicación de nitrógeno.

Durante todo el experimento se debe evitar contaminación por Rhizobium entre los tratamientos, lavándose bien las manos y los instrumentos usados con alcohol entre cada tratamiento y evitando que el agua de irrigación sea contaminada por tierra o Rhizobium.

Al final del experimento se evalúa el peso seco y contenido de nitrógeno de la parte aérea, y la nodulación, o por peso seco, o por categorías (ver hoja anexa), dependiendo del tamaño de los nódulos. Se puede expresar la eficiencia de las cepas como porcentaje del nitrógeno de la parte aérea del testigo con nitrógeno.

* Arena parafinada: Se prepara la arena parafinada así: se disuelven 4g de parafina sólida en 100 mls de benzol, y se mezclan vigorosamente con 1kg. de arena de cuarzo seca. Una vez evaporado el benzol, se esteriliza la arena durante dos horas en un horno de aire caliente a 160°C, en frascos tapados.

RECOLECCION DE MODULOS PARA POSTERIOR AISLAMIENTO DE RHIZOBIUM

Los nódulos de las raíces de las leguminosas varían en forma (unos son redondos, otros son largos y otros ramificados) y en tamaño (0.5 mm-5 cm. en diámetro) pero siempre se destacan fácilmente de la raíz. El color interno de un nódulo que está vivo y activo varía de rojo claro a rojo oscuro. La estructura es firme, y los tejidos liberan una savia roja cuando se abre el nódulo.

Un nódulo muerto es más esponjoso y su color interno es negro y oscuro. Los nódulos vivos pero inactivos tienen un color interno verde o blanco.

Para la recolección de nódulos, que luego se utilizarán en aislamiento de Rhizobium, se debe escoger una planta vigorosa con hojas verdes y sanas, y siempre identificar la planta con nombre científico, o recolectar muestras de hojas, flores y semillas para que pueda ser identificada posteriormente. La fecha de la recolección se debe sincronizar, si es posible, con la estación de crecimiento vegetativo de las plantas y con la humedad adecuada del suelo, cuando los nódulos son más abundantes y activos.

Sin embargo, muchas veces es más conveniente aprovecharse de una excursión de recolección de semillas de plantas leguminosas, que generalmente se hace en la época seca. En el caso de falta de nódulos en las raíces de las plantas, en época seca, se puede recolectar una pequeña cantidad (5g) del suelo alrededor de las raíces, y posteriormente inocular una planta crecida en una matera que contenga arena y solución nutritiva con este suelo, para que se formen nódulos con Rhizobium procedentes del sitio de origen de la planta.

La localización de los nódulos en el sistema radical depende de la especie de planta. En algunas especies los nódulos son muy profundos o están solamente localizados en las raíces laterales y muy alejados de la raíz principal. Generalmente es más fácil encontrar nódulos en plantas jóvenes de 2-3 meses de edad. Sin embargo en la mayoría de las especies de uso agronómico se pueden conseguir nódulos fácilmente cavándose cuidadosamente alrededor de la raíz principal con una navaja o implemento similar. No se debe arrancar la planta porque es muy probable que así la ligación frágil de los nódulos con la raíz se romperá y se dejarán la mayoría de los nódulos en el suelo.

Se debe escoger aproximadamente 20 nódulos vivos e intactos de la planta y colocarlos enteros en un frasco o tubo de vidrio, conteniendo cloruro de calcio anhidro (CaCl_2) o silica gel seco, como aparece en la figura.

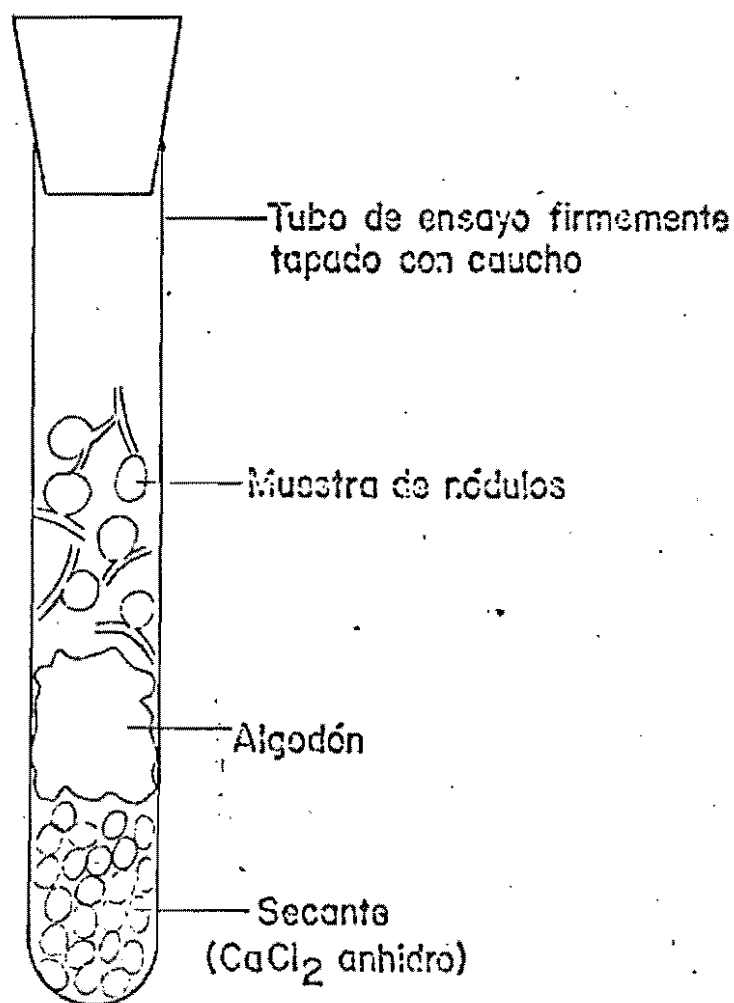
Siempre es mejor dejar una raicita fija en el nódulo para facilitar su manejo durante el aislamiento del Rhizobium. Luego después de colocar los nódulos en el frasco de vidrio se deben tapar para que empiece el proceso de desecamiento. Entre más rápido se sequen los nódulos mejor. Si aparece agua de condensación dentro del frasco se deben cambiar los nódulos a otro frasco. Si la muestra de nódulos es grande lo mejor es dividirla entre varios frascos.

Después de la recolección de los nódulos se pueden mandar al laboratorio de Microbiología de Suelos del CIAT, o a otro laboratorio que tenga condiciones necesarias para aislamiento de bacterias. Para mandar nódulos por correo, de otro país al CIAT se debe anexar un certificado fitosanitario en el paquete, que se puede conseguir, previamente, en el CIAT.

El aislamiento de Rhizobium tiene más probabilidad de éxito durante las primeras dos semanas después de la recolección de los nódulos.

Se recomienda, entonces, no recolectar los nódulos mucho antes de establecer las condiciones requeridas para mandarlos al laboratorio.

PRESERVACION DE NODULOS PARA POSTERIOR AISLAMIENTO DE *RHIZOBIUM*



DATOS NECESARIOS PARA LA HISTORIA DE LOS NODULOS ENVIADOS A CIAT PARA

AISLAMIENTO

Seccion Microbiología de Suelos, Pastos Tropicales - CIAT -

Cali-Colombia

Es muy importante enviar el máximo posible de información sobre los nódulos. Se solicita adaptar la siguiente información, según el caso específico.

1. Fecha de recolección de los nódulos
2. Planta hospedera (si disponen de semilla para ensayos posteriores. Si es económicamente importante).
3. Procedencia (País, Departamento, Ciudad, Pueblo, Hacienda)
4. Clima (Lluvia, temperatura, tiempo y meses de estaciones)
5. Colector
6. Características de la planta (Tamaño y color con relación a otras de la misma especie, si es una planta aislada o varias en grupo /pradera).
7. Características del nódulo (Tamaño, forma, superficie, color)
8. Nodulación abundante, regular, esparcida.
9. Plantas inoculadas (con qué cepa?)
10. Plantas no inoculadas
11. Características de la vegetación (pradera, sabana con arbustos, sabana con árboles, sabana inundable, potrero, lado de la carretera, disturbado, natural, experimento (especificar), selva, plantación, selva desmontada y sembrada , etc.
12. Características del suelo (humedad, pH estimado o medido (especificar), fertilización, arcilloso, arenoso, fertilidad natural alta, media, baja etc.).

P.D.: Para la recolección de los nódulos por favor seguir las instrucciones "Recolección de nódulos para posterior aislamiento de Rhizobium"

VII. MEJORAMIENTO DE FORRAJES.

- Fitomejoramiento de Forrajes.

J. Miles

J.Miles

El fitomejoramiento, como disciplina, es la ciencia y la práctica del mejoramiento genético de especies cultivadas de plantas. En principio, el fitomejoramiento de especies forrajeras no es diferente del mejoramiento de cualquier cultivo anual como por ej: el maíz o el frijol. Estamos sujetos a las mismas leyes genéticas. Sin embargo, en la práctica el mejoramiento de especies forrajeras, y especialmente de forrajes tropicales, tiene ciertos aspectos que lo distingue del mejoramiento de cultivos.

En cualquier programa de fitomejoramiento la definición de objetivos claros y específicos es básica. Para especies forrajeras la meta final es un genotipo, una variedad nueva, que, bajo condiciones comerciales de producción ganadera, resulta en una pastura estable y persistente que produce mayores ganancias de peso en los animales que la variedad que va a reemplazar. Pero el conjunto de características que producen este resultado final es difícil de medir directamente. Entre mas específicos puedan ser los objetivos de un proyecto determinado de fitomejoramiento--el aumentar el nivel de resistencia a cierta enfermedad, por ej, --mas probable es que el proyecto tenga éxito. Cabe advertir que no en todos los casos son conocidas las características específicas que contribuyen al resultado final. Y el fitomejorador de especies forrajeras tiene que asesorarse de expertos en varias disciplinas para establecer sus objetivos.

Una vez definidos los objetivos, el fitomejorador sigue dos pasos básicos para lograrlos: Tomando, como su materia prima, la variación genética existente en determinada especie, el fitomejorador 1) Crea nueva variabilidad -- nuevas combinaciones genéticas -- (mediante cruzamiento entre diferentes genotipos) y luego, 2) envalúa estos nuevos genotipos para selec-

1 cionar genotipos superiores en forma genéticamente estable y reproducible,
2 que pueden ser propagados y entregados a los agricultores como nuevas va-
3 riedades comerciales. El segundo proceso de evaluación y selección es ne-
4 cesario ya que en el estado actual del desarrollo de la ciencia de la gené-
5 tica, el control que se puede ejercer sobre el proceso de la creación de
6 nueva variabilidad genética no es, de ninguna manera, perfecta.

7 De estos dos aspectos básicos del fitomejoramiento-- la creación y la
8 evaluación de nueva variabilidad genética-- este último, es con mayor fre-
9 cuencia la parte más difícil y costosa. Rara vez un fitomejorador no tie-
10 ne la capacidad de crear más variabilidad de lo que tiene capacidad de eva-
11 luar adecuadamente. La evaluación de genotipos no es un campo reservado
12 al fitomejoramiento dentro del Programa de Pastos Tropicales. Al contra-
13 rio, el trabajo básico de todo el Programa es evaluar y seleccionar entre
14 un amplio rango de variabilidad genética natural a nivel de género, especie
15 y genotipo, representado en la colección de germoplasma. Si existe alguna
16 diferencia entre el fitomejoramiento y Agronomía de Forrajes, por ej., radi-
17 ca en el hecho de que un proyecto de fitomejoramiento trabaja dentro de un
18 menor rango de variabilidad genética ya que la creación de variabilidad me-
19 diante cruzamiento está restringido prácticamente dentro de especies. Por
20 ello, el fitomejorador tal vez necesite una metodología de evaluación más
21 refinada.

22 Hay dos factores básicos que producen la variabilidad que se observa
23 entre diferentes individuos de una misma especie; que son el factor genéti-
24 co y el factor ambiente.

25 Todas las especies de plantas cultivadas abarcan mayor o menor rango
26 de variabilidad genética; y es claro que diferentes genotipos sembrados en
27 un mismo ambiente no se comportan igual, cuando se evalúan en condiciones

1 ambientales similares. Es igualmente claro que un mismo genotipo no se
2 comporta igual bajo diferentes condiciones ambientales.

3 El hablar de la "evaluación de genotipos" no es del todo exacto ya
4 que en realidad es imposible medir directamente el genotipo. Lo que si
5 se mide directamente, o sea la expresión de determinada característica de
6 determinado genotipo, en determinado ambiente es el llamado fenotipo que es
7 el producto en mayor o menor grado de factores genéticos y factores ambien-
8 tales.

9 Lo que se entiende por factores ambientales son, simplemente, todos
10 esos factores que intervienen en la expresión fenotípica de una caracterís-
11 tica que no son de origen genético.

12 Gran parte del trabajo de un fitomejorador es el tratar de minimizar
13 el efecto variable de factores ambientales sobre el fenotipo para acercar-
14 se lo más posible a una medida directa del genotipo verdadero. La variabi-
15 lidad en el fenotipo debida a factores ambientales no está sujeta a la se-
16 lección. Es solo cuando el fitomejorador llega a distinguir diferencias
17 genéticas (a través del fenotipo) -diferencias no enmascaradas excesivamen-
18 te por variabilidad ambiental -que puede realizar una mejora genética.

19 Hay básicamente dos maneras de disminuir el efecto variable de facto-
20 res ambientales sobre la expresión fenotípica. Una es crear un ambiente
21 más uniforme para la evaluación de los genotipos y la otra es repetir los
22 genotipos bajo evaluación a través de ambientes.

23 Como ejemplo de la creación de un ambiente más uniforme, se puede
24 considerar la evaluación de resistencia a enfermedades en ensayos de inver-
25 nadero o de laboratorio. Reacción a una enfermedad de una serie de genoti-
26 pos sembrados en el campo, puede ser muy variable debido a desuniformidad
27 del inóculo natural o diferencias en condiciones de temperatura o humedad

1 relativa. En el invernadero se puede controlar mucho mejor las condicio-
2 nes de temperatura, humedad, etc., además de la uniformidad de la aplica-
3 ción del inóculo. Pero, siempre cuando se crea un ambiente uniforme, pero
4 artificial, para probar genotipos, hay que asegurarse que las condiciones
5 creadas se asemejan a las condiciones de campo. De nada sirve que se eva-
6 lúen genotipos por resistencia a enfermedades en estado de plántula bajo
7 condiciones controladas y uniformes en el invernadero si la reacción de
8 plantas adultas en el campo es muy diferente.

9 La segunda manera de manejar el efecto variable de factores ambienta
10 les sobre la expresión fenotípica es mediante la repetición de genotipos
11 a través de ambientes, o sea, el sembrar dos o más parcelas de cada genotip
12 po en un ensayo, o repetir ensayos de genotipos en diferentes localidades
13 o diferentes años, o repetir un ensayo de genotipos bajo diferentes condi-
14 ciones de fertilidad de suelo o manejo. Cualquier diferencia en el com-
15 portamiento de un mismo genotipo o sea en su expresión fenotípica, de una
16 parcela a otra en una localidad o en diferentes localidades representa di-
17 ferencias debidas a factores ambientales. Y con la repetición de genotí-
18 pos, éstas diferencias en la expresión fenotípica debidas a diferencias ambi
19 entales, tienden a cancelarse y la expresión promedia de determinado ge-
20 notipo a través de ambientes, tiende a aproximarse al valor real del geno-
21 tipo. Además de lograr un estimativo más preciso del valor promedio de
22 los genotipos, la repetición de genotipos en diferentes ambientes permite
23 medir su reacción a diferentes condiciones ambientales. Pero, lógicamente
24 la repetición de genotipos implica un aumento en el costo de la evaluación.
25 El sembrar un ensayo de líneas experimentales en dos localidades, vá a cost
26 tar dos veces más de lo que cuesta sembrar en una sola. Siempre van a
27 existir limitantes de orden económico que controlan la amplitud de repeti-
ciones que sean factibles. Y uno tiene que determinar si el sembrar otra

repetición más, compensa su costo en términos del valor de la información adicional que proporcionaría.

El hecho reconocido de que un genotipo determinado se comporta de distinta manera bajo condiciones ambientales diferentes es en cierto sentido de poca importancia para el fitomejorador. Por ej., si se supiera que, de un grupo de cien líneas experimentales bajo evaluación, la línea 23 es la mejor línea de todas, en todos los ambientes de interés, (aún sabiendo que esta línea no se comporta igual en los diferentes ambientes), entonces la selección en base a un ensayo en un solo ambiente sería tan efectiva como la selección en base a cincuenta ensayos en cincuenta ambientes.

Desafortunadamente, rara vez el fitomejorador tiene tanta suerte. Es más común encontrar que el genotipo que sobresale en un ambiente no es el mejor en otro ambiente. Este es el fenómeno denominado INTERACCION GENOTIPO-AMBIENTE. Significa que el comportamiento relativo de una serie de genotipos cambia según el medio ambiente donde se siembren. Como ejemplo sencillo, se pueden considerar tres ecotipos de una especie cualquiera y su reacción a una enfermedad en dos ambientes. Sembrados en el ambiente A, resulta que el ecotipo 1 es totalmente resistente, el ecotipo 2 muy susceptible, y el ecotipo 3 muestra cierto nivel de tolerancia que le permite persistir. Llevados los mismos tres ecotipos a una prueba en otro ambiente B, donde existen diferentes razas del patógeno, resulta que el ecotipo 1 es altamente susceptible, el ecotipo 2 altamente resistente, y el ecotipo 3 muestra un nivel intermedio de tolerancia. Qué hace el fitomejorador frente a esta situación? Si prueba los tres ecotipos solamente en ambiente A seleccionaría el ecotipo 1. Si los prueba en el ambiente B, seleccionaría el ecotipo 2. Pero con ensayos en las dos localidades y

1 buscando el mejor ecotipo para los dos ambientes, el ecotipo seleccionado
2 no sería ni el 1 ni el 2, sino el 3, que aunque no es totalmente resistente
3 en ninguna de las dos localidades, de todas maneras tiene suficiente tole-
4 rancia en ambas. Y serían diferentes los ecotipos seleccionados si se bus-
5 cara el mejor para cada una de las dos localidades. Claro que esto es so-
6 lo un ejemplo, donde la causa de la interacción genotipo-ambiente es obvia.
7 En muchos casos donde se detecta una interacción genotipo-ambiente signifi-
8 cativa, resulta difícil o imposible determinar los factores que la causan.

9 Por lo tanto, resulta obvio que los objetivos de un proyecto de fito-
10 mejoramiento tienen que incluir alguna definición del rango de ambientes pa-
11 ra los cuales se piensa obtener una variedad mejorada. Mientras más amplio
12 sea el rango de ambientes, más difícil vá a resultar encontrar una línea
13 adaptada a través de todo el rango de ambientes.

14 Se mencionó anteriormente que, en principio, el mejoramiento genéti-
15 co de forrajes no es diferente del mejoramiento de cualquier cultivo anual.
16 Sin embargo, sí hay diferencias muy importantes en la práctica y ahora se
17 puede considerar los aspectos especiales del fitomejoramiento de especies
18 forrajeras en general y del fitomejoramiento de especies forrajeras tropica-
19 les.

20 Primero que todo hay que recordar que el trabajo de mejoramiento en
21 pastos no está limitado a una sola especie como lo es un programa de mejo-
22 ramiento de determinado cultivo. Al comienzo de un proyecto de mejoramien-
23 to de pastos, el fitomejorador tiene que tomar una decisión que ya está de-
24 cidida para el fitomejorador de cualquier cultivo y esta es la de seleccio-
25 nar la especie que merece un esfuerzo de fitomejoramiento. Una especie bue-
26 na puede ser mejor como está, que otra después de largos años de fitomejora-
27 miento. Una especie que tenga algún problema (susceptibilidad a una enfer-

medad, por ej.), podría ser simplemente descartada si existe otra especie que la pueda reemplazar, en vez de tratar de corregir la deficiencia mediante un costoso proyecto de fitomejoramiento. Esta opción de poder descartar especies enteras es, realmente, un lujo que no puede permitirse el fitomejorador de otro cultivo como el maíz o frijol. En ciertas regiones del mundo hay ya especies forrajeras tan bien adaptadas y ampliamente cultivadas que la situación es prácticamente la misma que para cualquier otro cultivo establecido. Pero, aquí en el trópico, estamos lejos de tener identificadas definitivamente las especies, y en algunos casos los géneros. Con la continua colección e introducción de nuevo germoplasma, la lista de especies "promisorias" está permanentemente sujeta a la posibilidad de modificación.

Un importante limitante en un programa de fitomejoramiento de forrajes es la casi imposibilidad de crear condiciones comerciales de producción en ensayos de muchos genotipos diferentes. Las condiciones comerciales para las cuales estamos buscando especies forrajeras son las de pasturas asociadas, gramíneas con leguminosas, bajo pastoreo. La prueba de un cultivo, como maíz o frijol, puede generalmente hacerse en parcelas pequeñas donde puede medirse con suficiente precisión el rendimiento de grano y otras características de importancia. Para pastos, al contrario, la prueba definitiva de una nueva variedad ni siquiera es el rendimiento de un producto de la planta sino de un producto animal. Y esto no se puede medir directamente en parcelas pequeñas. Para medir producto animal -- la última medida de la calidad de una nueva variedad de pastos -- se requieren parcelas grandes y esto limita el número de genotipos que se pueden evaluar directamente. Así que un programa de fitomejoramiento de pastos que fácilmente tenga capacidad de producir cientos y aún miles de líneas para probar, se ve forzado

1 a eliminar una gran proporción de estas líneas en base a características
2 que solo están indirectamente relacionadas con el producto final. Además,
3 este gran número de líneas tiene que evaluarse al principio bajo condicio-
4 nes muy diferentes a las condiciones comerciales de producción de pastos.
5 Generalmente, las primeras evaluaciones se hacen, como para cultivos anua-
6 les, en surcos sencillos o parcelas pequeñas, con siembra en mono-cultivo--
7 una gramínea o una leguminosa sola-- y bajo corte. En estas condiciones se
8 pueden evaluar ciertas características agronómicas de las diferentes líneas
9 tales como hábito de crecimiento, precocidad de floración, rendimiento de
10 semilla, resistencia a insectos o enfermedades, rendimiento de materia se-
11 ca, y calidad en base a pruebas de laboratorio (e.g. contenido de proteína,
12 digestibilidad, etc). Y es en base a ésta clase de datos que se descarta
13 la gran mayoría de las nuevas líneas, sin ni siquiera haberlas visto un so-
14 lo animal. La pregunta clave es: ¿Qué tan buena es la correlación entre
15 los datos agronómicos tomados en condiciones muy artificiales de surcos o
16 parcelas pequeñas de mono-especie bajo corte, con el comportamiento en tér-
17 minos de persistencia y rendimiento de producto animal, bajo condiciones
18 comerciales de pasturas asociadas bajo pastoreo?

19 Hay características muy importantes de un pasto que son imposibles
20 de medir al nivel de parcelas pequeñas. Ahora, es lógico pensar que cier-
21 tas características medidas en parcelas pequeñas tienen mucho que ver con
22 comportamiento bajo condiciones comerciales. Si una línea se vé suscepti-
23 ble a cierta enfermedad en la parcela pequeña, se puede suponer que no vá
24 a persistir tampoco bajo condiciones de pastura. Si una línea tiene baja
25 producción de semilla puede descartarse con confianza, ya que es poco pro-
26 bable que esta línea resulte ser un éxito comercial debido a lo difícil que
27 es su propagación. Hay muchas experiencias que sugieren que los análisis

1 de laboratorio de calidad nutricional tiene buena -- pero no perfecta -- co-
2 rrelación con el comportamiento animal. En cuanto al rendimiento de mate-
3 ria seca, hábito de crecimiento, o precocidad, por ej. características medi-
4 das en parcelas pequeñas, son pocos los datos que existen para establecer
5 una correlación con comportamiento animal bajo condiciones comerciales.
6 Así que fitomejorador está obligado a descartar muchas líneas y seleccionar
7 otras pocas en base a criterios que tienen validez en mayor o menor grado
8 desconocida. Pero algún criterio de comportamiento de las líneas bajo con-
9 diciones bastante diferentes a las condiciones comerciales si tiene que a-
10 plicarse para reducir el número de líneas que pasan a pruebas bajo pasto-
11 reo, porque sería simplemente una imposibilidad económica probar varios
12 centenares de líneas potenciales bajo pastoreo en condiciones que apróxi-
13 man a las comerciales.

14 En general, y a diferencia con los cultivos, los pastos se cultivan
15 en un ambiente relativamente poco modificado. Es decir, se espera que los
16 pastos crezcan con menos aplicación de fertilizantes, prácticamente sin
17 ningún control de plagas ni enfermedades y generalmente sin riego. Además,
18 los pastos son generalmente sembrados en suelos de mas baja fertilidad nati-
19 va que los cultivos. Asi, una línea seleccionada necesita mayor rango de
20 adaptación y adaptación a condiciones más adversas que generalmente se re-
21 quieren para una variedad mejorada de un cultivo. La necesidad de mayor
22 rango de adaptación implica que la evaluación de las líneas experimentales
23 debe ser más extensa de lo que se requiere para evaluar y probar líneas de
24 cultivos. Y entre más extensa sea la evaluación, más costosa.

25 La gran mayoría de las especies forrajeras exitosas son perennes y
26 tienen que persistir en la pastura a través del tiempo. La persistencia
27 es una de las características más importantes en un forraje. Pero la eva-

1 luación de persistencia implica naturalmente la evaluación a través del
2 tiempo, así aumentando el costo de la evaluación. Al mismo tiempo la eva
3 luación adecuada en una especie perenne implica obligatoriamente que el
4 progreso en el programa de mejoramiento sea, por naturaleza, más lento que
5 para un cultivo anual.

6 El aspecto básico que distingue el trabajo en mejoramiento de es-
7 pecies forrajeras tropicales del mejoramiento de cultivos o de forrajes
8 en otras latitudes es el hecho de que el esfuerzo en pastos tropicales,
9 tanto aquí en el CIAT como en otras partes del mundo, es relativamente re-
10 ciente. Es significativo el hecho de que en los otros Programas en el
11 CIAT -- yuca, frijol y arroz -- el fitomejoramiento ha sido, desde el co-
12 mienzo, componente clave del esfuerzo mientras que, en el Programa de Pas-
13 tos Tropicales es realmente muy reciente el esfuerzo que se ha hecho en el
14 campo del fitomejoramiento y aún sigue siendo una parte pequeña del es-
15 fuerzo global del Programa. El que trabaja con Pastos Tropicales, está
16 frente a un vasto rango de material de valor potencial (pero en muchos ca-
17 sos no totalmente conocido) a nivel de géneros, especies y la variación
18 natural existente dentro de especies. Este material está en pleno proceso
19 de ser coleccionado, introducido y evaluado. En algunas partes del mun-
20 do hay especies y aun variedades de conocido valor. Pero aún en estos ca-
21 sos siempre existe la posibilidad de que introducciones nuevas puedan reem-
22 plazar variedades, y aún especies y géneros establecidos. Toca cumplir,
23 pues una gran labor de evaluación de germoplasma introducido antes de que
24 se deba pensar en montar un programa extenso en fitomejoramiento. Hay que
25 identificar las especies más promisorias y los ecotipos individuales que
26 mejor se comporten. Además, antes de emprender un proyecto de fitomejora-
27 miento tienen que ser identificados los limitantes específicos de cada eco

1 tipo seleccionado y, entre toda la variabilidad existente en la especie,
2 identificar cuáles ecotipos tienen las características especificadas requie
3 ridas para mejorar los ecotipos seleccionados.

4 Con lo nuevo de los trabajos en pastos mejorados, sobre todo en las
5 leguminosas tropicales en América Latina, existe realmente muy poca infor-
6 mación sobre el comportamiento y los limitantes de variedades conocidas ba
7 jo condiciones comerciales. No se puede, como lo puede hacer el mejorador
8 de arroz o maíz, salir a coleccionar del agricultor, información sobre las ca
9 racterísticas -- las ventajas y los limitantes -- de variedades comerciales
10 establecidas. En muchas especies no se tiene ni siquiera un estándar de
11 comparación a nivel experimental.

12 Como el fitomejoramiento se entiende como "mejoramiento" de alguna
13 variedad ya establecida, es difícil, hasta cierto punto, hablar de "fito-
14 mejoramiento" en este contexto. Como el material que estamos probando en
15 muchas especies es nada más que introducciones directas de la naturaleza,
16 puede resultar más fácil -y más efectivo -simplemente salir a coleccionar mas
17 variación genética ya existente en la naturaleza que tratar de crear nue-
18 va variación en un proyecto de mejoramiento.

19 Estamos en una situación única en comparación con la situación exis-
20 tente en un cultivo establecido. Y es la de estar realmente en las prime-
21 ras etapas de la misma domesticación de especies silvestres.

22 La condición prácticamente silvestre de muchas de nuestras especies
23 forrajeras tropicales lleva otras implicaciones para el fitomejorador. La
24 literatura existente sobre factores genéticos como el tipo de polinización
25 (o sea si la especie es de autopolinización o de polinización cruzada), re-
26 laciones genéticas entre especies (o sea potencial de intercambio genético
27 dentro de especies y entre diferentes especies), métodos de cruzamiento, en-

1 tre otros factores de gran importancia para el fitomejorador es práctica-
2 mente nula para muchas especies forrajeras tropicales. El fitomejorador
3 tiene que obtener toda esta información antes de que pueda lanzarse a un
4 proyecto de fitomejoramiento efectivo y eficiente.

VIII. PRODUCCION DE SEMILLAS DE PLANTAS FORRAJERAS.

- Sistemas de Producción de Semillas de Pastos en América Latina.
John E. Ferguson
- Regiones Geográficas en la Producción de Semillas Forrajeras Tropicales.
John E. Ferguson y
E.A. Burbano
- Aspectos de Calidad de Semillas en Pastos Tropicales.
John E. Ferguson

SISTEMAS DE PRODUCCION DE SEMILLAS DE PASTOS EN AMERICA LATINA *

John E. Ferguson**

RESUMEN

Se proponen y describen cinco sistemas básicos de producción por medio de los cuales las semillas de cultivares de gramíneas y leguminosas llegan al mercado. Esto son: 1) tradicional para gramíneas; 2) leguminosas de plantaciones agrícolas; 3) leguminosas con soporte físico; 4) gramíneas y leguminosas como praderas; y 5) gramíneas y leguminosas como cultivos. Se definen las especies particulares y países en donde existen estos sistemas actualmente. Se discuten además los papeles relativos y futuros de estos sistemas y las áreas más pertinentes para investigación, presentando de esta forma guías para futuras estrategias para desarrollar la producción de semillas.

La disponibilidad y costo al consumidor del kg. de semilla pura viva (SPV) determina frecuentemente si el potencial de una variedad forrajera se puede aprovechar en forma de producción animal. Aun en América Latina en donde el método predominante de distribución y establecimiento de praderas ha sido propagación vegetativa, el mejoramiento en gran escala de las praderas dentro de sistemas extensos de producción de ganado únicamente es factible por medio de la semilla. Esto es válido especialmente cuando se trata de leguminosas y cultivares mejorados de gramíneas.

* Tomado de: Tergas L.E., y P.A. Sanchez 1969. Producción de Pastos Acidos de los Trópicos.

** Agrónomo, Programa de Ganado de Carne, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

Con la mayoría de las especies de pastos tropicales la producción de semilla es un esfuerzo relativamente nuevo, tanto comercialmente como desde el punto de vista de la investigación científica. En Australia, Brasil, Colombia y Kenia, sin embargo, la producción de semillas se ha desarrollado considerablemente en la última década. La literatura sobre producción de semilla de pasto va en aumento. La revisión de Humphreys (7), y posteriormente de Jones y Roe (8), constituyen las primeras presentaciones de gran alcance de los componentes clásicos de producción de semilla como se aplican a las actuales gamas de especies y cultivares. Otras numerosas publicaciones tratan solamente sobre el comportamiento y manejo de especies particulares, prácticas culturales específicas o resúmenes de actividades de producción de semilla a nivel nacional. Sin embargo, el número y diversidad de especies, ya sea actualmente bajo producción comercial o en experimentación para entrega en el futuro, y la multiplicación de medios a través de los cuales la semilla llega al mercado dificultan la discusión sobre producción de semilla de pastos. Vicary (16) llamó la atención sobre la diversidad de empresas de producción de semilla en el norte de Australia, en tanto que Hopkinson (6) describió las fases progresivas de acumulación de existencias de un cultivar nuevo.

El objeto de este trabajo es presentar una descripción general sobre la forma como se produce la semilla de pastos en las tierras bajas de América Latina tropical pero desde el punto de vista de sistemas de producción. Además, se discute la función de la investigación dentro de cada sistema y cómo pueden estos sistemas responder a las necesidades futuras.

SISTEMAS DE PRODUCCION DE SEMILLAS

Por un sistema de producción de semilla de pastos se entiende todos los componentes biológicos, tecnológicos y de manejo relacionados con una especie en particular y la forma como estos componentes interactúan dentro de la producción de semilla como producto comerciable.

Al tratar de definir estos sistemas, se ha puesto énfasis en: a) el grado hasta el cual la producción de semilla es compatible con el manejo de forrajes para ganado de carne u otra empresa de producción; b) el punto hasta el cual se satisfacen los requerimientos biológicos de las especies para producción de semilla al sembrarlas en una región geográficamente apropiada y/o en un sitio específico dentro de ésta, y/o al aplicar diferentes prácticas culturales; y c) la agrupación de especies o cultivares que tienen componentes de producción similares dentro del mismo sistema, a fin de minimizar el número de sistemas pero evitando la generalización.

Se proponen cinco sistemas básicos de producción de semilla. Estos son:

- Sistema 1. Tradicional para gramíneas.
- Sistema 2. Leguminosas de plantaciones agrícolas.
- Sistema 3. Leguminosas con soporte físico.
- Sistema 4. Gramíneas y leguminosas como praderas.
- Sistema 5. Gramíneas y leguminosas como cultivos.

Sistema 1. Tradicional para gramíneas

Se limita a ciertas gramíneas que están naturalizadas en algunas áreas de producción de ganado de carne, tanto en las praderas como al lado de los caminos. Su diseminación o establecimiento, fue inicialmente natural o para praderas, pero no con el propósito de producir semilla. Con excepción del acceso limitado del ganado después de determinada fecha, los ganaderos no aplican prácticas específicas para manejo de semilla. La floración y la formación de semilla, sin embargo, están bien sincronizadas con la terminación de la estación húmeda y casi todos los años la cantidad de semilla es alta y se puede cosechar para la venta inmediata.

La recolección se hace manualmente. Normalmente el ganadero llega a un acuerdo con un contratista quien a su vez subcontrata con trabajadores locales para efectuar la recolección. Algunos ganaderos, sin embargo, organizan y controlan su cosecha. El principal método de cosecha es cortar los tallos en flor con una hoz o machete y luego construir pilas o montones ordenados con los tallos acomodados ya sea horizontalmente o inclinados hacia arriba. Las pilas se construyen progresivamente en el campo a medida que avanzan los cortadores a través del sembrado y sólo ocasionalmente se hace el esfuerzo extra del transportar este material del campo a un cobertizo. Después de cinco a siete días, las pilas se abren y los tallos se desgranar manualmente golpeándolos con un palo o contra el suelo. La masa de semilla desprendida se empaca y se traslada un cobertizo. La limpieza posterior es mínima y se reduce a remover el material vegetal. Los procedimientos finales de secamiento varían, pero normalmente implican

exposición al sol. Un método alternativo de cosecha consiste simplemente en dejar madurar en exceso el cultivo, y luego cosechar las semillas caídas al suelo usando rastrillos y escobas.

Los lotes comerciales de semilla son extremadamente variables en todos los componentes de calidad. La característica más obvia es el alto pero variable contenido de arena, tierra, partes de hojas y tallos, y semillas vanas. Por su parte, el técnico en semillas describiría este mismo lote como de pureza baja pero variable (por la definición internacional) y con un alto contenido de materia inerte. Obviamente, la semilla recogida del suelo tendrá la fracción más alta de arena y tierra. Por otra parte algunos lotes de semilla pueden estar casi libres de arena, tierra y material vegetal. La variable constante es la proporción de estructuras similares a semillas que contienen una cariopsis, es decir el contenido de semilla pura por la definición internacional. La germinación también es variable en alto grado según el contenido de semilla pura, la proporción de semilla inmadura y el manejo después de la cosecha, especialmente el tiempo y las condiciones de las pilas, el índice de secamiento y las condiciones de almacenamiento.

El rendimiento de la semilla es muy variable y los estimativos se complican por la dificultad de medir el área de cosecha y el peso y pureza del producto final.

Las venta de semilla son esencialmente locales y no existen definiciones o estimativos de calidad normalizados. En ciertas regiones la semilla se negocia comercialmente y a menudo entre países fronterizos, como es

el caso entre Colombia y Venezuela.

Este sistema de producción de semillas de pasto se ha desarrollado y funciona sin ninguna asistencia gubernamental o insumo investigativo. Aunque el producto es de calidad variable y sin refinar, este sistema representa el mayor volumen de semilla de pasto y es el más difundido en América Latina. Las especies, países y rendimientos se resumen en el Cuadro 1. La mayor producción total se registra en Brasil y Colombia.

CUADRO 1. Distribución y rendimiento de semillas de gramíneas en el sistema tradicional de gramíneas (Sistema 1).

Especie	País	Rendimiento de semilla*
		kg/ha
<u>Hyparrhenia rufa</u> (Nees) Stapf.	Brasil, Colombia, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, México, Panamá, Perú, Venezuela.	100-200 (1 cosecha)
<u>Panicum maximum</u> Jacq.	Brasil, Bolivia, Costa Rica, Colombia, Ecuador, México, Venezuela.	50-100 (1-2 cosechas)
<u>Dichanthium aristatum</u> (Poir.) C.E. Hubbard	Colombia, Venezuela	75-150 (1-2 cosechas, irrigadas frecuentemente)
<u>Melinis minutiflora</u>	Brasil, Colombia, Costa Rica, Venezuela.	75-150 (1 cosecha)
<u>Cenchrus ciliaris</u> L.	Colombia, México, Venezuela.	50-100 (1 cosecha, sin apilar)

* Semilla sin refinar de pureza variable pero generalmente baja.

Los aspectos de producción y desarrollo de este sistema han sido descritos por varios autores (1, 5, 9, 12, 15). El examen de la naturaleza básica del sistema indicaría que para mejorar primero la calidad y luego la cantidad de la producción, no se requiere un esfuerzo intenso de investigación sino más bien la aplicación y difusión de la tecnología disponible. Se debe continuar con la investigación para comprender mejor los efectos y control de la fase de sudado, o sea cuando el material cosechado es conservado húmedo en las pilas (14), y para desarrollar equipo de procesamiento de semilla más apropiado (11).

El sistema podría mejorarse de las siguientes maneras:

1) Mejor manejo en la hacienda, después de la cosecha. Primero, comprender y controlar más a fondo la fase de sudado. Segundo, usar cubiertas plásticas baratas y cribas separadoras preliminares inclinadas durante la fase de desgrane para reducir la proporción de material inerte. Tercero, hacer más énfasis en el secamiento lento y natural bajo la sombra.

2) Procesamiento mecánico de la semilla fuera de la hacienda para mejorar la pureza de la semilla. Este servicio lo podría prestar el gobierno o la empresa privada construyendo una instalación para procesamiento en un área de gran producción. El equipo indispensable incluiría un predepurador o separador preliminar, un molino de martillo ajustable o una máquina desbarbadora, una limpieza de cribas y aire, y una mesa de gravedad.

3) Desarrollar una mayor comprensión de la calidad de la semilla. El primer requisito sería fijar una definición y medida de patrones de pureza de la semilla para cada especie, y luego construir las instalaciones en donde se pueda comprobar la calidad de la semilla. Este último podría estar a cargo de una entidad nacional. Sería indispensable un programa educativo para enfatizar la importancia de la pureza, la germinación, el contenido de SPV y su relación con los índices de siembra.

4) Estimular a los dueños de haciendas para que ocupen más seriamente en la producción de semilla. Esto involucraría un compromiso para escoger zonas de producción de semilla de pastos uniformes, libres de maleza, y una administración más intensiva. En algunas regiones de producción agrícola y pecuaria, debería ser posible cosechar con cortadoras y combinadas haciendo los ajustes y adaptaciones necesarias al equipo usado para producción de cultivos alimenticios.

El sistema podría mejorarse de las siguiente maneras:

1) Mejor manejo en la hacienda, después de la cosecha. Primero, comprender y controlar más a fondo la fase de sudado. Segundo, usar cubiertas plásticas baratas y cribas separadoras preliminares inclinadas durante la fase de desgrane para reducir la proporción de material inerte. Tercero, hacer más énfasis en el secamiento lento y natural bajo la sombra.

2) Procesamiento mecánico de la semilla fuera de la hacienda para mejorar la pureza de la semilla. Este servicio lo podría prestar el gobierno o la empresa privada construyendo una instalación para procesamiento

en un área de gran producción. El equipo indispensable incluiría un pre-depurador o separador preliminar, un molino de martillo ajustable o una máquina desbarbadora, una limpiadora de cribas y aire, y una mesa de gravedad.

3) Desarrollar una mayor compresión de la calidad de la semilla. El primer requisito sería fijar una definición y medida de patrones de pureza de la semilla para cada especie, y luego construir las instalaciones en donde se pueda comprobar la calidad de la semilla. Este último podría estar a cargo de un entidad nacional. Sería indispensable un programa educativo para enfatizar la importancia de la pureza, la germinación, el contenido de SPV y su relación con los índices de siembra.

4) Estimular a los dueños de haciendas para que se ocupen más seriamente en la producción de semilla. Esto involucraría un compromiso para escoger zonas de producción de semilla de pastos uniformes, libres de maleza y una administración más intensiva. En algunas regiones de producción agrícola y pecuaria, debería ser posible cosechar con cortadoras y combinadas haciendo los ajustes y adaptaciones necesarias al equipo usado para producción de cultivos alimenticios.

Varias firmas comerciales grandes productoras de semillas están iniciando arreglos contractuales con ganaderos; en consecuencia este sistema podría ser más productivo en el futuro. Debe tenerse en cuenta, sin embargo, que un alto grado de refinamiento de este sistema constituiría una transición al Sistema 4.

Sistema 2. Leguminosas de plantaciones agrícolas.

Se limita a leguminosas capaces de servir como cubierta vegetal estable del suelo bajo plantaciones de árboles perennes en los trópicos húmedos. Las plantaciones de caucho, palma de aceite y coco obviamente se desarrollan en donde las condiciones ecológicas las favorecen. Las leguminosas proveen una cobertura protectora viva para el control de la erosión y de las malezas y crece progresivamente bajo sombra parcial. La producción de semilla de la leguminosa no es el objetivo inicial, pero ocasionalmente podría convertirse en un cultivo comercial secundario.

El pastoreo no forma parte del sistema de manejo en las plantaciones de caucho y palma de aceite. La leguminosa se retira manualmente de la base de los árboles y se puede defoliar ocasionalmente ya sea manual o mecánicamente. El manejo de la leguminosa anterior a la cosecha es mínimo o casi nulo.

En una minoría de plantaciones y solamente en algunos años, la producción de semilla de la leguminosa puede ser relativamente prolífica en partes de las plantaciones. Algunos administradores emplean mano de obra para la cosecha manual, generalmente las esposas e hijos de los trabajadores permanentes. Las vainas cosechadas se secan al sol y se desgranar manualmente.

El producto comerciable es de alta pureza pero con germinación variable que guarda relación con la edad de la semilla y con las condiciones de almacenamiento. La oferta de semilla mediante este sistema es obvia -

mente irregular. La semilla se negocia dentro de los mercados nacionales, pero también internacionalmente debido a los contactos de mercadeo de las plantaciones de árboles. Actualmente en América Latina sólo se produce Pueraria phaseoloides (Roxb.) Benth.var. javanica (Benth) Bak. con palma de aceite africana o plantaciones de caucho (Cuadro 2). Es importante destacar, sin embargo, que otras leguminosas tales como Centrosema spp. y Desmodium ovalifolium Vahl. también pudieran producirse mediante este sistema.

CUADRO 2. Distribución y rendimiento de semilla de P. phaseoloides con el sistema agrícola de plantaciones (Sistema 2).

