

Manual para la Evaluación Agronómica

**Red Internacional de
Evaluación de Pastos Tropicales**

El CIAT es una institución sin ánimo de lucro, dedicada al desarrollo agrícola y económico de las zonas tropicales bajas. Su sede principal se encuentra en un terreno de 522 hectáreas, cercano a Cali. Dicho terreno es propiedad del gobierno colombiano, el cual, en su calidad de anfitrión, brinda apoyo a las actividades del CIAT. Este dispone igualmente de dos subestaciones propiedad de la Fundación para la Educación Superior (FES): Quilichao, con una extensión de 184 hectáreas, y Popayán, con 73 hectáreas, ambas en Cauca. Junto con el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), el CIAT administra el Centro de Investigaciones Agropecuarias Carimagua, de 22,000 hectáreas, en los Llanos Orientales, y colabora con el mismo ICA en varias de sus estaciones experimentales en Colombia, así como con instituciones agrícolas nacionales en otros países de América Latina. Varios miembros del Grupo Consultivo para la Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) financian los programas del CIAT. Durante 1982 tales donantes son: la Fundación Rockefeller, la Fundación Ford, el Banco Internacional para Reconstrucción y Fomento (BIRF) por intermedio de la Asociación Internacional de Desarrollo (IDA), el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), la Comunidad Económica Europea (CEE), el Fondo Internacional para el Desarrollo Agrícola (IFAD), y las agencias de cooperación internacional de los gobiernos de Australia, Bélgica, Canadá, España, Estados Unidos, Holanda, Japón, México, Noruega, el Reino Unido, la República Federal de Alemania y Suiza. Además, varios proyectos especiales son financiados por algunas de tales entidades y por la Fundación Kellogg, el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), y el Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID).

La información y las conclusiones contenidas en esta publicación no reflejan necesariamente la posición de ninguna de las instituciones, fundaciones o gobiernos mencionados

ISBN 84-89206-12-0
Serie CIAT 075G-1(82)
Julio, 1982

Manual para la Evaluación Agronómica

Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales

Editor técnico: José M. Toledo

Centro Internacional de Agricultura Tropical 

Centro Internacional de Agricultura Tropical, CIAT
Apartado 6713
Cali, Colombia

ISBN 84-89206-12-0
Serie CIAT 07SG-1(82)
Julio, 1982

Cita bibliográfica:

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.

Ecosistemas/ Sabanas/ Llanos/ Bosque húmedo tropical/Cerrado/ Oxisoles/ Ultisoles/ América Latina/ Caribe/ Germoplasma/ Introducciones/ Evaluación/ Adaptación/ Climas/ Suelos/ Establecimiento/ Persistencia/ Aeschynomene spp./ Centrosema spp./ Desmodium spp./ Glycine spp./ Leucaena spp./ Macroptilium spp./ Stylosanthes spp./ Vigna spp./ Zornia latifolia/ Andropogon gayanus/ Panicum maximum/ Brachiaria spp./ Melinis minutiflora/ Cynodon sp./ Pueraria phaseoloides/ Praderas naturales/ Praderas mixtas/ Enfermedades y patógenos/ Antracnosis/ Colletotrichum spp./ Mancha foliar/ Cercospora spp./ Nematodo del nudo de la raíz/ Meloidogyne javanica/ Insectos perjudiciales/ Homoptera/ Cercopidae/ Aeneolamia spp./ Deois spp./ Zulia spp./ Minerales/ Deficiencias/ Toxicidad/ Nutrición vegetal/ N/P/K/Ca/Mg/ Micronutrientes/ Fijación de N/ Rhizobium/ Inoculación/ Nodulación/ Siembra/ Fertilizantes/ Rendimiento/ Materia seca/ Producción de semilla/ Altura de la planta/ Cobertura/ Análisis estadístico/ Brasil/ Colombia.

Tiraje: 1000 ejemplares.