Especie	País	Rendimiento de semilla
		kg/ha
<u>P. phaseoloides</u> con palma africana oleífera o con caucho	Brasil, Colombia, Ecuador, Guatemala	10-50 (1 cosecha)

El potencial de rendimiento de la semilla de P. phaseoloides sin apoyo físico no está bien definido en América Latina. En Carimagua, al oriente de Colombia (4°N), Raúl Pérez (comunicación personal) registró rendimientos de semilla cosechada a mano de entre 5 y 80 kg/ha en poblaciones puras. En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) (3°N) se registraron rendimientos de 500 y 340 kg/ha con cosecha manual y mecánica respectivamente. Estas especies tiene, por consiguiente, un potencial

atractivo que esencialmente ha estado sin explotar en América Latina.

Como actualmente existen grandes áreas de P. phaseoloides, las cuales se expandirán como consecuencia del crecimiento de la industria de plantaciones, se deben estudiar las formas de aumentar el volumen de semilla de ésta y otras especies de leguminosas dentro de este sistema. Estas incluirían:

1) Mejorar la relación entre las industrias de semillas y de plantaciones en cuanto a la demanda, potencial de producción y acuerdos sobre metodología y aparcería.

2) Seleccionar las regiones geográficas en donde la leguminosa podría producir consistentemente rendimientos razonables de semilla. Es necesario tener en cuenta entre otros los siguientes factores: la latitud, puesto que P. phaseoloides responde positivamente a días cortos en la floración, los rendimientos serían potencialmente más altos en lugares por encima de los 8° de latitud aún en las latitudes bajas, por la presencia de más variación en el fotoperíodo; la distribución de las lluvias en relación con el fotoperíodo, en particular la necesidad de un cambio marcado hacia una estación seca combinada con fotoperíodos más cortos; y los niveles de radiación solar, evitando áreas con alta nubosidad durante el año.

3) Seleccionar áreas específicas dentro de plantaciones que estén localizadas en regiones geográficas óptimas. Estas áreas tendrían: un sombrero mínimo ya sea por la edad de los árboles, la baja densidad de árboles o la población de árboles viejos y enfermos; un tipo de suelo liviano, que aumenta la falta de humedad en la estación más seca; y una

topografía plana, preferiblemente con desmonte completo del terreno para facilitar la mecanización del cultivo.

4) Un manejo más intenso de estas áreas seleccionadas para producción de semillas. Este aspecto incluye la aplicación de fertilizantes para las leguminosas, especialmente para cumplir con los requisitos de P, S, K, Mg, Zn o Mo; el control de insectos, cuando sea necesario; la determinación del método de cosecha con base en la disponibilidad de trabajadores y en la posibilidad de emplear una combinada, posiblemente mediante contrato; el beneficio de un sistema de soporte barato para facilitar la cosecha manual.

Sistema 3. Leguminosas con soporte físico.

Sólo puede emplearse para leguminosas con hábito de crecimiento de enredadera. Se establecen las áreas para la leguminosa y luego se erige un sistema de soporte y se ayuda a los tallos a trepar por los mismos. Este sistema de soportes es generalmente de guadua y alambre, o puede ser más sencillo usando estacas de plantas o tallos viejos sin interconexión.

El objetivo primordial es la producción de semillas. La selección de un lugar geográfico adecuado no es indispensable, pues en realidad la falta de adaptación climática para la producción de semilla en un sitio en particular puede compensarse parcialmente con el sistema de apoyo.

Este sistema impide el uso alternativo del pastoreo, facilita la recolección manual, obligatoria de la semilla pero restringe el tamaño del área de producción. El manejo es semi-intensivo y puede incluir fertiliza-

ción, control de insectos e irrigación para obtener altos rendimientos y compensar el costo del sistema de soporte. Las vainas se cosechan a mano, normalmente dentro de una secuencia programada con anterioridad. Las vainas simplemente se secan al sol y se desgranar manualmente o por medio de sistemas mecánicos simples, como es el caso de la desgranadora fija. El rendimiento de las semillas puede ser muy alto. La germinación y la pureza son normalmente altas. La semilla se usa frecuentemente en la misma propiedad o se vende localmente. Las especies incluídas más frecuentemente se anotan en el Cuadro 3.

CUADRO 3. Distribución y rendimiento de semillas de leguminosas cultivadas mediante el sistema de soporte físico (Sistema 3).

Especie	País	Rendimiento de semilla
		kg/ha
<u>C. pubescens</u>	Colombia y	más de 100
<u>G. wightii</u>	Ecuador	más de 100
<u>P. phaseoloides</u>		más de 100
<u>C. mucunoides</u>		más de 100

Lotero (10) registró altos rendimientos con Calopogonium mucunoides Desv. (800 kg/ha). P. phaseoloides (838 kg/ha) y Glycine wightii (R.Grah. ex Wight & Arn.) Verdcourt (622 kg/ha en Medellín, Colombia. Farfán (4) obtuvo rendimientos de 950 kg/ha con Centrosema pubescens Benth., 267 kg/ha con Macroptilium atropurpureum (DC.) Urb. y 280 kg/ha con Macrotyloma

axillare (E. Mey.) Verdc. en Porto Viejo, Ecuador. En Santander de Quilichao, Cauca, Colombia, Centrosema spp. dio un rendimiento de 650 kg/ha en el primer año.

Este sistema es eficiente y práctico solamente en una escala limitada con material de buena calidad en donde la mano de obra es barata y fácil de conseguir. Estas limitaciones le dan un papel transitorio y primario puesto que si la demanda y los costos de una determinada especie suben, la expansión significativa de la producción sólo se podría lograr mediante el Sistema 4 ó 5.

La investigación dentro de este sistema deberá dirigirse a ayudar en la transición al identificar prácticas culturales y regiones geográficas apropiadas en donde la cosecha mecánica resulte económica. Otra línea de investigación podría concentrarse en el uso de sistemas de soporte de bajo costo (incluyendo combinaciones de cultivos múltiples que pudieran ser cosechados mecánicamente), y reguladores químicos de crecimiento.

En el futuro este sistema se usará para aumentar inicialmente la cantidad de semilla de germoplasma promisorio dentro de instituciones nacionales que produzcan semilla para propósitos de experimentación, y lograr índices de multiplicación altos y rápidos tanto para los productores de semilla como para los ganaderos que intentan producir una nueva variedad en donde la oferta inicial es restringida o muy costosa.

Sistema 4. Gramíneas y leguminosas como praderas.

Puede involucrar tanto gramíneas como leguminosas. Las especies o cultivos involucrados son relativamente nuevos. La región geográfica adecuada es aquella en donde las especies se adaptan bien para la producción de forrajes y, en casi todos los años, para la formación de la semilla. El establecimiento inicial tiene por objeto desarrollar praderas mejoradas, en poblaciones puras o mezcladas. Si bien el objetivo inicial del ganadero es producir forrajes para la alimentación del ganado, puede sentirse tentado convertirse en productor de semilla ya sea por los altos precios de la misma o para resembrarla en su propiedad. La producción de semilla es, en consecuencia un cultivo secundario de salida inmediata.

En los años en que el objetivo es la producción de semilla, el ganadero restringe el pastoreo en ciertas áreas y, generalmente sin invertir más insumos, espera hasta que el área florezca y produzca semilla. Estas áreas pueden haber sido fertilizadas para explotar el potencial de rendimiento de forraje de cultivares nuevos o mejorados. La cosecha se lleva a cabo por contrato en forma manual o mecánica. La tendencia, sin embargo, es hacia el empleo de la combinada. La semilla se seca al sol en la propiedad, pero generalmente se transporta a una instalación procesadora en donde se limpia y se clasifica. La calidad de los lotes de semilla finales es variable pero puede ser alta. El rendimiento de la semilla es variable y generalmente moderado para la especie. El volumen total de semilla, sin embargo, es suficiente para afectar significativamente la oferta nacional y los precios a medida que aumentan las áreas involucradas.

Obviamente este sistema es intermedio entre los Sistemas 1 y 5.

Actualmente no es común emplearlo en América Latina con las leguminosas, pero esto refleja el escaso número de cultivares relativamente nuevos de que se dispone (Cuadro 4). Este sistema no se promueve mediante la investigación y el desarrollo pero tiende a evolucionar naturalmente en respuesta a una fuerte demanda económica de semilla reconocida por los ganaderos

CUADRO 4. Distribución y rendimiento de semillas de especies con el sistema de praderas (Sistema 4).

Especie	País	Rendimiento de semilla
		kg/ha
<u>Brachiaria decumbens</u> Stapf.	Colombia, Venezuela y Brasil	5-50 (1-2 cosechas)
<u>P. maximum</u> (cv. Coloniao, Green Panic, etc.)	Brasil	50-100 (1-2 cosechas)
<u>M. atropurpureum</u>	Brasil	20-50 (1-2 cosechas)

progresistas dentro de la misma región. Es un método de producción de semilla relativamente económico y si se desarrolla en alguna escala, es innecesario recurrir al Sistema 5 para los cultivares empleados dentro de cada país en particular. No obstante, el problema es que es poco probable que se desarrolle suficientemente rápido para algunos cultivares y en ningún grado para otros, especialmente en el caso de leguminosas en regiones de baja altitud. Los productores en este sistema son empresarios innovadores, que cambian de una actividad a otra dependiendo de la diferencia

entre los precios de las semillas y la necesidad de forraje. Algunos, sin embargo, se sienten atraídos por este negocio y pueden llegar a ser productores especializados. En consecuencia, el sistema aporta semillas y hombres preocupados por producirla y sirve de puente en el proceso de mejoramiento de la semilla a nivel nacional.

Sistema 5. Gramíneas y leguminosas como cultivos.

Este sistema puede incluir tanto gramíneas como leguminosas y los cultivares involucrados pueden ser tradicionales o nuevos. El objetivo principal es la producción de semilla, con énfasis limitado en la producción de forrajes. La selección de la tierra y el establecimiento y manejo de los cultivos de semillas están orientados al logro de este objetivo. Un cultivo de semillas de una especie de pasto puede formar parte de una rotación con un cultivo alimenticio o de fibra y proveer ingresos adicionales por el heno (especialmente con leguminosas) o el pastoreo limitado (especialmente con gramíneas).

Este sistema se desarrolla o con el tiempo evoluciona, dentro de regiones geográficas más apropiadas para la producción de semilla. En algunos casos específicos se buscan ciertas condiciones climáticas y edáficas para localizar los cultivos de semilla. Estas regiones pueden ser distintas y alejadas de las regiones en donde se usa la semilla en el establecimiento de praderas.

Una dimensión posterior es el grado de habilidad administrativa introducido por productores más inclinados a aplicar prácticas culturales

específicas, medios mecánicos y concentración de esfuerzo.

La mayoría de los productores han invertido en equipo especializado, tal como combinadas, secadores artificiales, cortadoras, implementos de cultivo, sembradoras y maquinaria de procesamiento de semilla. En ocasiones también es necesario comprar la tierra, equipo de riego y aspersoras. La necesidad de inversiones grandes de capital puede llevar hacia la organización de corporaciones independientes o en conjunto con agencias gubernamentales.

Todas las prácticas culturales para los cultivos de semillas convencionales se pueden aplicar también a los cultivos de semilla para praderas a medida que se requieran; en particular, la preparación completa de la tierra, índices altos de siembra, fertilizantes, defoliación, control de malezas integrado (incluyendo prácticas agronómicas y herbicidas), control de insectos y esfuerzos apropiados para mantener la pureza genética. A algunas especies se les puede aplicar irrigación.

La mayoría de los cultivos se cosechan mecánicamente, usando generalmente combinadas convencionales, pero el sistema puede incluir recolección manual. El procesamiento de la semilla es completo, y se efectúa ya sea en la misma propiedad o en instalaciones centralizadas de procesamiento. La semilla se almacena en sitios apropiados.

El rendimiento de las semillas responde a un manejo más intenso y a ambientes óptimos, y es en consecuencia más alto y más consistente. La

calidad de la semilla es generalmente superior, lo que refleja tanto el mejoramiento en las condiciones de procesamiento y almacenamiento como los estándares de control de calidad regulados por agencias nacionales. El mercadeo de la semilla es más sistemático, a nivel nacional e internacional.

Este sistema es el más intensivo y especializado. Actualmente no está bien desarrollado en América Latina ni ampliamente difundido tal como se puede apreciar por las especies, países y sobre todo rendimientos del Cuadro 5. Sin embargo, ofrece mayores oportunidades para producción comercial viable, potenciales más altos de rendimiento y calidad, además de disponibilidad de mercados y precios más bajos para muchas especies. Es particularmente apropiado para especies o cultivares que, a) requieran condiciones específicas de clima, suelo y polinización y/o aislamiento para producir rendimientos económicos de semilla viable; b) tengan características difíciles de madurez, recolección o calidad; o c) constituyan cultivares nuevos, desarrollados mediante programas de introducción o fitomejoramiento. Finalmente sólo este sistema abastecerá futuras demandas para muchas leguminosas o reducirá los precios al consumidor a medida que aumente el número de productores independiente y de áreas cultivadas.

La investigación de desarrollo llevada a cabo por varios autores (2, 3, 4, 13) y el Instituto de Pesquisas IRI en Brasil, y los esfuerzos de coordinación y publicación del Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA) han hecho un aporte significativo a la iniciación de la producción comercial en varios países.

CUADRO 5. Distribución y rendimiento de semillas de especies con el sistema de cultivo (Sistema 5).

Especie	País	Rendimiento de semilla
		kg/ha
<u>B. decumbens</u>	Colombia, Bolivia Brasil	10-100
<u>Brachiaria humidicola</u> (Rendle) Schweickt.	Brasil	10-50
<u>P. maximum</u>	Bolivia, Brasil	20-50
<u>Setaria anceps</u> Stapf. ex Massey	Brasil	20-50
<u>G. wightii</u>	Bolivia, Brasil	100-300
<u>Lablab purpureus</u> (L.) Sweet	Bolivia	500-1200
<u>M. atropurpureum</u>	Brasil	30-100
<u>Stylosanthes capitata</u> Vog.	Brasil	50
<u>Stylosanthes guianensis</u> (Aubl.) Sw.	Brasil	30-75

Para contribuir al desarrollo y eficiencia de este sistema se requieren programas de investigación dentro de instituciones nacionales. Si bien estas instituciones casi siempre están involucradas al iniciar la producción, debe hacerse notar que ésta es más eficiente en las manos de organizaciones semiautónomas o propietarios independientes. En consecuencia, la investigación debe modificarse progresivamente para que se adapte a las necesidades particulares. Inicialmente, la investigación debe enfatizar la definición de regiones geográficas apropiadas para cada especie, regiones con suficiente diversidad local para acomodar varias especies, rendimiento de semillas, principales determinantes del rendimiento y calidad de las semillas, y provisión de existencias básicas para productores potenciales. Con el tiempo la investigación deberá dirigirse a un refinamiento progresivo de sistemas económicos de producción para especies particulares, y/o problemas generales de los cultivadores en una región en particular.

Los recursos asignados a la producción de semillas deberán aplicarse a cultivares adaptados o a germoplasma promisorio. Tanto los productores comerciales de semillas como los investigadores necesitan relacionarse estrechamente con los programas sobre desarrollo y evaluación de germoplasma para garantizar el cumplimiento de este prerrequisito genético.

CONCLUSIONES

La disponibilidad y costo de la semilla de cada cultivar de pasto es el resultado de un sistema de producción, cuyos principales componentes son: a) las especies particulares y su mecanismo reproductivo; b) la región geográfica en donde se las cultiva para la producción de semilla; y c) las prácticas de manejo utilizadas. Los cinco sistemas básicos descritos aquí no son en ningún caso rígidos sino que coinciden y se interrelacionan en el desarrollo progresivo de suministros de semillas de cualquier cultivar. Las descripciones son incompletas, especialmente en cuanto a la ubicación exacta de las regiones productoras dentro de países y datos precisos de producción que simplemente no se encuentran disponibles en la literatura.

La definición e identificación de regiones geográficas apropiadas para la producción de semilla es de fundamental importancia para el desarrollo de la producción comercial de semillas y de cualquier esfuerzo investigativo para apoyar esta actividad. Estas regiones deben ofrecer combinaciones favorables de factores climáticos, edáficos y administrativos para poder obtener consistentemente rendimientos altos y alta calidad de semilla de un buen número de especies a fin de desarrollar la industria de producción de semillas. Puesto que las necesidades nacionales siempre incluirían un número de especies que podrían diferir en requisitos para la producción de semillas, un determinado país necesitará por lo menos una región productora con diversas condiciones ecológicas o varias regiones independientes. Estas regiones pueden estar alejadas de las áreas de

producción pecuaria siendo necesario organizar el transporte de las semillas.

El valor de estos sistemas parcialmente conceptuales de producción de semillas reside en el análisis de cómo podrán satisfacerse las necesidades futuras de semillas y del papel más apropiado para los escasos recursos de investigación disponibles. El punto de partida para embarcarse en la producción de semilla es la definición de la demanda potencial de cultivares que han demostrado estar adaptados. Obviamente cada país puede requerir cultivares y volúmenes diferentes. El potencial de producción de los Sistemas 1 y 2, debe examinarse detalladamente. Aunque el Sistema 4 sugiere una situación ideal no puede asumirse que se desarrollará suficientemente rápido para satisfacer la demanda y lo más probable es que no sea apropiado para muchas leguminosas especialmente en regiones de poca latitud. El Sistema 5 servirá, en consecuencia, para asegurar una disponibilidad de semilla suficiente y rápida a un costo razonable para muchos cultivares, especialmente para cultivares de leguminosas nuevos. Para desarrollar este sistema, el cual sólo será viable dentro de determinadas regiones geográficas, se necesita un esfuerzo de investigación y productos especializados.

LITERATURA CITADA

1. Alarcón, E., J. Lotero y L. Escobar. 1969. Producción de semillas de los pasto angleton, puntero y guinea. *Agricultura Tropical* 25(4): 207-215.
2. Bernal, J.E. 1975. Zonificación para la producción de semillas de forrajeras en Colombia. Seminario sobre Producción de Semillas. Series Informes no.79. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogotá, Colombia. p.3-14.
3. Delgadillo, G. y J. Rossiter. 1971. Producción de semilla de leguminosas forrajeras en Santa Cruz Bolivia. p.30-33. In Banco de Germoplasma de Pastos y Leguminosas Tropicales. Informe Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Zona Andina, Quito, Ecuador.
4. Farfán, C. 1974. Efecto de prácticas culturales en la producción de semillas de plantas forrajeras tropicales. Tesis Ingeniero Agrónomo, Universidad Técnica de Manabí, Ecuador.
5. Gallardo, A. y A. Leone. 1976. Producción de semilla de gramíneas forrajeras en Venezuela. Seminario sobre Producción de Semillas Forrajeras. Informe no.99. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Maracay, Venezuela. p.122-153.

6. Hopkinson, J.M. 1977. Siratro seed production. Tropical Grasslands 11:33-39.
7. Humphreys, L.R. 1974. Tropical pasture seed production. FAO, Rome.
8. Jones, R.J. and R. Roe.1976. Seed production, harvesting and storage. p.375-392. In N.H. Shaw and W.W. Bryan (ed.) Tropical Pasture Research Principles and Methods. Bulletin 51, Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley. United Kingdom.
9. Jollif, G.D. y G. Sánchez. 1971. Trabajos en semillas. Instituto Colombiano Agropecuario, Tibaitatá, Colombia. 72p. (Mimeografiado).
10. Loteró, J. 1972. Producción de semilla de pastos. Seminar on Feeding and Nutrition of Ruminants, Turrialba, Costa Rica.
11. Moreno, F. y D. Larsen. 1972. Procesamiento de las semillas de pasto angleton (Dichanthium aristatum) para remover sus aristas. ICA Informa 7:233-250.
12. Pacheco, J. y G.B. Killinger. Producción de semilla de forrajes y pastos. Suelo Tico (Costa Rica) 9(37):227-228.
13. Ramos, N. 1975. Factores que influyen en la germinación del pasto brachiaria (Brachiaria decumbens Stapf.) Tesis Magister Scientiae. Universidad e Instituto Colombiano Agropecuario, Bogotá, Colombia.

14. _____. 1978. Germinación de semillas de pastos tropicales Brachiaria ruziziensis; Panicum maximum; Hyparrhenia rufa. (En prensa).
15. Salazar, J. y R. Camacho. 1965. Necesidades y prioridades en la producción de semillas. Seminario sobre Producción de Semillas. Series Informes no.79, Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, Bogotá, Colombia. p.22-31.
16. Vicary, C.P. 1970. Costs and returns with tropical pasture plants. Australian Seed Review 1:27-30.

REGIONES GEOGRAFICAS EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS FORRAJERAS TROPICALES

J.E. Ferguson y E.A. Burbano

Introducción.

Especies y variedades forrajeras, por definición, son plantas que se comportan bien básicamente por cumplir requisitos como: persistencia, tolerancia de pastoreo, productividad de material seco digestible, etc., en praderas. Frecuentemente están en demanda por parte de ganaderos o seleccionadas por investigadores, con poco énfasis en sus capacidades para producir semillas. En América Latina gramíneas que son completamente estériles (pasto pangola) o producen pocas semillas están propagadas muy extensivamente por medios vegetativos. Cuando se compara producción de semillas entre especies forrajeras y los granos tradicionales (arroz, sorgo, maíz, etc.), las forrajeras tropicales presentan: madurez desuniforme; bajos índices de cosecha y rendimiento; y ratas de multiplicación relativamente bajas.

En el trópico, varios programas de desarrollo de pastos han fallado por el poco énfasis que se ha dado a la necesidad de producir enseguida suficiente semilla para estos mismos programas. Naturalmente estos programas están localizados en regiones ganaderas las cuales pueden ser satisfactorias o totalmente inapropiadas para producción de semilla de las especies y variedades de interés. También varias empresas o programas nacionales de producción de semilla han fracasado porque la región geográfica donde ellos tratan de iniciar la producción de semillas no fue identificada positivamente y resultó inapropiada. Las razones particulares han incluido algunos de los siguientes motivos: ciclos vegetativos cortos o variables; lluvias en la época de madurez; presencia de malezas, plagas o enfermedades; temperaturas ó fotoperíodos inapropiados; incidencia de heladas, etc.

En el desarrollo nacional de semillas forrajeras la primera necesidad es la definición clara de las especies y variedades bien adaptadas que cumplan los requisitos del sector ganadero. Este es un prerequisito para cualquier discusión de producción de semillas. Pero es razonable asumir que las necesidades nacionales de cualquier país envolverán varias especies y variedades y estas naturalmente varían en requisitos fisiológicos óptimos para crecimiento vegetativo, floración y madurez. Como resultado cada país necesitará por lo menos una región geográfica o varias regiones distintas para soportar la producción económica.

Los esfuerzos para desarrollar la producción de semillas forrajeras como una industria organizada y especializada en América Latina han sido muy pocos hasta el momento. Mucha gente acepta como un hecho que especies forrajeras rinden muy poca semilla. Mientras muchas especies forrajeras no están capacitadas para producir semillas en grandes cantidades por características genéticas, el objetivo de este trabajo es llamar la atención sobre la influencia de varios factores relacionados con regiones geográficas que influyen en los rendimientos, disponibilidad y precios de semilla en el mercado.

Revisión de literatura.

En países con una industria viable de producción de semillas forrajeras se puede notar que los productores exitosos son gente especializada pero también están localizados en regiones geográficas particulares y no son dispersas al azar en el país. Por qué? Porque poco a poco ellos se han agrupado en regiones que favorecen rendimientos altos y estables y esto permite el desarrollo de empresas y una industria viable para abastecer las necesidades nacionales, Schwendiman (1965) y Hopkinson (1977).

Regiones geográficas ventajosas para la producción de semilla pueden ser geográficamente separadas y distintas de las regiones ganaderas donde las semillas serían utilizadas finalmente, por ejemplo, en el 'Siratro', Hopkinson (1977). Esto implica movimiento y distribución de semillas dentro o entre países y la necesidad de algo de planeación y organización nacional no solamente para producción sino para las actividades de investigación.

La selección de lugar para producción de semillas de forrajeras tropicales ha sido considerada por Humphreys (1977), enfatizando el papel del clima y método de reproducción de especies.

Sistemas de producción de semillas forrajeras en América Latina han sido descritos por Ferguson (1978), enfatizando el papel de regiones. Las especies de las cuales existen semillas en cantidades en el mercado son más que todo gramíneas y la mejor fuente de semillas son las praderas establecidas en regiones ganaderas. Los países que tienen esta compatibilidad natural entre regiones ganaderas que sirven bien como regiones geográficas apropiadas para producción de semillas son muy afortunados. Pero algunos países no tienen este estado natural pasando a ser beneficiados por la disponibilidad de semilla de varias especies o variedades adicionales, especialmente leguminosas, las cuales ahora no existen en el mercado o existen con

... .
oca o variable disponibilidad a precios altos. Para efectuar este desarrollo en producción nacional, la identificación de regiones geográficas apropiadas es crítica.

Bernal (1975) y Hopkinson y Reid (1978) han definido regiones con buenos potenciales para distintas especies en varias partes de Colombia y América Latina, respectivamente.

Resultados y discusión.

Regiones geográficas óptimas combinan factores favorables de clima, suelo, agronomía y economía que en conjunto promueven consistentemente un alto rendimiento y calidad con costos razonables por kilo, manteniendo así buena disponibilidad de semillas a precios razonables en el mercado. Estos elementos son presentados en detalle en los Cuadros 1,2,3 y 4.

Factores climáticos (Cuadro 1) son los más básicos e importantes para todas las especies y han sido descritos en detalle por Hopkinson y Reid (1978) y Humphreys (1976).

Obviamente las características de precipitación definen mucho acerca del potencial para producir semillas. Se debe notar que la distribución de lluvias es más importante que la precipitación total y que la precipitación durante la época seca es una medida importante. Las precipitaciones totales anuales que son mejores varían con la especie, pero Hopkinson y Reid (1978) nombraron un período lluvioso de meses con un total entre 1.000 y 1.500 como una variación óptima para muchas especies.

El fotoperíodo puede causar efectos muy profundos en las características de floración y por lo tanto en los rendimientos de semillas producidas. El fotoperíodo varía con la latitud y se puede definir por medio de varias publicaciones, por ejemplo, Francis (1972). Reacción al fotoperíodo se puede interaccionar con temperatura, Humphreys (1976), y también y más importante, estrés de agua, Hopkinson y Reid (1978). Es muy importante conocer la reacción de una especie o variedad particular al fotoperíodo y la mejor descripción disponible es hecha por Humphreys (1976). Para plantas de reacción a días neutrales, no importa la latitud de los lotes de producción pero con plantas sensitivas a días cortos o días largos, debe tomarse en cuenta cual latitud favorece más la floración. Para altos rendimientos de semillas se necesita floración y luego maduración intensiva y sincronizada y no dispareja. Por lo tanto, la localización de los lotes en latitudes que ofrecen variación en fotoperíodo para

inducir floración intensiva y también en una época específica y predeterminada son preferibles a latitudes donde el mismo cultivo no florece ó florece lentamente en parte del año. Este factor influye mucho en el potencial a producir en el trópico bajo, y es crítico a considerar en el principio de selección de lugares.

Las regiones con climas estables y donde los ciclos de crecimiento vegetativo, floración y maduración de semillas se pueden predecir y tener confianza que ocurre en todos los años, se promueven rendimientos no solamente más altos sino mucho más estables.

Diversidad de microclimas dentro de la misma región geográfica por medio de variaciones en altura, topografía, distribución de lluvias, promueven producción de una gama de especies y variedades alternativas dentro de la misma región. Eso promueve una distribución de ingresos más estables por cada productor. También tiene ventajas desde el punto de vista nacional en que una región puede abastecer una gran proporción de las necesidades nacionales y con esta concentración puede tener más desarrollo de infraestructura especializada, por ejemplo, plantas de procesamiento o almacenaje, servicios técnicos.

Los factores del suelo (Cuadro 2) influyen en la localización y productividad de lotes dentro de regiones climáticas. Obviamente para el uso de maquinaria se necesita tierra plana, mientras condiciones de buen drenaje, textura liviana y buena profundidad de suelo favorecen cualquier cultivo. Las características químicas óptimas del suelo varían con la especie e influyen en la necesidad de abonos. Diversidades locales aumentan el rango de especies que pueden ser producidas en la misma región.

Los factores agronómicos (Cuadro 3) son muy numerosos y están muy relacionados con la especie particular y los sistemas de producción. Aquí entran todos los elementos del lugar y los elementos de manejo. Obviamente incluye el factor humano y la disponibilidad de productores y técnicos calificados es fundamental. El método de reproducción de la especie influye en la organización de los lotes en el campo. Especies autofecundadas o apomícticas pueden estar localizadas juntas en el campo a distancias solamente relacionadas con la necesidad de evitar mezclas físicas mientras especies de polinización cruzada necesitan prácticas de aislamiento. El manejo de malezas es siempre una gran parte de las labores agronómicas y lugares en donde las malezas son serias, deben evitarse. A veces la presencia de ganado puede presentar ventajas o desventajas relacionadas con cultivos específicos y esto se debe tener en cuenta antes del establecimiento de los lotes.

Los factores económicos (Cuadro 4), naturalmente influyen más que todo en los costos de producción y los métodos de manejo, especialmente la cosecha. La rentabilidad de producción de semillas de forrajeras como cultivo alternativo o secundario es mejor en regiones donde la mano de obra, maquinaria ó insumos están básicamente disponibles para la producción de cultivos de grano tradicional (maíz, sorgo, arroz, maní), o cultivos de plantaciones (palma de aceite, caucho). Es solo en una región con concentración de productores de semillas en donde se pueden desarrollar posibles facilidades y servicios centrales.

Obviamente la identificación de regiones geográficas más apropiadas es algo que se evolucionará y no puede ocurrir en un solo año. También depende mucho de los esfuerzos independientes para identificar las especies que son más adaptadas para cumplir exigencias del sector ganadero y los requisitos fisiológicos para la floración. Pero en países que están iniciando ó expandiendo la producción de semillas forrajeras se debe tener en cuenta el papel crítico de la localización de producción en regiones geográficas apropiadas. Estas deben ser seleccionadas en el principio del proyecto, positivamente, por medio de investigación, experiencia e intuición, relacionando los requisitos de las variedades con las características climáticas, edáficas, agronómicas y económicas de las regiones que se presentan como alternativas. Es más crítico en el caso de nuevas variedades y/o variedades sensitivas al fotoperíodo.

Conclusiones.

Los cultivos de semillas de forrajeras tropicales son muy sensitivos a las condiciones ambientales, especialmente a factores climáticos y agronómicos, y producen altos rendimientos solamente en condiciones muy específicas.

Regiones geográficas óptimas para producción de semillas combinan factores favorables de clima, suelo, agronomía y economía que en conjunto promueven consistentemente un alto rendimiento y calidad con costos razonables por kilo, y mantienen buena disponibilidad de varias especies y variedades en el mercado nacional.

La selección de una región geográfica es de importancia fundamental en el éxito potencial de un programa de producción de semillas y debe ser seleccionada en el principio del proyecto, positivamente y no pasivamente, por medio de investigación, experiencia e intuición, relacionando los requisitos de las variedades con las características climáticas, edáficas, agronómicas y económicas de las regiones que se presentan como alternativas. Es más crítico en el caso de nuevas variedades y varie-

dades sensitivas al fotoperíodo.

Las necesidades de cualquier país envolverán varias especies y variedades forrajeras y estas naturalmente varían en requisitos fisiológicos. La diversidad local dentro de una región geográfica en precipitación (distribución y total), altura, topografía y tipo de suelo, puede aumentar el rango de especies o variedades que se pueden cultivar dentro de esa región. Esto estabiliza los ingresos de los productores y facilita el desarrollo de infraestructura especializada.

Los factores económicos (Cuadro 4), naturalmente influyen más que todo en los costos de producción y los métodos de manejo, especialmente la cosecha. La rentabilidad de producción de semillas de forrajeras como cultivo alternativo o secundario es mejor en regiones donde la mano de obra, maquinaria ó insumos están básicamente disponibles para la producción de cultivos de grano tradicional (maíz, sorgo, arroz, maní), o cultivos de plantaciones (palma de aceite, caucho). Es solo en una región con concentración de productores de semillas en donde se pueden desarrollar posibles facilidades y servicios centrales.

Obviamente la identificación de regiones geográficas más apropiadas es algo que se evolucionará y no puede ocurrir en un solo año. También depende mucho de los esfuerzos independientes para identificar las especies que son más adaptadas para cumplir exigencias del sector ganadero y los requisitos fisiológicos para la floración. Pero en países que están iniciando ó expandiendo la producción de semillas forrajeras se debe tener en cuenta el papel crítico de la localización de producción en regiones geográficas apropiadas. Estas deben ser seleccionadas en el principio del proyecto, positivamente, por medio de investigación, experiencia e intuición, relacionando los requisitos de las variedades con las características climáticas, edáficas, agronómicas y económicas de las regiones que se presentan como alternativas. Es más crítico en el caso de nuevas variedades y/o variedades sensitivas al fotoperíodo.

Conclusiones.

Los cultivos de semillas de forrajeras tropicales son muy sensitivos a las condiciones ambientales, especialmente a factores climáticos y agronómicos, y producen altos rendimientos solamente en condiciones muy específicas.

Regiones geográficas óptimas para producción de semillas combinan factores favorables de clima, suelo, agronomía y economía que en conjunto promueven consistentemente un alto rendimiento y calidad con costos razonables por kilo, y mantienen buena disponibilidad de varias especies y variedades en el mercado nacional.

La selección de una región geográfica es de importancia fundamental en el éxito potencial de un programa de producción de semillas y debe ser seleccionada en el principio del proyecto, positivamente y no pasivamente, por medio de investigación, experiencia e intuición, relacionando los requisitos de las variedades con las características climáticas, edáficas, agronómicas y económicas de las regiones que se presentan como alternativas. Es más crítico en el caso de nuevas variedades y varie-

dades sensitivas al fotoperíodo.

Las necesidades de cualquier país envolverán varias especies y variedades forrajeras y estas naturalmente varían en requisitos fisiológicos. La diversidad local dentro de una región geográfica en precipitación (distribución y total), altura, topografía y tipo de suelo, puede aumentar el rango de especies o variedades que se pueden cultivar dentro de esa región. Esto estabiliza los ingresos de los productores y facilita el desarrollo de infraestructura especializada.

Referencias.

- ERNAL, J.E. (1975). Zonificación para producción de semillas de forrajeras en Colombia. Seminario sobre Producción de Semillas. Series Informes No.79. IICA, Bogotá, Colombia, p. 3-14.
- ERGUSON, J.E. (1978). Sistemas de producción de semillas de especies forrajeras en América Latina. En: Seminario sobre producción y utilización de forrajes en suelos tropicales ácidos e infértiles. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- RANCIS, C.A. (1972). Duración del día para la reacción fotoperiódica en plantas. Folleto Técnico No.2. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- OPKINSON, J.M. (1977). Siratro seed production. Tropical Grasslands. 11: 33-39.
- OPKINSON, J.M. and REID, R. (1978). Significado del clima en la producción de semillas de leguminosas de forrajeras tropicales. En: Seminario sobre producción y utilización de forrajes en suelos tropicales ácidos e infértiles. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- UMPHREYS, L.E. (1976). Producción de semillas pratenses tropicales. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Roma.
- CHWENDIMAN, J.L. (1965). Producción y cosecha de semillas de forraje en el noreste de la región pacífica de los Estados Unidos. IX Congreso Internacional de Pastos. Sao Paulo. 1: 527-529.

CUADRO 1

FACTORES CLIMATICOS IMPORTANTES EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS FORRAJERAS TROPICALES

1. Precipitación
 - a) cambio brusco y consistente entre épocas
 - b) época lluviosa de aproximadamente cuatro meses
 - c) menos de 300-400 mm durante la sequía
 - d) total anual, mejor aproximadamente 1000-1500 mm (pero varía con la especie); confiable.
2. Fotoperíodo
 - a) por especies de días cortos, más de 8°N ó S de latitud
 - b) por especies de días neutrales, sin importancia latitud per se.
3. Temperatura
 - a) riesgo de heladas, cero ó mínimo
 - b) promedio diario por el mes más fresco, 17°C ó más
4. Radiación

Alta por todo el período vegetativo pero especialmente por la época entre floración hasta madurez de semillas.
5. Estabilidad de estos factores climáticos
 - a) confiabilidad de las características de precipitación, temperatura y radiación
 - b) condiciones muy estables durante la época de madurez de semillas, ej. ausencia de vientos, granizada ó aguaceros
6. Diversidad en microclima dentro de la misma región geográfica, por medio de variaciones en altura, distribución de lluvias, topografía, etc.

CUADRO 2

FACTORES DEL SUELO IMPORTANTES EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS FORRAJERAS TROPICALES

1. Topografía
2. Drenaje
3. Textura
4. Profundidad
5. pH
6. Características químicas
7. Deficiencias o toxicidades
8. Diversidad local

CUADRO 3

FACTORES AGRONOMICOS IMPORTANTES EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS FORRAJERAS TROPICALES

1. Productores progresivos
2. Técnicos agrícolas y mecánicos
3. Método de reproducción de la especie
4. Malezas y otras variedades
5. Mano de obra
6. Maquinaria para cultivar, cortar y cosechar
7. Compatibilidad con ganado
8. Historia del lote
9. Conocimiento del papel de riego, abonos, cortes
y control de plagas y enfermedades

CUADRO 4

FACTORES ECONOMICOS IMPORTANTES EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS FORRAJERAS TROPICALES

1. Costo de mano de obra
2. Costos de maquinaria, a comprar o alquilar
3. Costos de insumos y fletes
4. Cultivos alternativos ó competitivos
5. Uso múltiple del cultivo para semillas
(semillas, pastoreo, heno, rotación)
6. Demanda por semillas (variedades, cantidades
y precios)
7. Estado del sector ganadero en general
8. Facilidades y servicios (comunicaciones,
transporte, procesamiento, almacenaje,
regulación, etc.)

ASPECTOS DE
CALIDAD DE SEMILLAS
EN PASTOS TROPICALES

J. E. Ferguson

Agrónomo Semillas, Programa de Pastos Tropicales, CIAT

Junio 1982

CONTENIDO

	<u>Cuadros</u>
1. Introducción	
2. Calidad Analítica	1
Pureza	2-10
Germinación	11-12
Viabilidad	-
3. Calidad en la producción de semillas	13
4. Sistemas de control de calidad	-
Certificación	-
Normas en el mercado	14-15

• INTRODUCCION

Es importante anotar que "calidad" es un término compuesto y se refiere a múltiples características físicas y fisiológicas de lotes de semillas.

Muchas personas usan la palabra "calidad" en un sentido demasiado general. Frecuentemente cuando alguien dice calidad, en realidad se refiere a un componente singular, como germinación.

Los componentes analíticos principales de calidad, en pastos tropicales, son:

1. Pureza física
2. Otras Especies
3. Germinación
4. Viabilidad
5. Semillas Puras Germinables (SPG)
Semillas Puras Viables (SPV)
6. Humedad

En el Cuadro 1 aparecen las unidades apropiadas por cada componente y algunos comentarios.

Cada uno de estos componentes están medidos por distintos procedimientos o técnicas. Una técnica es un método detallado para medir un componente de calidad, por ejemplo germinación o viabilidad. Con el objetivo de emparejar la mejor técnica entre distintos laboratorios y/o países, se han desarrollado varias asociaciones que ofrecen reglas o guías para técnicas. El ISTA, International Seed Testing Association responde en el sentido internacional por técnicas básicas. Algunos países tienen sus propias reglas también, por ejemplo el AOSA, Association of Official Seed Analysis, de los Estados Unidos.

Aunque estas entidades publican las reglas, esto no implica necesariamente que toda persona que las lea tenga la capacidad suficiente para cumplirla técnicamente. Primero, las reglas son guías para personas capacitadas en este trabajo y necesitan algo de interpretación. Segundo, varias especies de

pastos, especialmente las tropicales; no aparecen en las reglas del ISTA.

Mientras cada laboratorio e investigador debe tratar de cumplir con las reglas existentes para ofrecer datos más útiles y confiables, a veces es necesario adoptar técnicas que no aparecen en las reglas. Esto puede ser válido,

1. porque una especie no aparece en las reglas
2. cuando las reglas se comprometen a una inversión de trabajo que no es justificado (por ejemplo en la determinación de pureza en gramíneas brozosas)
3. cuando los lotes son de semillas crudas, (es decir con poco o ningún procesamiento), pueden existir serios problemas de muestreo que aún con técnicas muy refinadas, aplicado a una muestra pequeña no se puede compensar
4. por falta de equipos para controlar germinación.

En estos casos puede usar una técnica diferente y apropiada, pero aclarar muy bien esta técnica en la presentación de sus datos.

A nivel de laboratorio el objetivo es responder a solicitudes de análisis para los diferentes componentes de calidad. Una vez los datos son entregados, éstos pueden ser utilizados o interpretados en distintas maneras. Normalmente esta interpretación o utilización no es la responsabilidad de los operarios o técnicos en el laboratorio.

* CALIDAD ANALITICA .

PUREZA .

Discutimos con referencia a los Cuadros 2-8

GERMINACION

Discutimos con referencia a los Cuadros 9-10

VIABILIDAD

Viable (o con viabilidad) implica que una semilla contiene las estructuras básicas, las enzimas y la capacidad para germinar bajo condiciones favorables cuando no hay dormancia.

Germinación es el proceso de desarrollo en el embrión de una semilla que da como resultado una plántula normal de la especie. En el laboratorio es la emergencia y desarrollo de las estructuras esenciales, lo cual para una especie en particular indica la capacidad de la semilla para dar origen a una planta normal en condiciones de campo favorables.

Dormancia es una condición física o fisiológica de una semilla viable la cual impide que esta germine en condiciones normalmente favorables.

La prueba más común tradicionalmente para determinar viabilidad es la prueba de germinación. Las técnicas comúnmente aplicadas ofrecen condiciones óptimas para la germinación. En especies sin dormancia, o una vez ésta ha sido rota por condiciones normales en la prueba de germinación (temperaturas alternativas, luz), la germinación hallada es casi igual de la viabilidad. En algunas especies con dormancia se aceptan tratamientos como KNO_3 o prechill los cuales son efectivos para romper parcial o a veces totalmente la dormancia.

Estos tratamientos son limitados a los que ofrecen interpretación estándar en las pruebas de rutina. Desafortunadamente, para muchas gramíneas tropicales las reglas no ofrecen técnicas de germinación que puedan dar valores consistentes con la viabilidad de las semillas debido a la presencia de varios tipos de dormancia fuerte. Como resultado de lo anterior la prueba de germinación es deficiente para medir la viabilidad dependiendo del nivel de dormancia presente. También la prueba de germinación toma aproximadamente 21-38 días para ser cumplida (ver Tabla 9).

La prueba de Tetrazol ofrece una estimación de viabilidad precisa y rápida, una vez que sea definida una técnica para cada especie y también sea

aplicada por un técnico capacitado y con experiencia en esa especie.

La capacitación de un técnico con una especie nueva debe incluir:

- a) experiencia en la prueba de germinación con varias especies de gramíneas
- b) conocimientos de la morfología y estructura de la espiguilla y la cariopside
- c) estudiar germinación y viabilidad, en varios lotes viejos, que no tengan dormancia, con el fin de que haga sus primeras interpretaciones de viabilidad en Tetrazol
- d) cumplir un estudio de las dinámicas de germinación y viabilidad en Tetrazol y viabilidad total (germinadas más no-germinadas viables); en varios lotes, durante su período de 9 meses después de la cosecha.

Técnicos sin esta experiencia no pueden ofrecer datos bien uniformes y confiables.

CALIDAD EN LA PRODUCCION DE SEMILLAS

En América Latina las gramíneas tropicales, en particular, tienen una mala fama por calidad baja y variable. Es importante reconocer que la baja calidad en un lote dado de semillas puede ser el resultado de uno o más factores. Obviamente para mejorar la calidad de semillas en el mercado es necesario entender estos factores, los cuales se describen en el Cuadro 13. También se presentan sus efectos finales con los componentes de pureza y germinación. Se debe tener presente que no estamos considerando rendimiento de semilla, sino solamente calidad.

Los esfuerzos principales aplicables para mejorar la calidad en general están discutidos bajo los siguientes títulos:

1. Prácticas culturales
2. Manejo en la cosecha manual y con combinada
3. Mejor manejo en el secado
4. Más procesamiento mecánico
5. Mejores condiciones de almacenaje
6. Más capacitación y conocimientos de y entre productores, investigadores, técnicos, negociantes y ganaderos.

SISTEMAS DE CONTROL DE CALIDAD

1. Certificación de Semillas

Los programas de certificación de semillas ofrecen un mecanismo para garantizar identidad y pureza varietal.

Estos programas son muy comunes con variedades de los cultivos tradicionales (maíz, arroz, frijol, sorgo) pero no son muy comunes al momento con pastos tropicales. Esto no implica que no sean necesarios o efectivos, sino que refleja que el sector de semillas de pastos es algo aparte.

La certificación es menos aplicada con pastos por las siguientes razones:

- a) menos necesidad para garantizar identidad porque la gran mayoría de las variedades son en realidad distintas especies y no diferentes variedades de la misma especie.
- b) Menos preocupación por parte de la mayoría de los usuarios por la pureza varietal. Hay que recordar que ellos son ganaderos no agricultores y una planta off-type o rogue, no es automáticamente maleza. En muchos casos estas plantas son todavía productivas y aceptables por el ganado.
- c) Muchas especies o variedades fueron liberadas por iniciativas de empresas vendedoras de semillas, sin intervención de entidades de investigación y sin entrega de semilla básica. En estos casos es casi imposible, en adelante, organizar un programa de certificación.
- d) La certificación requiere de recursos de gente capacitada, vehículos, etc. Frecuentemente los recursos disponibles son limitados aún para los cultivos tradicionales más importantes en el país, y no se puede extender para incluir especies de pastos.
- e) En el momento, en la mayoría de los países tropicales, no hay una

tradición de producción de semillas en regiones distintas o fuera de las regiones de utilización como pastos. Cuando la producción es en tales regiones la potencia para genetic shift en algunas variedades puede obligar certificación.

Mientras estos factores explican algo de por qué no son comunes los programas de certificación en variedades de pastos, no quiere decir que no existan necesidades futuras para aplicarlas en casos apropiados. La certificación de una variedad sería beneficiosa y factible cuando,

- a) existe una variedad netamente superior a la variedad tradicional, la cual es muy distribuida y conocida.
- b) Existe demanda por parte de los ganaderos en variedades específicas cuya comportamiento es ampliamente probado y conocido.
- c) Alta potencia de genetic shift en la variedad según,
 - i. método de reproducción
 - ii. tipo de variedad
 - iii. existencia de otras variedades potencialmente contaminantes
 - iv. condiciones de manejo y localización en campos de producción.
- d) Procedimientos para una liberación formal (u oficial) que incluye una entrega de semilla básica.
- e) Una decisión tomada en el punto de la entrega de las semillas básicas en la cual se ponga en marcha automáticamente un programa de certificación.
- f) Existan algunos productores de semillas especializados. Mientras que en pastos es posible que con la liberación de una nueva especie, nadie tenga experiencia con esta variedad particular, ellos deben tener experiencia con algún tipo de pasto.
- g) Existan suficientes recursos en la entidad certificadora para cumplir con los requisitos de certificación de una manera eficiente y profesional.

En el desarrollo de un programa de certificación con una nueva especie o variedad de pasto se debe recordar que el primer objetivo de certificación es garantizar la identidad y pureza genética y luego el segundo es ofrecer tales semillas con altos niveles de calidad mecánica, (es decir, alta pureza y viabilidad). Un ejemplo es una gramínea nueva, Andropogon gayanus, especie brozosa, donde en un principio sería necesario aceptar semillas con niveles medios de pureza o germinación y refinar técnicas para mejorarlas en el futuro.

En muchos casos, una gran parte de los objetivos de certificación pueden ser cumplidos una vez estén disponibles,

- a) semilla básica de alta pureza genética
- b) tierras vírgenes y aisladas en una región básicamente apropiada para floración y madurez confiable de la variedad.
- c) Disponibilidad de un grupo de productores no solo especializados sino también simpáticos con el papel de la certificación (no solamente por el interés económico).
- d) Reglas de certificación razonables y no demasiado reglamentadas, según la especie, la variedad, el estado de la industria local y los conocimientos de la variedad.

2. Normas de calidad en el mercado de semillas

Existen varias maneras de utilizar datos de componentes de calidad en el mercado de semillas. Frecuentemente existe alguna legislación que influye en cómo las semillas están comercializadas y también los niveles de calidad requeridos, e.g. normas mínimas de pureza, germinación, SPG y contenido de malezas.

Algunos prerequisites para la efectividad de normas o patrones son,

1. definición de técnicas de análisis estándar, según el componente y según las especies.

2. Disponibilidad de recursos para cumplir estos análisis, es decir técnicos capacitados con laboratorios y equipos.
3. Suficiente experiencia local para definir normas o patrones razonables y prácticas para el mercado.

Desafortunadamente en algunos países, existe una tendencia a definir normas por ley prematura. Debe destacarse que normas o patrones son arbitrarias y deben ser definidas de común acuerdo entre investigadores, procesadores, vendedores y consumidores para cada especie como caso individual.

Normas demasiado altas o rígidas pueden causar problemas en el mercado, mientras que normas bien definidas son netamente benéficas para el sector ganadero.

Los Cuadros 14 y 15 presentan las normas definidas por el Pacto Andino (Colombia, Venezuela, Ecuador, Perú y Bolivia) para gramíneas y leguminosas tropicales.

COMPONENTES ANALITICOS DE CALIDAD CON PASTOS TROPICALES

COMPONENTE ANALITICO	UNIDAD	COMENTARIO
PUREZA (FISICA)		
Semilla Pura	% (peso)	Existen conceptos alternativos en gramíneas
Material Inerte	% (peso)	
Malezas	% (peso)	Necesitan definición local AOSA e ISTA varían en expresión final
Otros Cultivos	% (peso)	
OTRAS ESPECIES	No./kg	Para determinar presencia de especies particulares
GERMINACION	% (No.)	Germinables en condiciones casi óptimas
VIABILIDAD	% (No.)	
TZ Viables		Prueba de Tetrazol Germinadas más no germinadas viables
Viables Totales		
Germinación Máxima		
SEMILLAS PURAS GERMINABLES	% (peso x No.)	SPG. Medida híbrida
SEMILLAS PURAS VIABLES	% (peso x No.)	SPV. Medida híbrida
HUMEDAD	% (peso húmedo)	
PESO UNIDAD	mg/100 puras	
PORCENTAJE DE ESPIGUILLAS LLENAS (con cariopside)	% (No.) y % (peso)	Solamente para gramíneas. Notar bien las dos derivaciones

CONCEPTOS ALTERNATIVOS DE SEMILLA PURAS EN GRAMINEAS
TROPICALES

CONCEPTO DE S.P. Nombre vulgar	DEFINICION Y COMENTARIO
Semilla normal o Espiguilla o flósculo con cariopside	Solamente se define como semilla pura las espiguillas o flósculos que con seguridad tienen una cariopside.
"Internacional"	Técnicas prácticas que cumplen este concepto son las preferidas y las más precisas en términos absolutos. En algunas especies es casi imposible aplicar sin perjudicar la germinación o es extremadamente exigente en tiempo y costo.
Espiguilla o flósculo	Define como semilla pura todas las espiguillas o flósculos normales, independiente si tiene una cariopside o no.
"Modificada"	Técnicas en esta base son más rápidas para hacer. Mientras logran un dato diferente, ofrece datos muy útiles en especies brozosas.

PERSPECTIVA GENERAL EN EL ANALISIS DE PUREZA DE GRAMINEAS TROPICALES

TIPO DE ESPIGUILLA	CONDICION LOTES EN EL MERCADO	COMENTARIOS
BROZOSAS	Crudas	- Los lotes de semillas son <u>extremadamente</u> heterogéneos en proporciones y, tipos de material inerte y Porcentaje de Llenas. - El tamaño máximo de los lotes debe ser limitado. - La toma de muestras debe ser muy cuidadoso y según técnica estándar. - La muestra de trabajo para pureza debe ser relativamente grande. - El concepto Modificado es muy útil para medir Pureza y SPG (o Espiguillas Germinables).
	Procesadas	- La heterogeneidad de los lotes es todavía problemática. - Los puntos anteriores todavía son relevantes. - Los conceptos Modificado e Internacional son útiles. Necesitan estudios comparativos para cada especie.
NO BROZOSAS	Crudas	- La heterogeneidad todavía es problemática y requiere muestreo muy cuidadoso. - La muestra de trabajo debe ser relativamente grande. - El concepto Internacional es mejor. Aplicado por técnicas de soplado donde es efectivo.
	Procesadas	- El muestreo debe ser muy cuidadoso. - Las muestras de trabajo son convencionales. - El concepto Internacional es mejor. Aplicado por técnica de soplado donde es efectivo.

64

EXISTENCIA DE DEFINICION DE SEMILLA PURA EN EL ISTA PARA
GENEROS DE GRAMINEAS TROPICALES

GENERO		ISTA Semilla Pura	
No -Brozosas	Brozosas	Definición*	Concepto
	Andropogon	-	-
Axonopus		+	Internacional
Brachiaria		+	Internacional
	Dichanthium	+	Internacional
	Cenchrus	+	Modificada
	Chloris	+	Internacional
Cynodon		+	Internacional
	Hyparrhenia	-	-
	Melinis	+	Internacional
Panicum		+	Internacional
Paspalum		+	Internacional
Pennisetum		+	Internacional
Setaria		+	Internacional
Sorghum		+	Internacional
Urochloa		+	Internacional

*
+ Definición precisa existente en el Anexo del ISTA (Sec. 3.2.1.A)

- Definición no existe.

DEFINICIONES DE SEMILLA PURA EN VARIOS GENEROS DE LEGUMINOSAS
SEGUN ISTA (1980)

- A. *Arachis*, *Calopogonium*, *Cajanus*, *Centrosema*, *Crotalaria*, *Desmodium*,
Dolichos, *Glycine* (*Neonotonia*), *Phaseolus*, *Leucaena*, *Pueraria*, *Vigna*.
 - 1. Semilla, siempre que se conserve una porción de la testa.
 - 2. Pedazo de la semilla de más de la mitad de su tamaño original, siempre que conserve una porción de la testa.

- B. *Stylosanthes*
 - 1. Vaina, a menos que sea obvio que no tiene semilla, con o sin la barba (hook).
 - 2. Semilla, siempre que conserve una porción de la testa.
 - 3. Pedazo de la semilla de más de la mitad de su tamaño original, siempre que conserve una porción de la testa.

DEFINICION DE SEMILLA PURA PARA Brachiaria, SEGUN
ISTA (1980)

- Espiguilla, con glumas, lemma y palea incluyendo una cariopsis, más una lemma estéril adjunta.
- Flósculo, con lemma y palea incluyendo una cariopsis.
- Cariopsis
- Un pedazo de cariopsis de más de la mitad de su tamaño original.

DEFINICION DE SEMILLA PURA PARA Cenchrus según ISTA
(1980)

- Fascículo de 1-5 espiguillas (con o sin cariopsis) con involucro de aristas.
- Espiguilla con glumas, lemma y palea (con o sin cariopsis).
- Flósculo con lemma y palea (con o sin cariopsis).
- Cariopsis.
- Un pedazo de cariopsis de más de la mitad de su tamaño original.

UNA PERSPECTIVA DE ALTERNATIVAS EN LA DETERMINACION DE SEMILLA PURA EN ESPECIES DE
GRAMINEAS TROPICALES

NOMBRE COMUN DE LA TECNICA	CONCEPTO DE LA SEMILLA PURA	METODOS DE SEPARACION			COMENTARIOS
		Zaranda	Soplete	Manual	
"Clásico" "Manual" ("Oficial")	Internacional	+	+	+++	Chequeo individual de las espiguillas. Puede gastar mucho tiempo. Evitar daños físicos.
"Soplado Parcial"	Internacional	+	++	++	Utilizar capacidad parcial del soplete. Revisión manual requerido.
"Soplado Uniforme"	Internacional	+	+++	+	Implica buena y precisa separación por soplado según características aerodinámicas de las llenas y vanas. Al final de la separación la fracción pesada se define como puras. Implica calibración en base de una muestra patrón central (ej. ISTA).
"Soplado"	Internacional	+	+++	+	Como la anterior, pero con calibración y muestra patrón local.
"Ajustada" "Indirecta"	Internacional	+	+	+++	Técnica de puente, basada en datos derivados de la "Irish" y Porcentaje de Llenas en peso. Util para medir pureza y SPG en especies brozosas, en crudas y procesadas.
"Irish"	Modificada	+	+	+++	Prueba sencilla, rápida y útil para medir pureza y SPG (o espiguillas germinables) en especies brozosas, especialmente en las crudas.

SUMARIO DE PROCEDIMIENTOS EN TECNICAS DE PUREZA MODIFICADA

SEMILLA PURA "IRISH"

1. Definir muestra de trabajo, 10 g, de una manera estándar.
2. Efectuar separación física entre SP, MI, OC, M; según la definición de SP y MI propuesta; via uso de zaranda, soplete parcial y a mano.
3. Pesar cada fracción.
4. Calcular porcentaje (peso) de cada una.

5. Ejemplo:

<u>Fracción</u>	<u>Peso (g)</u>	<u>% (peso)</u>
SP	8.000	80
MI	1.500	15
OC	0.500	5
M	0.001	0
Total	10.001	

SEMILLA PURA "AJUSTADA"

1. Determinar Semilla Pura "Irish", según la técnica ya definida, ej: 80%.
2. Determinar Porcentaje de Llenas, según una técnica definida, ej:
 - 40%, en peso (para ser usada en cálculos de SP 'ajustada') y,
 - 35%, en número (para ser usada en cálculos de germinación 'ajustada').
3. Calcular S.P. 'ajustada' = SP "Irish" x Porcentaje Llenas (peso)

$$= 80 \times 40\%$$

$$= 32\%$$

SUMARIO DE LA TECNICA PARA DETERMINAR PORCENTAJE DE LLENAS

1. Definir muestra de trabajo para SP "Irish", ej. 10 g, o las espiguillas derivadas del mismo.
2. Definir tres (3) muestras independientes de 100 espiguillas al azar, según una técnica definida.
3. Desprender y eliminar (desechar) cada arista y espiguilla pedicelada (macho) unida con la espiguilla basal, la cual es la unidad básica en esta determinación.
4. Abrir cuidadosamente cada espiguilla sesil constatando si es llena (con cariopside) o vana (sin cariopside). Colocar las espiguillas basales en dos grupos, es decir llenas o vanas.
5. Contar las llenas y las vanas, por separado.
6. Hacer pesaje de las espiguillas llenas y vanas. El peso de las espiguillas llenas debe ser descompuesto en peso de cariopsides libres y peso de las glumas que contienen las cariopsides.
7. Calcular el Porcentaje de Llenas, en peso
el Porcentaje de Llenas, en número.

PRESCRIPCIONES PARA GERMINACION
EN GRAMINEAS TROPICALES, SEGUN ISTA (TABLA 5A, SECT. 1 Y 2)

ESPECIES	SUBSTRATO	TEMP. °C	LUZ	CONTEOS	PRETRATAMIENTOS
<i>Andropogon gayanus</i>	-	-	-	-	-
<i>Axonopus affinis</i>	TP	20-35	L	10-21	KN03
<i>Brachiaria decumbens</i>	TP	20-35	L	7-21	H ₂ SO ₄ + KN03
<i>Cenchrus ciliaris</i>	S	30	L	7-28	Prechill Deglume
<i>Chloris gayana</i>	TP	20-30 20-35	L	6-14	KN03
<i>Dichanthium aristatum</i>	TP	20-35	L	7-21	KN03
<i>Hyparrhenia rufa</i>	-	-	-	-	-
<i>Melinis minutiflora</i>	TP	20-30	L	7-21	KN03
<i>Panicum maximum</i>	TP	20-35 15-35	L	10-28	KN03
<i>Paspalum plicatulum</i>	TP	20-35	L	7-28	KN03
<i>Setaria anceps</i>	TP	20-35	L	7-21	KN03
<i>Urochloa mosambicensis</i>	TP	20-35	L	7-21	KN03

PRESCRIPCIONES PARA GERMINACION EN LEGUMINOSAS TROPICALES

ESPECIES	SUBSTRATO ^{1/}	TEMP. °C	LUZ	CONTEOS	PRETRATAMIENTO ^{2/}
<i>Calopogonium mucunoides</i>	TP	25	-	3-10	Acido 20 min.
<i>Centrosema pubescens</i>	TP	20-35	-	4-10	Cortar la testa
<i>Desmodium intortum</i>	TP	20-30	-	4-10	Acido, 10 min.
<i>Leucaena leucocephala</i>	BP	25	-	4-10	Cortar la testa Acido, 20 min.
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	TP	25	-	4-10	Acido, 20 min.
<i>Neonotonia wightii</i>	TP	10-35	-	2-6	Acido, 25 min.
<i>Pueraria phaseoloides</i>	TP	25	-	4-10	Acido, 20 min.
<i>Stylosanthes guianensis</i>	TP	20-35 10-35 20-30	-	4-10	Acido, 10 min.
<i>Stylosanthes humilis</i>	TP	10-35 ~~20-35~~	-	2-5 ~~4-10~~	Cortar la testa

^{1/}Substrato, Temperatura, Luz, Conteos, son según ISTA, Tabla 5A Sect. 1 y 2.

^{2/}Pretratamientos, son según DPI, Brisbane, Australia.

CAUSAS DE BAJA CALIDAD EN SEMILLAS DE GRAMINEAS FORRAJERAS

FACTOR		EFFECTOS FINALES
1. Genética	Irregularidades meioticas. Poblaciones variables. Plantas con floración prolongada y madurez dispareja.	PUREZA. Baja en el material cosechado o en semillas sucias.
2. Inmadurez	En todas las especies y lotes, al momento de la cosecha una alta proporción de las semillas son inmaduras. Estas son débiles y de germinación baja con poca longevidad.	Variable, pero generalmente baja en semillas en el mercado, simplemente por falta de proceso. Puede ser <u>controlada</u> en el proceso.
3. Regiones Geográficas	Climas desfavorables (alta precipitación, humedad rel., o baja radiación) favorecen enfermedades y madurez dispareja	GERMINACION.
4. Condiciones Ambientales	Año o épocas, con precipitación excesiva, baja radiación, temperaturas extremas, durante la floración y maduración. Incrementa la proporción de inmadurez y se baja el porcentaje de fructificación.	<u>Reducida</u> por altas proporciones de <u>semillas inmaduras</u> . <u>Variable</u> por proporciones variables de <u>semillas muertas, débiles, enfermas, inmaduras, y/o dañadas</u> .
5. Mal manejo - campo - cosecha	Lotes sin regulación de crecimiento, falta de abonos. Cosecha temprana, pilas tupidas o prolongadas, secamiento rápido, trilla excesivamente fuerte.	<u>Baja</u> inmediatamente después de la cosecha por latencia. <u>Reducida</u> progresivamente por efectos de mal almacenaje y/o tiempo.
6. Procesamiento	Falta de procesamiento que resulta en alto porcentaje de material inerte, especialmente vanas y bajo porcentaje de semilla pura. Daños físicos.	Frecuentemente <u>desconocida</u> por falta de laboratorios de calidad.
7. Latencia	Presencia temporal de latencia (y/o dureza) en semillas viables.	<u>Optima</u> en semilla completamente madura, bien sana y almacenada, sin latencia.
8. Almacenaje	Frecuentemente mal localizada o manejada por alta humedad en las semillas, o alta humedad relativa y temperaturas en el ambiente, tiempos prolongados, daños por hongos, plagas o roedores.	
9. Mercado	Falta de integridad o conocimientos de calidad entre vendedores y compradores. Falta de control legal.	

Cuadro 14

REQUISITOS MÍNIMOS DE CALIDAD PARA LEGUMINOSAS TROPICALES
EN PAISES MIEMBROS DE LA SUBREGION ANDINA*

Espece	Pureza física % mínima	Germinación % mínima	Semilla pura y viva % mínima
<u>Centrosema pluriere</u> "Centro"	65	70	45
<u>Calopogonium mucunoides</u> "Calopo"	70	80	56
<u>Desmodium intortum</u> "Pega-pegá"	70	75	52
<u>Dolichos lablab</u> "Frijol jacinto"	75	75	56
<u>Glycine wightii</u> "Soya perenne"	50	75	37
<u>Leucaena leucocéphala</u> "Leucaena"	75	65	49
<u>Macroptilium atropurpureum</u> "Siratro"	60	70	42
<u>Pueraria phaseoloides</u> "Kudzu"	75	75	56
<u>Stylosanthes spp.</u> "Estilosantes"	65	60	39
<u>Stylobium deeringianum</u> "Frijol terciopelo"	75	75	56
<u>Vigna sinensis</u> "Caupi"	70	80	56

* Informe final: Primera Reunión Técnica de Expertos en Semillas, 21-23 de Marzo, 1979, Lima - Perú.

Cuadro 15

REQUISITOS MÍNIMOS DE CALIDAD PARA GRAMINEAS TROPICALES EN
PAISES MIEMBROS DE LA SUBREGION ANDINA*

Espece	Pureza física % mínima	Germinación % mínima	Semilla pura y viva % mínima
<u>Brachiaria decumbens</u> "Brachiaria"	20	75	15
<u>Cenchrus ciliaris</u> "Buffel"	60	30	18
<u>Chloris gayana</u> "Pasto Rhodes"	50	30	15
<u>Dicanthium aristatum</u> "Angleton"	65	35	23
<u>Hyparrhenia rufa</u> "Puntero"	40	30	12
<u>Melinis minutiflora</u> "Gordura"	40	30	12
<u>Panicum maximum</u> "Guinea"	40	30	12
<u>Paspalum plicatulum</u> "Pasto negro"	60	50	30
<u>Sorghum spp.</u> "Sorgo forrajero"	90	80	72

* Informe final: Primera Reunión Técnica de Expertos en Semillas, 21-23 de Marzo, 1979, Lima - Perú.

IX. FERTILIDAD DE SUELOS Y NUTRICION DE PLANTAS.

- Requerimientos nutricionales en Pastos Tropicales.

José G. Salinas

- Adaptación de Leguminosas Forrajeras a Suelos Acidos del Trópico en Suramerica.

E.M. Hutton

- Ventajas y Limitaciones de los Suelos en los Tropicos Humedos.

James M. Spain

CONTENIDO

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN PASTOS TROPICALES

José G. Salinas.

1. INTRODUCCION
2. DIAGNOSTICO Y CARACTERIZACION DE LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN PASTOS TROPICALES.
 - 2.1. Determinación de los Requerimientos Nutricionales.
 - 2.2. Niveles Críticos Nutricionales.
 - 2.3. Interacciones de Nutrientes.
 - 2.4. Síntomas Visuales de Deficiencia Nutricional.
3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE PASTOS TROPICALES.
4. EFECTOS DE LA TOXICIDAD DE ALUMINIO Y MANGANESO EN-EL DESARROLLO DE PASTOS TROPICALES.
 - 4.1. Toxicidad de Aluminio.
 - 4.2. Mecanismos de Tolerancia a la Toxicidad del Al.
 - 4.3. Tolerancia de Especies Forrajeras Tropicales a la toxicidad de Aluminio.
 - 4.4. Toxicidad de Manganeso.
 - 4.5. Mecanismos de Tolerancia a la Toxicidad de Manganeso.
 - 4.6. Tolerancia de Especies Forrajeras Tropicales a la Toxicidad de Manganeso.

REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN PASTOS TROPICALES

José G. Salinas*

1. INTRODUCCION

La reacción de las plantas forrajeras a los elementos minerales presentes en el suelo, es determinante principal de la distribución natural y de la habilidad para sobrevivir y/o producir de las especies forrajeras en ecosistemas, sean o no estos modificados por el hombre. De esta manera, es posible identificar respuestas diferenciales entre ecotipos en ambos, entre y dentro de especies forrajeras, y así, llegar a conocer el potencial productivo de las mismas que define la capacidad de adquisición y uso de nutrimentos por parte de las plantas. Tal conocimiento, es esencial para seleccionar las mejores especies para una determinada situación así como también llegar a conocer las interacciones existentes en una comunidad de plantas forrajeras.

El estado nutricional de un suelo puede considerarse como satisfactorio cuando éste suministra nutrimentos en una concentración y tasa suficientes para las necesidades de la planta forrajera en la fase de

* Jefe Sección Suelos-Nutrición Plantas, Programa de Pastos Tropicales, CIAT, Cali, Colombia.

su establecimiento. Factores del medio ambiente, suelo y planta influyen sobre este suministro adecuado y por tanto, el sistema es dinámico antes que estático. El diagnóstico inicial del estado nutricional de un suelo constituye la información básica obtenida de una evaluación del recursos tierra, la cual describe en forma general la naturaleza de los suelos, clasificación, distribución y composición química.

El objetivo principal del diagnóstico nutricional de los suelos dentro de un ecosistema o ecosistemas es determinar qué nutrientes son limitantes en el desarrollo de la planta forrajera y qué cantidad de cada nutriente es necesaria para eliminar la limitación, en función de la respuesta diferencial de especies forrajera. En general, N, P, K, Ca, Mg y S son los más variables en cuanto al requerimiento nutricional en diferentes suelos y especies forrajeras. Además, los requerimientos para el mantenimiento de pasturas pueden diferir de los de establecimiento y también, el estado nutricional puede cambiar con el tiempo, debido a la remoción del sistema, reciclamiento y/o a pérdidas tales como lixiviación y fijación en el suelo.

Existen varias técnicas disponibles para el estudio del diagnóstico nutricional de un suelo en relación al establecimiento de especies forrajeras. Entre ellas están el uso adecuado de los análisis de suelos y plantas, experimentos de invernadero y campo y el diagnóstico de síntomas visuales de deficiencias nutricionales.

Una secuencia lógica de eventos en un área nueva consistiría en los siguientes puntos:

1. Evaluación del Recurso Tierra en un Ecosistema.
 - a) Descripción y representación geográfica de clima, suelo y vegetación.

- b) Caracterización química de los suelos, perfiles de suelo.
 - c) Evaluación inicial del potencial productivo de los suelos.
2. Diagnóstico General del Estado Nutricional del Suelo y de la Planta Forrajera.
- a) Calibración de métodos analíticos para suelos y plantas.
 - b) Determinación de nutrimentos limitantes en el suelo.
 - c) Relaciones entre estado nutricional y factores edafológicos.
 - d) Diagnóstico de síntomas visuales de deficiencia nutricional en plantas forrajeras.
3. Estudios sobre la Adaptación y Establecimiento de Especies Forrajeras al Ecosistema.
- a) Caracterización agronómica de especies forraje ras.
 - b) Estudios de fertilización con especies promiso rias.
4. Estudio sobre el Mantenimiento y Desarrollo de Pasturas en un Ecosistema.
- a) Problemas específicos de mantenimiento.
 - b) Pruebas analíticas de suelos y plantas.
 - c) Estudios de requerimientos nutricionales para mantenimiento de pasturas.
 - d) Manejo del sistema suelo-planta-animal.

El objetivo principal de este trabajo es proporcionar una información general de los aspectos inherentes a la nutrición de plantas forrajeras, enfatizando una estrategia de fertilización con insumos bajos en suelos áci dos de fertilidad nativa baja existente en América Tropical.

2. DIAGNOSTICO Y CARACTERIZACION DE LOS REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES EN PASTOS TROPICALES.

El éxito para el desarrollo y explotación de sistemas de pasturas tropicales, las cuales consideran en conjunto la trilogía suelo-planta-animal, se debe en gran parte a la adecuada provisión de aquellos nutrientes limitantes para el establecimiento y mantenimiento de gramíneas y/o leguminosas forrajeras tropicales. Los requerimientos nutricionales de pastos tropicales que se desarrollan en un suelo dado pueden ser obtenidos por una variedad de métodos tales como la experimentación directa en campo, experimentación en invernadero, caracterización química del suelo y de la planta forrajera, caracterización de síntomas foliares de deficiencia nutricional y además, la experiencia del ganadero y/o de los extensionistas (Smith 1978).

Es importante remarcar que el banco de datos que ha sido acumulado en zonas templadas sobre aspectos nutricionales, que incluyen el diagnóstico nutricional por medio de una caracterización analítica de suelos y plantas, no esta disponible en el caso de las regiones tropicales. De aquí, las correlaciones esenciales entre pruebas analíticas de suelos y plantas versus la respuesta de plantas forrajeras son generalmente muy pocas. De esta manera, esa falta de información en los trópicos, determina la necesidad de que la investigación en la caracterización de los requerimientos nutricionales en pastos tropicales tenga un enfoque prioritario.

2.1. Determinación de los Requerimientos Nutricionales.

La base para el uso de niveles nutricionales en

plantas forrajeras, con el fin de un diagnóstico del estado nutricional, es la relación que existe entre el rendimiento y las concentraciones de nutrimentos en la planta. La composición mineral de una planta forrajera es relativa al análisis químico del tejido forrajero. De aquí, los tipos de análisis de la planta a realizarse y la manera en que ellos son interpretados depende sobre todo del propósito por el cual los análisis son realizados. Muy a menudo, estos objetivos no son claramente definidos antes de embarcarse en un programa de investigación. Smith (1978) indica que entre los objetivos que determinan la caracterización nutricional de plantas forrajeras están:

- a. Diagnostico simple de la deficiencia de un nutrimento.
- b. Diagnostico de la toxicidad mineral.
- c. Guía para la corrección de deficiencia(s) nutricional(es).
- d. Medio eficiente para mantener la fertilidad del suelo en base a la extracción de nutrimentos para las plantas forrajeras.
- e. Establecer la recomendación de una fertilización.
- f. Predecir el potencial productivo de una pastura.

Es menester indicar que todos estos objetivos no son respondidos por el análisis químico de la planta. Además debe tenerse en cuenta que en la mayoría de los casos, un análisis simple del tejido vegetal, indica solamente que un nutrimento en particular esta limitando al momento del muestreo. De esta manera, además del análisis cuantitativo, deben considerarse los siguientes aspectos para la interpretación y satisfacer los objeti

vos mencionados anteriormente.

1. Como un nutrimento dado viene a ser deficiente.
2. Que se debería hacer para eliminar esa deficiencia.
3. Tipo de respuesta a obtener luego de corregir la deficiencia.
4. Presencia de otra limitación nutricional al corregir la deficiencia.
5. Epoca esperada para la manifestación de una deficiencia nutricional.

Además de cumplir todos estos requisitos en la ca racterización de los requerimientos nutricionales, es importante la selección del parámetro apropiado de res puesta para relacionarlo con la concentración de nutri mentos. En general, la mayoría de la investigación en regiones tropicales considera la producción de materia seca como el parámetro mas apropiado. Sin embargo, en muchas circunstancias, otros parámetros vienen a ser mas importantes que el rendimiento de materia seca per se. Por ejemplo, en algunos casos para medir la calidad del forraje tales como nivel de proteína, composición de aminoácidos, fibra cruda, digestibilidad del forraje, etc, la producción de materia seca es de importancia secundaria. Por otra parte, otros parámetros rela tivos a la estabilidad de una pastura y factores que afectan la producción animal asumen importancia prima ria. Asi se tienen por ejemplo, la composición botáni ca para un balance entre graminosa y leguminosa, produ cción animal, calidad de la pastura, contenido de nutri mentos en el forraje en relación a los requerimientos nutricionales del animal y los efectos secundarios de la fertilización del suelo sobre la nutrición del ani-

mal (Rees y Minson, 1977). Básicamente, muy poca investigación se ha realizado en los trópicos sobre los requerimientos nutricionales de los forrajes tropicales en relación a los parámetros complejos señalados anteriormente.

2.2. Niveles Críticos Nutricionales.

Como resultado de la respuesta diferencial entre especies y variedades, surgió durante los últimos años la filosofía de insumos mínimos en fertilización. Este enfoque no debe ser interpretado como la elimina-ción total de una fertilización, pero si como una alternativa que reduce los niveles de fertilizantes y enmi-endas en función del requerimiento nutricional de una especie dada. De aquí, es más conveniente referirse a insumos críticos de fertilización puesto que un insumo mínimo o máximo de fertilización será determinado por el requerimiento nutricional crítico de una especie dada en función de su rendimiento. Consecuentemente, el desarrollo de fórmulas que definan baja o alta fertilización dependerá específicamente si el requerimiento crítico nutricional de una especie dada al ser traducido en cantidad de fertilizante es baja o alta para obtener un rendimiento adecuado. Esta situación se extiende al caso de elementos tóxicos (Al y In) refiriéndose a requerimientos críticos de tolerancia.

En síntesis, el criterio anterior enfatiza la determinación previa de concentraciones críticas nutricionales externas (suelo) e internas (planta) al ser una técnica amplia-mente usada al presente. De aquí la definición de una concentración crítica nutricional tanto externa como interna implica en la mayoría de los esquemas de diagnóstico aquella concentración que por debajo de ella la producción declina significativamente (Ulrich, 1952,

Ritchey , 1979). Este criterio exige un Buen estimado del rendimiento y una cuantificación de la dosis mínima de fertilizantes al nivel crítico del nutrimento en el suelo y en la planta (especie).

Las técnicas disponibles de diagramas de dispersión (Figura 1.) y el uso de modelos discontinuos (Figura 2, 3 y 4) desarrollados por Cate y Nelson (1971), son herramientas convenientes para la interpretación de concentraciones críticas nutricionales externas e internas así como también la estimación de dosis mínimas de fertilizantes, necesarias para un rendimiento adecuado. En base a esta caracterización nutricional es posible distinguir grupos dentro el germoplasma de gramíneas y leguminosas con requerimientos críticos nutricionales bajos y altos.

Varios factores deben ser considerados en la determinación de las concentraciones críticas nutricionales, puesto que estas influyen definitivamente en dicha concentración. Entre las más importantes se citan: 1) Edad del tejido; 2) Tipo de tejido y 3) Diferencias entre especies y ecotipos dentro una especie. Respecto al primer factor, variaciones en la movilidad y retranslocación de nutrimentos dentro la planta resultan en diferencias acentuadas de la concentración de nutrimentos en los tejidos de diferente edad. Por ejemplo, Ca y B son generalmente considerados menos móviles en la mayoría de las especies, mientras que N, P, K y Na son rápidamente reciclados de los tejidos viejos a los jóvenes. La movilidad del Mg, S, Fe, Zn y Mn ocupan una posición intermedia entre estos extremos de movilidad de nutrimentos (Crafts y Crisp, 1971). De esta manera, la restricción del suministro de los nutrimentos menos móviles es rápidamente reflejada en la concentración de e-

los nutrimentos y en los síntomas foliares de deficiencia en los tejidos jóvenes. En el caso de los nutrimentos móviles, la rapidez de la presencia de una deficiencia dependerá de la tasa de translocación y de la cantidad transportada de los tejidos viejos a los jóvenes.

Smith (1978) indica que existen dos enfoques para considerar el efecto de la edad del tejido sobre la concentración crítica nutricional en el tejido de plantas forrajeras. El primero, una uniformización rígida sobre un estado particular de desarrollo de la planta en el cual la planta integra debería ser muestreada y analizada. Aunque este método de muestreo resulta en una pérdida de la sensibilidad debido a la mezcla de diferente tipo y edad de tejido vegetal, investigadores con experiencia en el manejo de este tipo de muestras han encontrado un medio adecuado para diagnóstico nutricional. Sin embargo, este método no es recomendable para especies arbustivas tales como *Leucaena leucocephala*, *Stylosanthes scabra*, *Desmodium gyrroides*, *Desmodium ovalifolium*, etc.

El otro enfoque es relativo a la selección de tejido vegetal de la misma edad fisiológica y es el método recomendado para especies arbustivas como las mencionadas anteriormente y rastreras tales como *Centrosema pubescens*, *Pueraria phaseoloides*, *Macroptilium atropurpureum*, etc y especies forrajeras que están bajo pastoreo continuo donde plantas enteras pueden no encontrarse para muestreo. El tipo de tejido influye en la caracterización del nutrimento bajo estudio, de esta manera, los tejidos jóvenes generalmente son empleados para los nutrimentos menos móviles y tejidos más viejos para los nutrimentos más móviles.

Especies y ecotipos dentro de especies forrajeras presenta una variabilidad amplia tanto en sus requerimientos nutricionales así como en sus habilidades para absorber y acumular elementos minerales (Andrew et al, 1971, 1977). El Cuadro 1. resume algunos datos sobre concentraciones críticas internas de ciertos nutrimentos y la variabilidad que existe entre especies.

Los trabajos de Andrew y Robins (1969), confirman la existencia de niveles críticos internos. Ellos determinaron las concentraciones críticas de fósforo en la parte aérea de varias especies de pastos tropicales, las cuales fueron correlacionadas con máximos rendimientos. Este porcentaje de fósforo en la parte aérea de la planta, sobre el cual no hubo respuesta posterior de crecimiento, fue considerado como nivel crítico interno de fósforo. Algunos resultados (Cuadro 2) muestran que especies leguminosas forrajeras tales como *Stylosanthes humilis* y *Centrosema pubescens* tienen un nivel crítico interno más bajo que especies tales como *Glycine weightii* y *Medicago sativa*. Las primeras dos especies son nativas de regiones con suelos bajos en fósforo disponible y otros nutrientes.

La misma observación fue hecha con gramíneas forrajeras. Gramíneas tales como *Andropogon gayanus*, *Brachia*
ria decumbes y *Melinis minutiflora* tienen bajos niveles críticos y son muy comunes en suelos ácidos con baja disponibilidad de fósforo, mientras *Chloris gayana* y *Pas*
pallum dilatatum tienen un nivel crítico interno más alto.

Existe también evidencia cuantitativa entre especies y ecotipos dentro una especie en relación a niveles críticos externos de fósforo (en el suelo). Si el fósforo disponible en el suelo que produce entre 60-80% del rendimiento máximo, es considerado como el "reque-

rimiento externo de fósforo", entonces existe diferen
cias significativas entre especies. El Cuadro 3, muestra
diferencias en este requerimiento externo de P entre
leguminosas y gramíneas.

2.3 Interacciones de Nutrimentos.

La importancia de garantizar que un nutrimento en estudio es el factor limitante en la producción de una especie forrajera, no debe ser sobreenfatizada, puesto que muchas veces en forma simultánea otros nutrimentos pueden limitar dicha productividad. Bajo estas circunstancias, la interacción de nutrimentos constituye un aspecto de importancia en el diagnóstico de los requerimientos nutricionales.

Swanson (1963) ha sugerido un modelo alterno basado en la "Ley del Mínimo" de Liebig, el cual puede ser considerado para la interpretación de interacciones entre nutrimentos. Este modelo (figura 5) postula una respuesta lineal para el principal elemento, la que se detiene repentinamente cuando otro factor nutricional se hace limitante, pero que recupera su ascenso lineal cuando se corrige dicha limitación. Eventualmente, el rendimiento de una planta es limitado por la capacidad genética de la planta cuando todos los factores externos limitantes son eliminados.

La interacción entre nutrimentos se presenta de diferentes maneras a través de los resultados experimentales. La más común ocurre cuando simultáneamente más de un nutrimento contribuye a una respuesta dada (Figura 6). En estos casos, cualquier nutrimento limitante afectará la respuesta de la especie forrajera a cualquier otro nutrimento. En efecto, un ensayo de 3 gramineas forrajeras (*Andropogon gayanus*, *Brachiaria decum-*

bens y *Brachiaria humidicola*] que fue establecido hace dos años fue evaluado a diferentes niveles de P y K. Los resultados presentados en la figura 7 muestra un efecto de interacción de P y K en la respuesta de las 3 gramíneas.

Andropogon gayanus no respondió a P en ausencia de K, *Brachiaria decumbens* lo hizo hasta 50 kg P_2O_5 /ha y *Brachiaria humidicola* a 100 Kg P_2O_5 /ha. En la medida en que se incrementaron las dosis de K, todas las especies aumentaron sus rendimientos y acentuaron sus respuestas a P (figura 7).

Andropogon gayanus se mostró como la especie más eficiente en la utilización de K aplicado, seguido por *Brachiaria decumbens* en términos de producción de materia seca por Kg de K_2O aplicado (Fig.8). La dosis de 40 Kg de K_2O /ha fue superior en todas las especies a las distintas combinaciones con P al producir los mayores incrementos en producción por unidad de fertilizante aplicado.

Los problemas de deficiencia de fósforo en suelos ácidos del trópico usualmente ocurren junto con la toxicidad de aluminio. Los dos problemas son difíciles de separar debido a la afinidad química entre ambos elementos. Consecuentemente, interacciones aluminio-fósforo tienen que ser consideradas al evaluar la tolerancia de variedades y especies a ambos problemas.

Diferencias entre especies y ecotipos entre especies forrajeras para tolerar niveles tóxicos de aluminio, han sido relacionadas con diferencias en la habilidad de las plantas para absorber y utilizar fósforo en presencia de altos niveles de aluminio (Salinas y Sánchez, 1976).

Clarkson (1967) encontró que la alta tolerancia a aluminio de *Agrostis setacea* en comparación con *Agrostis canina* y *Agrostis stolonífera* está asociada con una tolerancia a baja disponibilidad de fósforo.

Andrew y Vanden Berg (1973) hicieron observaciones similares cuando varias especies de leguminosas forrajeras fueron sometidas a varias concentraciones de aluminio en soluciones nutritivas. Algunos de sus resultados (Figura 9) muestran que *Desmodium uncinatum* y *Stylosanthes humilis* son tolerantes a niveles altos de aluminio mientras *Glycine weightii* y *Medicago sativa* son bastante sensitivas. Esto se demuestra en datos de producción de materia seca en la parte aérea de la planta. Las diferencias en materia seca de las raíces son menos espectaculares debido al engrosamiento que normalmente acompaña a la toxicidad de aluminio. Con excepción de la alfalfa, el incremento de aluminio resultó en un incremento de la tasa de absorción de fósforo. Este efecto fue más pronunciado en las dos especies tolerantes a aluminio. La mayor parte del fósforo absorbido fue acumulado externa o internamente en la raíz. Solo 2 a 16% del fósforo fue translocado a la parte aérea durante el tiempo de experimentación. Si bien el incremento de los niveles de aluminio disminuyó la tasa de translocación de fósforo, las dos especies tolerantes a aluminio promediaron 11% de translocación, mientras que las dos variedades sensitivas a aluminio promediaron 6.5%. De una manera similar, Salinas y Delgadillo (CIAT, 1979) encontraron interacciones significativas entre saturación de Al y el P disponible (Bray II) en función de la tolerancia de especies forrajeras en un Oxisol de Carimagua (Figuras 10 y 11, respectivamente).

2.4. Síntomas Visuales de Deficiencia Nutricional.

Las deficiencias nutricionales en especies forrajeras ocurren con irregularidad y son a menudo relativas a condiciones específicas del suelo, el cual en forma directa o indirecta influye en la disponibilidad de nutrimentos. En la mayoría de los casos, los síntomas visuales de deficiencia nutricional en forraje son bastante específicos y el reconocimiento de tales síntomas está mayormente en función de la experiencia del observador. Estos síntomas visibles de deficiencia pueden constituir una guía para los requerimientos de fertilización, ya que en principio, la manifestación de un síntoma está correlacionada con la modificación normal externa de la planta (Andrew, 1960). Sin embargo, muchas veces no sucede tal situación ya que una reducción en la tasa de crecimiento de las plantas sucede antes de reconocer el síntoma visual de deficiencia. Además, un diagnóstico exitoso basado en síntomas foliares, depende prioritariamente del conocimiento de las especies en consideración y de las condiciones medioambientales que afectan a la planta entera.

El desarrollo de una colección fotográfica de síntomas visuales de deficiencia nutricional, tanto en invernaderos como en condiciones de campo proporciona una ayuda muy valiosa en el diagnóstico de las deficiencias nutricionales en especies forrajeras tropicales.

Un resumen de las principales características de los síntomas visuales de deficiencia nutricional en especies forrajeras se da a continuación. Esta descripción general fue extractado del Manual en preparación en CIAT, sobre síntomas de deficiencias nutricionales en forrajes tropicales. (Salinas, *et-al*, 1980)

Nitrógeno.

La deficiencia de nitrógeno está caracterizada por una disminución inmediata en la tasa de crecimiento y por una pérdida general de clorofila en las hojas. La clorosis se inicia en las hojas más viejas puesto que el N es translocado a los sitios de crecimiento rápido (meristemas) cuando la planta está en una condición de estrés de N, en la planta entera se manifiesta el amarillento. El nitrógeno es un constituyente principal de un gran número de compuestos indispensables en las plantas forrajeras, pero los síntomas de deficiencia son más relativos con una reducción en la síntesis de clorofila.

Fósforo.