Contenido

Prefacio	7
Participantes en la Reunión de Trabajo preparatoria de este manual .	11
Objetivos y Organización de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales, <i>José M. Toledo</i>	13
Caracterización Agroecológica para el Desarrollo de Pasturas en Suelos Acidos de América Tropical, <i>Thomas T. Cochrane</i>	23
Evaluación de Enfermedades en Pastos Tropicales en el Area de Actuación, <i>Jillian M Lenné</i>	45
Evaluación del Daño Causado por Insectos, <i>Mario Calderón</i>	57
Síntomas Foliare de Deficiencias y Toxicidades Minerales en Pastos Tropicales, <i>José G. Salinas, Jose I. Sanz, Ramiro Garcia</i> . .	73
Manejo de las Leguminosas Forrajeras para los Estudios de Fijación de Nitrógeno por <i>Rhizobium</i> , <i>R. S. Bradley</i>	83
Metodología para la Evaluación Agronómica de Pastos Tropicales, <i>José M. Toledo, Rainer Schultze-Kraft</i>	91
Muestreo de suelo y Tejido Vegetal en los Ensayos Regionales A y B, <i>José G. Salinas</i>	111
Recopilación, Procesamiento y Análisis de Información, <i>María Cristina Amézquita</i>	117
Apéndices A-H	127

Prefacio

La carne vacuna y la leche son productos básicos en la dieta de América Latina tropical y el Caribe; aun los consumidores de bajos ingresos en la región demuestran una gran preferencia por tales alimentos al invertir en su adquisición entre el 10 y el 32% de sus magros recursos. Debido a que durante las dos últimas décadas la demanda por estos productos ha venido aumentando a tasas superiores a las de la producción, los precios han subido en términos reales en detrimento de la dieta y de los ingresos reales de los sectores de menores recursos. Este desbalance se debe tanto a factores relacionados con la demanda como a la baja productividad ganadera.*

El aumento de la demanda por los productos de origen animal se debe al crecimiento de la población y al aumento en los ingresos de la misma, combinado con sus marcadas preferencias por tales productos.

La baja productividad de la ganadería de la región se debe a la combinación de varios factores, incluyendo razas, aspectos sanitarios, prácticas de manejo y nutrición de los animales. La limitada cantidad y calidad del forraje disponible se ha señalado como el factor más limitante, particularmente en condiciones de suelos de baja fertilidad donde la ganadería está cumpliendo un papel pionero en la expansión de la frontera agrícola.

En América Latina tropical la ganadería está presente ya sea en ecosistemas como los de los Llanos y Cerrados con sus

* CIAT 1980. Informe 1980, y CIAT. 1981. Informe CIAT 1981. Centro Internacional de Agricultura Tropical, Cali, Colombia.

variantes de sabanas bien y mal drenadas, como en condiciones de bosques tropicales húmedos. El área delimitada por la frontera agrícola más grande de la región abarca aproximadamente mil millones de hectáreas de bosques y sabanas tropicales en las cuales predominan los suelos ácidos e infértiles (oxisoles y ultisoles); aquí el recurso tierra está subutilizado y las cargas y productividad animal son bajas.

Desarrollar tecnologías que garanticen alta productividad por animal y por unidad de superficie en esta región es un reto que el Programa de Pastos Tropicales del CIAT está afrontando mediante investigaciones y trabajos. Estos incluyen el uso de bajos insumos y gran énfasis en la selección y desarrollo de germoplasma de gramíneas y leguminosas forrajeras adaptadas a las condiciones propias de la región, especialmente con relación a las enfermedades, plagas y suelos ácidos de baja fertilidad predominantes.

Durante la primera reunión de trabajo de la Red Internacional de Pastos Tropicales efectuada en octubre de 1979, se concretaron los objetivos y organización de la red, así como los métodos a seguir en la evaluación del material genético procedente de los respectivos bancos de germoplasma de las instituciones nacionales y del CIAT. Con la participación de 90 investigadores y funcionarios representantes de 40 instituciones de 14 países se sentaron las bases para la estructuración de un plan de trabajo con una secuencia bien definida de evaluaciones, tanto desde el punto de vista agronómico (Ensayos A y B) como en relación con el animal (Ensayos C y D).