Síntomas foliares de la deficiencia de P son más visibles en el caso de gramíneas que en leguminosas forrajeras. En el caso de gramíneas forrajeras, existe una disminución de la tasa de crecimiento y una formación y acumulación del pigmento rojo-púrpura de antocianina en las hojas ya formadas. El ápice de las hojas viejas se tornan pálidas para luego presentarse la necrosis en un estado avanzado de deficiencia de P. En el caso de las leguminosas forrajeras, la deficiencia de P se manifiesta en general con una coloración verde oscura en las hojas, las cuales aumentan ligeramente en grosor y en una forma de crecimiento más erecto que las hojas normales. En casos de una deficiencia acentuada las hojas viejas muestran pequeñas puntas necróticas de color café en las áreas intervenales. Otra característica es una defoliación acentuada en el caso de leguminosas forrajeras. Por otra parte, un efecto

directo del exceso de P en plantas forrajeras incluye la deficiencia inducida de Cu y Zn.

Potasio.

La clorosis y necrosis marginal de hojas ya formadas y posteriormente de hojas jóvenes es tal vez la indicación universal de una deficiencia de K. La necrosis es precedida por una clorosis que se inicia en los ápices de las hojas y se prolonga hacia los márgenes de la lámina foliar o foliolos. En algunos casos, el síntoma de clorosis y necrosis marginal esta asociada con una clorosis intervenal de las hojas en posición baja e intermedia. El potasio es esencial para la síntesis de proteína y en caso de deficiencia, existe una acumulación de compuestos nitrogenados solubles y entre ellos esta la acumulación de diaminas que son tóxicos para las plantas y que son los responsables de la necrosis marginal del tejido, característica sintomatológica de la deficiencia de K.

Calcio.

El calcio es un nutrimento pobremente distribuido dentro la planta. Este hecho es debido en parte a un mecanismo de transporte por intercambio, el cual impide el transporte por el xilema por flujo de masas o difusión. El calcio una vez depositado en la hoja, es incorporado en compuestos relativamente insolubles, de manera que su translocación por el floema es muy poca o casi nula, aún en condiciones de un estrés acentuado de Ca. Debido a la dificultad del transporte del calcio en la planta, los síntomas de deficiencia son co-

múnmente observados en los ápices de los tejidos vegetales (hojas jóvenes y brotes meristemáticos). El síntoma visual de la deficiencia de Ca es una clorosis apical y lateral de los folíolos en hojas jóvenes y se presenta la emisión de muchos rebrotes de color amarillo a café y de crecimiento reducido. Otro síntoma característico y especialmente en gramíneas forrajeras es el enroscamiento del ápice de las hojas.

Magnesio.

Síntomas de deficiencia de Mg aparecen visualmente primero en hojas ya formadas y su manifestación es por medio de una clorosis intervenal. A medida que avanza el estrés de Mg las hojas jóvenes presentan progresivamente una clorosis en la lámina foliar y una necrosis apical. La clorosis es causada debido a que el Mg es un constituyente esencial de la molécula de clorofila. En el caso de las gramíneas forrajeras, la deficiencia de Mg se manifiesta con un listado foliar generalizado para luego asentarse la clorosis.

Azufre.

En general, la deficiencia de azufre ocurre en áreas de alta precipitación donde existe una lixiviación considerable de S, elemento que es bastante soluble en el suelo. Tanto en gramíneas como en leguminosas forrajeras, los síntomas de deficiencia de S se manifiestan en las hojas jóvenes y son muy semejantes a la deficiencia de N. Sin embargo, el azufre no es un elemento tan móvil como el N en las plantas, de tal manera que los síntomas de una deficiencia de azufre aparecen al inicio

en los tejidos más jóvenes que en los viejos como ocurre en una deficiencia inicial de N.

Zinc.

Los síntomas de deficiencia de Zn en plantas forrageras son mas relativos a tipo de especie así como también a ecotipos dentro una especie dada. Sin embargo, un síntoma general de deficiencia de Zn resulta en una reducción de la altura de la planta y áreas cloróticas sobre las hojas viejas que luego se presenta en las hojas jóvenes. Esta clorosis se inicia en el ápice de la lamina foliar y avanza hacia la base de la hoja. Las hojas jóvenes se tornan cloróticas con venas verdes y presentan un ligero encrespamiento de la nervadura central a medida que avanza la deficiencia de Zn.

Cobre.

La deficiencia de Cu se manifiesta en las hojas jóvenes siguiendo una secuencia de marchitamiento inicial, clorosis y necrosis. En algunas leguminosas del género *Desmodium*, se manifiesta con una clorosis intervenal en las hojas viejas y un amarillamiento en las hojas jóvenes con los ápices de los folíolos de color rojizo.

Hierro.

La deficiencia de Fe se caracteriza por una clorosis que se acentúa desde las hojas jóvenes hacia las hojas viejas. El síntoma es un amarillamiento completo y uniforme de la lámina de las hojas o folíoles. La

La disminución de la formación de clorofila es relativa a que el Fe es requerido en su síntesis. En el caso de las gramíneas forrajeras, la deficiencia de Fe se manifiesta en fajas longitudinales alternadas de color verde y amarillo en las hojas viejas, las hojas intermedias y jóvenes son cloróticas totalmente. En un estado avanzado de deficiencia de Fe, sobreviene la necrosis del tejido que avanza del ápice hacia la base de la hoja.

Boro.

La deficiencia de B, al igual que la deficiencia de Ca, se manifiesta inicialmente en las áreas próximas a las puntas de crecimiento activo (tejido meristemático). La razón es la baja movilidad de B dentro el tejido vegetal y por tanto el síntoma característico de una deficiencia de boro es la necrosis rápida de las hojas más jóvenes y recién expandidas, así como también la muerte del tejido meristemático en los sitios de crecimiento activo (brotes). En varios casos se observa la formación anormal de hojas, aún hasta darse el caso de aparecer la formación de folíolos unidos por uno de los lados, formando una sola hoja con dos nervaduras centrales. En otros casos, existe una deformación de las hojas con pérdida de simetría.

Molibdeno.

La deficiencia de Mo en plantas forrajeras, y especialmente en leguminosas, se presenta con un amarillamiento de las hojas viejas en las cuales los bordes se tornan necróticos. Síntomas similares aparecen en ho-

jas jóvenes a medida que la deficiencia va progresando. La clorosis observada en plantas deficientes de Mo, ha sido relacionada a la acumulación de nitratos, debido a la falta de una reducción de estos, proceso esencial en el cual el Mo juega un rol importante. La intensidad de la necrosis en los bordes de las hojas ha sido correlacionada con una mayor acumulación de nitratos en las hojas adultas.

3. REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES DE PASTOS TROPICALES

Por lo mencionado anteriormente, la adaptación ecológica de especies forrajeras a diferentes contenidos de nutrimentos en el suelo es reconocida. En plantas forrajeras, la primera división en grande es relativa a gramíneas y leguminosas. Una diferencia básica entre ambos grupos proviene de la simbiosis de las leguminosas con el *Rhizobium*. Sin embargo, dentro de cada grupo de especies pueden diferir en ciertos requerimientos nutricionales (Andrew y Fergus, 1976). Este aspecto se intensifica aún más al considerar el desarrollo de una tecnología de producción de pastos en vastas áreas con suelos ácidos e infértiles de América Tropical (CIAT, 1980). La gran mayoría de estos suelos presentan un "complejo de infertilidad natural", que comprende una deficiencia general de varios macro y microelementos, alta acidez y toxicidad de Al y/o Mn.

La principal barrera en la producción de ganado vacuno en el trópico es la falta de forraje de calidad aceptable durante el año y especialmente en la época de sequía. El problema se podría solucionar en parte mediante la introducción de leguminosas asociadas con

gramíneas nativas ó introducidas, asegurando así un forraje de mejor calidad durante todo el año y evitando la necesidad de abono nitrogenado (Spain, et al., 1979).

La investigación en el establecimiento y mantenimiento de pasto en las áreas de suelos ácidos e infertiles de América Tropical presenta aún muchas interrogantes relacionadas con el desarrollo de pastos en las inmensas sabanas y bosques tropicales. Sin embargo, se adelantan investigaciones en función de los factores básicos-suelo-planta-animal (CIAT, 1978).

En la fase de establecimiento se da prioridad a la investigación sobre la acidez y baja fertilidad de los suelos. En general, las condiciones normalmente consideradas como adversas pueden modificarse mediante aplicaciones de insumos en fertilizantes y enmiendas, pero muchas veces a causa de la distancia y falta de acceso, el costo de los insumos voluminosos es demasiado alto para permitir el uso de grandes cantidades para la modificación del suelo (Spain et al., 1979). Por lo tanto, ha sido necesario considerar el factor planta, que por su propia evolución en estos ecosistemas llegan a adaptarse a las condiciones edáficas con un mínimo de insumos. La consideración dada en el capítulo anterior constituye una fase de la investigación para la determinación de los requerimientos nutricionales de especies forrajeras en suelos ácidos e infértiles de América Tropical.

Uno de los primeros y más importantes pasos en la prueba de nuevas accesiones es la verificación de su tolerancia a la acidez. Resultados de investigación sobre esta limitación es dada en el próximo capítulo de este trabajo.

La tolerancia a bajos niveles de P. es otra prioridad de investigación en el establecimiento de gramí-

neas y leguminosas tropicales. Los requerimientos externos de P en varias especies forrajeras con el críterio de niveles críticos en el suelo están siendo evaluados.

La Figura 12. presenta los resultados de un ensayo de campo en que *P. maximum*, *A. gayanus*, *B. decumbens* y *H. rufo* respondieron fuertemente a la aplicación de P teniendo *P. maximum*, y *H. rufo* la mayor respuesta y *A. gayanus* la menor. La respuesta de *H. rufo* al K fué la más notable y sin K sus poblaciones se deterioraron notablemente. Los rendimientos de los tratamientos sin K, promediados a todos los niveles de P, alcanzaron sólo un 15% del rendimiento máximo (CIAT, 1973).

Además de trabajar con especies adaptadas al medio con un mínimo de modificación del mismo se busca la forma de aprovechar más eficientemente las cantidades mínimas de fertilizantes utilizadas. La planta tiene su máximo requerimiento, especialmente en el caso de fósforo, durante las primeras semanas después de germinar y antes de tener un sistema radicular bien desarrollado. Muchos trabajos han mostrado las ventajas de sembrar en hilera y aplicar en banda el fertilizante junto ó muy cerca a la semilla. Con un mínimo de fertilizante se alcanzan condiciones favorables para la plántula (Spain et al, 1979).

La Figura 13 muestra el efecto de la aplicación de tres dosis de P_2O_5 al voleo y en banda en tres asociaciones. La aplicación en banda parece ser especialmente ventajosa para *B. decumbens* y *P. plicatulum* y para *S. guianensis* en todas las tres asociaciones (CIAT, 1977). Otra ventaja de este método eficiente de aplicar pequeñas cantidades de fertilizantes, es la reducción en la competencia de malezas comparado con la siembra y apli

cación de fertilizante al voleo.

Respecto a la investigación sobre los requerimientos de otros nutrimentos tales como Azufre y microelemento para la fase de establecimiento, la información disponible deja mucho que desear. Todo enfatiza la necesidad de una investigación prioritaria en América Tropical en cuanto a esos nutrimentos.

En la fase de mantenimiento de pasturas, la experiencia que se tiene sobre los requerimientos nutricionales es también poca. Spain y colaboradores (1979) señalan que es una etapa mucho más difícil y costosa que la del establecimiento de pasturas, por el hecho de tener presente al animal. Otro aspecto importante del efecto de la pastura sobre la fertilidad del suelo es la determinación de la disponibilidad de nutrimentos que están acumulándose en función del sistema suelo-planta-animal, (Bryan y Evans, 1973).

La investigación de los requerimientos nutricionales en parcelas pequeñas manejadas bajo corte son de limitada utilidad para la fase de mantenimiento debido a la no presencia del animal y el reciclaje de elementos a través de éste.

La remoción de elementos del potrero bajo pastoreo no es sino el contenido de estos elementos en el animal al sacarlo. Por supuesto, las pérdidas son más grandes cuando se trata de ganado lechero que cuando es ganado de carne. Sin embargo, existe un problema de redistribución de fertilidad puesto que el animal consume de todo el potrero y deposita, en forma de heces y orina en un porcentaje limitado del área total. Elementos relativamente solubles y móviles en el suelo son fácilmente lixiviados de los sitios de concentración. Otros que son poco solubles e inmoviles en el

suelo como el fósforo, se concentran y se fijan en parte pero no se pierden del potrero. Mientras más alta la carga, menos grave el problema de redistribución porque los animales van cubriendo toda el área en un tiempo relativamente corto. Suelos arenosos generalmente requieren más fertilizante para su mantenimiento a un mismo nivel de producción que suelos más pesados debido a pérdidas por lixiviación (Spain et al., 1979)

La aplicación de fertilizantes de mantenimiento se debe hacer en una época en que el suelo tenga humedad suficiente para su crecimiento activo del pasto pero no excesiva, ya que provoca pérdida por lixiviación. La mejor época podría ser a finales ó a principios de la estación lluviosa. Si las cantidades a aplicar son muy reducidas, sería mejor hacer el mantenimiento cada dos años para reducir gastos de aplicación (Spain et al., 1979)

Está generalmente aceptado que las praderas de mayor productividad absoluta son aquellas en que se utilizan altos niveles de nitrógeno de hasta 500 Kg N/ha/año. Este tipo de praderas se basan únicamente en las gramíneas, ya que las leguminosas no persisten bajo estas condiciones. Las condiciones económicas que determinan que este tipo de sistemas (insumos máximos) sean rentables existen actualmente sólo en algunos países desarrollados. En otros países, se incluye un componente leguminoso en las praderas no sólo como fuente de nitrógeno para el ecosistema sino también como fuente de proteína para el ganado.

Se ha demostrado en la mayoría de los casos que las mezclas de gramíneas y leguminosas son en general inestables y relativamente en cortos períodos de tiem-

po uno de los dos componentes es suprimido. En general, se observa que la leguminosa es el componente suprimido debido al incremento del nitrógeno del suelo que favorece e incrementa la agresividad de la gramínea.

Análisis teóricos sugieren que las leguminosas son intrínsecamente competidoras más débiles que las gramíneas por luz, nutrimentos y agua. Esto se debe a que el mecanismo de fijación de nitrógeno necesita grandes cantidades de energía (carbohidratos) que no se encuentran disponibles para competir por luz y nutrimentos. No es sorprendente entonces que distintos trabajos hayan demostrado que para lograr persistencia de la mayoría de las leguminosas se necesitan sistemas de corte o pastoreo intensos, ya que no compiten eficientemente por luz. Sin embargo, se ha sugerido (Donald, 1963) que una mayor competitividad en el espacio aéreo puede ser, en muchos casos, el resultado de una mayor competitividad por nutrimentos que le permite producir una biomasa más importante. Esta sugerencia ha recibido una demostración experimental en estudios recientes de interferencia entre especies (King, 1971; Snaydon, 1971; Eagles, 1972). Los resultados han demostrado que en la mayoría de las situaciones la competencia por nutrimentos es más importante que la competencia por luz.

En mezclas de gramíneas y leguminosas, la relación nutritiva más estudiada es sin duda la del nitrógeno y las diferencias a este respecto son las que proporcionan no sólo una justificación para el uso de estas mezclas sino un indicio claro del potencial de compatibilidad entre ambos componentes. A pesar de las diferencias nutricionales con respecto a N, existe evidencia de que

competencia por N ocurre y es especialmente importante durante las fases de establecimiento, mientras el proceso de infección de *Rhizobium* ocurre y los nódulos se desarrollan. Leguminosas con bajo poder competitivo por N no solo crecen muy lentamente durante las fases iniciales sino que la gramínea absorbe más nitrógeno, creciendo más rápidamente y suprimiendo a la leguminosa. Compatibilidad que en este caso depende de un elevado poder competitivo de la leguminosa por N.

El trabajo de Hall (1974) utilizando series de reemplazo demuestra que es posible individualizar relaciones competitivas y no competitivas (fijación atmosférica de N) para N entre gramíneas y leguminosas.

Relativamente poca información existe respecto a las relaciones nutritivas para otros elementos. Resulta obvia la importancia de individualizar mezclas de gramíneas y leguminosas con alta compatibilidad para otros elementos, no solo como forma de lograr que la compatibilidad por N se exprese sino como forma adicional de lograr mayores rendimientos en las mezclas y reducir la dependencia con respecto a adiciones de fertilizantes.

Existen numerosas referencias en la literatura a la distinta capacidad de gramíneas y leguminosas para competir por K y P. Desde los trabajos de Gray et al (1953) está establecido con relativa claridad que las leguminosas son competitivas en situaciones con baja disponibilidad de P mientras que en el caso opuesto ocurre para las gramíneas con respecto a K.

4. EFECTOS TOXICOS DE ALUMINIO Y MANGANESO EN EL DESARROLLO EN PASTOS TROPICALES

La disponibilidad del aluminio y/o manganeso en el suelo se torna mayor para las plantas, a valores de pH por debajo de 5.5. De aquí, la toxicidad de Al es uno de los prominentes factores que limita el desarrollo agrícola en la mayoría de los suelos ácidos de América Tropical. Altos niveles de saturación de Al reducen el crecimiento radicular y afectan severamente el rendimiento de los cultivos. Además del Al, el Mn constituye también otro factor limitante de la condición ácida de estos suelos, pero el grado de su toxicidad depende, además del bajo pH, de los cambios de óxido-reducción de este elemento en el suelo, proceso que esta relacionado con el drenaje de los suelos.

Durante los últimos años, se ha realizado en estos suelos una considerable investigación basada principalmente en el concepto de modificar el suelo para el desarrollo de plantas forajeras (Pearson y Hoveland, 1974; Freitas y Pratt, 1969; Bhanmik y Asthana). De aquí, la principal estrategia usada para anular los efectos limitantes del complejo ácido infertil del suelo ha sido fertilizar y encalar a niveles "óptimos" y tomar ventaja de sus efectos residuales. Además, especies forajeras han sido seleccionadas para altos rendimientos, resistencia a plagas y enfermedades con poca atención a las propiedades del suelo, debido a que el trabajo de mejoramiento y selección ha sido llevado a cabo bajo condiciones óptimas del suelo.

Una alternativa para la producción de pastos tropicales en áreas de suelos ácidos es adaptar la planta a las limitaciones específicas de fertilidad del suelo. (Spain et al., 1975; CIAT 1978). Muy poco se ha hecho en tratar de seleccionar especies y variedades "in si-

tu" considerando las condiciones adversas de suelo-planta, las cuales constituyen el factor más limitante para la producción de pastos en la América Tropical. El caso es que durante los últimos años tanto fitomejoradores, fisiólogos así como especialistas en suelos, han reconocido la existencia de diferencias entre especies forrajeras del trópico para tolerar condiciones adversas del suelo.

4.1. Toxicidad de Aluminio.

La razón por la inhabilidad de las plantas para crecer en suelos ácidos, y los efectos inhibitorios del subsuelo ácido sobre la penetración radicular, ha constituido una pregunta de interés por muchos años (Tisdale y Nelson, 1966). Aunque la presencia de Al intercambiable en suelos ácidos ha sido conocida desde comienzos de este siglo (Veitch, 1904), la idea del efecto detrimental de la acidez del suelo sobre el crecimiento de las plantas, a causa de concentraciones tóxicas de Al, fue aparentemente sugerido por Abbott y colaboradores (1913). La revisión inicial de la literatura sobre el Al en el suelo fue hecha por Ragland (1959), y la más reciente por Coleman y Thomas (1967), Adams (1974), y McLean (1976).

La mayoría de los suelos altamente meteorizados presentan bajas reservas de Ca y Mg, de manera que el Al es el catión principal en los sitios de cambio. La contribución del clima es considerada como un importante factor en el desarrollo de la acidez del suelo y la toxicidad de Al en suelos ácidos. En efecto, Kamprath y Foy (1971) remarcaron que en regiones tropicales la acidez del suelo toma lugar como resultado de la remoción de bases y un incremento de H y Al debido a la fluctuación de precipitación y evapotranspiración.

La reactividad del Al en suelos ácidos varía con la forma en la cual ocurre, disminuyendo desde la forma Al^{+3} -soluble en agua a monómeros de $OH-Al$, hasta formar polimerizadas de hidróxidos de Al. Recientemente, McLean (1976) remarcó nuevamente que el proceso hidrolítico del Al y por lo tanto su solubilidad en la solución del suelo es afectada por el pH de la solución. La secuencia de las posibles formas de Al pueden ser representadas en la siguiente progresión:

				pH suelo	Solubilidad Al
Al^{+3}	+	H_2O	$\rightarrow Al(OH)^{+2}$	4.0- 4.5	 aumenta
$Al(OH)^{+2}$	+	H_2O	$\rightarrow Al(OH)_2^{+1}$	4.5- 5.5	
$Al(OH)_2^{+1}$	+	H_2O	$\rightarrow Al(OH)_3$	5.5- 7.5	baja o ninguna
$Al(OH)_3$	+	H_2O	$\rightarrow Al(OH)_4^{-}$	7.5- 9.0	 aumenta
$Al(OH)_4^{-}$	+	H_2O	$\rightarrow Al(OH)_5^{-}$	9.0- 9.5	
$Al(OH)_5^{-}$	+	H_2O	$\rightarrow Al(OH)_6^{-}$	9.5-10.0	

De esta secuencia puede concluirse que la solubilidad del Al es bastante baja dentro el rango de pH entre 5.5 a 7.5 donde es precipitado y permanece relativamente insoluble como $Al(OH)_3$. Por debajo de pH 5.5 y sobre pH 7.5, las concentraciones de Al aumentan rápidamente. La pregunta, que emana, es relativa a la forma tóxica de Al para las plantas. Datos presentados por Kerridge (1969) indican que el Al fue considerablemente más tóxico para las plantas a pH 4.5 que a pH 4.0 y sugirió que un producto hidrolítico de Al en vez de la forma soluble Al^{+3} sería responsable en la inhibición del crecimiento radicular. A medida que el pH aumenta de 4.0 a 4.5 la solubilidad de Al^{+3} disminuye, mientras que la forma hidrolítica $AlOH^{+2}$ au-

menta (Raupach, 1963). Consecuentemente, Moore (1973) concluyó que la forma $AlOH^{+2}$ es responsable de los efectos adversos del Al sobre el crecimiento de las plantas y específicamente sobre el crecimiento radicular. Sin embargo, la solubilidad del Al y la severidad de sus efectos tóxicos sobre las plantas son afectadas por varios factores del suelo, incluyendo pH, mineral de arcilla predominante, concentración de otros cationes y contenido de materia orgánica (McCart y Kamprath, 1965; Evans y Kamprath, 1970; McLean, 1976).

Suelos ácidos con pH debajo de 5.5 tienen una gran porción de sus cargas negativas ocupadas por Al^{+3} , el cual puede ser desplazado por otros cationes. Este Al desplazado normalmente es denominado Al intercambiable, el cual es extractado con una solución no bufferizada de KCl 1N y titulado con una base (Lin y Coleman, 1960; Bhumbra y McLean, 1965). Debido a que cantidades apreciables de Al intercambiable son tóxicas para muchas especies de plantas, ha sido sugerido que este Al puede ser neutralizado añadiendo $CaCO_3$ (cal) al suelo a una tasa equivalente de 1.5 a 2 veces el Al intercambiable (Kamprath, 1970). El porcentaje de saturación de Al relativo a la capacidad de intercambio catiónico efectivo es otra medida útil de la acidez del suelo. La saturación de Al es la relación entre el Al intercambiable extractado con una solución normal no bufferizada de KCl y la suma de bases intercambiables más el Al intercambiable. Nye y colaboradores (1961), Evans y Kamprath (1970), y Cate y Sukhai (1964) encontraron que en suelos ácidos el porcentaje de saturación de Al determina la concentración de Al en la solución del suelo. Ellos observaron que cuando la saturación de Al fue mayor del 60% una cantidad apreciable

de Al estuvo presente en la solución del suelo. Por otra parte, la relación entre pH del suelo y la saturación de Al es consistente con varias observaciones hechas en muchos suelos ácidos del trópico (Brams, 1971; Fox et al., 1962; Popenoe, 1960; Soares, et al., 1975; Abruña et al., 1974). Además, a pesar de haberse demostrado que el pH del suelo está relacionado con el crecimiento radicular (Pearson, 1975), el nivel de Al en la solución del suelo es usualmente el factor responsable por el reducido crecimiento radicular en suelos ácidos (Adams y Lund, 1966). En conclusión, el Al en la solución del suelo y el porcentaje de saturación de Al están relacionados en suelos ácidos (Evans y Kamprath, 1970; Brenes y Pearson, 1973; Gonzalez, 1976), así como también el porcentaje de saturación de Al y la respuesta de la planta (Abruña et al., 1970, 1974; Sartain y Kamprath, 1975; Salinas, 1978). De aquí, aunque la actividad química del Al en la solución del suelo es probablemente el mejor parámetro para estimar el potencial tóxico del Al de un suelo, el porcentaje de saturación de Al provee una indicación satisfactoria de la acidez del suelo y es mucho más simple su determinación.

Además, debido a los niveles bajos de bases cambiables, la alta saturación de Al juega un importante rol en estos suelos ácidos (Olmos y Camargo, 1976; Freitas y Silveria, 1977). En efecto, Lopes y Cox (1977) sugieren que en la mayoría de los casos el porcentaje de saturación de Al, debería ser considerado primero, ya que en suelos ácidos teniendo el mismo nivel de Al intercambiable pero diferente porcentaje de saturación de Al, es de esperar que la respuesta de un cultivo dado sea diferente al encalar con la misma cantidad en base a la neutralización del Al intercambiable.

finalmente, el grado de tolerancia de especies y variedades puede ser expresado en términos del porcentaje de saturación de Al de la capacidad efectiva de cationes cambiables. Consecuentemente, viene a ser necesario sólo la aplicación de cal en una cantidad suficiente como para reducir el porcentaje de saturación de Al a niveles que no afecten la producción. Con este criterio, fue desarrollada una ecuación para estimar los requerimientos de cal para compensar la tolerancia de Al de especies y variedades (Cochrane y colaboradores, 1980).

4.2. Mecanismos de Tolerancia a la Toxicidad del Aluminio.

La caracterización de especies y variedades tolerantes a Al ha sido estudiada por medio siglo (Hartwell y Pember, 1918; McLean y Gilbert, 1927; Hewitt, 1948; Aimi y Murakami, 1964; Foy y Brown, 1963; Clarkson, 1966; Adams y Pearson, 1970; Foy, 1976; Spain, 1977; Salinas, 1978). Estos estudios han usado una diversidad de especies y variedades cuyas respuestas han mostrado la evidencia de tal tolerancia diferencial.

Parece que la tolerancia a Al entre especies y variedades se debe a una adaptación genética como resultado de una selección involuntaria en suelos ácidos (Foy, 1976). La genética de la tolerancia a Al está actualmente bajo estudio (Devine et al., 1976), pero la naturaleza de la tolerancia diferencial no ha sido esclarecida al presente, debido a que los mecanismos exactos de toxicidad de Al no están todavía completamente conocidos (Foy, 1976).

Varios intentos se han hecho para explicar la causa de la tolerancia a Al por las plantas. Básicamente estos pueden ser separados en dos categorías: (1) cambios diferenciales en la morfología de la planta, y (2) cambios diferenciales en la fisiología y bioquímica de la planta (Foy, 1976; Helyar, 1978). Esta separación no implica que la tolerancia a Al resulte de cada categoría independientemente, por el contrario, el grado de tolerancia parece ser una combinación de ambas categorías, pero la segunda es a menudo referida como una consecuencia de cambios morfológicos en el sistema radicular (Jackson, 1967; Moore, 1973; Ali, 1973; Helyar, 1978).

La reducción de crecimiento, tanto en las raíces como en la parte aérea debido al Al, fue observada desde comienzos del siglo (Magistad, 1925). Sin embargo, el crecimiento radicular parece ser más afectado que la parte aérea debido a la influencia directa del Al. Jackson (1967) remarcó que los cambios morfológicos y fisiológicos de la parte aérea generalmente se manifiestan después que el crecimiento radicular ha sido afectado. Consecuentemente, los síntomas visuales de toxicidad de Al en la parte aérea pueden ser un efecto indirecto del daño radicular por el Al (de-Waard y Sutton, 1960; Rees y Sidrak, 1961; Kerridge, 1969; Ali, 1973). En efecto, la inhibición del crecimiento radicular es el efecto primario de la toxicidad de Al (Kerridge, 1969; Rhue y Grogan, 1977; Helyar, 1978; Salinas, 1978).

Raíces afectadas por el Al son ineficientes para absorber agua y nutrimentos (Fleming y Foy, 1968; Clarkson, 1969; Reid et al., 1971; Lafever et al., 1977; Helyar, 1978). Ha sido sugerido que el Al actúa como

un inhibidor de crecimiento de sitios específicos en las raíces en lugar de ser un veneno sistémico (Fleming y Foy, 1968). En efecto, Clarkson (1965, 1969) remarcó que el Al inhibe la división celular en los meristemas apicales resultando un sistema radicular drásticamente restringido. Es crítico recalcar que la tolerancia diferencial a Al puede estar asociada con daño morfológico radicular en áreas específicas en lugar de un daño a todo el sistema. Consecuentemente, la tasa de crecimiento durante un período de recuperación luego de un estrés de Al puede ser importante (Moore et al., 1977).

Clarkson (1965) encontró que las anomalías morfológicas de las raíces causadas por el Al pueden ser explicadas por el rol inhibitorio del Al sobre la división y extensión celular. La naturaleza de este daño fue explicada posteriormente por Sampson y colaboradores (1965) cuando establecieron que el daño del Al está asociado directamente con algunas funciones metabólicas durante la división celular. El efecto de Al en la mitosis celular y la resultante paralización de la elongación radicular fue confirmada por Clarkson y Sanderson (1969). Sobre la base de resultados bioquímicos la mitocondria y núcleo, ambos ricos en ADN, fueron sugeridos como los dos sitios celulares posibles donde el Al estaría actuando (Klimashevskii et al., 1973). Consecuentemente, una vez que el Al está dentro una célula meristemática, interfiere en la formación de ADN y el resultado neto es una inhibición del crecimiento radicular (Ali, 1973).

En base a las consideraciones arriba mencionadas, se han hecho varios intentos para explicar la tolerancia diferencial entre especies y variedades en términos de daños causados por el Al a las raíces. La habilidad

de una planta para continuar su elongación y proliferación, así como también resistir daños morfológicos en los ápices y raíces laterales, son relativos a tolerancia a Al (Foy y Brown, 1963; Adams y Lund, 1966; Reid et al., 1971; Sartain y Kamprath, 1975; Howeler y Cadavid, 1976; Moore et al., 1977; Kesar et al., 1977; Helyar, 1978). Especies y variedades dentro especies difieren en el grado en el cual una concentración dada de Al interfiere con el crecimiento radicular. En general, variedades sensitivas a Al muestran una severa inhibición del crecimiento radicular mientras que variedades tolerantes son ligeramente afectadas. Consecuentemente, la habilidad diferencial del crecimiento radicular en presencia de Al es considerada una importante medida de tolerancia a Al y frecuentemente ha sido usada como un criterio para clasificar especies y variedades de acuerdo a su tolerancia a Al (Kerridge y Kronstad, 1968; Kerridge et al., 1971; Reid et al., 1971; Foy, 1974; Moore et al., 1977; Howeler y Cadavid, 1976; Rhue y Grogan, 1977; Salinas, - 1978).

Varios intentos también han sido realizados para explicar diferencias entre especies y variedades en términos de absorción y translocación de nutrimentos y Al, así como también cambios de pH extremo (Foy, 1974; Heylar, 1978). La tolerancia a Al ha sido usualmente asociada con una disminución en la absorción y translocación de elementos minerales. Entre ellos, P, Ca y Mg son los más afectados por el Al y reducciones menores en la absorción y translocación de K, Fe, Cu y Zn han sido también dados a conocer (Foy y Brown, 1963; Johnson y Jackson, 1964; Munns, 1965; Paterson, 1965; Clarkson, 1966; Lance y Pearson, 1969; Andrew y Vanden

Berg, 1973; Devine et al., 1976; Foy, 1976; Helyar, 1978; Salinas, 1978).

Una deficiencia de P en la parte aérea es tal vez el síntoma visual típico de la toxicidad de Al (Foy y Brown, 1963, 1964). El exceso de Al reduce la solubilidad de P en el medio de crecimiento y su absorción y transporte por las plantas (Kamprath y Foy, 1971). Por otra parte, un exceso de P puede precipitar el Al y eliminar su toxicidad, aumentar la absorción de P y eliminar los síntomas de deficiencias de P (Munns, 1965). Por ejemplo, los efectos tóxicos de Al fueron eliminados en plantas de algodón cuando la relación: P:Al en el medio extremo fue mayor que dos (Foy y Brown, 1963). Por lo tanto, interacciones Al-P han sido propuestas como un factor importante en el grado de toxicidad de Al para las plantas (Randall y Vose, 1963; Munns, 1965; McLead y Jackson, 1967; Foy, 1976).

Dos tipos de interacciones Al-P han sido sugeridos por Clarkson (1966). El primero ocurre al nivel de superficie celular con fijación de P por una reacción de adsorción-precipitación. El segundo ocurre dentro la célula, posiblemente dentro la mitocondria, y resulta en una marcada disminución de la tasa de fosforilación del azúcar probablemente afectando la inhibición de hexokinasa. Recientemente McCormick y Borden (1964) han mostrado a través del microscopio electrónico que un precipitado de $Al-PO_4$ ocurre en las raíces como glóbulos dispersos. La interacción ocurrió en la capa musilaginosa a lo largo de la superficie radicular y en las regiones intercelulares de los ápices. Estos resultados confirman teorías anteriores sobre el proceso de adsorción-precipitación que toma lugar en las raíces, resultando en un reducido transporte de P a la

parte aérea. Consecuentemente, la deficiencia de P debido a la presencia de Al puede ser un resultado de la precipitación del Al y P en las raíces. De aquí, las diferencias entre especies y variedades en relación a estres de Al pueden resultar de la tasa de translocación a la cual el P "escapa" esta precipitación.

Varios investigadores informan que la tolerancia diferencial a Al entre especies y variedades ha estado asociada con una habilidad diferencial para absorber y utilizar P en presencia de Al (Jones, 1961; Foy y Brown, 1964; Foy, 1974, 1976, 1977). Además, la tolerancia a Al en ciertas especies forrajeras coincidió con una mayor eficiencia en la asimilación y transporte de P (Andrew y Vandenberg, 1973).

La literatura sobre interacciones entre Al y cationes básicos indica una tendencia casi invariable de un efecto antagónico de Al sobre ellos (Clarkson, 1971, Lee, 1971; Ali, 1973; Foy, 1974). Estres de Al resulta en la reducción de absorción de Ca y Mg de acuerdo a Johnson y Jackson (1964), Martin (1961), McLead y Jackson (1967), y Munns (1965). Una disminución en el crecimiento debido a la deficiencia de Ca causada por el Al ha sido también sugerida por Armiger y colaboradores (1968). Estos resultados sugieren que los síntomas de deficiencia de Ca observados en algunos cultivos en suelos ácidos son debidos a un efecto antagónico del Al sobre el Ca en vez de niveles bajos de Ca en tales suelos.

Este antagonismo entre el Al y Ca parece ocurrir en las raíces. Lance y Pearson (1969) indican que el efecto del Al sobre la absorción de Ca ocurre rápidamente cerca de la superficie de las raíces. Estas ob

servaciones sugirieron que la permeabilidad de las membranas celulares sería afectada por el Al. Por lo tanto, la alteración de la configuración estructural de las membranas por reemplazo de Ca por Al puede inhibir la asimilación de Ca (Lance y Pearson, 1969).

Patterson (1965) concluyó que el Al disminuye la absorción de Ca pero no parece inhibir la translocación de este elemento a la parte aérea. Los resultados obtenidos con leguminosas forrajeras por Andrew y VandenBerg (1973) sostienen la conclusión anterior. Consecuentemente, la absorción de Ca sería un mecanismo más importante que la translocación de Ca, afectando la tolerancia diferencial entre especies y variedades.

Varios investigadores indican la existencia de una interacción Al-Mg en las plantas bajo los efectos tóxicos del Al (McLead y Jackson, 1967; Kerridge, 1969; Lee, 1971). Estos investigadores concluyen que el efecto del Al resulta en una marcada inhibición de la absorción de Mg, en igual forma que la del Ca. En conclusión, las interacciones entre Al, Ca y Mg parece jugar un importante rol en la disponibilidad de estos nutrimentos para las plantas y también en la eficiencia de absorción para detectar una habilidad diferencial entre especies y variedades.

Mutua competencia entre pares de cationes para entrar en las raíces es comúnmente reportado (Moore et al., 1961, 1964; Lee, 1971). Si el Al es absorbido en una manera similar a otros cationes, competencia entre Al y otros cationes existe (Ali, 1973). Por tanto, es razonable afirmar que el sistema radicular es inhibido debido a una mayor absorción de Al dentro las células meristemáticas. Esto sugiere que especies y va

riedades difieren unas de otras en la manera como el Al es absorbido y concentrado en las células. Esto es, que especies y/o variedades tolerantes a Al tienen a excluir el Al por algún mecanismo fisiológico. A la luz de estos resultados, parece razonable indicar que un aumento del nivel de Al en el medio externo, causa un aumento en la absorción de Al. Sin embargo, la porción de Al absorbido, la cual es transportada a la parte aérea, parece ser mínima. Esto indica que la mayor parte del Al absorbido es retenido en las raíces. Especies y variedades susceptibles a Al parecen acumular elevadas cantidades de Al en sus sistemas radiculares en comparación de especies y variedades tolerantes.

En base a los factores mencionados anteriormente, se puede observar que durante los últimos años diferencias consistentes han sido encontradas entre especies y variedades para tolerar el Al. La mayoría de los resultados y discusiones han enfatizado sobre la reducción radicular y disminución de rendimientos con poca atención a los mecanismos fisiológicos en la nutrición de las plantas. Esto ha determinado que al presente todavía no se conozca exactamente la fisiología de tolerancia a Al.

4.3. Tolerancia de Especies Forrajeras Tropicales a la Toxicidad de Al.

Una estrategia para la producción de ganado de carne en América tropical, es el desarrollo de una tecnología de producción de forrajes en suelos ácidos y de baja fertilidad natural (CIAT, 1978). De aquí, dos componentes de esta estrategia resaltan en la produ-

cción de pasturas y son, el factor suelo (suelo ácido e infértil) y el factor planta (germoplasma forrajero). El principio de esta estrategia es incorporar el factor planta como participante directo en el complejo de infertilidad de los suelos ácidos de América tropical. En muchos casos, la selección de especies forrajeras para suelos ácidos de baja fertilidad natural puede resultar más económica que modificar la fertilidad del suelo ácido para establecer pasturas.

Respecto al factor suelo, durante los últimos años se ha enfatizado el estudio de la distribución geográfica y propiedades de los suelos en América tropical y un resultado de estos estudios es el mapa tentativo presentado por Sánchez y Cochrane (1979). Los Oxisoles y Ultisoles representan los órdenes más extensos, cubriendo el 56% de la superficie de América tropical en las zonas de tierras bajas (0-900 m) y zonas intermedias (900-1800 m). De esta manera, estas áreas constituyen un bloque extenso de tierra, siendo la mayoría potencialmente arable. A pesar de la favorable extensión, localización y topografía de estos suelos, el desarrollo agropecuario en estas áreas presenta ciertas limitaciones. Uno de los principales obstáculos para la producción de cultivos y/o pasturas es la baja fertilidad natural del suelo. La mayoría de los suelos del trópico americano presenta un "complejo de infertilidad", el cual identifica una deficiencia general de varios macro y micronutrientes, alta acidez y toxicidades de Al y/o Mn (Spain, 1976; Salinas, 1979a).

La toxicidad de Al es uno de los factores prominentes que limita el desarrollo agrícola en la mayoría de estos suelos. Altos niveles de saturación de Al

reducen el crecimiento radicular inhibiendo su elonga
ción y penetración en el suelo y consecuentemente, re
duciendo los sitios de absorción de agua y nutrimentos,
así como también la utilización de éstos en el subsuelo
(Salinas, 1979a; Gualdrón y Spain, 1979). En una
segunda fase, el Al obstaculiza la translocación de va
rios nutrimentos a la parte aérea, los cuales se manifi
estan como deficiencias nutricionales principalmente
de P, Ca y Mg (Heylar, 1978; Andrew y Vanden Berg,
1973; Salinas, 1978). Todos estos efectos de Al se re
flejan en un descenso de la productividad de los cultivo
s. Otra importante limitación en Oxisoles y Ultisoles
de América tropical, es la baja disponibilidad del
P nativo para el establecimiento de pastos mejorados,
de manera que cantidades considerables de P deben ser
añadidas para satisfacer los requerimientos de las planta
s (Fenster y León, 1979). Consecuentemente esta situ
ación causa serias limitaciones agroeconómicas debido
a los altos costos de fertilizantes fosforados.

Una alternativa para la producción de forrajes en
los suelos ácidos e infértiles de América tropical es
adaptar la planta a estas limitaciones. En efecto, a
medida que progresa la investigación sobre gramíneas
y leguminosas forrajeras tropicales, es posible evaluar
el grado de tolerancia de diferentes especies o ecotipo
s, con respecto a la toxicidad de Al y la baja disponi
bilidad de P en el suelo (CIAT, 1978; Spain, 1979).

Con referencia al factor planta; la evolución
de las plantas forrajeras en el trópico ha sido en la
mayoría de los casos el resultado de una adaptación na
tural al ecosistema y a la migración de especies a nuevo
s ambientes, en los cuales han sido sometidas a otro
tipo de presiones, dando lugar a nuevas combinaciones

de caracteres (Mott y Hutton, 1979). Las presiones de selección han sido aquellas impuestas principalmente por el clima, disponibilidad de nutrimentos en el suelo y competencia de otras especies vegetales y consecuentemente, creando una variabilidad considerable en el recurso genético forrajero del trópico. Schultze-Kraft y Giacometti (1979) señalan que, debido a la amplia variabilidad del material genético existente en el trópico, no se justifica en la actualidad un esfuerzo en la hibridización del material vegetal y por el contrario, debería aumentarse la variabilidad genética en aquellos géneros promisorios mediante la recolección de germoplasma nativo en regiones con suelos ácidos e infértiles, que ~~per se~~ estaría adaptado a esas condiciones adversas. Sin embargo, bajo condiciones externas adversas, el criterio de adaptación tiene la implicación importante en cuanto se refiere a la supervivencia del material vegetal por una parte, y al potencial de producción como forraje por otra. Además, la capacidad de subsistencia de la planta forrajera al pastoreo y al corte, así como también la calidad del forraje son aspectos muy importantes, ya que al final el producto a desarrollar es una planta para pastoreo. Una vez realizada la recolección del germoplasma forrajero, la caracterización y evaluación cuantitativa del potencial de producción, bajo un rango de condiciones de elevada acidez (toxicidad de Al) y/o disponibilidad de nutrimentos en el suelo, constituyen una etapa importante en el proceso de selección de especies forrajas promisorias. De esta manera, un mejor conocimiento sobre la respuesta diferencial de especies forrajas a las limitaciones de suelo mencionadas, puede proporcionar un significativo aporte en la utilización de

extensas áreas de América tropical, lo cual puede determinar una menor inversión en fertilizantes y cal. Esto no implicaría necesariamente la eliminación total de fertilizantes y cal, pero sí puede disminuir las tasas de aplicación necesarias para obtener un establecimiento adecuado de la pastura.

Es reconocido el hecho de que algunas especies o variedades son más tolerantes que otras, pero no se conoce qué característica vegetal diferencia entre plantas tolerantes y susceptibles bajo las condiciones que se denominan "adversas". Por esta razón, en la actualidad se considera el grado de productividad de una especie o variedad como un indicador de esa "tolerancia" (Nieman y Shannon, 1976). En base a este criterio, durante la evaluación e interpretación de los resultados de este trabajo, se dió importancia particular al hecho de que especies forrajeras bajo estrés mineral pueden únicamente sobrevivir o producir. Consecuentemente, se visualiza que por lo menos existen cuatro maneras para explicar la tolerancia de estas especies forrajeras a estrés de Al y/o P: 1) La habilidad de una planta para sobrevivir en suelos ácidos infértiles; 2) La producción relativa de la planta obtenida a diferentes grados de acidez y fertilidad del suelo, comparado con la producción obtenida bajo condiciones de acidez nula (ausencia de Al) y alta fertilidad (alta dosis de P); y 4) La producción relativa de la planta, obtenida a diferentes grados de acidez y fertilidad del suelo en relación a la producción máxima obtenida. Este último criterio difiere del tercero en el sentido de que no todas las especies o variedades desarrollan su máxima productividad bajo condiciones de acidez nula y alta fertilidad.

Por otra parte, se consideró que solamente la ha bilidad de una gramínea forrajera para sobrevivir en suelos ácidos infértiles no tendría valor si la producción es baja, por tanto, la producción absoluta in dicaría el potencial de una especie forrajera para producir en condiciones adversas del suelo. De aquí, rendimientos relativos y absolutos fueron considerados como criterios útiles para interpretar la respuesta diferencial de las gramíneas a estrés de Al y/o P en el Oxisol de Carimagua (Salinas y Delgadillo, 1980).

Considerando el rendimiento relativo, se estimó que una producción de materia seca que no excedió al 50% de su rendimiento máximo, es determinante de la condición de "supervivencia" o "producción relativa baja". Cuando el rendimiento relativo estuvo entre 50 y 80% de ese máximo, se consideró a la gramínea en condición de "producción relativa media" y finalmente, por encima del 80% del rendimiento máximo, en condición de "producción relativa alta" bajo estrés de Al y/o P. El límite inferior se fijó en un 50%, con el criterio de que la reducción del potencial de producción de una especie a un 50% o menos tiene una impli cación de supervivencia y no de productividad. Crite rio bastante empleado en toxicología biológica (Matsu mura, 1976; Liener, 1969; Lal, 1979). Finalmente, el límite superior se fijó en 80%, debido a que en la ma yoría de los casos por encima de este porcentaje, la tasa de incremento en producción de materia seca por unidad de insumo aplicado (cal y/o fósforo) fue relati vamente baja.

La respuesta diferencial de ocho gramíneas forra jeras es ilustrada en las Figuras 14, 15, 16. En ausen cia de cal y P (92% Sat. Al y 1,6 ppm P) las gramíneas mostraron diferencias marcadas. *Brachiaria humidicola*

682 y *Andropogon gayanus* 621 produjeron más del 50% de su rendimiento máximo, mientras el resto de las gramíneas mostraron 40% o menos de sus rendimientos máximos. El primer juego de histogramas muestra *per se* el orden de las gramíneas que ilustra la amplia diferencia entre ellas para tolerar condiciones adversas de Al y P. Cuando el nivel de P fue incrementado, pero manteniendo el mismo porcentaje de saturación de Al, todas las gramíneas aumentaron su rendimiento. *Hyparrhenia rufa* 601 y *Melinis minutiflora* 608 alcanzaron el 50% de rendimiento con el primer incremento de P y *Brachiaria decumbens* con el segundo incremento de P.

Con la adición de media tonelada de cal/ha, la mayoría de las especies mostraron un incremento en producción de materia seca (Fig. 15). Resultados similares fueron notados al añadir 1 ton cal/ha (Fig. 16). Estos resultados indican que la respuesta de las gramíneas tolerantes a Al, es principalmente relativa a requerimientos de Ca y Mg más que un efecto de encalado. Cuando la toxicidad de Al fue eliminada con la aplicación de 5 ton cal/ha (Fig. 17), las ocho gramíneas forrajeras sobrepasaron más del 50% de sus rendimientos en los niveles bajos de P. Sin embargo, cuando el fertilizante fosforado fué incrementado, la mayoría de las gramíneas mostraron una reducción en sus rendimientos, lo cual probablemente esté relacionado con algún desbalance nutricional debido a las dosis elevadas de cal y P aplicadas.

Los resultados con leguminosas forrajeras se presentan en las figuras 18, 19, 20, 21. A pesar de existir marcadas variaciones entre especies en respuesta a las aplicaciones de Cal y P, en general los resultados siguen en forma similar al de las gramíneas.

4.4. Toxicidad de Manganeso

Otro de los factores limitantes para el crecimiento de las plantas forrajeras en suelos ácidos constituye la toxicidad de Mn. El efecto tóxico de Mn generalmente ocurre a pH del suelo inferior a 5.5. Sin embargo, en suelos inundados o compactados, el exceso de Mn puede limitar el crecimiento de las plantas a pH 6.0 o mayor (Siman et al., 1974). Bajo condiciones de aireación pobre, el Mn es reducido a la forma bivalente, la cual es disponible para las plantas (Foy, 1976). Consecuentemente, la toxicidad de Mn puede ocurrir a valores de pH similares a la toxicidad de Al así como también a valores de pH que son demasiado altos para que el Al sea soluble en concentraciones tóxicas. La absorción de Mn depende mayormente de la actividad de Mn bivalente en la solución del suelo y es dependiente de la presencia de Mn fácilmente reducible en el suelo (Pearson, 1975).

Contrariamente al efecto tóxico del Al en las plantas, el Mn no parece afectar directamente el sistema radicular, pero puede reducir su crecimiento indirectamente al afectar la parte aérea. Un exceso de Mn produce síntomas más definidos que el Al en la parte aérea y el grado de toxicidad está relacionado a su acumulación en la parte aérea y no en las raíces (Foy, 1976). La toxicidad de Mn está caracterizada por una clorosis marginal y una distorsión de las hojas jóvenes asociada con acumulación localizada de Mn en el tejido foliar. (Foy, 1977; Vlamis et al., 1973). Una toxicidad severa de Mn ocasiona que el sistema radicular se torne café pero, usualmente, solo después que el follaje ha sido afectado. En muchos casos, clorosis intervenal ha sido observada y este efecto ha sido explicado en el sentido de que el Mn induce una deficiencia de Fe (Hewitt, 1963).

4.5. Mecanismos de Tolerancia a la Toxicidad de Manganeso.

Existen varios trabajos que indican una variabilidad en la tolerancia de especies y variedades a la toxicidad de Mn. (Foy, 1975). Sin embargo, al igual que la tolerancia a Al, dentro de cada especie existen ecotipos con mayor tolerancia que otros. Esto indica que en el estudio de adaptabilidad o tolerancia a niveles tóxicos de Mn, debería enfatizarse a nivel de ecotipo o accesión y no de especie, puesto que la susceptibilidad de una especie no significa la eliminación de ésta por el hecho de tener variedades que son tolerantes a estres de Mn. Por otra parte, una planta tolerante a toxicidad de Mn no necesariamente resulta ser tolerante a Al (Jackson, 1967). Sin embargo, existen casos que algunas plantas son tolerantes o susceptibles a ambos, Al y Mn, mientras que otras muestran tolerancias opuestas a un exceso de los dos elementos (Foy, 1976).

Respecto a los posibles mecanismos de tolerancia a Mn, algunas plantas parecen escapar de los efectos tóxicos de Mn por medio de una menor absorción, o por medio de una retención de Mn en el sistema radicular, o en otras partes de la planta, donde es física o químicamente separado de los sitios metabólicos importantes (Foy, 1976).

El desarrollo de un mecanismo de exclusión de Mn para evitar toxicidad de Mn tiene problemas inherentes debido a que determina si la planta es más tolerable a toxicidad pero más susceptible a deficiencia. Sin embargo, existe evidencia que la tolerancia a Mn está asociada algunas veces con bajas tasas de absorción de Mn (Lohnis, 1951; Vose y Randall, 1962) y grandes dife

rencias en acumulación de Mn por varias especies en la parte aérea (Jackson, 1967). Tolerancia a Mn en algunas especies ha sido atribuida a baja absorción de Mn y tal reducción se atribuye a un incremento del pH externo o a una oxidación de Mn de la forma bivalente a tetravalente en la zona de interfase raíz-suelo. Esto indica que la menor absorción de Mn y por ende una mayor tolerancia, puede atribuirse a propiedades del sistema radicular al tener un mayor poder de oxidación. Algunas plantas restringen el transporte de Mn de las raíces a la parte aérea (Ouellette and Dessureaux, 1958). Esto probablemente se debe a una deposición de exceso de Mn en los vacuolos de las células radiculares. Sin embargo, existen grandes diferencias entre especies y variedades en los niveles de Mn acumulados en la parte aérea (Helyar, 1978). Esto enfatiza el hecho de que mecanismos de tolerancia en la parte aérea también operan. Generalmente, la tolerancia diferencial en la parte aérea es explicada por una resistencia a la acumulación elevada de Mn en tejido joven (Foy, 1976).

4.6. Tolerancia de especies forrajeras Tropicales a la Toxicidad de Mn.

Existen varios trabajos de investigación que muestran una tolerancia diferencial entre especies forrajeras a la toxicidad de Mn. En general, parece que las leguminosas son más sensibles que las gramíneas (Hewitt, 1963; Lohnis, 1951). Algunas leguminosas forrajeras del trópico han recibido atención durante la última década en cuanto a la tolerancia del exceso de manganeso en el suelo y el orden relativo de esta tolerancia en 9 especies estudiadas se presenta en el cuadro 4. Souto y Doberciner (1969) encontraron resultados similares en

Brazil con un orden relativo de tolerancia siguiente: *Centrosema pubescens* > *Stylosanthes gracilis* > *Glycine javanica* *Macroptilum atropurpureum*. De estos resulta dos se concluye que *centrosema pubescens* es bastante tolerante a la toxicidad del manganeso. Sin embargo, observaciones visuales en CIAT-Quilichao en una colección de ecotipos de *centrosema* parecen indicar que entre ecotipos de la misma especie existen diferencias significativas en el grado de tolerancia al Mn tóxico.

Datos de Andrew y Hegarty (1969) muestran que las deficiencias en especies forrajeras para tolerar exceso de Mn son debidas en parte a la acumulación de este elemento en la parte aérea de las plantas de manera que los niveles críticos internos de Mn varían entre especies. Algunos de los resultados (Cuadro 5) muestran que especies leguminosas forrajeras tales como *centrosema pubescens*, *Stylosanthes humilis* y *Lotononis bainesii*, que son considerados como tolerantes, presentan niveles críticos internos de Mn bastante altos (>1000 ppm-Mn) mientras que leguminosas susceptibles tales como: *Leucaena leucocephala*, *Glycine wightii*, *Macroptilum atropurpureum*, y *Medicago sativa* tienen un nivel crítico bastante bajo (<600 ppm). Generalmente, las concentraciones de Mn en las raíces son mayores que la parte aérea, sin embargo la relación de Mn (Mn en raíces a Mn en la parte aérea) varía entre especies. Por ejemplo, en *Stylosanthes humilis* las relaciones de Mn fueron superiores que las de *Macroptilum atropurpureum* a cualquier nivel externo de Mn (Andrew y Hegarty, 1969). De aquí, la primera leguminosa retuvo proporcionalmente más Mn en su sistema radicular que la segunda leguminosa. De lo

mencionado, parece que por lo menos 3 mecanismos fisiológicos, determinan que especies forrajeras sean tolerantes a la toxicidad de Mn. Primero, resistencia de la parte aérea a una cantidad dada de Mn externo (producción de materia seca), Segundo, una retención proporcionalmente alta de Mn en el sistema radicular y finalmente una reducida absorción de Mn.

5. LITERATURA CITADA

- Abbot, J.B., S.D. Conner, and H.R. Smalley. 1913. Soil acidity, nitrification and the toxicity of soluble salts of aluminum. Ind. Agr. Exp. Sta. Bul. 170.
- Abruña, F., J. Vicente-Chandler, R.W. Pearson, and S. Silva. 1970. Crop response to soil acidity factors in Ultisols and Oxisols-Tobacco. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 34: 629-635.
- Abruña, F., R.W. Pearson, and R. Perez-Escolar. 1974. Lime response of corn and beans grown on tropical Oxisols and Ultisols of Puerto Rico. pp. 261-282. In E. Bornemisza and A. Alvarado (eds.) Soil Management in Tropical America. North Carolina State University, Raleigh.
- Adams, F. 1974. Soil Solution. In E.W. Carson (ed.) The Plant Root and Its Environment. University Press of Virginia, Charlottesville. pp. 441-481.
- Adams, F., and Z.F. Lund. 1966. Effect of chemical activity of soil aluminum on cotton root penetration of acid subsoil. Soil Sci. 101: 193-198.
- Adams, F., and R.W. Pearson. 1970. Differential response of cotton and peanuts to subsoil acidity. Agron. J. 62: 9-12.
- Ali, M.E. 1973. Influence of cations on aluminum toxicity in wheat (Triticum aestivum (Vill.) Host). Ph.D. Thesis, Oregon State University, Corvallis.
- Andrew, C.S. 1960. The effect of phosphorus, potassium, and calcium on the growth, chemical composition, and systems of deficiency of white clover in a subtropical environment. Aust. J. Agric. Res. 11: 149-161.
- Andrew, C.S. 1977. The effect of sulphur on the growth, sulphur and nitrogen concentration, and critical sulphur concentrations of some tropical and temperate pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 28: 807-820.

- Andrew, C.S. y Robins, M.F. 1969. The effect of phosphorus on the growth, chemical composition and critical phosphorus percentages of some tropical pasture grasses. Aust. J. Agric. Res. 22: 693-703.
- Andrew, C. S. and M. P. Hegarty. 1969. Comparative response to manganese excess of eight tropical and five temperate pasture legume species. Aust. J. Agric. Res. 20: 687-696.
- Andrew, C.S. and P.J. Vanden-Berg. 1973. The influence of aluminum on phosphate adsorption by whole plants and excised roots of some pasture legumes. Aust. J. Agric. Res. 24: 341-351.
- Andrew, C.S. and I.F. Fergus. 1976. Plant nutrition and soil fertility. pp. 101-133. In Shaw, N.H. and W.W. Bryan (ed.) Tropical Pasture Research, Principles and Methods. CSIRO, Brisbane, Australia.
- Armiger, W.H., C.D. Foy, A.L. Fleming, and B.E. Caldwell. 1968. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agron. J. 60: 67-70.
- Bhumbla, D.R. and E.D. McLean. 1965. Aluminum in soils. VI. Changes in pH-dependent acidity, cation-exchange capacity, and extractable aluminum with additions of lime to acid surface soils. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 29: 370-374.
- Brams, E.A. 1971. Continuous cultivation of west African soils. Organic matter diminution and effects of applied lime and phosphorus. Plant Soil 35: 401-414.
- Brenes, E. and R.B. Pearson. 1973. Root responses of three gramineae species to soil acidity in an Oxisol and Ultisol. Soil Sci. 116: 295-302.
- Bryan, W.W. and T.R. Evans. 1973. Effects of soils, fertilizers and stocking rates on pastures and beef production on the Wallum of South-Eastern Queensland. I. Botanical composition and chemical effects on plant and soils. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 13: 516-529.

- Cate, R.B. Jr. and L.A. Nelson. 1971. A simple statistical procedure for partitioning soil test correlation data into two classes. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 35: 658-659.
- Cate, R.B., Jr. and A.P. Sukhai. 1964. A study of aluminum in rice soils. *Soil Sci.* 98: 85-93.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1978. Informe Anual 1977. Programa de Ganado de Carne. CIAT, Cali, Colombia.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1979. Informe Anual 1978. Programa de Ganado de Carne. CIAT, Cali, Colombia.
- Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1980. Informe Anual 1979. Programa de Pastos Tropicales. CIAT, Cali, Colombia. (En prensa).
- Clarkson, D.T. 1965. The effect of aluminum in some other trivalent cations on cell division in root apices of *allium cepa*. *Ann. Bot. (London) N.S.* 28: 309-315.
- Clarkson, D.T. 1966. Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. *Plant Physiology* 41: 165-172.
- Clarkson, D.T. 1967. Phosphorus supply and growth rate in species of *Agrostis* L. *Jour. ecology* 55: 111-118.
- Clarkson, D.T. 1969. Metabolic aspects of aluminum toxicity and some possible mechanisms for resistance. pp. 381-397. In I.H. Rorison (ed.) *Ecological Aspects of the Mineral Nutrition of Plants*. Brit. Ecol. Soc. Symp. No.9. Blackwell Sci. Pub., Oxford.
- Clarkson, D.T. 1971. Inhibition of uptake and long distance transport of calcium by aluminum and other polyvalent cations. *J. Exp. Bot.* 22: 837-851.
- Clarkson, D.T., and J. Sanderson. 1969. The uptake of a polyvalent cation and its distribution in the root apices of *allium cepa*: Tracer and autoradiographic studies. *Planta* 89: 136-154.

- Cochrane, T.T., J.G. Salinas and P.A. Sánchez. 1980. An equation for liming acid mineral soils to compensate Al tolerance. *Tropical Agriculture* 59: 133-140.
- Coleman, N.T. and G.W. Thomas. 1967. The basic chemistry of soil acidity. pp. 1-41. In R.W. Pearson and F. Adams (eds.), *Soil Acidity and Liming*. Series of Agronomy No.12, American Society of Agronomy, Madison.
- Crafts, A.S. and C.E. Crisp. 1971. *Phloem transport in plants*. W.H. Freeman and Co., San Francisco, California.
- Devine, T.E., C.D. Foy, A.L. Fleming, C.H. Hanson, T.A. Campbell, J.E. McMurtrey III, and J.W. Schwartz. 1976. Development of alfalfa strains with differential tolerance to aluminum toxicity. *Plant Soil* 44: 73-79.
- DeWaard, P.W.F., and C.D. Sutton. 1960. Toxicity of aluminum to black pepper in Sarawak. *Nature* 188: 1129-1130.
- Donald, N. 1963. Competition among crop and pasture plants. *Adv. Agron.* 15: 1-118.
- Eagles, C.F. 1972. Competition for light and nutrients between natural populations of Dactylis glomerata. *J. Appl. Ecol.* 9: 141-151.
- Evans, C.E. and E.J. Kamprath. 1970. Lime response as related to percent Al saturation, solution Al, and organic matter content. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 34: 893-896.
- Fenster, W.E. y L.A. León. 1979. Manejo de la fertilización con fósforo para el establecimiento y mantenimiento de pastos mejorados en suelos ácidos e infértiles de América Tropical. p. 119-133. In L.E. Tergas y P.A. Sánchez (eds.), *Producción de Pastos en Suelos Ácidos de los Trópicos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Fleming, A.L., and C.D. Foy. 1968. Root structure reflects differential aluminum tolerance in wheat varieties. *Agron. J.* 60: 172-176.

- Fox, R.L., S.K. DeDatta, and G.D. Sherman. 1962. Phosphorus solubility and availability to plants and aluminum status of Hawaiian soils as influenced by liming. pp. 574-583. In Trans. Comm. IV and V, Int. Soc. Soil. Sci. New Zealand.
- Foy, C.D. 1974. Effects of aluminum on plant growth. pp. 602-642. In E.W. Carson (ed.) The Plant Root and Its Environment. University Press of Virginia.
- Foy, C.D. 1975. Plant adaptation to mineral stresses in problem soils (mimeographed). Paper presented at the Annual Northeastern Regional Grassland Council Meeting, Blackwater Falls, West Virginia. 15 p.
- Foy, C.D. 1976. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. *Ciencia e Cultura* 28 (2): 150-155.
- Foy, C.D. 1977. General principles involved in screening plants for aluminum and manganese tolerance. pp. 255-267. In M.J. Wright (ed.) Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell University, Ithaca, New York.
- Foy, C.D., and J.C. Brown. 1963. Toxic factors on acid soils. I. Characterization of aluminum toxicity in cotton. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 27: 403-407.
- Foy, C.D., and J.C. Brown. 1964. Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminum tolerance of plant species. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 28: 27-32.
- Freitas, F.G. de, and C.O. da Silveira. 1977. Principais solos sob vegetação de cerrado e sua aptidão agrícola. pp. 155-209. In M.G. Ferri (Coord.) Simposio sobre o Cerrado. IV. Ed. Itatiaia, Lta. São Paulo, Brazil.
- Gonzalez-Erico, E. 1976. Effect of depth of lime incorporation on the growth of corn in Oxisols of Central Brazil. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh. 126 pp.
- Gray, B., M. Drake, and W. Colby. 1953. Potassium competition in grass-legume associations as a function of root cation exchange capacity. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 17.

- Gualdrón, R. y J.M. Spain. 1979. Calcio y magnesio. Ocurrencia y magnitud de los problemas en suelos ácidos. VI Coloquio de Suelos, Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Palmira, Colombia. 23 p.
- Hall, R.L. 1974. Analysis of the nature of interference between plants of different species. I. Concepts and extension of the DeWitt Analysis to examine effects. Aust. J. Agric. Res. 25: 739-747.
- Heylar, K.R. 1978. Effects of aluminum and manganese toxicities on legume growth. p. 207-231. In S.C. Andrew and E.J. Kamprath (eds.), Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Subtropical Soils. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization, Melbourne, Australia.
- Kamprath, E.J. and C.D. Foy. 1971. Lime-fertilizer-plant interactions in acid soils. pp. 105-151. In R.A. Olsen et al., (eds.) Fertilizer technology and use. Second edition. Soil Sci. Soc. Am., Madison, Wisconsin.
- Kerridge, P.C. 1969. Aluminum toxicity in wheat (Triticum aestivum Vill., Host.), Ph.D. Thesis, Oregon State University, Corvallis.
- Kerridge, P.C., and W.E. Kronstad. 1968. Evidence of genetic resistance to aluminum toxicity in wheat (Triticum aestivum Vill., Host). Agron. J. 60: 710-711.
- Kerridge, P.C., M.D. Dawson, and P.D. Moore. 1971. Separation of degrees of aluminum tolerance in wheat. Agron. J. 63: 586-591.
- Keser, M., F.B. Neubauer, F.E. Hutchinson, and D.B. Verrill. 1977. Differential aluminum tolerance of sugar beet cultivars as evidence by anatomical structure. Agron. J. 69: 347-350.
- King, J. 1971. Competition between established and newly sown grass species. J. Br. Grassl. Soc. 26: 221-229.
- Klimashevskii, E.L. and Bereyovskii, K.K. 1973. Genetic resistance to ionic toxicity in the root zone. Soviet plant Physiology. 20: 51-54 (Eng. trans.).

- Lafever, H.N., L.G. Campbell, and C.D. Foy. 1977. Differential response of wheat cultivars to aluminum. *Agrn. J.* 69: 563-568.
- Lal, R. 1979. Erosion as a constraint to food production in the tropics. Soil Constraints Conference, IRRI, Los Baños, Filipinas.
- Lance, J.C. and R.W. Pearson. 1969. Effects of low concentration of aluminum on growth and water and nutrient uptake by cotton roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 33: 95-98.
- Lee, C.R. 1971. Influence of aluminum on plant growth and mineral nutrition of potatoes. *Agron. J.* 63: 604-608.
- Liener, I.E. 1969. Introduction. p. 1-5. In I.E. Liener (ed.), *Toxic Constituents of Plant Food Stuffs*. Academic Press, New York.
- Lin, C. and N.T. Coleman. 1960. The measurement of exchangeable aluminum in soils and clays. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 24: 444-446.
- Lohnis, M.P. 1951. Manganese toxicity in field and market garden crops. *Plant Soil* 3: 193-222.
- Lopes, A.S., and F.R. Cox. 1977. A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 41: 742-747.
- Magistad, O.C. 1925. The aluminum content of the soil solution and its relation to soil reaction and plant growth. *Soil Sci.* 20: 181-226.
- Martin, J.B. 1961. Interrelationships of calcium and aluminum in turf species used for highways. Ph.D. Thesis, Virginia Polytechnic Institute, Blackburg University.
- Matsumura, F. 1976. *Toxicology of insecticides*. Plenum Press, New York. 503 p.
- McCormick, L.H. and F.Y. Borden. 1974. The occurrence of aluminum-phosphate precipitate in plant roots. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 38: 931-934.

- McCart, G.D. and E.J. Kamprath. 1965. Supplying Ca and Mg for cotton on sandy, low cation exchange capacity soils. *Agron. J.* 57: 404-406.
- McLean, E.D. 1976. Chemistry of soil aluminum. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 7: 619-636.
- McLead, L.B. and L.P. Jackson. 1967. Aluminum tolerance of two barley varieties in nutrient solution, pea, and soil culture. *Agron. Jour.* 59: 359-363.
- Moore, D.P., W.E. Kronstand and R.J. Metzger. 1977. Screening wheat for aluminum tolerance. pp. 287-295. *In* M.J. Wright (ed.), *Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils*. Cornell University, Ithaca, New York.
- Moore, D.P., L. Jacobson, and R. Overstreet. 1961. Uptake of calcium by excessing barley roots. *Plant Physiol.* 36: 53-57.
- Mott, G.O. and E.M. Hutton. 1979. Estrategias para la colección y el mejoramiento de plantas forrajeras. p. 1-4. *In* G.O. Mott y A. Jiménez (eds.), *Manual para la Colección, Preservación y Caracterización de Recursos Forrajeros Tropicales*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Munns, D.N. 1965. Soil acidity and the growth of a legume. III. Interactions of lime and phosphate in growth of Medicago sativa L. in relation to aluminum toxicity and phosphate fixation. *Aust. J. Agr. Res.* 16: 757-766.
- Nieman, R.H. and M.C. Shannon. 1976. Screening plants for salinity tolerance. p. 359-367. *In* M.J. Wright (ed.), *Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils*. Cornell University, Ithaca, New York.
- Nye, P., D. Craig, N.T. Coleman and J.L. Ragland. 1961. Ion exchange equilibria involving aluminum. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 25: 14-17.
- Olmos, I.L.L. and M.N. Camargo. 1976. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua caracterização e distribuição. *Ciencia e Cultura* 28 (2): 171-180.

- Ouellete, G.J., and L. Dessureaux. 1958. Chemical composition of alfalfa as related to degree of tolerance to manganese and aluminum. *Can. J. Plant Sci.* 38: 206-214.
- Patterson, J.W. 1965. The effect of aluminum on the absorption and translocation of calcium and other elements in young corn. Ph.D. Thesis, Pennsylvania State University.
- Pearson, R.W. 1975. Soil acidity and liming in the humid tropics. Cornell Intr. Agric. Bull. No. 30. Cornell University. 66 pp.
- Popenoe, H. 1960. Some soil cation relationships in an area of shifting cultivation in the humid tropics. 7th Inter. Cong. Soil Sci. Proc. 11: 303-311.
- Ragland, J.L. 1959. Some reactions of aluminum in acid soils and their implications concerning root growth. Ph.D. Thesis, North Carolina State University, Raleigh. 140 pp.
- Randall, P.J. and P.B. Vose. 1963. Effect of aluminum on uptake and translocation of phosphorus-32 by perennial ryegrass. *Plant Physiology* 38: 403-409.
- Raupach, M. 1963. Solubility of simple aluminum compounds expected in soils. II. Hydrolysis and conductance of Al^{+3} . *Aust. J. Soil Sci.* 1: 36-45.
- Rees, W.J., and G.H. Sidrak. 1961. Plant nutrition on fly ash. *Plant Soil* 8: 141-159.
- Rees, M.C., and D.J. Minsin. 1977. The influence of supplements on the voluntary intake and digestibility of feed -an alternative to fertilizer. pp. 165-178. In, Blair, G.J. (ed.) *Prospects for Improving the Efficiency of Phosphorus Utilization*. Armidale, England.
- Reid, D.A., A.L. Fleming, and C.D. Foy. 1971. A method for determining aluminum response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-toxic soil. *Agron. J.* 63: 600-603.
- Ritchey, K.D. 1979. Potassium fertility in Oxisols and Ultisols of the humid tropics. Cornell Int. Agric. Bull. No. 37. Cornell Univ., Ithaca, New York. 45 pp.
- Rhue, R.D., and C.O. Grogan. 1977. Screening corn for aluminum tolerance. In M.J. Wright (ed.) *Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils*. Cornell University, Ithaca, New York. pp. 297-310.

- Salinas, J.G. 1978. Differential response of some cereal and bean cultivars to Al and P stress in an Oxisol of central Brazil. Ph.D. Thesis. North Carolina State University, Raleigh, 326 pp.
- Salinas, J.G. 1979. Adaptación de plantas a toxicidas de aluminio y manganeso en suelos ácidos. Sociedad Colombiana de la Ciencia del Suelo. Bogotá, Colombia. 31 p.
- Salinas, J.G., J.F. Sanz y R. García. 1980. Manual de sintomatología de deficiencia y toxicidades minerales en gramíneas y leguminosas forrajeras tropicales. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Programa de Pastos Tropicales. Cali, Colombia. (En preparación).
- Sánchez, P.A. and T.T. Cochrane. 1979. Soil constraints in relation to major farming systems of tropical America. Soil constraints Conference, IRRI, Los Baños, Filipinas (In press).
- Sampson, M., D. Clarkson, and D.D. Davies. 1965. DNA synthesis in aluminum-treated roots of barley. *Science* 148: 1,476-1,477.
- Sartain, J.B., and E.J. Kamprath. 1975. Effect of liming a highly Al-saturated soil on the top and root growth and soybean nodulation. *Agron. J.* 67: 507-510.
- Siman, A., F.W. Cradock, and A.W. Hudson. 1974. The development of manganese toxicity in pasture legumes under extreme climatic conditions. *Plant Soil* 41: 129-140.
- Soarez, W.V., E. Lobato, E. Gonzalez, e G. Naderman, Jr. 1975. Encalado de los suelos del Cerrado Brasileiro. pp. 287-303. In E. Bornemisza y A. Alvarado (eds.) *Manejo de Suelos en la América Tropical*. North Carolina State University, Raleigh.
- Souto, C.H., and J. Döbereiner. 1969. Manganese toxicity in tropical forage legumes. *Parq. Agropec. Bras.* 4: 129-138.
- Schultze-Kraft, R. y D.C. Giacometti. 1979. Recursos genéticos de leguminosas forrajeras para las sabanas de suelos ácidos e infértiles en América tropical. p. 59-69. In L.E. Tergas y P.A. Sánchez (eds.), *Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos*. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

- Smith, F.W. 1978. Role of plant chemistry in the diagnosis of nutrient disorders in tropical legumes. pp. 329-346. In C.S. Andrew and E.J. Kampratt (eds.) Mineral Nutrition of Legumes in Tropical and Subtropical Soils. CSIRO, Melbourne, Australia.
- Snayden, R.W. 1971. An analysis of the competition between plants of Trifolium repens L. populations collected from contrasting soils. J. Appl. Ecol. 7: 687-697.
- Spain, J.M. 1976. Field studies on tolerance of plant species and cultivars to acid soil conditions in Colombia. p. 213-222. In M.J. Wright (ed.), Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Cornell University, Ithaca, New York.
- Spain, J.M. 1977. Field studies on tolerance of plant species and cultivars to soil conditions. pp. 213-222. In M. J. Wright (ed.) Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Cornell University, Ithaca, New York.
- Spain, J.M. 1979. Establecimiento y manejo de pastos en los Llanos Orientales de Colombia. p. 181-189. In L.E.Tergas y P.A. Sánchez (eds.), Producción de Pastos en Suelos Acidos de los Trópicos, Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.
- Spain, J.M., C.A. Francis, R.H. Howeler, and F. Calvo. 1975. Differential species and varietal tolerance to soil acidity in tropical crops and pastures. pp. 308-329. In E. Bornemisza and A. Alvarado (eds.) Soil Management in Tropical America. North Carolina State University, Raleigh.
- Spain, J.M., C. Castilla y L.H. Franco. 1979. El uso eficiente de recursos e insumos en el establecimiento y mantenimiento de pastos tropicales. pp. 65-84 In Memorias del 2° Encuentro Nacional de Zootecnia. Conferencia Nacional sobre Utilización de Recursos Forrajeros para la Producción de Ganado Bovino en Colombia, CIAT, Cali, Colombia.
- Swanson, E.R. 1963. The static theory of the firm and three laws of plant growth. Soil Sci. 95: 338-343.

- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1966. Soil fertility and fertilizers. The MacMillan Company, New York, pp. 427-428, 519-521.
- Ulrich, A. 1952. Physiological bases for assessing the nutritional requirements of plants. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 3: 207-228.
- Veitch, F.D. 1904. Comparison of methods for the estimation of soil acidity. *J. Amer. Chem. Soc.* 10: 637.
- Vose, P.B., and P.J. Randall. 1962. Resistance to aluminum and manganese toxicities in plant related to variety and cation exchange capacity. *Nature* 196: 85-86.
- Waugh, D.L., R.B. Cate Jr., y L.A. Nelson. 1973. Métodos discontinuos para la rápida correlación, interpretación y utilización de los datos de análisis de suelos y las respuestas a los fertilizantes. Boletín Técnico No.7. Series ISFEI, North Carolina State University, Raleigh.
- Waugh, D.L., R.B. Cate Jr., L.A. Nelson y A. Manzano. 1974. Nuevos conceptos en la interpretación biológica y económica de la respuesta a los fertilizantes. In Manejo de Suelos en América Tropical. Consorcio de Universidades de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh.

Cuadro 1. Concentraciones críticas internas de P, K y S para algunas leguminosas forrajeras tropicales (muestreadas en el estado de prefloración).

Espece	p ^{a/}	K ^{b/}	S ^{c/}
	-----%-----		
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	0,24	0,75	0,17
<i>Macroptilium lathyroides</i>	0,20	0,75	0,15
<i>Stylosanthes humilis</i>	0,17	0,60	0,14
<i>Centrosema pubescens</i>	0,16	0,75	0,14
<i>Glycine wightii</i>	0,23	0,80	0,17
<i>Lotononis bainesii</i>	0,17	0,90	0,15
<i>Desmodium uncinatum</i>	0,23	0,80	0,17
<i>Desmodium intortum</i>	0,22	0,72	0,17

^{a/} Andrew y Robins (1969a)

^{b/} Andrew y Robins (1969b)

^{c/} Andrew (1977).

Cuadro 2. Niveles críticos internos de fósforo de especies forrajeras asociadas con rendimientos máximos.

Espece forrajera	P parte aérea
	%
Leguminosas:	
<i>Stylosanthes humilis</i>	0,17 ¹
<i>Centrosema pubescens</i>	0,16 ¹
<i>Desmodium intortum</i>	0,22 ¹
<i>Glycine wightii</i>	0,23 ¹
<i>Medicago sativa</i>	0,25 ¹
Gramíneas:	
<i>Melinis minutiflora</i>	0,18 ¹
<i>Panicum maximum</i>	0,19 ¹
<i>Pennisetum clandestinum</i>	0,22 ¹
<i>Chloris gayana</i>	0,23 ¹
<i>Paspalum dilatatum</i>	0,25 ¹
<i>Andropogon gayanus</i>	0,11 ²
<i>Brachiaria decumbens</i>	0,12 ²

Fuente: ¹ Andrew y Robins (1969, 1971)

² CIAT (1978).

Cuadro 3. Niveles críticos externos de fósforo de varias especies forrajeras tropicales.

Especie	P disponible en el suelo*
	ppm
Leguminosas:	
<i>Stylosanthes capitata</i> CIAT 1978	2,5
<i>Stylosanthes capitata</i> CIAT 1019	3,1
<i>Stylosanthes capitata</i> CIAT 1097	3,3
<i>Stylosanthes capitata</i> CIAT 1338	3,6
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 1200	2,5
<i>Stylosanthes guianensis</i> CIAT 1153	5,5
<i>Desmodium ovalifolium</i> CIAT 350	6,6
<i>Desmodium scorpiurus</i> CIAT 3022	8,0
<i>Desmodium gyroides</i> CIAT 3001	11,4
<i>Zornia</i> sp. CIAT 883	3,4
<i>Macroptilium</i> sp. CIAT 536	9,5
Gramíneas:	
<i>Panicum maximum</i>	10,0
<i>Brachiaria decumbens</i>	7,0
<i>Andropogon gayanus</i>	5,0

* P disponible (Bray-II) asociado con 60-80% de rendimiento máximo.

Fuente: CIAT, Informe Anual (1977-1978).

Cuadro 4. Respuesta diferencial de 9 leguminosas forraje
ras tropicales a la toxicidad de Manganeso.

Leguminosa	Coefficiente de Regresión	Rango de Tolerancia
Centrosema pubescens	-0.0023	1. Tolerante
Stylosanthes humilis	-0.0038	2
Lotononis bainesii	-0.0039	3
Macroptilium lathyroides	-0.0066	4
Leucaena leucocephala	-0.0077	5
Desmodium uncinatum	-0.0080	6
Medicago sativa	-0.0102	7
Glycine javanica	-0.0128	8
Macroptilium atropurpureum	-0.0159	9 Susceptible

* Coeficientes de regresión obtenidos de la producción de ma
teria seca de cada leguminosa en varios niveles tóxicos de
manganeso.

FUENTE: Andrew y Hegarty (1969).

Cuadro 5 . Niveles críticos internos de manganeso de especies forrajeras asociados con máximo rendimiento.

Espece forrajera	Concentración de Mn en parte aérea
	ppm
<i>Centrosema pubescens</i>	1600
<i>Stylosanthes humilis</i>	1140
<i>Lotononis barnesii</i>	1320
<i>Desmodium uncinatum</i>	1160
<i>Macroptilium lathyroides</i>	840
<i>Leucaena leucocephala</i>	550
<i>Glycini wightii</i>	560
<i>Macroptilium atropurpureum</i>	810
<i>Medicago sativa</i>	380

FUENTE: Andrew y Hegarty (1969)

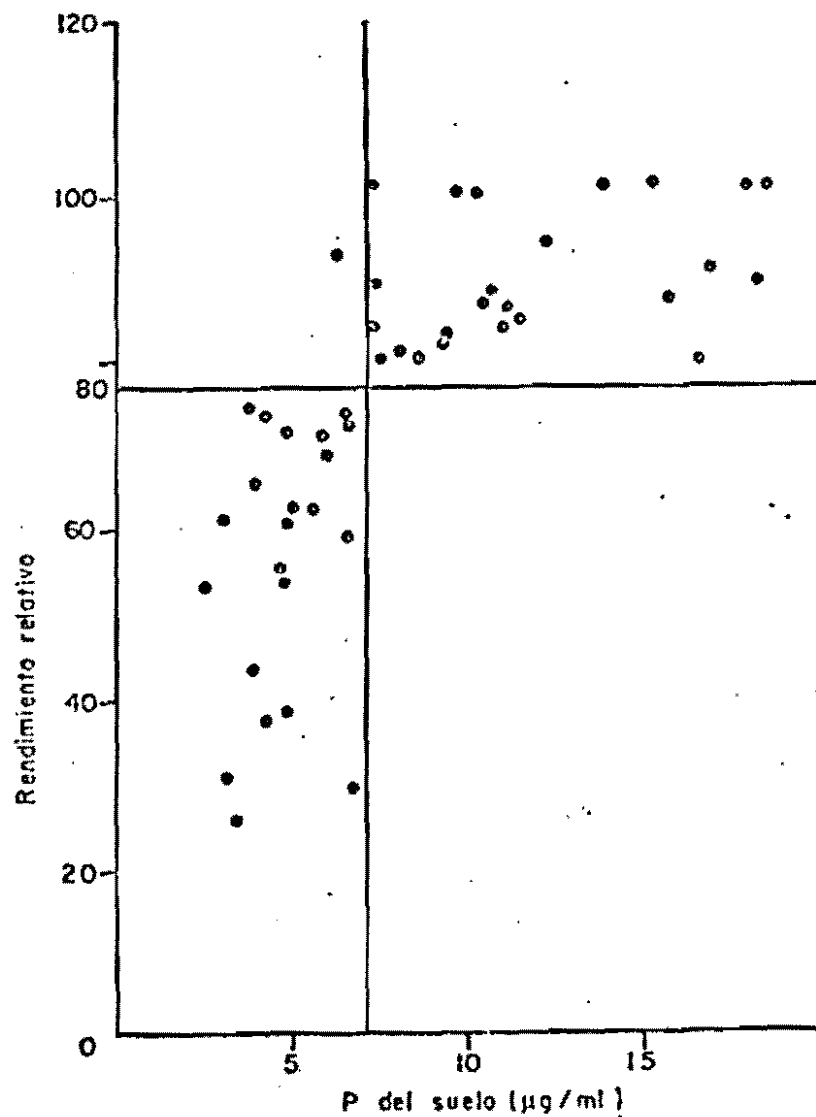


Figura 1. Diagrama de dispersión entre rendimiento relativo y fósforo en el suelo. Fuente: Waugh *et al.* (1973).

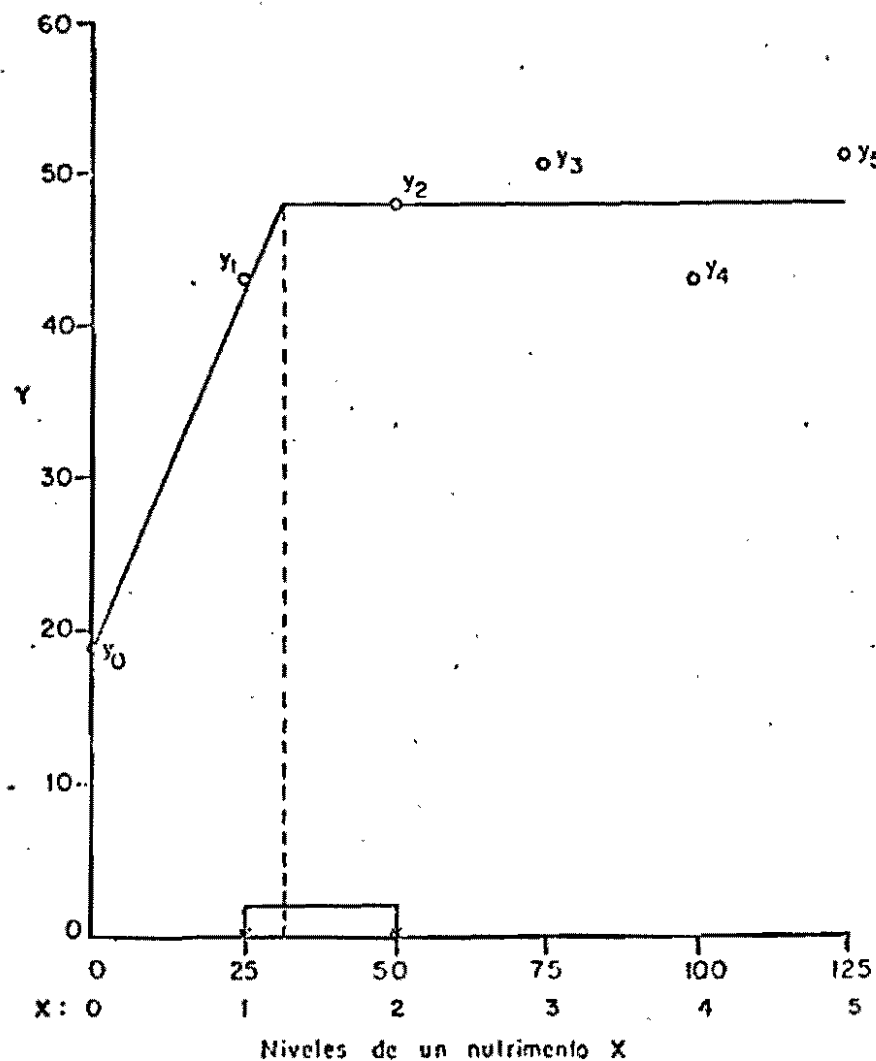


Figura 2. Representación gráfica en la cual dos puntos y_0 y y_1 determinan la pendiente.