En este manual, el segundo de una serie programada para uso por la Red Internacional de Pastos Tropicales, se resumen las metodologías acordadas en la mencionada reunión para las evaluaciones agronómicas en los ensayos regionales A y B. El primero trató lo concerniente a "Colección, Preservación y Caracterización de los Recursos Forrajeros Tropicales", y el próximo versará sobre las metodologías en los Ensayos Regionales C y D las cuales, de acuerdo con la secuencia establecida, han de iniciarse próximamente.

Esta publicación pretende ser una guía que permita a los participantes en la Red uniformar sus técnicas de evaluación

de los materiales en dichos ensayos; tal uniformidad es importante para obtener información confiable y además comparable a través de las localidades, y para conocer mejor el germoplasma más susceptible de adaptación a los distintos ecosistemas de la región. De esta manera se mantiene un acervo de datos a disposición de todos los participantes de la Red, quienes así se benefician de las economías de escala resultantes de la colaboración en investigación.

Una activa participación de los programas nacionales de investigación ha sido y será la base del éxito de estas evaluaciones. En beneficio de todos los países participantes en la Red, se espera seguir contando con la colaboración y entusiasmo de los programas nacionales para alcanzar el objetivo último de mejorar la productividad ganadera e incorporar a la ganadería las tierras marginales de la región en forma más rápida y eficaz.

Gustavo A. Nores

El autor del prefacio es el director de Investigación en Recursos de Tierras, y anteriormente coordinador del Programa de Pastos Tropicales del CIAT.

Participantes en la Reunión de Trabajo preparatoria del presente manual*

Participantes	País	Institución
Raymond Jones	Australia	CSIRO
Luis Aguirre D., Emma Viruez S.	Bolivia	Centro de Investigación Agrícola Tropical
José M. Pereira	Brasil	CEPLAC Bahía
Walter Couto, C. Patrick Moore, Derrick Thomas		CIAT-CPAC Brasilia
José N.S. Maciel		EMAPA Maranhão
Odon P. Santana		EMBRAPA Brasilia
Lido Coradin, Armando P. Teixeira		EMBRAPA/CENARGEN Brasilia
Ignacio Porceksansky S.		EMBRAPA/CNPGC, Mato Grosso
Maurilio J. Alvim, Margarita M. de Carvalho, Otto L. Mozzer		EMBRAPA/CNPGL Minas Gerais
Ronaldo P. de Andrade, Darci T. Gómez, Claudio Sanzonowicz		EMBRAPA/CPAC Brasilia
Emanuel A. Serrão, José F.T. Neto		EMBRAPA/CPATU, Pará
Xavier C. Furtado		EMGOPA, Goiás
Reginaldo Amaral, Nuno M. de S. Costa, João M. de S. Andrade		EPAMIG, Minas Gerais
Paul E. Novelly		FAO/UEPAE, Teresina, Piauí
Henrique G. Schreiner		IAPAR, Paraná
Ignacio F. Carrillo P.	Colombia	CENICAFE
Programa de Pastos Tropicales		CIAT
Diego Orozco G.		Fondo Ganadero del Putumayo
Alfonso Acosta A., Enrique Alarcón M., Carlos E. Gavilanes, Jaime Lotero C.		ICA
Tomás Ruiz V.	Cuba	Instituto de Ciencia Animal
Nelson Montiel B., Gilberto Navarro S., Juan J. Paretas F., Elidoro Ruiz C.		Ministerio de Agricultura

* Esta reunión tuvo lugar en el CIAT Cali, Colombia, en octubre de 1979.