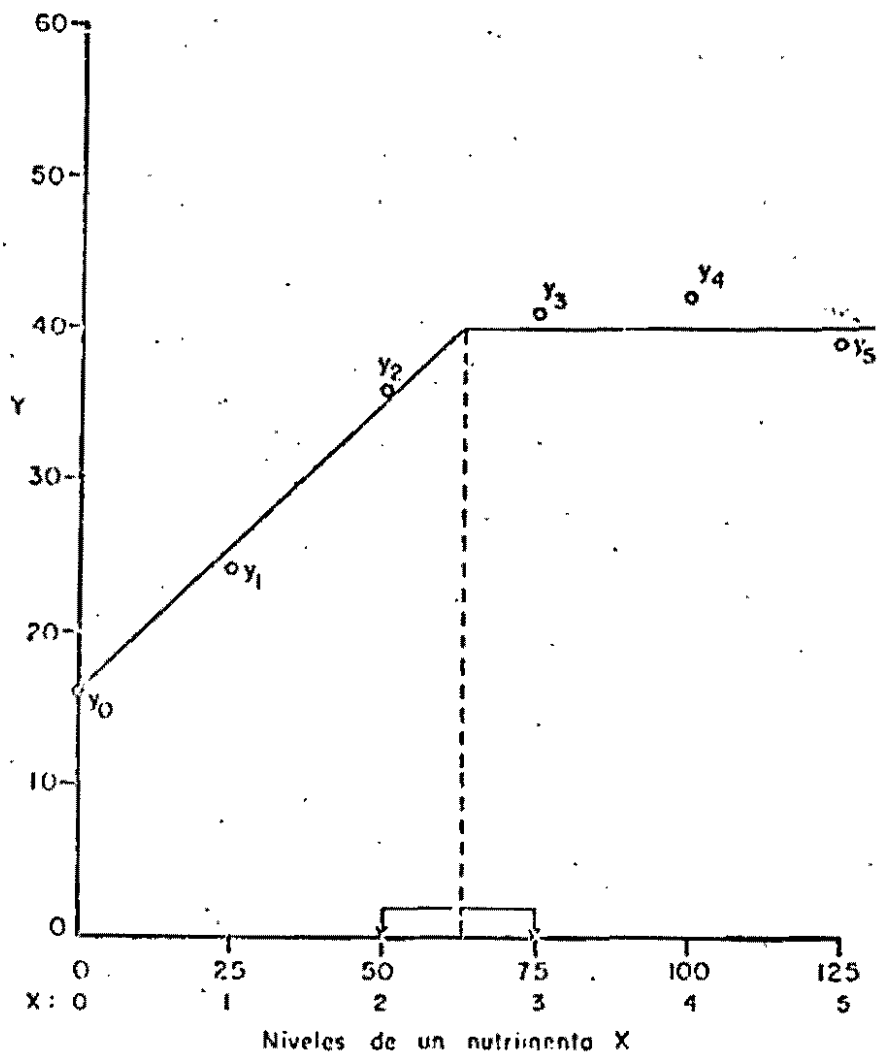


Figura 3. Representación gráfica en la cual tres puntos y_0 , y_1 y y_2 determinan la pendiente.

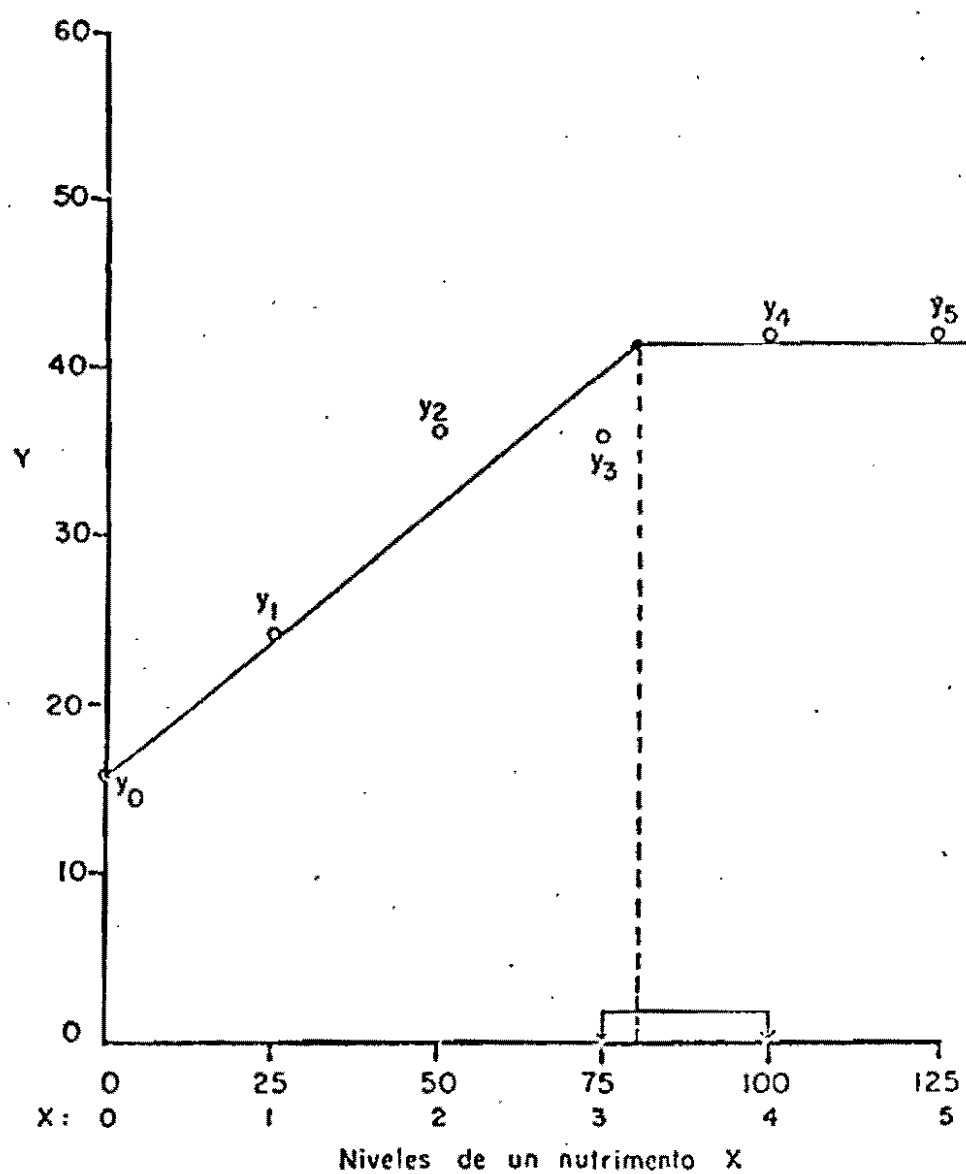


Figura 4. Representación gráfica en la cual cuatro puntos y_0, y_1, y_2, y_3 determinan la pendiente..

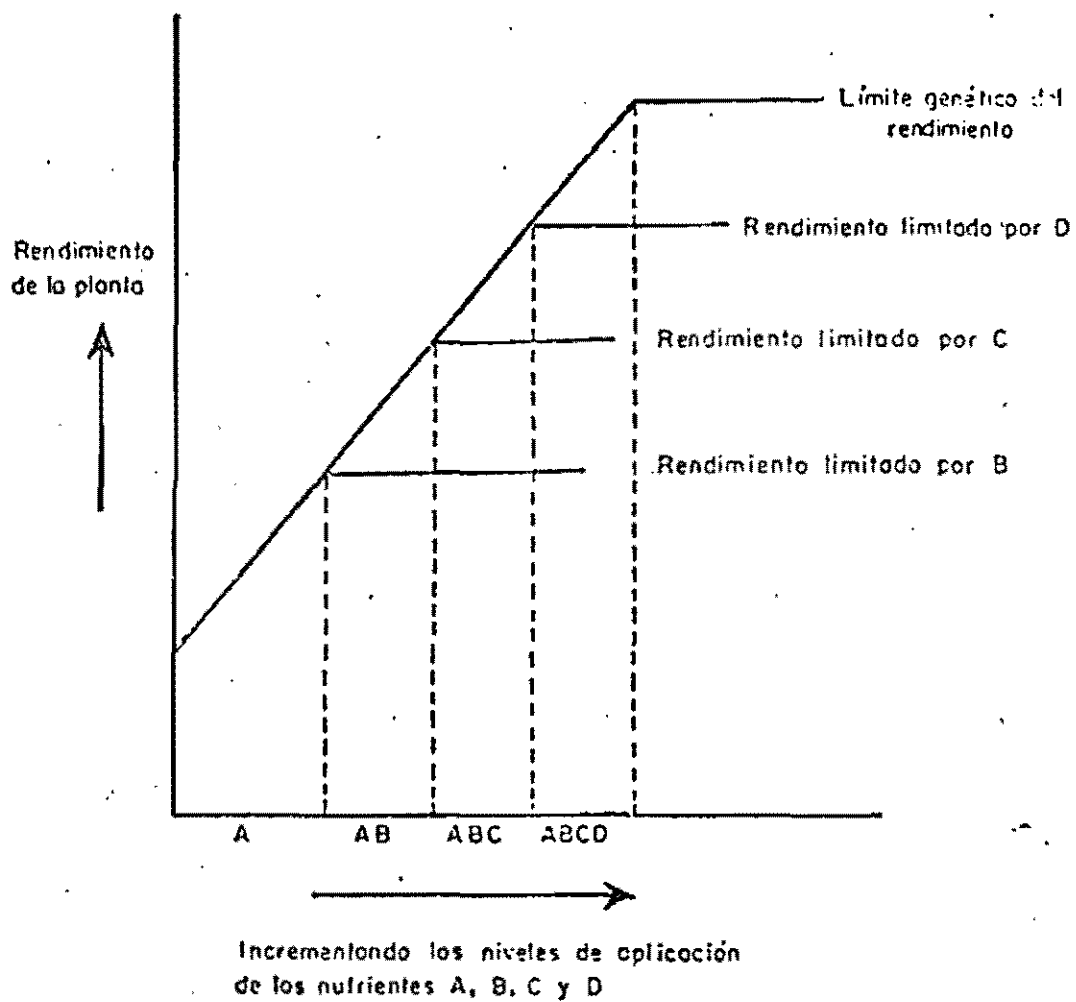


Figura 5. El modelo discontinuo rectilíneo teniendo como base la Ley del Mínimo de Liebig. Fuente: Waugh et al. (1974).

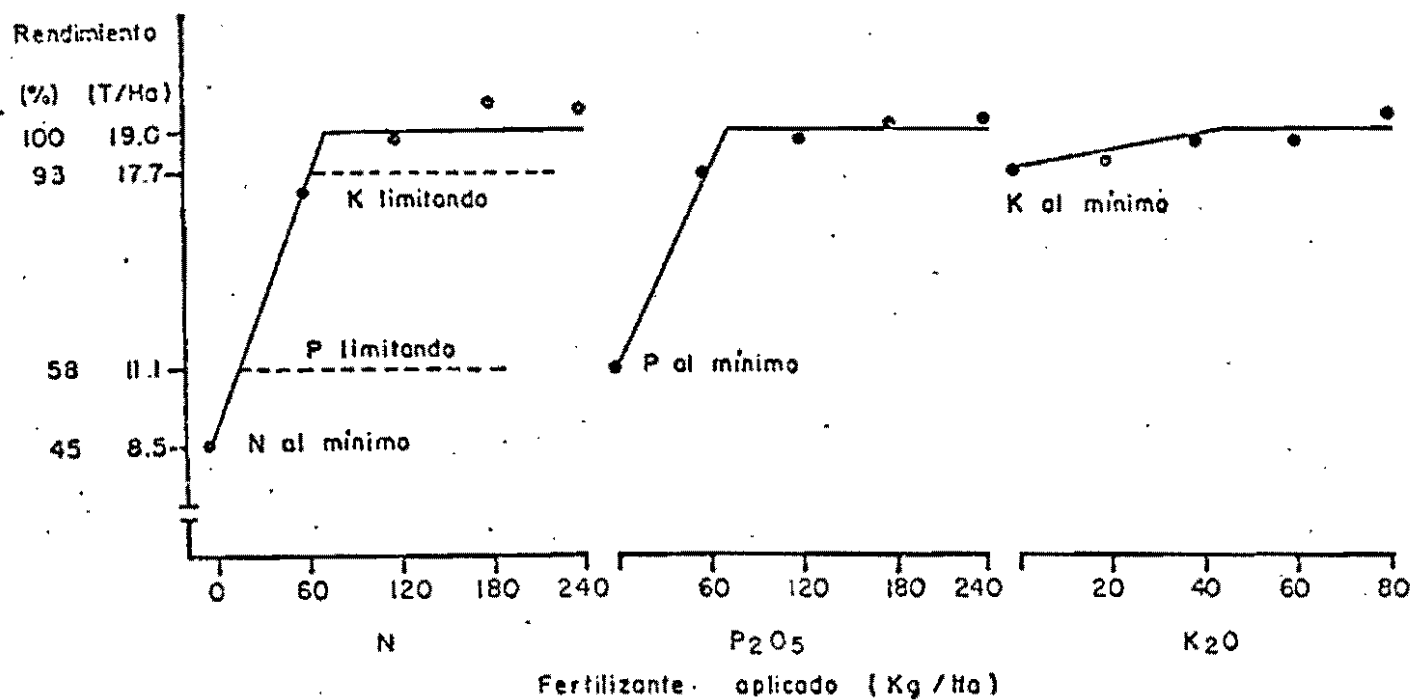


Figura 6. Interpretación de la respuesta a múltiples nutrientes, mediante una combinación de modelos discontinuos rectilíneos de nutrientes individuales.
Fuente: Waugh *et al.* (1973).

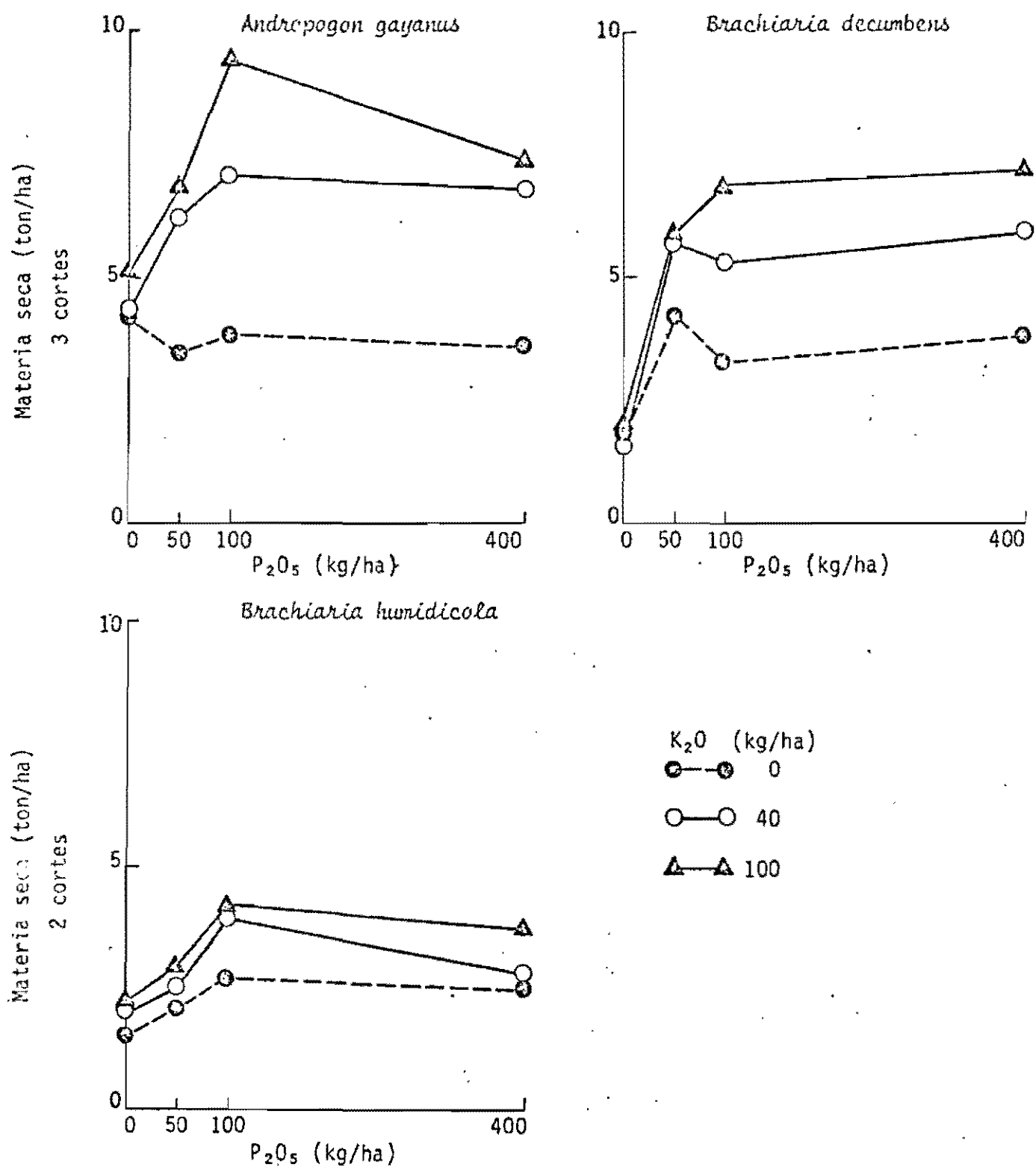
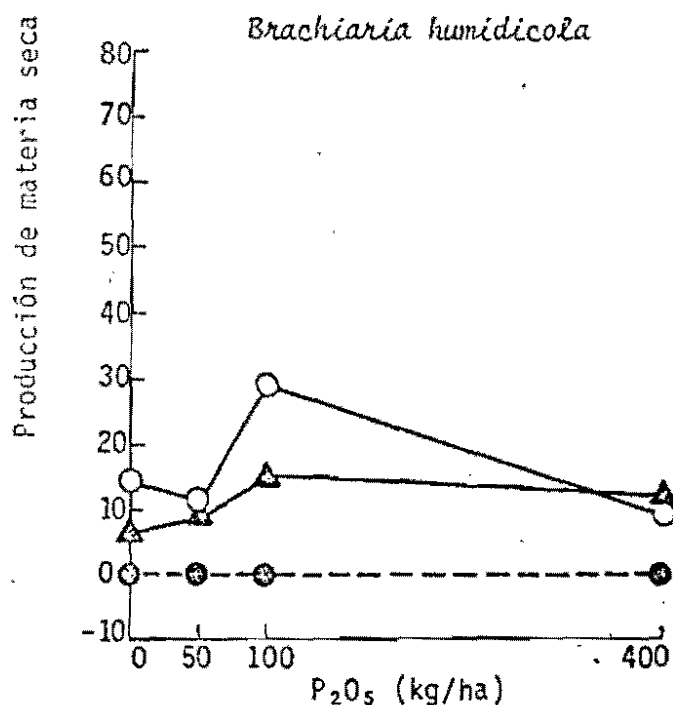
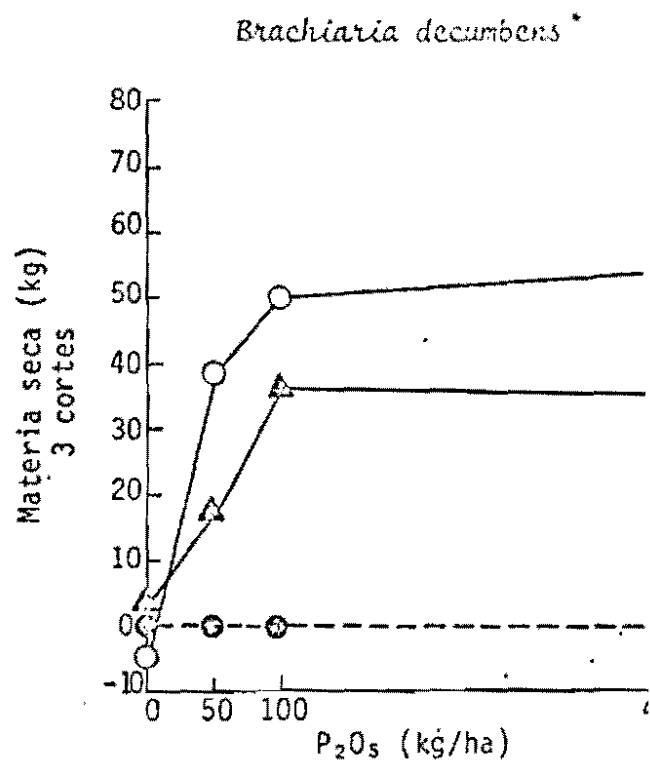
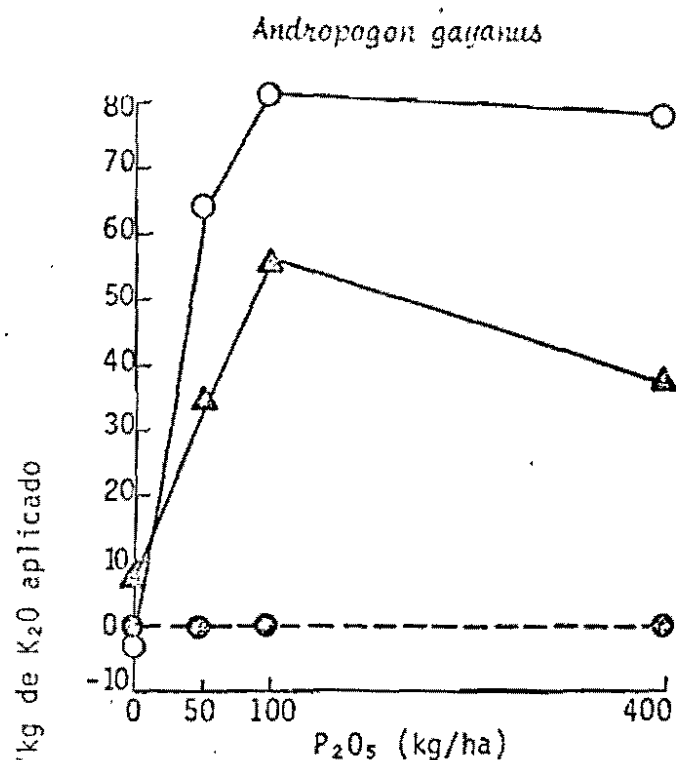


Figura 7. Respuesta de tres gramíneas forrajeras tropicales a la interacción de P y K en un Oxisol de Carimagua (CIAT, 1980).



K_2O (kg/ha)

●—● 0

○—○ 40

△—△ 100

Figura 8. Eficiencia de producción de materia seca de tres gramíneas forrajeras tropicales por cada kg de K_2O aplicado a diferentes niveles de aplicación de fósforo en un Oxisol de Carimagua. Fuente: CIAT (1980).

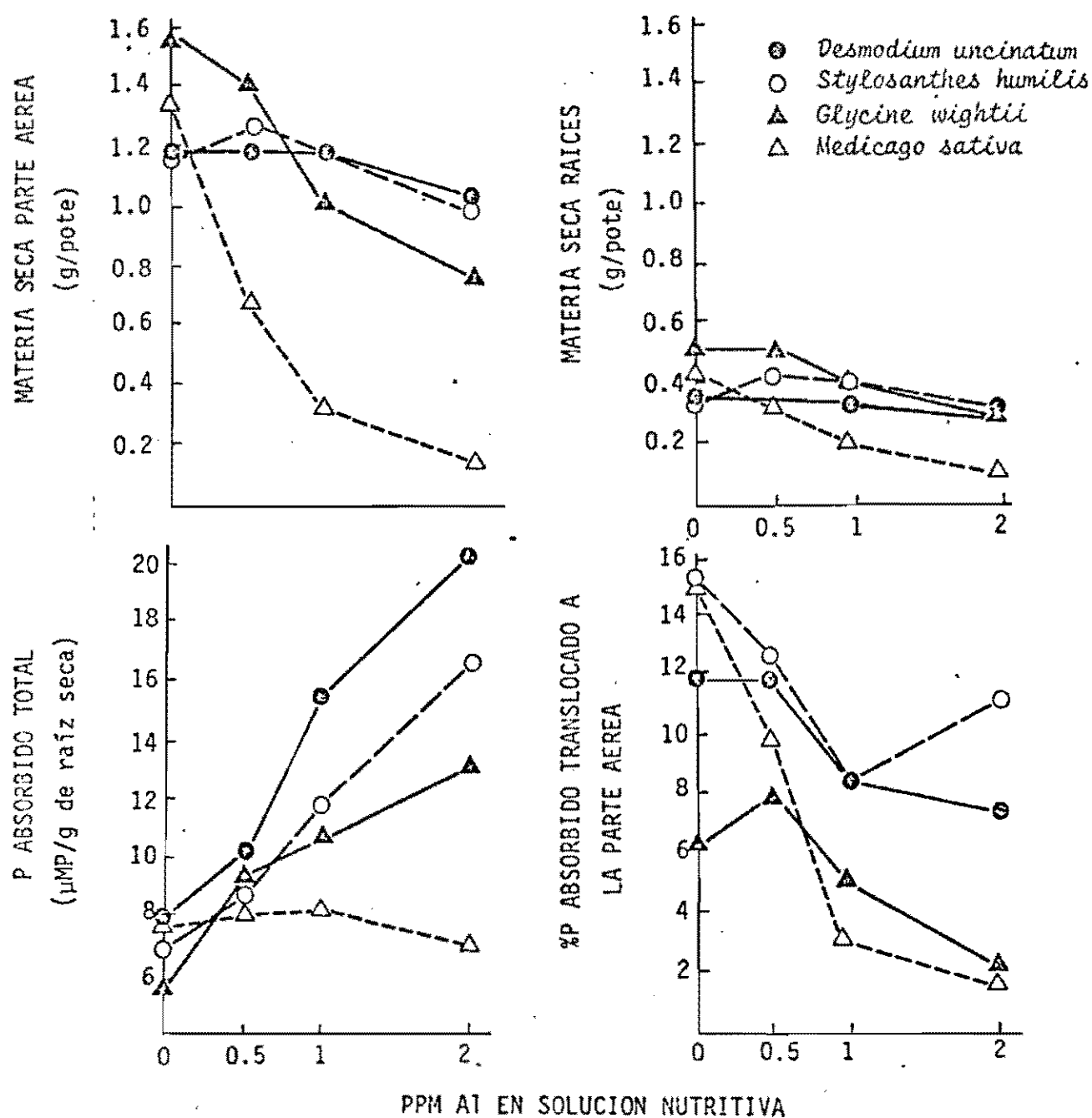


FIGURA 9. Efecto del aluminio en el crecimiento, tasa de absorción de P y tasa de translocación de P de 4 leguminosas forrajeras.

Adaptado de Andrew y Vanden Berg (1973).

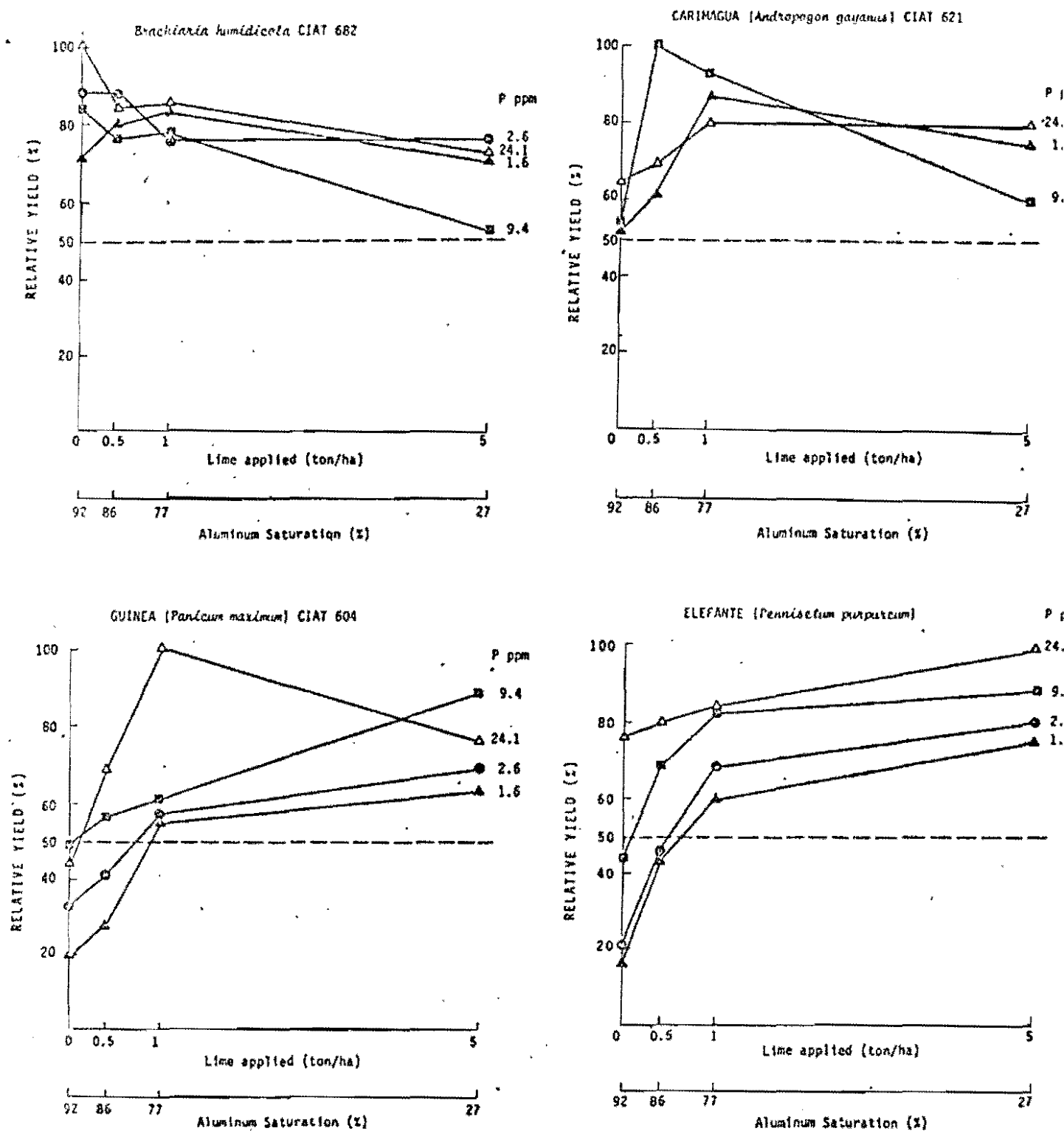


Figura 10. Respuesta diferencial de 4 gramíneas forrajeras tropicales a la interacción de cal y fósforo aplicados a un Oxisol de Carimagua. Fuente: CIAT (1979).

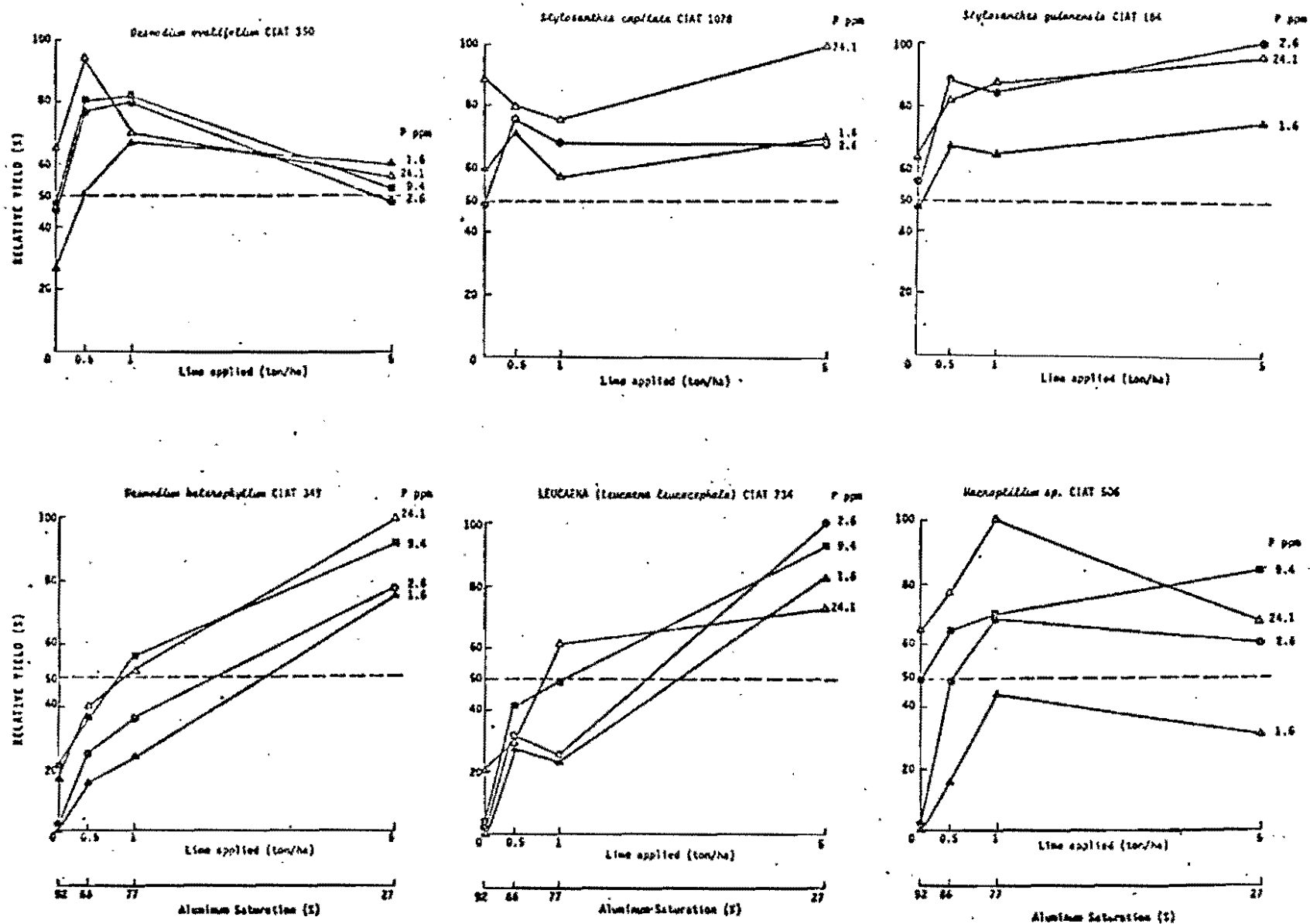


Figura 11. Respuesta diferencial de 6 leguminosas forrajeras tropicales a la interacción de cal y P aplicados a un Oxisol de Carimagua. Fuente: CIAT (1979).

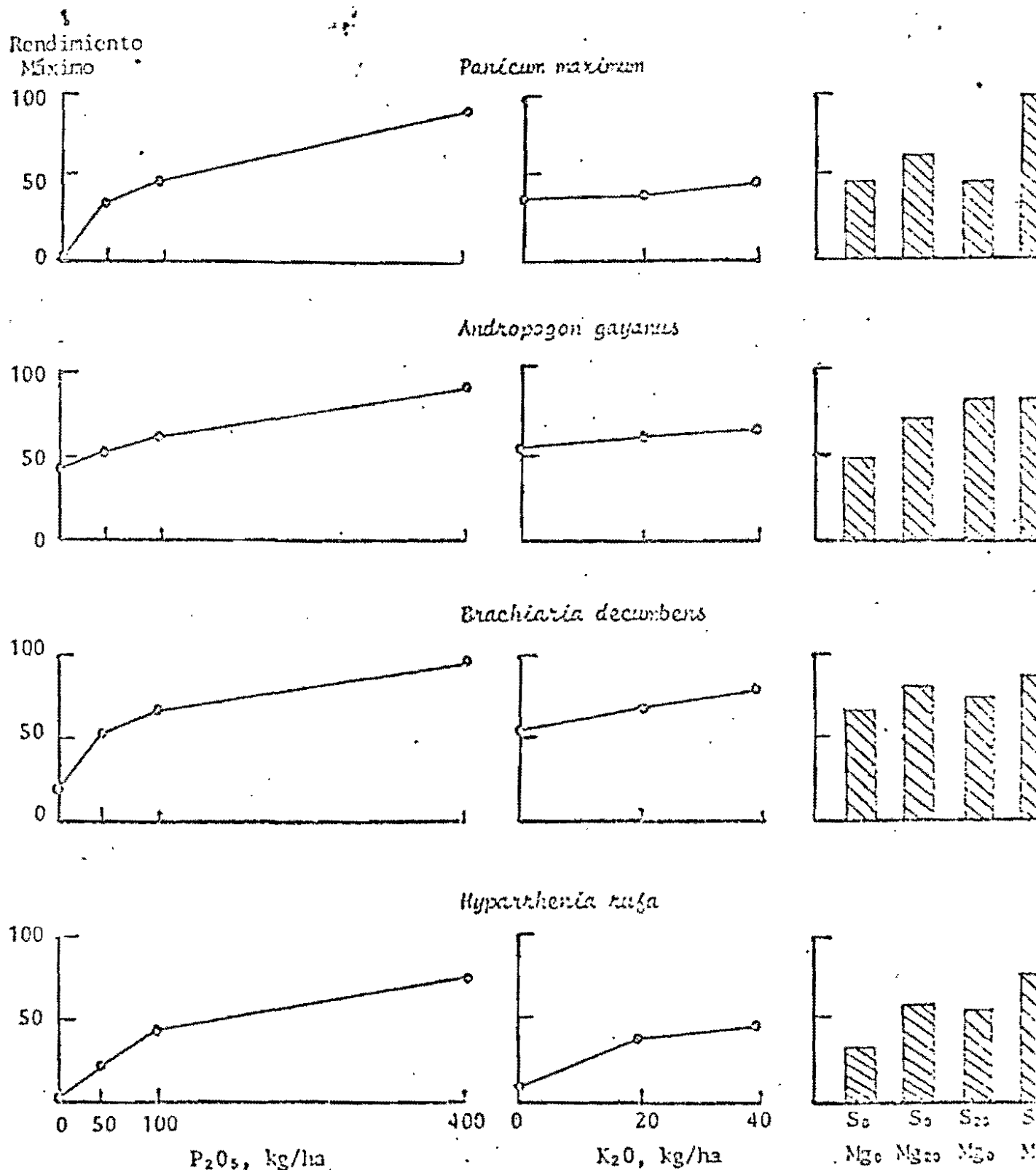


Figura 12. Respuesta de cuatro gramíneas a la aplicación de fósforo, potasio, magnesio y azufre, en un Oxisol de Carimagua. Los rendimientos de materia seca representan promedios de tres y cuatro cosechas, durante el primer año después del establecimiento. Fuente: CIAT (1978).

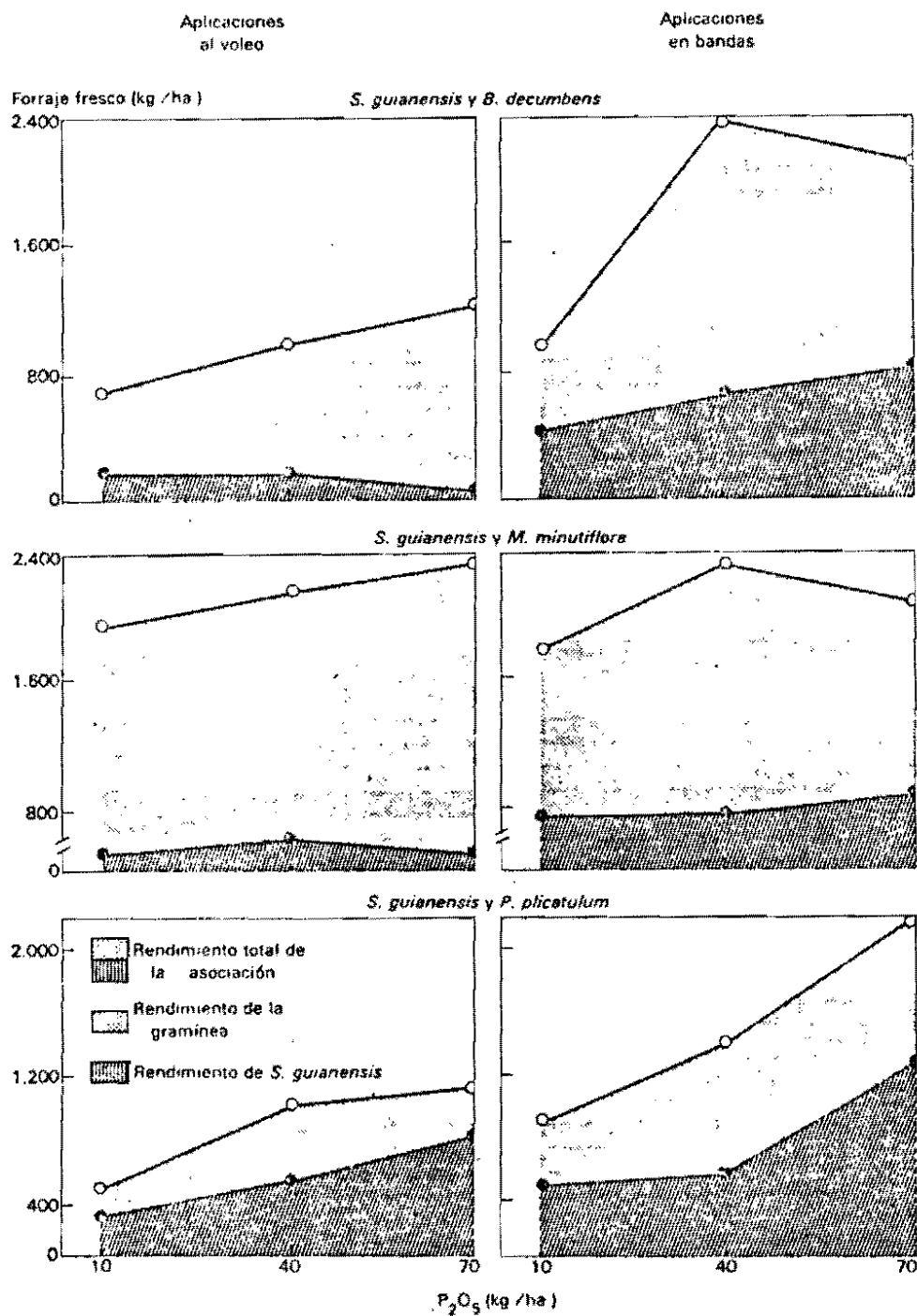
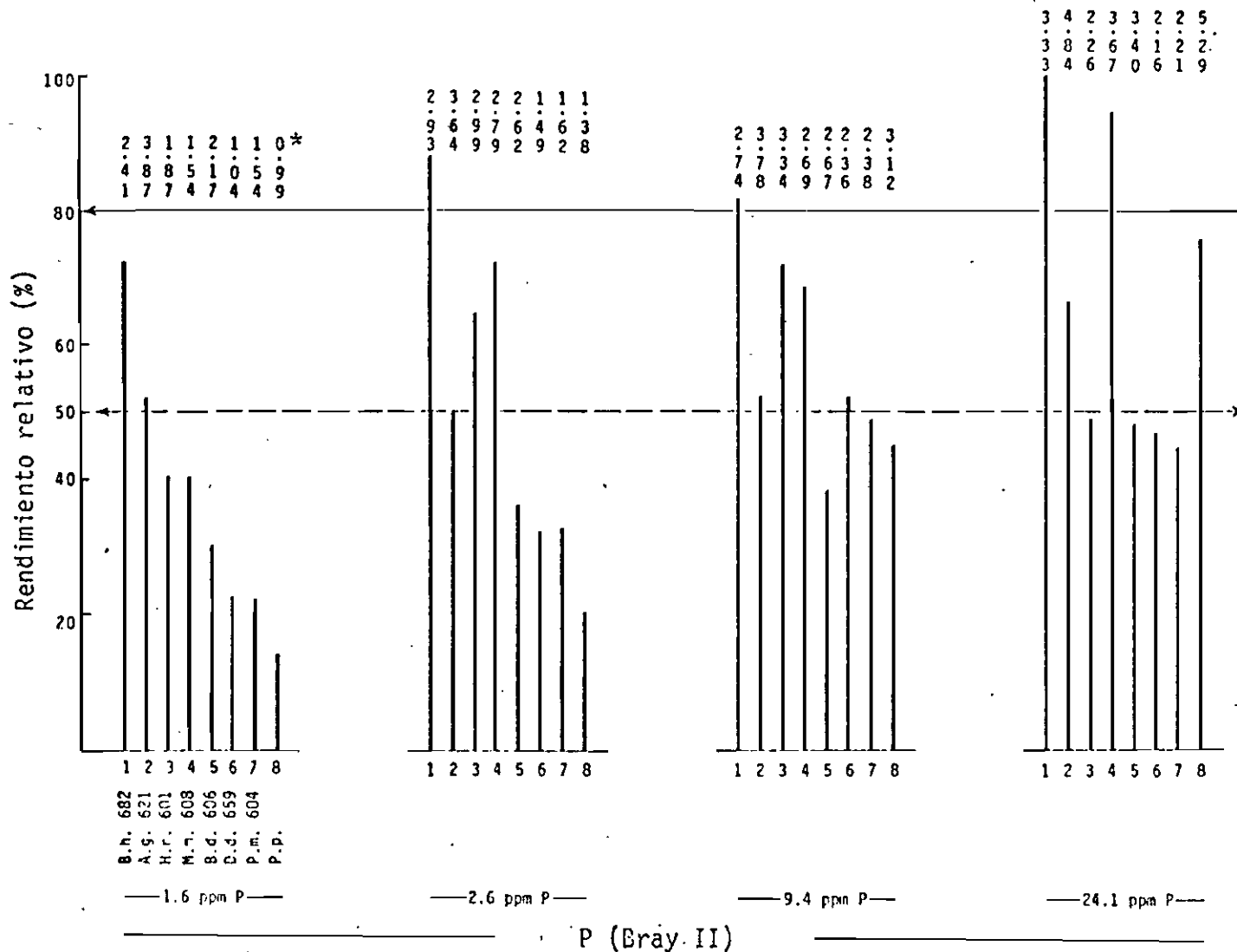


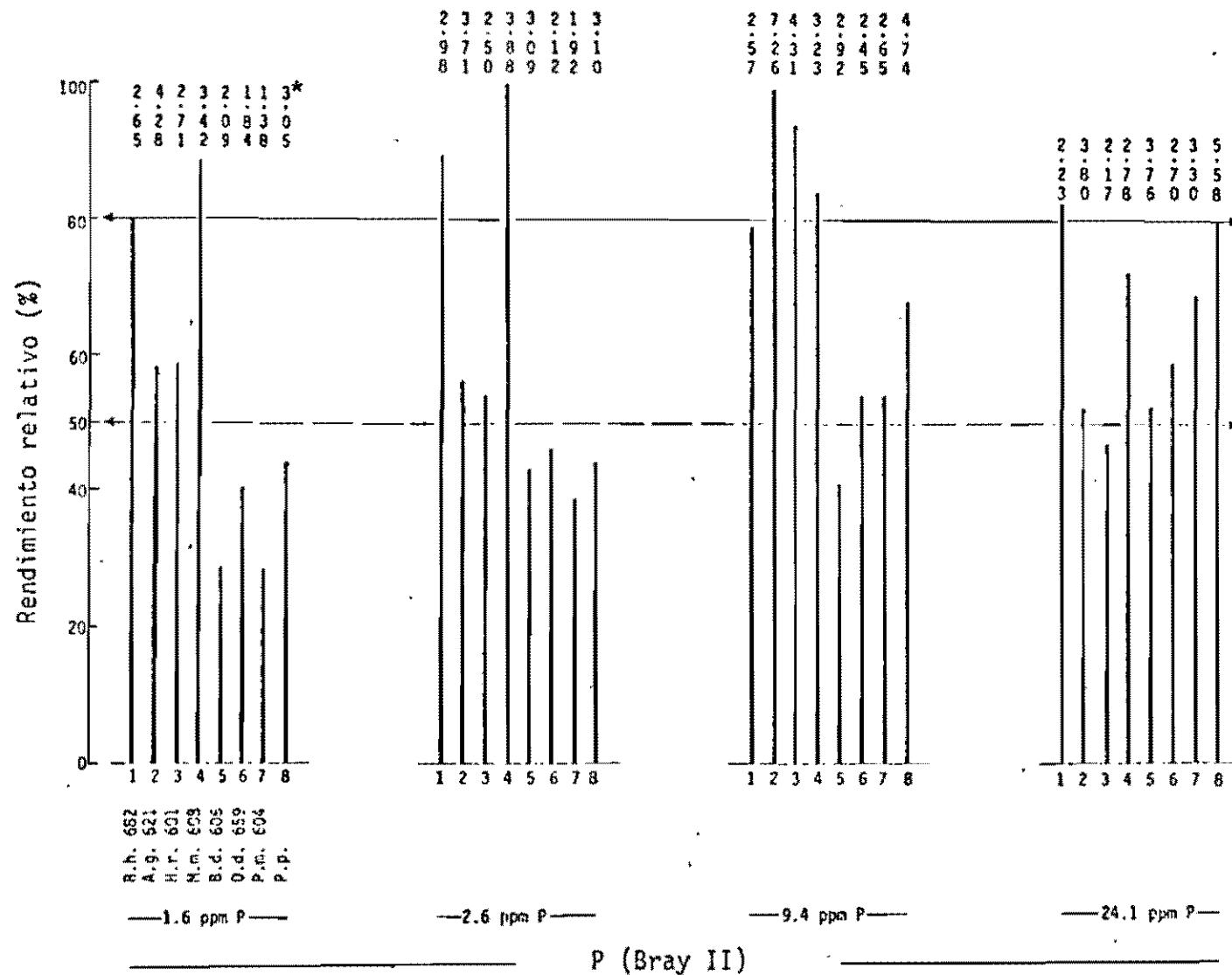
Figura 13. Efecto de tres niveles de fósforo y dos métodos de siembra y de aplicación de fósforo, sobre los rendimientos de tres asociaciones forrajeras, en Carimagua, 1975-76. Fuente: CIAT (1977).



*Rendimiento MS (ton/ha)

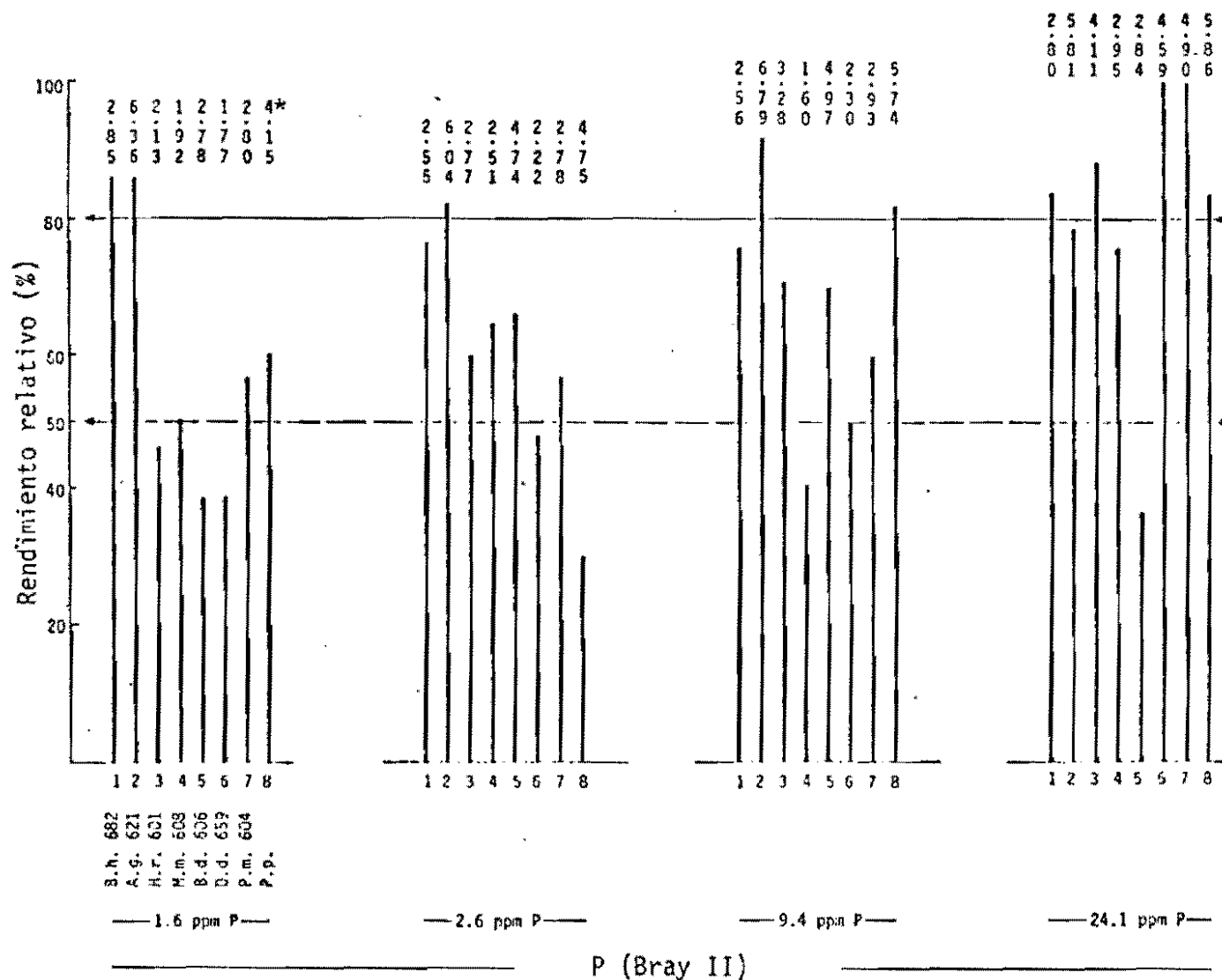
Figura 14. Respuesta diferencial de ocho gramíneas tropicales a diferentes niveles de fósforo y 32% de saturación de Al (sin aplicación de cal) bajo condiciones de campo en Carimagua.

(B.h. 682 = *Brachiaria humidicola*; A.g. 621 = *Andropogon gayanus*;
 H.r. 601 = *Hyparrhenia rufa*; M.m. 608 = *Melinis minutiflora*;
 B.d. 606 = *Brachiaria decumbens*; D.d. 659 = *Digitaria decumbens*;
 P.m. 604 = *Panicum maximum*; and P.p. = *Pennisetum purpureum*)



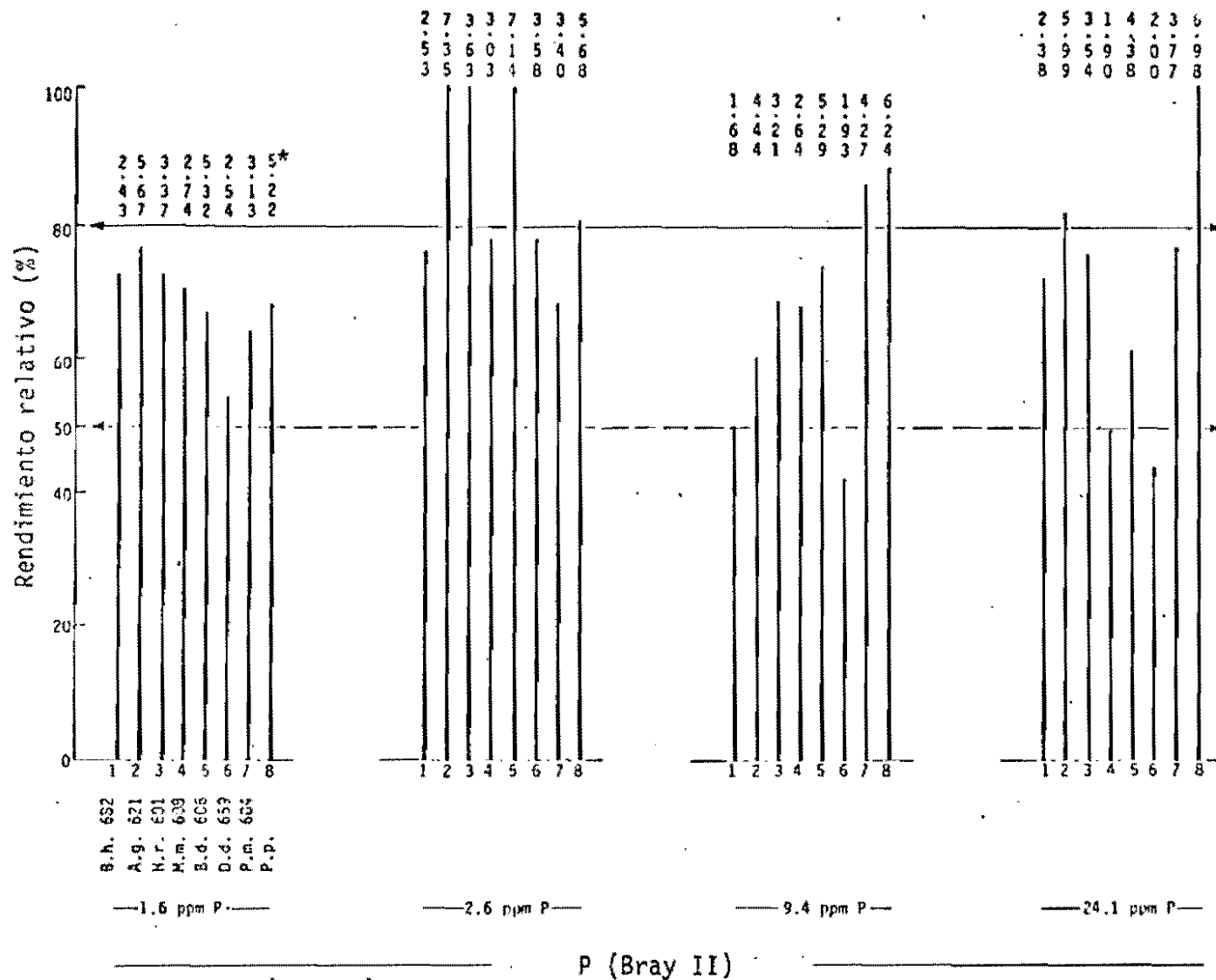
* Rendimiento MS (ton/ha)

Figura 15. Respuesta diferencial de ocho gramíneas tropicales a diferentes niveles de fósforo y 86% de saturación de Al (1/2 ton cal/ha) bajo condiciones de campo en Carimagua (Ref. a Fig. 1 para identificación de accesiones).



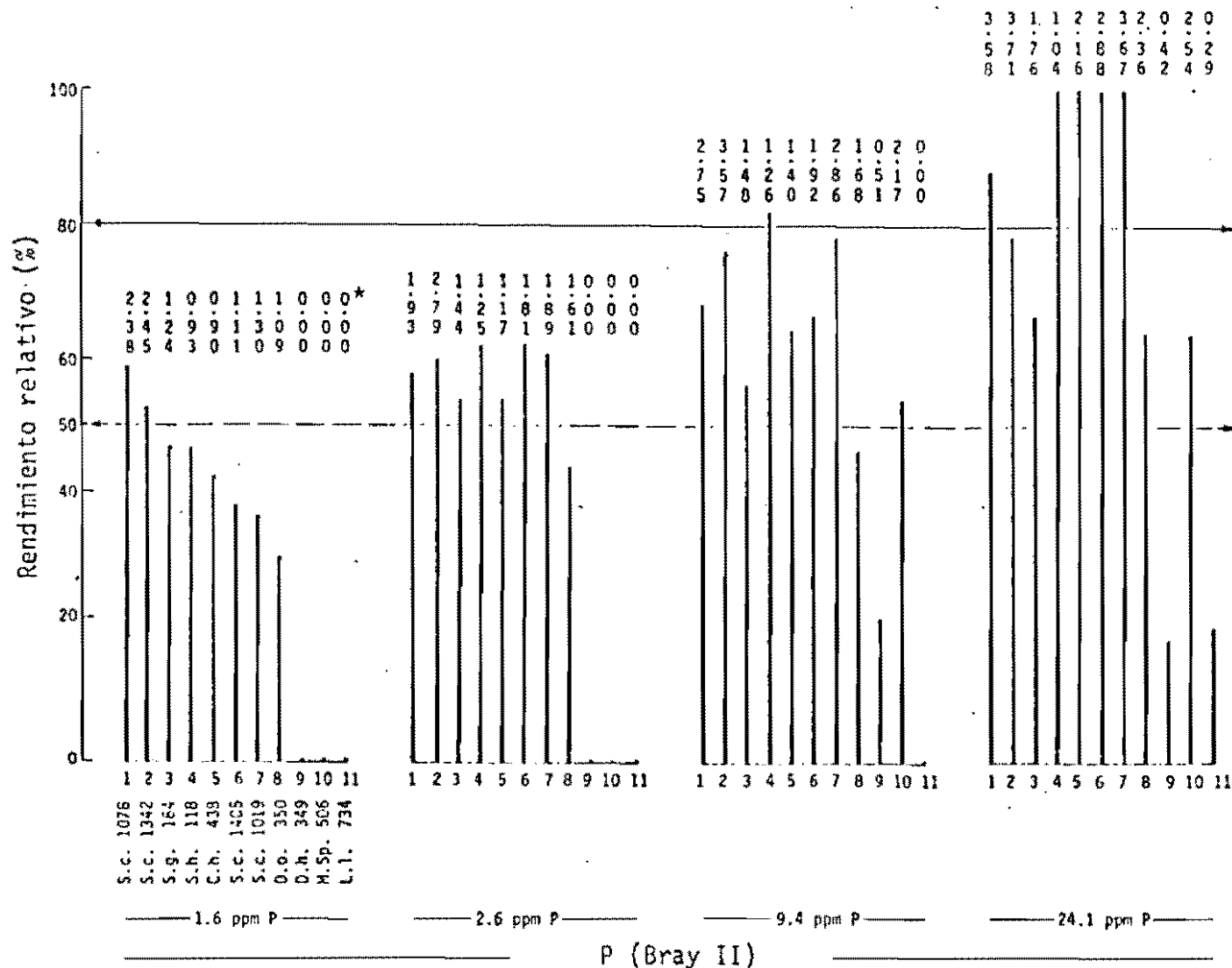
* Rendimiento MS (ton/ha)

Figura 16: Respuesta diferencial de ocho gramíneas tropicales a diferentes niveles de fósforo y 77% de saturación de Al (1 ton cal/ha) bajo condiciones de campo en Carimagua (Ref. a Fig. 1 para identificación de accesiones).



* Rendimiento MS (ton/ha)

Figura 17. Respuesta diferencial de ocho gramíneas tropicales a diferentes niveles de fósforo y 27% de saturación de Al (5 ton cal/ha) bajo condiciones de campo en Carimagua (Ref. a Fig. 1 para identificación de accesiones).



* Rendimiento MS (ton/ha)

Figura 18. Respuesta diferencial de 11 leguminosas forrajeras a diferentes niveles de fósforo y 92% de saturación de Al (sin aplicación de cal) bajo condiciones de campo en Carimagua.

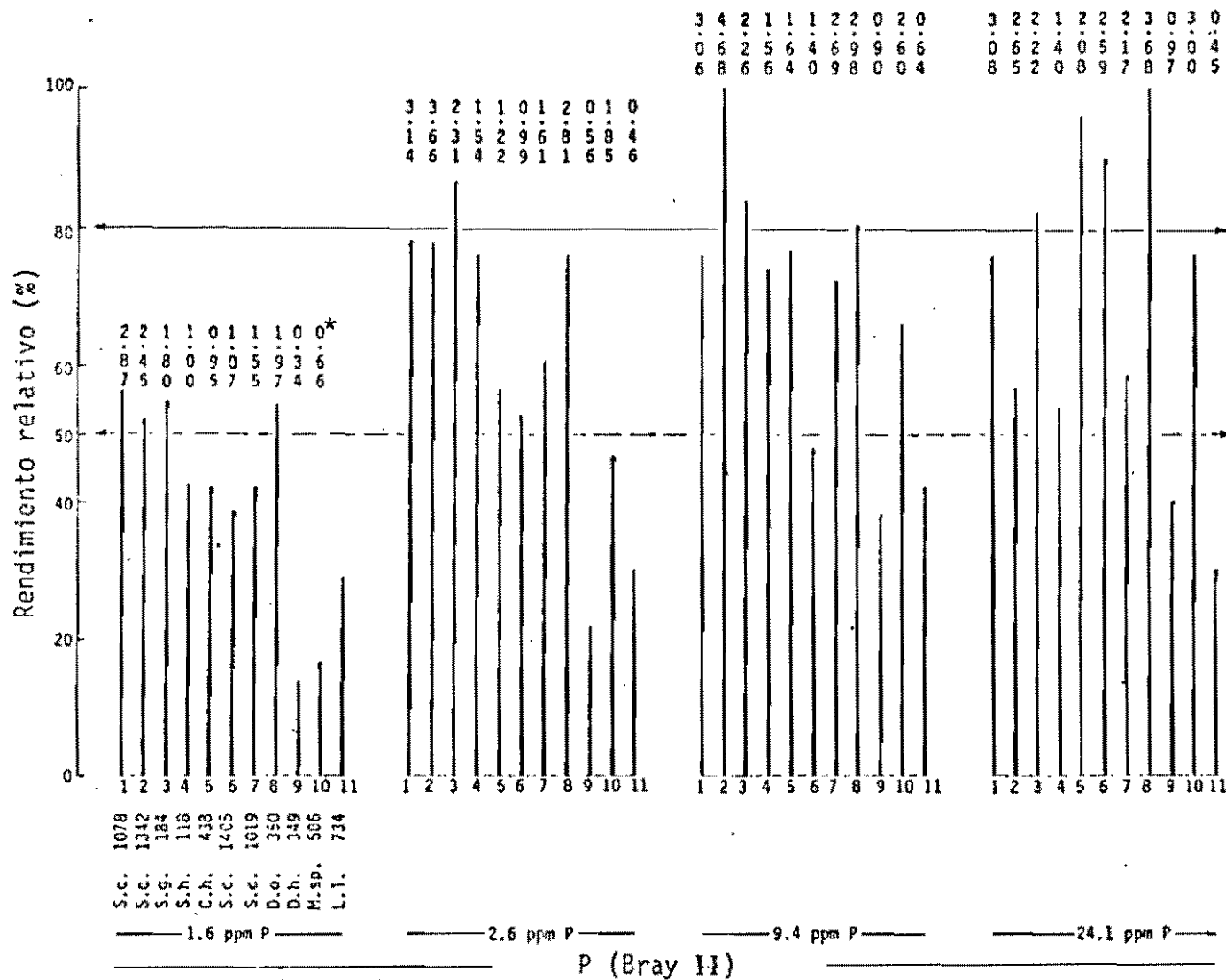
(S.c. 1078, 1342, 1405, 1019 = *Stylosanthes capitata*;

S.g. 184 = *Stylosanthes guianensis*; S.h. 118 = *Stylosanthes humilis*;

C.h. 438 = *Centrosema híbrido*; D.o. 350 = *Desmodium ovalifolium*;

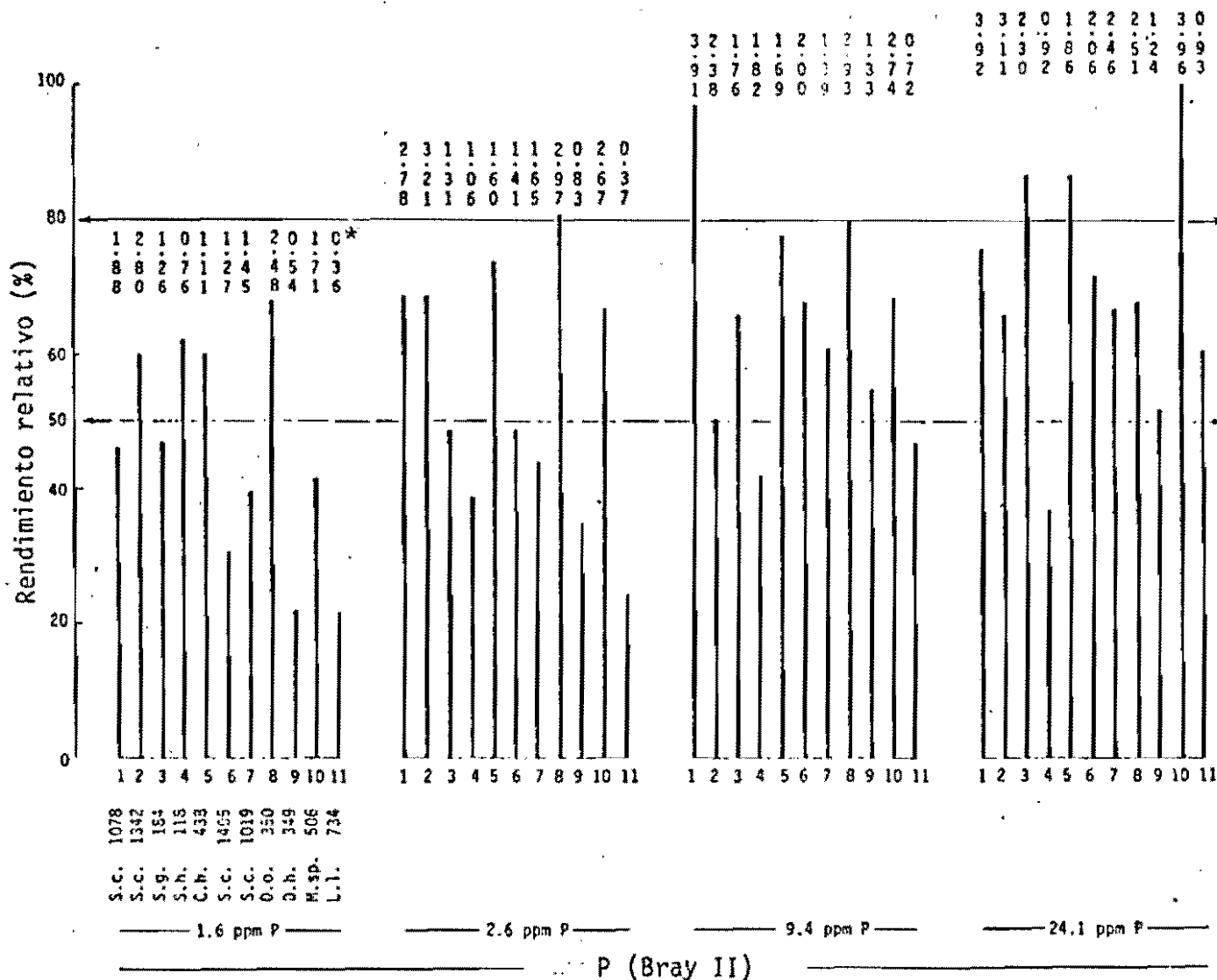
D.h. 349 = *Desmodium heterophyllum*; M. sp. 506 = *Macroptilium* sp.;

L.l. 734 = *Lathyrus latifolius*.)



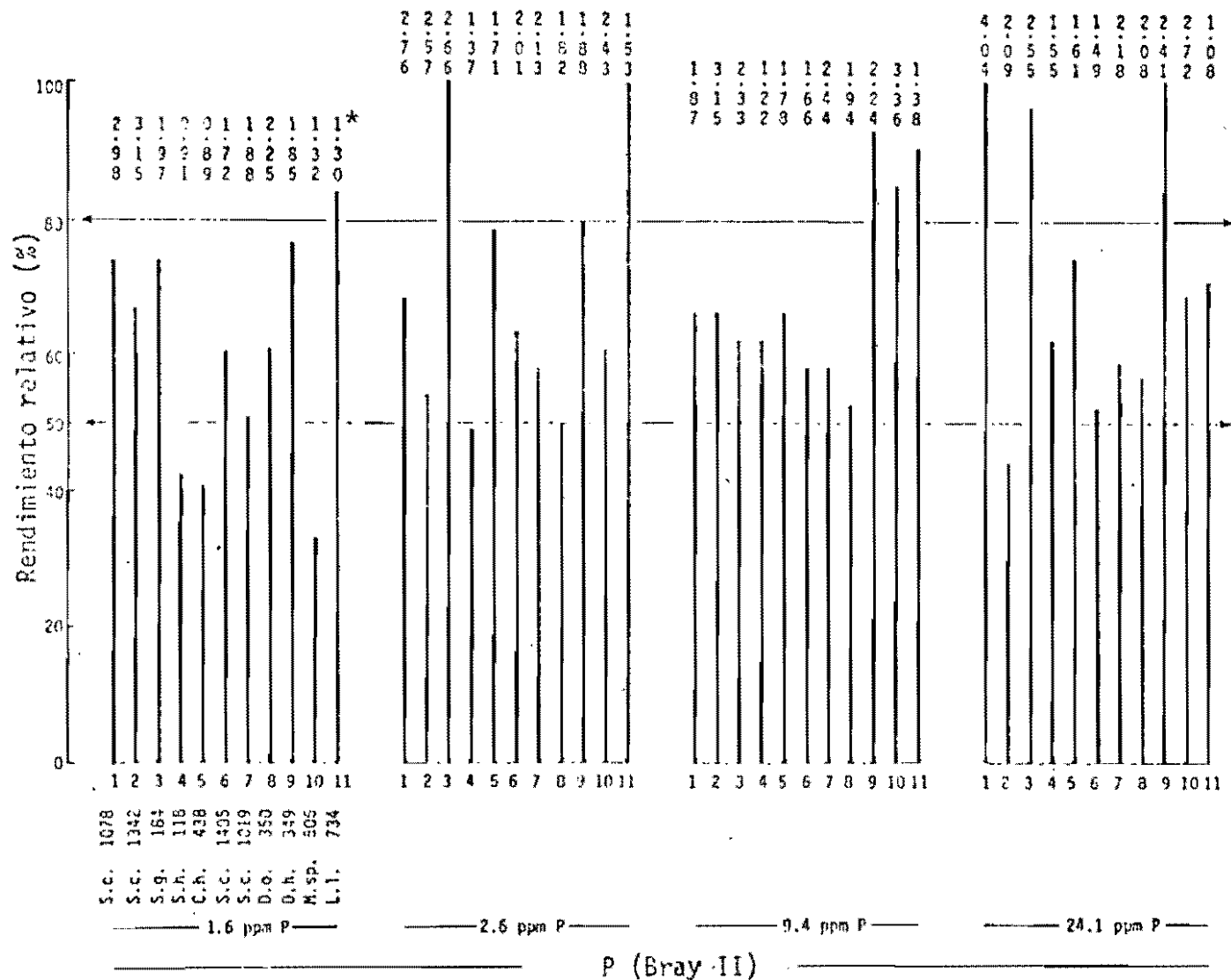
* Rendimiento-MS (ton/ha)

Figura 19. Respuesta diferencial de 11 leguminosas forrajeras a diferentes niveles de fósforo y 86% de saturación de Al (1/2-ton cal/ha) bajo condiciones de campo en Carimagua (Ref. a Fig. 5 para identificación de accesiones).



* Rendimiento de MS (ton/ha)

Figura 20. Respuesta diferencial de 11 leguminosas forrajeras a diferentes niveles de fósforo y 77% de saturación de Al (1 ton cal/ha) bajo condiciones de campo en Carimagua (Ref. a Figura 5 para identificación de accesiones).



* Rendimiento MS (ton/ha)

Figura 21. Respuesta diferencial de 11 leguminosas forrajeras a diferentes niveles de fósforo y 27% de saturación de Al (5 ton cal/ha) bajo condiciones de campo en Carimagua (Ref. a Fig. 5 para identificación de accesiones).

1 Adaptación de pastos leguminosas a suelos ácidos del Trópico en Suraméri
2 ca. Dr. E. M. Hutton, CIAT.

3
4 En la Suramérica tropical, existen más de 500 millones de hectáreas
5 de suelos Oxisoles y Ultisoles ácidos e infértiles de los cuales menos
6 del 5% han sido desarrollados. Una alta proporción de ésta inmensa área
7 está en Brasil, pero hay áreas significativas en Colombia, Venezuela y
8 Perú. Cerca del 70% son bosques lluviosos, y un 27% savanas, suelos con
9 pHs menores que 5 y las saturaciones de Al a menudo son superiores al 70%.
10 Qué tipo de desarrollo futuro veremos en las pasturas productoras de
11 leche y carne en éstas áreas?. Seguirá existiendo indiferencia de parte
12 de muchos agricultores en cuanto al uso de las leguminosas de manera que
13 la producción de ganado permanezca siendo más baja de lo que realmente
14 debería ser en éstas áreas favorables de Suramérica?.

15 En muchas áreas, el uso de gramíneas agresivas como *Brachiaria*
16 *decumbens* y *B. humidicola* ha aumentado la producción de carne de ganado,
17 sin incluir leguminosas o fertilizantes. El éxito de las *Brachiarias* ha
18 servido de apoyo para sustentar la idea de que las leguminosas son una
19 adición cara e innecesaria para las pasturas. Sin embargo, después de que
20 la mayor parte del suelo nativo nitrogenado ha sido usado, los pastos de
21 *Brachiaria* pura se vuelven amarillosos, son más fuertemente atacados por
22 cigarrina y dan una significativa reducción en la producción de carne de
23 ganado. Alta producción de pastos de gramíneas incluyendo *Brachiaria*, no
24 puede mantenerse si no se aplican cantidades apropiadas de N, P, S, Ca,
25 Mg, K y los elementos menores. Como en todos los tipos de producción,
26 no es posible dejar algo para nada. Sin embargo, los vitales en N
27 y proteína para pastos pueden obtenerse económicamente mediante el

1 uso de una leguminosa y la corrección de las deficiencias de los minera-
2 les del suelo.

4 FUNCIONES DE LAS LEGUMINOSAS

5 Todos los pastos necesitan recibir constantemente N para mantener y
6 aumentar la productividad del pasto y ganado. El rápido aumento en el
7 costo de fertilizantes nitrogenados, hace su uso demasiado caro, espe-
8 cialmente en pastos extensivos. Ahora está generalmente acordado que la
9 mayoría de los pastos necesitan incluir leguminosas persistentes. Estas
10 proporcionan una fuente continua y económica de N para gramíneas asocia-
11 das y de proteína para el crecimiento y producción animal.

12 Las leguminosas están capacitadas para fijar N atmosférico por la
13 asociación simbiótica con *Rhizobium* de los nódulos de sus raíces. En
14 cuanto a la leguminosa, existen grados variables de especificidad de
15 *Rhizobium*, tales como alto en *Leucaena*, medio en *Centrosema* y bajo en
16 *Stylosanthes*. La inoculación de la semilla de un número de leguminosas,
17 sembradas con *Rhizobium* eficientemente seleccionado, da una ventaja dis-
18 tinta de crecimiento durante el establecimiento.

19 Existe una correlación directa entre la producción de materia seca
20 de la leguminosa y el N adicionado al pasto. Cerca de 3000 Kg/ha en ma-
21 teria seca de leguminosa necesitan ser producidas para fijar 100 Kgs de
22 N/ha (Jones et. al. 1967). El promedio de crecimiento de pastos tropica-
23 les leguminosas agrega a el sistema de pasto-suelo 40-210 Kg N/ha/an y
24 muy buen rendimiento superior a 340 Kg/ha/an (Henzell 1968). Dependiendo
25 de las condiciones, las leguminosas tropicales aumentan el N del suelo
26 de 30 a 145 Kgs/ha/an (Henzell et. al. 1966, Bruce 1967), pero cantida-
27 des más altas que ésta, son posibles de obtenerse con leguminosas ferti-

1 lizadas bajo condiciones del trópico húmedo.

2 Hay una relación positiva entre el contenido de leguminosa de un pas-
3 to y las ganancias de peso vivo del ganado en pastoreo (Evans 1970). El
4 20% del contenido de una leguminosa o más en un pasto, usualmente garan-
5 tiza que el contenido proteínico del forraje no descienda del valor crí-
6 tico del 7%, lo cual restringiría severamente su ingestión (Milford y
7 Minson 1966).

8 Bajo continuo pastoreo, la selección de la dieta del ganado puede man-
9 tener un buen balance de leguminosa-gramínea. Por ejemplo, a Carimagua,
10 en *B. decumbens* o *B. humidicola* con *Desmodium ovalifolium*, el ganado con-
11 sume principalmente gramínea durante la estación lluviosa. Acercándose
12 el fin de esta estación cuando el nivel de la proteína en la gramínea es
13 bajo, el ganado consume cantidades más grandes de *D. ovalifolium*.

14 RAZONES PARA LA FALLA DE LAS LEGUMINOSAS EN PASTOS TROPICALES

15 Frecuentemente las leguminosas comerciales no han persistido en los
16 pastos y existen relativamente pocos ejemplos de asociaciones leguminosa-
17 gramínea que persistan en Suramérica tropical. Las razones importantes
18 para que la leguminosa fracase en los pastos incluyen:

- 19 1. Falta de leguminosas comerciales completamente adaptadas a grandes
20 áreas de Oxisoles y Ultisoles ácidos e infértiles donde el desarrollo
21 está tomando lugar, como en el Cerrado, la Amazonía y los Llanos,
- 22 2. Falta de conocimiento de las deficiencias de los nutrientes del suelo
23 y cómo corregirlas.
- 24 3. La continua y extensa siembra de las dos *Brachiarias*, *B. decumbens* y
25 *B. humidicola*, las cuales son demasiadas agresivas para la mayoría de
26 leguminosas. Por ejemplo, en Brasil habría más de 5 millones de hectá-
27 reas de *B. decumbens* y *B. humidicola*. Sin embargo, en Brasil hay

grandes áreas de colonião (*Panicum maximum*) el cual es más compatible con las leguminosas. Posiblemente *Andropogon gayanus* es demasiado agresivo para algunas leguminosas, por ejemplo, *Stylosanthes capitata*.

4. El precio alto de la semilla es un factor importante que impide el uso en el campo de leguminosas corrientes. No hay duda de que la baja demanda de semilla leguminosa ha inhibido la producción y aumentado el precio. Además, es más difícil producir económicos rendimientos de semillas de leguminosas que de gramíneas. Existe la necesidad de encontrar áreas que tengan clima más apropiado y mejores condiciones generales para la producción de altos rendimientos de semilla, especialmente de leguminosas. Es de interés hacer notar que en el medio ambiente de Brasilia, la mayoría de las especies de pasto, dan altos rendimientos de semilla.

CORRECCION DE LAS DEFICIENCIAS DE NUTRIENTES DEL SUELO

La falta de atención a las deficiencias en los nutrientes del suelo, es una razón importante para obtener fracasos de leguminosas en pastos. Los fracasos de leguminosas en Oxisoles tropicales, a pesar de las aplicaciones de fosfato, pueden deberse a deficiencias de Mo, Zn y Cu. Además pueden deberse a deficiencias de S, donde los fosfatos libres de S son usados por ejemplo: el superfosfato triple y la roca fosfórica. Las aplicaciones pesadas de Cal empeoran las deficiencias de Zn y Cu. Frecuentemente *Centrosema* muestra la clorosis asociada con deficiencia de Zn. El Mo es una coenzima metálica esencial para fijar N en leguminosas (Bergersen 1971). Las leguminosas no persistirán en pastos, sin ella, y una deficiencia marginal de Mo reduce marcadamente su contenido proteínico.

La mayoría de los suelos ácidos y tropicales cuando no son mejorados

1 son deficientes en N, P, S, Ca, Mo y Zn y marginales en K, y Cu, y proba-
2 blemente en B. Al analizar las hojas de leguminosas tan pronto como estén
3 maduras durante el crecimiento máximo del pasto y antes del florecimiento,
4 revelan un índice de nutrientes disponibles y además deficiencias en el
5 sistema de pasto-suelo. Para un crecimiento y fijación de N, máximos
6 para la leguminosa, su materia seca debería contener los siguientes por-
7 centajes - N 3.0, P 0.18-0.20, S 0.14-0.18, K 1.0, Ca 1.0, Mg 0.5 y en
8 partes por millón - Mo 1, Zn 35-40, Cu 7-10 (Andrew and Robins 1969 a,b).
9 Sería demasiado caro aplicar suficiente de los elementos mayores, excep-
10 to N, para obtener el crecimiento máximo de la leguminosa. Para las
11 leguminosas es esencial encontrar económicas tasas de fertilizantes las
12 cuales mantengan buen crecimiento y persistencia aunque reduzcan conte-
13 nidos minerales de las hojas menos que los óptimos. Las gramíneas y el
14 ganado requieren estos nutrientes minerales, excepto Mo, y el ganado
15 necesita además Na, I y Co. Los suplementos minerales proporcionan a
16 menudo un número de nutrientes minerales requeridos por el ganado. Un
17 número de leguminosas y gramíneas tiene bajos niveles de Na (Playne 1970)
18 de manera que el ganado puede sufrir una deficiencia de este mineral.
19 Los animales lactantes son los más susceptibles a la deficiencia de Na.

20 Los superfosfatos simple a 100-200 Kg/ha, triple a 50-100 Kg/ha y
21 roca fosfórica a 200-300 Kg/ha proporcionan buenas cantidades de P y Ca
22 para leguminosas. Debido a la alta fijación de P en los suelos ácidos es
23 ventajoso usar la roca fosfórica más barata (Sánchez 1976). Además posee
24 un período de efectividad más grande que el superfosfato. P y S son de
25 igual importancia para el crecimiento y producción de proteínas de
26 ambas gramíneas y leguminosas (Andrew 1977). Los suelos ácidos parecen
27 tener una amplia deficiencia de S; por lo tanto se debe aplicar S a

1 10-20 Kg/ha cuando se usa superfosfato triple y roca fosfórica libres
2 de S. El S está aplicado en forma de S mineral o CaSO_4 (Yeso). El
3 superfosfato simple tiene excelente balance de 9% P, 10-12% S, y 20% Ca,
4 y es un método barato para adicionar S al sistema del pasto.

5 En los Oxisoles ácidos Mg es usualmente deficiente por consiguiente
6 200 Kg/ha de dolomita proporcionan Mg suficiente y Ca extra a menudo
7 requerido. Si K es deficiente, como en algunos suelos arenosos, se puede
8 necesitar la aplicación de KCl en 50-100 Kg/ha.

9 Es difícil obtener fósforo en fertilizantes en Suramérica que tengan
10 adicionados los elementos menores como Mo, Zn, Cu, y B. Estos no son ca-
11 ros para pastos asociados leguminosas-gramíneas, ya que sólo se aplican
12 cantidades muy pequeñas cada 3 o 4 años por ejemplo, 0.5 Kg/ha Na Molibda-
13 to o MoO_3 , 7 Kg/ha ZnSO_4 , 7 Kg/ha CuSO_4 , 10 Kg/ha Borax. Los elementos
14 menores podrían ser mezclados en uno de los fertilizantes, por ejemplo,
15 superfosfato, o aplicando como spray diluido en solución acuosa.

16 Es importante chequear los contenidos minerales en la leguminosa
17 cada 1 o 2 años en aquellas áreas extensas de pastos asociados legumino-
18 sas-gramíneas. Esto puede chequearse, como ya se describió, y analizando
19 muestras de hojas de leguminosas vigorosas cuando alcancen su máximo
20 tamaño durante el crecimiento. Esta información indica cuando hay
21 deficiencia en un mineral particular y qué se debe aplicar. Es una
22 base inicial para aplicaciones de fertilizantes racionales y económica,
23 y para el mantenimiento de un vigoroso y persistente pasto en asociación
24 de leguminosa-gramínea.

25 SELECCION DE LEGUMINOSAS ADAPTADAS A OXISOLES Y ULTISOLES MUY ACIDOS

26 CIAT, en colaboración con EMBRAPA y otras organizaciones, ha estado
27 colectando leguminosas nativas de Suramérica y otras regiones tropicales,

1 evaluando su potencial como leguminosas para pastos en ensayos apropiados.
2 Los ecotipos de las siguientes especies están bien adaptadas a suelos
3 ácidos y muestran promesas definidas. *Stylosanthes capitata*, *S.*
4 *guianensis*, *S. macrocephala*, *Desmodium ovalifolium*, *C. macrocarpum*, *C.*
5 *brasilianum*, *Zornia latifolia*, *Z. brasiliensis* y *Pueraria phaseoloides*.
6 Un número de éstas ha sido incluido en ensayos de pastoreo y han dado
7 altas ganancias de peso vivo al ganado. Un número de otras especies pro
8 metedoras han sido colectadas, pero se necesitan más ensayos detallados
9 para evaluar su actual potencial como pastos leguminosos. *Leucaena*
10 (*L. leucocephala*), el árbol leguminoso, ha sido incluido en el Programa
11 del CIAT por su alto valor nutritivo y potencial para el uso en "bancos
12 de proteína".

13 Entre los problemas principales en *S. guianensis* aparece ésta, con
14 susceptibilidad a la Antracnosis (*Colletotrichum*) y al barrenador
15 (*Caloptilia*). Sin embargo, puede ser posible sobrellevarlas por selec
16 ción y mejoramiento. Por ejemplo, varios de los ecotipos tardíos del
17 *S. guianensis* parecen ser más resistentes a éstas plagas.

18 *S. capitata* generalmente tiene más resistencia a la Antracnosis y el
19 barrenador que el *S. guianensis*. Los ecotipos tempranos y de estación
20 media de *S. capitata* tienen alta producción de semilla y buena regenera
21 ción de semilla la cual garantiza su persistencia en pastos con gramíneas
22 macolladas como *P. maximum*. Es posible que *A. gayanus* sea demasiado
23 agresivo para *S. capitata*. A menudo *S. capitata* no persiste con la agre
24 siva *B. decumbens* y *B. humidicola*.

25 *Desmodium ovalifolium*, nativo del Sureste de Asia, fué producido en
26 una siembra de protección y abono para árboles jóvenes de caucho y palmas
27 de aceite en Malaysia. Está bien adaptada a suelos muy ácidos. El Dr.

1 B. Grof del CIAT, ha demostrado que en Carimagua persiste en asociación
2 con la agresiva *B. decumbens* y *B. humidicola* cuando los pastos son con-
3 tinuamente pastoreados (Grof 1980). En estos pastos, *D. ovalifolium*
4 tiene un alto contenido de tanino (14% o más) y es consumida principal-
5 mente al final de la etapa de crecimiento. Esto ayuda a mantener un
6 balance favorable en los pastos leguminosos-gramíneos. Mejores tipos de
7 *D. ovalifolium* con alta producción de semilla y menos contenido de tani-
8 no pueden ser seleccionadas de un número de recientes colecciones del
9 Sureste de Asia.