(continuación)

12

Participantes	País	Institución
Jorge H. Cáceres R., Manuel T. Freire B. Leonardo Berrezueta A., John Bishop, Kleber A. Muñoz M., Washington Padilla G.	Ecuador	Escuela Superior Politécnica de Chimborazo INIAP
James W. Smith Wilbert W. Hope	Guyana	Livestock Development Co. Ltd. Ministry of Agriculture
Jocelyn A. Richards	Jamaica	Ministry of Agriculture
Manuel Galindo T.	México	INIA
Jorge L. Díaz F.	Nicaragua	INTA
Eduardo Delgado R. Kenneth R. del Aguila Miguel Ara G., Dale E. Bandy Victor Morales O., Luis A. Pinedo S. Manuel E. Rosemberg B.	Perú	COPERHOLTA, Tarapoto INIA/CTA Tarapoto INIA/NCSU, Yurimaguas IVITA Pucallpa Univ. Agraria "La Molina" Tarapoto
Roel F. Druiventak	Surinam	Ministry of Agriculture
Nand Persad	Trinidad	Ministry of Agriculture
Santiago Rodríguez-Carrasquel María D. Escobar R., Jesús A. Faria M., Guillermo R. Torres G., Néstor A. Tafur V. Pío J. Arias, Amadeo Campero G., Manasés E. Capriles P., Eduardo Chacón R., Omar A. Garrido V. César Alcalá, Raul Zapata H. Iván Urdaneta, Ramón Paredes B.	Venezuela	Centro Nal. de Investigaciones Agropecuarias FONAIAP FUSAGRI Universidad Central de Venezuela Universidad de Oriente Universidad del Zulia

Objetivos y Organización de la Red Internacional de Evaluación 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".

La red permite a las instituciones del continente compartir el germoplasma de los bancos activos existentes, estudiar el comportamiento del germoplasma nuevo bajo una 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

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

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.

Problemática

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 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 semi-siempreverde 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.

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 oxisoles ni ultisoles: Uruguay, El Salvador, Antigua, Bahamas, Barbados, Curazao y Antillas Menores.

Lo anterior, visto a nivel continental, es sin lugar a dudas un objetivo complejo y ambicioso, pero 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, suelo, 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 investigación. 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.

Organización

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.

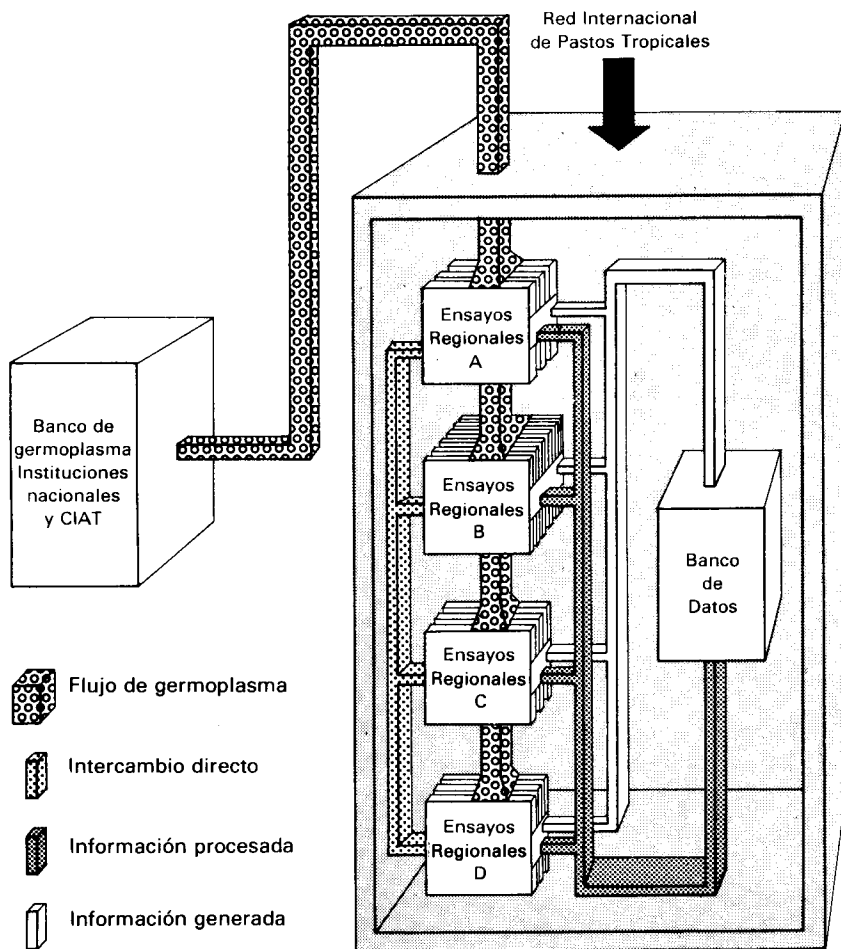


Figura 1. Organización de la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales.