10 En *C. pubescens*, hay varios cultivos comerciales e introducciones
11 disponibles, pero la mayoría esta pobremente adaptada a las extensas
12 áreas de Oxisoles muy ácidos como en el Cerrado de Brasil y Llanos de
13 Colombia y Venezuela. Sin embargo, hay las introducciones de *Centrosema*
14 *macrocarpum* y *C. brasilianum* que poseen resistencia a suelos ácidos.

15 *Zornia latifolia* está bien adaptada a suelos ácidos pero persiste
16 únicamente en asociación con gramíneas macolladas como la *Panicum maximum*.
17 Esta es muy apetitosa, aún cuando está madura y los pastos basados en
18 ella, dan altas ganancias de peso vivo en el ganado. Su persistencia en
19 los Llanos está reducida por un hongo llamado *Sphaceloma costra*. Entre
20 las recientes colecciones de *Zornia*, hay algunos tipos vigorosos, resis-
21 tentes a enfermedades como el tipo *Z. brasiliensis*, el cual se distingue
22 por ser el más promisorio.

23 *Pueraria phaseoloides* ha sido usado por varios años en los pastos de
24 la Amazonía. Ha sido demostrado que es prometedora para los Llanos de
25 Colombia y Venezuela (Spain 1980). Como no se ha encontrado variación
26 entre introducciones, será necesario hacer colecciones en el Sureste de
27 Asia, de donde es nativa.

1 MEJORAMIENTO DE *S. capitata*, *C. pubescens* Y *Leucaena* PARA SUELOS ACIDOS
2 TROPICALES.

3 Mi trabajo básico de Mejoramiento, es realizado en la casa de vidrio
4 y en el campo del CIAT, Palmira. Este incluye cruzamiento, producción de
5 semilla de diferentes poblaciones y estudios de cromosomas y polinización.
6 A las poblaciones del *Centrosema* y *Leucaena* se les examina su tolerancia
7 a la acidez; así mismo, los factores responsables por la tolerancia ácida
8 de las selecciones. En *S. capitata*, las poblaciones más avanzadas están
9 evaluadas para resistencia a Antracnosis después de inoculadas.

10 En los Llanos Orientales, Estación Experimental de Carimagua, se
11 investiga el cumplimiento de las líneas seleccionadas en la casa de
12 vidrio y en el campo. Las líneas de *S. capitata* son seleccionadas sola-
13 mente de Carimagua. Antes de establecer el cultivo, se debe fertilizar
14 aplicando 50 Kg/ha de superfosfato triple, 100 Kg/ha de Sulfomag, 100 Kg/
15 ha de Cal dolomítica y elementos menores como Mo, Zn, Cu y B, al voleo,
16 sobre el área del *S. capitata* y *Centrosema*. En *Leucaena*, se utilizan los
17 mismos fertilizantes por hectárea pero van unidos en los surcos plantados.
18 El objetivo es seleccionar aquellas líneas más eficientes en el uso de
19 nutrientes, utilizando bajas pero adecuadas aplicaciones de fertilizantes.

20 Los factores implicados en la adaptación del *Centrosema* y *Leucaena*, y
21 a menor grado en *S. capitata*, en los Llanos y el Cerrado incluyen :

- 22 a) pHs del suelo : 4.2-4.5; saturaciones de Al entre 80-90%.
- 23 b) Solución de Al en el suelo 4-5ppm. Ca y Mg baja del subsuelo.
- 24 c) Ca, Mg, P aplicados en fertilizantes a la superficie del suelo,
25 moviéndose lentamente hacia abajao.
- 26 d) En las plantas, los elementos P, S, Mg, K y los elementos meno-
27 res son translocados hacia la parte aérea y las raíces; el Ca es

1 translocado únicamente hacia la parte aérea de la planta, donde
2 es inmovilizado en las hojas viejas.

- 3 e) Los principales caracteres requeridos son: tolerancia a Al y
4 eficiente absorción de Ca por la raíz, a partir de subsuelos con
5 bajo contenido de este elemento.

6
7 La materia seca de las plantas usualmente contiene 200 ppm de Al el
8 cual podría ser necesario para el crecimiento normal. Sin embargo, 300
9 o más ppm de Al podrían estar acompañados de daños en la raíz debido a una
10 penetración demasiado alta de Al. Las raíces del *Centrosema* y *Leucaena*
11 y también *S. capitata* necesitan la capacidad de restringir la absorción
12 de Al. Además necesitan la capacidad de extraer suficiente Ca de las
13 cantidades limitadas que presentan los suelos ácidos. Una insuficiencia
14 de Ca, hace que cese el crecimiento y mueran las puntas de la raíz. La
15 absorción de suficiente Ca, garantiza un profundo crecimiento de la raíz
16 dentro de los subsuelos. Esto da alta producción de plantas y las
17 abastece de agua consiguiendo que crezcan en períodos de sequía.

18 PRINCIPALES ESPECIES BAJO MEJORAMIENTO

19 1. *Stylosanthes capitata*

20 Un mayor número de introducciones de *S. capitata* tiene en estos
21 momentos, una alta tolerancia a suelos ácidos. El Programa de
22 mejoramiento con *S. capitata* aspira a buscar combinar el vigor, resis-
23 tencia a sequía, y alta producción de materia seca de dos ecotipos
24 tardíos (1078, 1097) con producción alta de semilla de un ecotipo
25 temprano (1019). Adicionales e importantes objetivos en los cruces, son
26 la resistencia a la Antracnosis y barrenador. Al principio fué necesario
27 evaluar 2000 F₂ plantas de cada cruce a Carimagua para realizar recombi-

1 naciones requeridas. En el presente un número de las líneas F_4 de estos
2 cruces están creciendo en Carimagua. Son muy vigorosas y combinan los
3 caracteres deseados. También parecen ser más vigorosas que la mayoría
4 de las mejores introducciones del CIAT.

5 Este trabajo ha demostrado que es posible mejorar nuevos híbridos con
6 la combinación de alta materia seca y de alta producción de semillas; pe-
7 netración profunda de la raíz y alta tolerancia a sequía, Antracnosis,
8 barrenador y bajas aplicaciones de fertilizantes. La adaptación de las
9 nuevas líneas se evaluarán en diferentes condiciones ambientales. Se
10 necesita una gramínea más apropiada que el *Andropogon gayanus* para culti-
11 varla con *S. capitata*.

12 2. *Centrosema*

13 No fué posible seleccionar líneas de *C. pubescens* con alta tole-
14 rancia a la acidez en las investigaciones en la casa de vidrio y
15 el campo. Por lo tanto, se necesitaron padres de los cuales se pudiera
16 transferir una tolerancia ácida alta a los cruces del *C. pubescens*. La
17 Tabla presenta los resultados de un experimento de la casa de vidrio
18 con 135 introducciones de *Centrosema* cultivadas en Oxisoles de Carimagua.
19 El grado de tolerancia ácida fué negativamente correlacionado con la
20 absorción de Al. Había un grupo de 10 introducciones de *Centrosema* alta-
21 mente tolerantes a ácidos, especialmente *C. macrocarpum*. Los doctores
22 R. Schultze-Kraft y B. Grof han demostrado que éstas crecen vigorosamente
23 y persisten en suelos muy ácidos.

24 Un cruce inicial fué obtenido entre un *C. pubescens* y un *C.*
25 *macrocarpum* viz. 5052 x 5062. Este cruce de *C. macrocarpum* es la base
26 para el presente programa de mejoramiento. En estos momentos ya se han
27 efectuado cruces entre *C. pubescens* y todas aquellas introducciones de

1 *Centrosema* altamente tolerantes a la acidez, que aparecen en la Tabla
2 Todos los cruces interespecíficos son fértiles. El objetivo es selec-
3 cionar en las poblaciones híbridas las plantas que combinan las resisten-
4 cias altas a condiciones ácidas y a enfermedades, y el vigor superior de
5 *C. macrocarpum* con la alta calidad de forraje y buenos rendimientos de
6 semilla de varios ecotipos de *C. pubescens*.

7 Inicialmente en cultura de arena, se evaluaron más de 3000 plantas F_2
8 del cruce entre *C. pubescens* y *C. macrocarpum*. La solución de cultura
9 de arena contuvo todos los minerales esenciales, incluyendo N, y se man-
10 tuvo el pH a 4.2 y Al a 5ppm. Tolerancia a alta acidez y Al fué transfe-
11 rido al 20% de las poblaciones F_2 . El crecimiento de estas selecciones
12 tolerantes en Oxisol de Carimagua redujeron los números de las plantas
13 con resistencia a suelo ácido. Solamente las plantas con resistencia
14 a Al y eficiente absorción de Ca por la raíz crecieron bien en Oxisol
15 de Carimagua.

16 Siguiendo los resultados iniciales se decidió evaluar las poblaciones
17 híbridas de *Centrosema* directamente en Oxisol de Carimagua. En el pri-
18 mer experimento realizado en la casa de vidrio, hubo 96 líneas de plantas
19 F_3 con 100 plantas de cada línea en una bandeja y con Oxisol de Carima-
20 gua. Recibieron una aplicación apropiada de *Rhizobium* y nutrientes esen-
21 ciales semanal y restringidamente. La cosecha se obtuvo después de 10
22 semanas de crecimiento; se tomaron muestras de las hojas y se evaluaron
23 las plantas para crecimiento, tolerancia a la acidez y nodulación. La
24 Tabla , da los resultados de tolerancia ácida y niveles de N, Al, Ca,
25 y Mg de las líneas F_3 y padres. Todas las líneas tuvieron niveles rela-
26 tivamente bajos de Al. Las líneas altamente tolerantes a la acidez de la
27 Categoría 3, han heredado una superior capacidad de absorción de Ca del

1 *C. macrocarpum* 5062. En las líneas de media tolerancia se presenta este
2 caracter en menor grado.

3 A mediados de Mayo de 1981, se plantaron en Carimagua 75 de las
4 líneas de plantas F_3 , los padres e introducciones de *Centrosema* toleran-
5 tes a la acidez. Observaciones recientes han indicado una correspondencia
6 buena entre evaluaciones en la casa de vidrio y el cumplimiento en el
7 campo. Sin embargo, la susceptibilidad a insectos y enfermedades ha redu-
8 cido el vigor de algunas líneas altamente tolerantes.

9 3. *Leucaena*

10 Entre las leguminosas prometedoras, *Leucaena leucocephala*
11 ocupa una posición única, pero necesita ser tratada como un
12 forraje especial de alta calidad. Los cultivos corrientes, por ejemplo
13 Cunningham y Perú, crecen exitosamente en suelos neutrales y suelos ácidos
14 con una reducida saturación de Al. Donde el suelo tiene un pH más de
15 5.5 las raíces de *Leucaena* penetran profundamente por lo tanto, es
16 resistente a sequía cuando tiene la capacidad de producir significati-
17 vas cantidades de hojas y brotes de alta proteína. / El establecimiento
18 directo de las plantas por semilla resulta a menudo difícil, ya que
19 las plántulas de *Leucaena* pueden ser destruidas por hormigas o ahogadas
20 por malezas. Estos problemas pueden superarse efectuando la siembra
21 para trasplante en viveros en los cuales se desarrollan las plántulas,
22 haciendo más fácil el control de malezas y de hormigas; con una adecuada
23 fertilización e iniciación de nodulación por las plántulas.
24 Cuando los árboles jóvenes tienen 6-8 meses de sembrados y tienen una al-
25 tura de 1 metro, con fuertes raíces, son trasplantados a comienzo de la
26 estación húmeda a una distancia de 0.5m dentro de los surcos y entre sur-
27 cos distanciados unos de otros a 2-2.5m, después de que los surcos han

1 recibido el fertilizante completo. Los "bancos de proteína" de
2 *Leucaena* que comprenden un 20% del área, pueden ser usados para aumentar
3 significativamente la producción de ganado de los pastos nativos o saba-
4 nas, o de pastos mejorados o semi-mejorados. Además, los surcos de
5 *Leucaena* pueden ser interplantados con gramíneas como *colonião*, *B.*
6 *decumbens* y *B. humidicola* pero su manejo es un problema.

7 Para el forraje comestible de todos los cultivares de *L. leucocephala*
8 contiene mimosina, del 4 al 5% cuando el crecimiento es lento y cerca del
9 10% cuando el crecimiento es rápido y tiene una alta proporción de hojas
10 jóvenes y brotes. En el estómago de los rumiantes, la mimosina se des-
11 compone rápidamente en dihidroxipiridina, un goitrógeno (Hegarty et. al.
12 1976). Si la dieta contiene más del 30 al 35% de *Leucaena*, hay suficien-
13 te goitrógeno para causar gradualmente ensanchamiento de las glándulas
14 tiroides y pérdida de peso y pelo. En los no rumiantes, tales como pollos
15 y cerdos, cuando consumen más del 5% de la hoja pulverizada de *Leucaena*,
16 causa enfermedad debido al contenido de mimosina (Labadan 1969). Sería
17 ventajoso producir líneas de *Leucaena* con menos del 50% del contenido de
18 mimosina de la *L. leucocephala*.

19 *L. leucocephala* es una especie nativa de América Central, especial-
20 mente México y la península Yucatan, donde se encuentran en suelos neu-
21 trales o alcalinos. Por lo tanto es difícil seleccionar tipos de
22 *L. leucocephala* con tolerancia ácida alta y con la capacidad de crecer
23 en Oxisoles de pH menor de 5.0. En Carimagua la mayoría de las intro-
24 ducciones de *L. leucocephala* crecen pobremente incluyendo var.
25 Cunningham. Sin embargo un tipo gigante para madera dió crecimiento
26 excelente durante su primera estación lluviosa. En la segunda estación
27 el crecimiento de este tipo estuvo pobre y sus hojas amarillas.

1 Se encontró que este tipo gigante tiene alta resistencia a Al pero absor-
2 ción incapaz de Ca por las raíces.

3 La primera fase del Programa de Mejoramiento de *Leucaena* estuvo basa-
4 do en una *L. leucocephala* - *L. pulverulenta* F₁ retrocruzado dos veces al
5 cv. Cunningham, y las generaciones siguientes autopolinizadas. Fue difi-
6 cil obtener selecciones fértiles después del retrocruzamiento porque
7 *L. leucocephala* tiene 104 cromosomas somáticos y *L. pulverulenta* tiene
8 56. Inicialmente 45,000 plántulas de semilla de la segunda generación
9 autopolinizada se evaluaron en 10 experimentos en cultura de arena. Las
10 condiciones en la solución nutritiva de la cultura de arena fueron las
11 mismas como con *C. pubescens*, por ejemplo pH 4.2, Al 5ppm. 12.6% fueron
12 seleccionadas por tolerancia alta a Al. Sin embargo, cuando estas crecie-
13 ron en el Oxisol de Carimagua sólo un 2.7% del número original probó ser
14 tolerante. Esta reducción se debió a una selección adicional por efi-
15 ciencia en absorción de Ca como en *Centrosema*. Por lo tanto, las genera-
16 ciones siguientes fueron evaluadas en el Oxisol de Carimagua.

17 Las poblaciones de semillas de tercera generación de 100 líneas
18 seleccionadas y los controles de *Leucaena* fueron crecidas en bandejas
19 con suelo Oxisol de Carimagua, ubicando de a 100 plantas por bandeja de
20 cada línea o control. Se adicionó *Rhizobium* y se les suministró restrin-
21 gidas aplicaciones semanales de nutrientes esenciales. Después de 10
22 semanas de crecimiento, se tomaron muestras foliares y se evaluó la to-
23 lerancia a la acidez de todas las plantas. La Tabla muestra que
24 entre las líneas híbridas de *Leucaena* las más tolerantes tenían el más
25 bajo contenido de Al y más alto contenido de Ca. En los controles de
26 *L. leucocephala* todos tuvieron un bajo contenido de Ca pero la variedad
27 11, un tipo maderero gigante, no contuvo Al en este experimento. La

1 nodulación fué pobre en todas las líneas y variedades y justificado su
2 pobre contenido de N.

3 Ahora en el campo de Carimagua están estudiándose grandes poblacio-
4 nes en la tercera generación. Una mayoría de plantas, en varias líneas,
5 son vigorosas y adaptadas al Oxisol muy ácido de Carimagua, como resulta
6 do de la selección rigurosa para tolerancia ácida en las dos generaciones
7 previas de polinización abierta. Cerca del 10% de las líneas debieron
8 haber reducido su contenido de mimosina significativamente.

9 Nuevas fuentes de tolerancia ácida fueron encontradas en otras espe-
10 cies de *Leucaena*. Las semillas de 8 especies de *Leucaena* producidas en
11 el campo CIAT fueron sembradas en la casa de vidrio y en Carimagua. Los
12 resultados en la tabla muestran un significativo cruzamiento natural en
13 todas las especies de 52 cromosomas excepto en *L. leichodes*. La más im-
14 portante tolerancia a la acidez se presenta en *L. diversifolia*, *L.*
15 *macrophylla* y *L. shannoni*. Cruces planeados se han realizado entre estas
16 especies y *L. leucocephala* para investigar la posibilidad de transferir
17 estas otras fuentes de tolerancia ácida a *L. leucocephala*.

18 En Carimagua después de 15 meses de plantadas hubo un vigoroso
19 crecimiento en las dos variedades de *L. diversifolia* y en los árboles de
20 *L. macrophylla* y *L. shannoni* y sus híbridos, algunos de los cuales eran
21 de 3 metros de altura. En contraste a su edad, *L. leucocephala* 11 ó
22 78-15, previamente con crecimiento vigoroso y sin Al en las hojas, tuvo
23 un crecimiento retardado y hojas amarillas. Análisis de las hojas
24 (Tabla) muestra que los niveles de Al estuvieron bajos, especialmente
25 en *L. leucocephala* 11 y *L. macrophylla* en la primera muestra. El nivel
26 de Ca fué más bajo en *L. leucocephala* 11, intermedio en *L. diversifolia*
27 y más alto en *L. macrophylla* y *L. shannoni* las especies más espectacula

1 res en crecimiento.

2 Parece que el mejoramiento de líneas de *Leucaena* para los suelos de
3 los Llanos y Cerrados ahora se realiza si los cruces interespecíficos
4 hechos son capaces de ser manipulados sin problemas de fertilidad.

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS SUELOS EN LOS TROPICOS

HUMEDOS

Por

James M. Spain

INTRODUCCION

Este trabajo requiere una aclaración en cuanto al título y al contexto en que será considerado el tema. El título implica que es posible generalizar sobre los suelos de los trópicos húmedos. Esta no es la realidad : los suelos de los trópicos húmedos son tan variados como en cualquier lugar del mundo. Ya que no sería conveniente hablar de las ventajas y las limitaciones de una gama de suelos tan amplia, limitaré el alcance de este trabajo a los suelos predominantes, debido a que éstos constituyen el mayor potencial para la futura expansión de la producción agrícola y especialmente ganadera.

SUELOS PREDOMINANTES DE LOS TROPICOS HUMEDOS

Las condiciones climáticas que han existido en los trópicos húmedos favorecen, generalmente, al desarrollo de suelos profundos, altamente lavados, pobres en minerales primarios, caracterizados por arcillas de tipo 1:1, principalmente caoliniticos y óxidos de hierro y aluminio. Sánchez (1976), estima que aproximadamente el 70% de todos los suelos de las regiones con climas tropicales lluviosos y estacionalmente húmedos (2.5 del total de 3.6×10^9 has) consisten en Oxisoles, Ultisoles y Alfisoles¹. Un porcentaje aún mayor (estimado $\pm$ 75%) de los suelos del trópico húmedo de América del Sur, corresponde a éstos tres tipos. El saldo consiste de suelos muy arenosos y poco profundos, suelos moderadamente meteorizados con niveles medios a altos de bases y los suelos hidromórficos o aluviales.

¹ Los nombres de los tipos de suelos provienen de "Soil Taxonomy", USDA (1975).

En un estudio de la distribución por área de los principales suelos en climas tropicales lluviosos, Moorman y Van Wambeke (1978) destacan que los Oxisoles son típicos de los trópicos Suramericanos y Africanos con regímenes constantemente húmedos. Aubert y Tavernier (1972) presentan un mapa en el que se muestran áreas aproximadamente iguales de Oxisoles (más de 500×10^6 ha.) en cada continente. En contraste, los Oxisoles solo ocurren esporádicamente en los trópicos lluviosos de Asia, como intrusiones desarrollados en rocas madre altamente meteorizables. En el Cuadro 1, se presentan cálculos de Sánchez (1976) basados en el mapa de Aubert y Tavernier que indican que los Ultisoles son más extensivos en Asia ($\pm 250 \times 10^6$ ha.) y las Américas ($\pm 200 \times 10^6$ ha.) que en Africa ($\pm 100 \times 10^6$ ha.). Los Alfisoles, similares a los Ultisoles pero menos meteorizados y generalmente más fértiles, son mucho más comunes en Africa ($\pm 550 \times 10^6$ ha.) que en los trópicos Americanos ($\pm 150 \times 10^6$ ha.) y en Asia ($\pm 100 \times 10^6$ ha.). Las diferencias se deben, principalmente, a las variaciones en la estabilidad de las formaciones geológicas de las tres regiones. Debido a sus dos antiguos escudos continentales principales (de Guyana y Brasil) y a sus enormes depresiones de suelos sedimentarios existentes entre estos escudos y la Cordillera Andina, América del Sur, es el área más estable.

El paisaje Africano se caracteriza por una actividad orogénica (formación de montañas) más general, pero también existen amplias llanuras y grandes depresiones de materiales sedimentarios, profundamente meteorizados (ejemplo, las Cuencas del Níger y el Congo). El sur de Asia Tropical, posee relativamente pocos suelos extremadamente meteorizados, debido a una actividad orogénica mucho mayor que ha interrumpido el proceso de meteorización con excepción de unas áreas relativamente pequeñas. Esta situación existe también en el sureste continental e insular de Asia (Moorman y Van Wambeke, 1978).

Estas diferencias en los recursos edáficos, se reflejan en la productividad agropecuaria y en los patrones de uso de tierras. Durante siglos los agricultores del Asia tropical, han logrado producir alimentos suficientes para grandes poblaciones y hasta excedentes de granos y otros productos. En contraste, en los trópicos húmedos de América, por lo general se mantienen a poblaciones muy escasas y se logra poco o nada de excedentes de productos agrícolas.

Dentro de las vastas áreas de suelos altamente meteorizados en la superficie de los antiguos escudos y en algunos de los valles sedimentarios, ocurren suelos más productivos, generalmente en las laderas, que han sido rejuvenecidos por el proceso de erosión que remueve materiales meteorizados y pone al descubierto minerales primarios como fuentes de nutrimentos esenciales. Estos suelos y aquellos formados en aluviones recientes, han servido como base para el desarrollo de la agricultura tradicional en los trópicos. En lugares donde existen grandes presiones de población, los suelos más productivos, con una fertilidad nativa más alta, son, en su mayoría, utilizados intensivamente. En América del Sur, donde la presión de población a escala continental no es tan fuerte como en otras áreas tropicales, existen aún suelos fértiles sin ser utilizados, debido principalmente a las distancias que los separan de los mercados y a la falta de rutas de acceso, ó por otro lado, debido al mal drenaje o a otras condiciones que resultan muy costosas de modificar, de acuerdo a las tasas actuales de costo/beneficio.

"TIERRAS NUEVAS" PARA EL INCREMENTO DE LA PRODUCCION AGROPECUARIA

En aquellas áreas en que se mantienen sin explotar extensiones importantes de suelos, existen dos estrategias principales para aumentar la productividad agropecuaria. Una de ellas, es la de

incrementar la productividad de las tierras que están siendo cultivadas en la actualidad, por medio de la adopción de la tecnología agrícola moderna, acompañada por la ayuda crediticia y técnica necesaria. La otra estrategia, es la de aumentar la producción a través de la expansión de área, ya sea drenando las tierras aluviales, desarrollando proyectos de riego, o abriendo las áreas marginales por medio de rutas de acceso.

En el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), hemos adoptado las dos estrategias. Nuestros trabajos en fríjol, arroz y maíz, están dirigidos casi exclusivamente, hacia el logro de mayor producción en las áreas agropecuarias tradicionales. En yuca, se siguen ambas estrategias, con énfasis en el incremento de producción en suelos marginales de áreas existentes y en la expansión de nuevas áreas de suelos de baja fertilidad. En el Programa de Pastos Tropicales del CIAT, el esfuerzo, está dirigido, casi exclusivamente, hacia la expansión de producción en las "Tierras Nuevas", generalmente marginales en cuanto a los cultivos anuales, debido a la baja fertilidad y acidéz extrema de los suelos.

Por consiguiente, la mayor parte de esta discusión sobre las ventajas y las limitaciones de los suelos de los trópicos húmedos se relacionará con las vastas extensiones de Oxisoles y Ultisoles, las cuales contribuyen muy poco a la actual producción total de alimentos pero que prometen un gran potencial futuro, cuando las condiciones económicas favorezcan el uso de esas tierras.

Tal como ya se ha anotado, se hallan grandes áreas de Alfisoles, en los trópicos, especialmente en Africa, en las que se combinan una buena fertilidad nativa con las propiedades físicas muy favorables. Estos constituyen un importante potencial en el aumento de la producción agrícola mundial y su principal limitación es la baja capacidad para retener el agua.

CARACTERISTICAS DE OXISOLES Y ULTISOLES E IMPLICACIONES EN SU MANEJO

Esta discusión se concentra en los suelos dominantes en los trópicos húmedos, resumiendo sus ventajas y limitaciones (ver Cuadro 2) y los pasos a tomar para solucionar estas últimas.

Los Oxisoles, Ultisoles y Alfisoles, serán tratados en conjunto aunque entre ellos existen diferencias importantes. Los Oxisoles son generalmente suelos más antiguos, más meteorizados, mejor drenados y con propiedades físicas más favorables que los Ultisoles y Alfisoles. Los Oxisoles y en menor grado, los Ultisoles y Alfisoles, se caracterizan por una capacidad baja de intercambio de cationes, hecho que es, a la vez, ventajoso y desventajoso.

Es ventajoso, por cuanto se requiere menos cal para neutralizar la acidéz intercambiable, y por lo tanto, cuando se requiere encalar para los cultivos anuales, sólo son necesarias aplicaciones relativamente bajas para lograr buenas cosechas.

Por otro lado, una baja capacidad de intercambio de cationes, da como resultado una menor retención de cationes, tales como potasio, calcio y magnesio, bajo condiciones de lixiviación. Por lo tanto, la reserva de fertilidad es menor en estos suelos que en aquellos con una mayor capacidad de intercambio de cationes.

Los tres suelos son fáciles de labrar, debido a sus buenas propiedades físicas. En general, la topografía permite un manejo sencillo y una mecanización eficiente. Los Oxisoles se caracterizan por su drenaje interno bueno a excesivo y pocas veces sufren de humedad excesiva, aún bajo condiciones muy lluviosas. Los Ultisoles no son tan bien drenados, debido a un horizonte arcilloso en el subsuelo.

Entre las desventajas más importantes de los Oxisoles y Ultisoles, se incluyen el estado de saturación bajo de bases, la baja disponibilidad de fósforo y su fuerte acidéz. Esta última da como resultado, altos niveles de aluminio intercambiable y, con frecuencia, manganeso en cantidades excesivas, ambos altamente tóxicos para la mayoría de los cultivos. Además poseen reservas relativamente limitadas de minerales primarios como fuentes de nutrimentos.

Otra desventaja importante, especialmente en los Oxisoles, es la baja capacidad de retención de agua. Este factor se compensa, en parte, por los perfiles muy profundos en muchos suelos, y la ausencia general de barreras físicas a la penetración radicular, a veces a profundidades de varios metros. Sin embargo, solo las especies tolerantes a suelos ácidos son capaces de desarrollar raíces en este perfil, para aprovechar la reserva de agua durante la estación seca. La mayoría de los cultivos anuales tienen una capacidad limitada de penetrar hasta el subsuelo profundo y son muy susceptibles a los períodos relativamente cortos de sequía, aún durante el período de lluvias, cuando el subsuelo permanece húmedo siempre.

Aunque las temperaturas ambientales raramente llegan a ser demasiado altas para el buen desarrollo de la planta, la alta temperatura del suelo con frecuencia limita el crecimiento de la planta bajo el manejo convencional en que se deja la superficie expuesta (Lal et al, 1975).

EL MANEJO DE SUELOS TROPICALES PARA LA PRODUCCION DE CULTIVOS

Cómo influyen estas ventajas y desventajas en el manejo de suelos y cuáles son los pasos a seguir para mejorar la eficiencia en la utilización de estas vastas áreas de tierras? La

mayor parte de los cultivos de subsistencia de áreas de Oxisoles y Ultisoles, se hallan en las regiones selváticas. La principal razón para éstos es que mucho más biomasa es acumulada en la vegetación selvática que en las sabanas. Al talar y quemar la selva, se liberan los nutrimentos acumulados en hasta 500 ton/ha de vegetación (materia seca), ocasionando un cambio drástico en la fertilidad y en las propiedades químicas del suelo de la capa superior. (La vegetación de la sabana rara vez acumula más de 5 ton/ha y los nutrimentos liberados al quemarse no son suficientes ni para un solo ciclo de cultivo). La ceniza neutraliza la acidéz de la capa arable del suelo y suministra una buena fertilidad para cultivos anuales o pastos.

La fertilidad creada así es sorprendentemente estable en pasturas permanentes, tal como se indica en estudios recientes realizados por Toledo y Morales (1978) y Serrao et al (1978). Se informa que el decrecimiento en productividad se debe principalmente, a una reducción muy rápida en la disponibilidad de fósforo, por causa de la fijación, después que la selva es talada y quemada. Se ha pensado que el motivo del abandono de áreas desmontadas, después de sólo unos pocos años de cultivo, se debía principalmente al decrecimiento en la fertilidad general del suelo y a un aumento en su acidéz. Los cultivos anuales ocasionan un decrecimiento más veloz de la fertilidad que las pasturas, por causa de la remoción de nutrimentos en las cosechas. Sin embargo, esta información reciente indicaría que el fósforo puede ser el principal factor limitante de fertilidad.

Las malezas pueden ser un motivo aún más importante para el traslado a nuevas áreas desmontadas que la fertilidad decreciente. Los herbicidas pueden ser utilizados para reemplazar el control manual o mecánico de malezas y podrían resultar sumamente importantes en la extensión del período de tiempo en que se pueda producir cultivos después del talado de la selva. El agricultor del trópico rara vez dispone de mano de obra adecuada y casi nunca tiene acceso a maquinaria para el control de las malezas. Le sería posible aumentar mucho su capacidad para manejar los cultivos comprando energía química, disponible en

pequeñas cantidades y aplicables con equipos sencillos y a un costo relativamente bajo.

Un informe de la Universidad del Estado de Carolina del Norte (1976) sobre una investigación realizada en Perú, anota claramente que es posible obtener rendimientos estables con un buen manejo, después de talar la selva tropical, por medio de rotaciones, siembras de abono verde, aplicaciones adecuadas de fertilizante y el mantenimiento de una cobertura sobre el suelo el mayor tiempo posible. Parece ser importante, también, no desmontar mecánicamente, salvo que sea posible el uso de insumos muy caros para reemplazar la pérdida de nutrimentos causada por los métodos de desmonte por el tractor de oruga.

En los casos donde las propiedades físicas son favorables, existen excelentes posibilidades de usar labranza "cero ó mínima". Trabajos realizados en el IITA (1976) demuestran la factibilidad de sistemas mecanizados, utilizando equipos apropiados que sean pequeños y económicos, accesibles para la mayoría de los pequeños agricultores. La labranza mínima requiere menos tiempo, es menos costosa y trae consigo la ventaja adicional de reducir mucho el peligro de erosión en suelos de laderas.

El empleo de residuos de cultivos como cobertura para reducir la pérdida de humedad del suelo y moderar la temperatura en la superficie, ha resultado valioso en muchas áreas (Lal, 1975).

Para superar el problema de la acidéz extrema del suelo, los agricultores vienen aprovechando las especies que son tolerantes al suelo ácido, desde hace siglos, reduciendo o eliminando la necesidad de encalar y asegurando un enraizamiento profundo y, por consiguiente, reduciendo el efecto de la sequía. En los últimos años, los científicos han reconocido la posibilidad de seleccionar especies y cultivares dentro de especies para tolerancia a suelos ácidos y, además, de un mejoramiento sistemático de variedades para tolerancia a suelos ácidos para reducir los costos de producción en áreas donde las distancias o la falta

de medios de acceso hacen que el uso de cal sea económicamente inaceptable (Spain, 1977). La búsqueda de especies tolerantes a suelos ácidos talvés se haga menos importante con el tiempo, a medida que el costo relativo de los insumos se reduzca y que los rendimientos absolutos sean más importantes. Debe anotarse que los subsuelos son muy difíciles si no imposibles de encalar, por consiguiente no es previsible una modificación inmediata en la importancia de tolerancia a suelos ácidos en la resistencia a la sequía, en áreas con peligro considerable de ésta, donde la irrigación es imposible o antieconómica.

Los agrónomos y fitomejoradores buscan también especies y cultivares que sean más eficientes en el uso de nutrimentos, especialmente fósforo, en suelos de baja fertilidad. Una vez más, este factor es mucho más importante en los pasos iniciales del desarrollo cuando, como en el caso de la cal, el costo de los fertilizantes resulta prohibitivo.

AGROPECUARIA BASADA EN FORRAJES

La fertilidad del suelo es relativa y depende de la escala en que se mide. Si medimos la fertilidad de los Oxisoles de los Llanos Colombianos con maíz, tendremos que anotar que los suelos son de los más infértiles que existen. Pero si medimos esa fertilidad con Stylosanthes capitata o Brachiaria decumbens el resultado es completamente distinto (CIAT, 1977). El suelo se muestra fértil y en realidad lo es, en términos de productividad de estas especies. Obviamente, cuanto más ácido el suelo y más limitada la disponibilidad de nutrimentos esenciales, más restringida será la gama de plantas que pueden ser utilizadas con el mínimo de insumos en tales suelos.

Afortunadamente, muchas gramíneas y leguminosas forrajeras son muy tolerantes a la acidéz extrema y a condiciones de baja fertilidad del suelo, porque se han desarrollado en regiones que se caracterizan por estas condiciones. Muchas poseen un potencial

excelente para la producción de ganado rumiante con el mínimo de insumos. Los sistemas ganaderos basados en pastos pueden resultar estables y representar riesgos relativamente bajos para el ecosistema, al tiempo que proveen un medio de formar un capital, durante las fases iniciales del desarrollo de nuevas áreas. En muchos casos, la producción de carne (y leche), es un paso hacia el desarrollo y una utilización de tierras mucho más intensiva, sobre todo en suelos con condiciones físicas y topográficas más favorables. Algunos suelos que nunca se prestarán para la agricultura, serán utilizados eficientemente para la producción intensiva de ganado, con grandes beneficios (Vicente Chandler, 1974).

La utilización de rumiantes también supera algunas de las desventajas de la baja fertilidad. Los rumiantes pueden emplearse para concentrar la fertilidad de un área grande en una pequeña, dentro y alrededor de los corrales, pudiéndose utilizar en la producción de cultivos alimenticios, principalmente para el consumo directo de la finca. El reciclaje de nutrimentos, en praderas bien manejadas, es eficiente y la fuga de estos en el producto cosechado (carne) es leve.

Algunas desventajas pueden convertirse en ventajas. Un ejemplo de esto se encontró en una reciente investigación, realizada en los Llanos Orientales de Colombia, en el desarrollo de métodos de bajo costo para el establecimiento de praderas en Oxisoles. Estos suelos permanecen libres de malezas por muchos meses después de su preparación, comenzando con sabana nativa, si no se aplica fertilizante al suelo recién labrado. Este hecho se debe principalmente a la baja fertilidad pero también a la carencia general de semillas de malezas en las regiones donde predominan las sabanas. Trabajos en Carimagua (CIAT, 1977) han demostrado la factibilidad de preparar la tierra y sembrar varias especies de pastos con una densidad muy baja, aplicando fertilizante solo en las plantas "madres", creando condiciones óptimas para el desarrollo de estas plantas para poblar todo el área, por medio de estolones o semilla producida en el sitio.

Se inició con poblaciones de 1000 matas/ha, con aplicaciones de fertilizante de 0.5 a 9 kg de P_2O_5 y 0 a 1.5 kg de K_2O /ha, aplicadas únicamente en la mata; el balance del fertilizante se aplica después de asegurado el establecimiento de la pradera. De 1000 matas de Andropogon gayanus/ha sembradas en Septiembre de 1977, se obtuvieron de 150-200 plantas/m² en Abril de 1978. La mayoría de las especies quedaron listas para el pastoreo permanente en un lapso de nueve meses después de la siembra.

EL PELIGRO DE FORMACION DE LA LATERITA

Se ha formado la idea que existe un gran peligro en la apertura de áreas tropicales lluviosas para un uso intensivo. La literatura sobre suelos tropicales continúa divulgando el mito del peligro general de la laterización, con el temor de que la mayoría de los suelos tropicales, desmontados de selvas o sabanas, se secarán y se endurecerán irreversiblemente, formando superficies como ladrillo, totalmente inútiles para la agricultura. La laterización ocurre en lugares en que la plintita (nódulos del suelo, firmes y ricos en hierro) y otros materiales del suelo ricos en hierro que se presentan en la capa superior del perfil, son expuestos al secamiento y luego, se endurecen irreversiblemente, convirtiéndose en nódulos de laterita o piedras masivas cementadas por el hierro. La plintita generalmente ocurre en suelos sometidos a un nivel freático fluctuante en la parte superior del perfil. La oxidación y la reducción, alternativamente, dan como resultado la precipitación del hierro al oxidarse éste, próximo a la superficie del suelo en la época de sequía. Moorman y Van Wambeke (1978) calculan que el total de dicha formación activa de plintita no alcanza al 2% de todas las tierras tropicales y, aún en estas mismas, es raro que la plintita sea expuesta de tal manera que se endurezca al usarse para la agricultura. Buol y Sánchez (1978) estiman que la presencia de la plintita en los 1.25m superiores del perfil se encuentra en un 7% de los suelos de las regiones de Oxisoles en América del Sur y que esa misma proporción se

guarda en los Ultisoles del sureste de los Estados Unidos.

Kellogg (1975) anota la gran utilidad de la laterita en los trópicos como material para la construcción. El autor ha observado bloques de plintita-laterita empleados en antiguos templos de Malasia. Aparentemente, estos bloques fueron cortados del subsuelo cuando aún estaban relativamente blandos y luego endurecieron irreversiblemente al ser expuestos a la atmósfera. En los Llanos de Colombia y en muchas otras regiones tropicales se emplea comunmente la laterita para la construcción de caminos.

CONCLUSION

Las principales limitaciones a la mayor producción en los suelos predominantes del trópico húmedo pueden ser fácilmente eliminadas por la aplicación de fertilizantes y/o cal. Al eliminarse estas limitaciones, la mayoría de los Oxisoles y Ultisoles se convierten en altamente productivos. Los insumos requeridos varían de suelo a suelo y de cultivo a cultivo pero siempre cuestan dinero. Este dinero estará invertido cuando el agricultor y el ganadero del trópico tengan acceso a los mercados y perciban un retorno justo sobre su inversión.

REFERENCIAS

- AUBERT, G., and R.TAVERNIER. 1972. Soil Survey. pp.17-44.
in Soils of the humid tropics, Nat. Acad. of Sciences.
Washington D.C.
- BUOL, S.W. and P.A.SANCHEZ. 1978. Rainy tropical climates :
physical potential, present and improved farming systems.
pp.292-311. in Plenary Session Papers, 11th International
Congress of Soil Science, Volume 2.
- CIAT, 1977. Annual Report. Beef Production Program Section.
pp. A45-A65. Centro Internacional de Agricultura Tropical.
Cali, Colombia.
- IITA, 1976. Annual Report. International Institute for Tropical
Agriculture. Ibadan, Nigeria.
- KELLOGG, C.E. 1975. Agricultural development: Soil, food,
people, work. Soil Sci.Soc. of America, Madison, Wisc.
- LAL, R. 1975. Role of mulching techniques in tropical soil and
water management. IITA Tech.Bul.1. International Institute
for Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria.
- LAL, R., B.T.KANG, F.R. MOORMAN, A.S.R. JUO, and J.C.MOOMAW. 1975.
Soil management problems and possible solutions in Western
Nigeria. pp.372-408 in E.Bornemiza, and A.Alvarado, eds.
Soil management in Tropical America. North Carolina State
University, Raleigh, N.C.
- MOORMAN, F.R. and A.VAN WAMBEKE. 1978. The soils of the lowland
rainy tropical climates: Their inherent limitations for
food production and related climatic restraints. pp.273-291.
in Plenary Session Papers, 11th International Congress of
Soil Science. Volume 2.

NORTH CAROLINA STATE UNIVERSITY. 1976. Agronomic-economic research on tropical soils. Annual Report. Soil Science Department, N.C. State Univ., Raleigh.

SANCHEZ, P.A. 1976. Properties and management of soils in the tropics. Wiley Intersc. Publ.

SERRAO, E.A.S., I.C. FALESI, J.B. DE VEIGA y J.F. FERREIRA TEIXEIRA-NETO. 1979. Productivity of cultivated pastures on low fertility soils of the Amazon of Brazil. in P.A. Sánchez and L.E. Tergas eds. Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT. Cali, Colombia.

SPAIN, J.M. 1977. Field studies on tolerance of plant species and cultivars to acid soil conditions in Colombia. pp.213-222. in M.J. Wright, ed. Plant adaptation to mineral stress in problem soils. Cornell University, Ithaca, N.Y.

TOLEDO, J.M. y V. MORALES. 1979. Establishment and management of improved pastures in the Peruvian Amazon. in P.A. Sánchez and L.E. Tergas eds. Pasture Production in Acid Soils of the Tropics. CIAT, Cali, Colombia.

USDA (SOIL SURVEY STAFF) 1975. Soil Taxonomy. A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. Soil Conservation Agr. Handbook No. 436, Washington, D.C.

VICENTE-CHANDLER, J.E. ABRUÑA, R. CARO-COSTAS, E.J. FIGARELLA, S. SILVA and R.W. PEARSON. 1974. Intensive grasslands management in the humid tropics of Puerto Rico. Univ. Puerto Rico. Agr. Exp. Sta. Bul. 233.

CUADRO 1. DISTRIBUCION APROXIMADA DE LOS SUELOS DOMINANTES DEL TROPICO HUMEDO (SANCHEZ, 1976).

	10 ⁶ Ha.			
	<u>Oxisoles</u>	<u>Ultisoles</u>	<u>Alfisoles</u>	<u>Total</u>
Sur América	500	200	150	850
Africa	500	100	550	1,150
Asia	Tr.?	250	100	350
T O T A L	1,000	550	800	2,350
	=====	=====	=====	=====

<u>CARACTERISTICA</u>	<u>VENTAJA</u>	<u>LIMITACION</u>
1. BAJA FERTILIDAD	Bajo potencial de malezas. Menor peligro de invasión de malezas.	Rango limitado de especies adaptadas Baja productividad.
2. ACIDEZ EXTREMA	Permite uso de fuentes poco solubles de P. Aumenta disponibilidad de elementos menores con excepción de Mo. Controla algunas enfermedades que sobreviven en el suelo. Reduce el rango de malezas.	Toxicidad de Al, Mn. Rango limitado de especies adaptadas
3. CAPACIDAD DE INTERCAMBIO CATIONICO (CIC)BAJA	Bajo requerimiento de cal. Tasas más bajas de fertilizantes requeridos.	Reserva limitada de bases.
4. FIJACION DE P.		Baja eficiencia en el uso de P.
5. BAJA CAPACIDAD DE RETENCION DE AGUA DISPONIBLE.		Susceptibles aún a períodos cortos se sequía.
6. FALTA DE MINERALES PRIMARIOS		Poca reserva de nutrimentos.
7. PREDOMINANCIA DE ARCILLAS TIPO 1:1	No se vuelven plásticos, pegajosos.	No tienen base para una autorecuperación de estructura.
8. ESTRUCTURA FRIABLE Y ESTABLE, ALTA POROSIDAD.	Buen drenaje, buena aeración, fáciles de trabajar.	Susceptibles a la lixiviación.
9. TOPOGRAFIA PLANA	Facilmente mecanizable.	
10. PERFIL PROFUNDO, LIBRE DE OBSTACULOS FISICOS A LA PENETRACION DE RAICES.	Enraizamiento profundo de especies adaptadas. Gran reserva potencial de humedad.	
11. PRESENCIA DE LATERITA.	Material para la construcción, carreteras.	Impide la labranza, cultivación.