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. (Ver capítulo "Caracterización agroecológica para el desarrollo de pasturas en suelos ácidos de América tropical".)
- b. Los Ensayos Regionales B (ERB), a través de los cuales se evalúa la productividad bajo corte de las diferentes entradas seleccionadas en 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 agrónomicamente 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 del germoplasma.

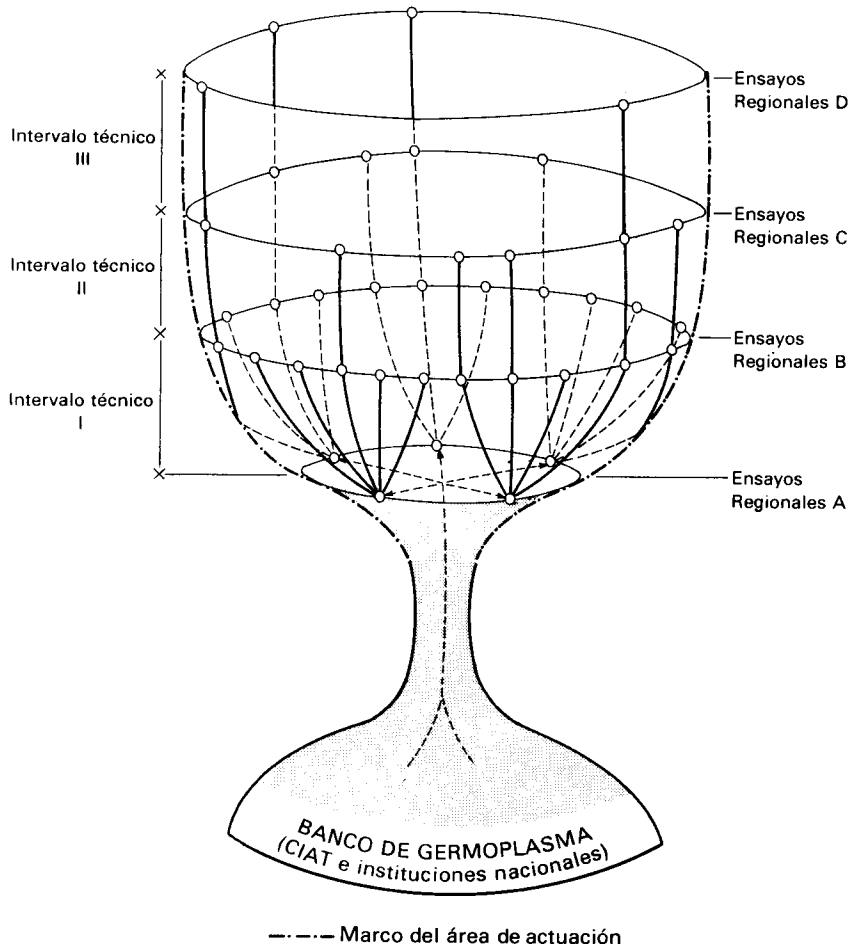


Figura 2. Representación esquemática del flujo ideal de germoplasma.

El Cuadro 2 muestra la información que se obtiene mediante los cuatro tipos de ensayos regionales de la red. Indica además, la información 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 un 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	<ul style="list-style-type: none"> 1. Adaptación a clima y suelo 2. Tolerancia a enfermedades e insectos 3. Requerimientos nutricionales <ul style="list-style-type: none"> a) de establecimiento b) de mantenimiento
Ensayos regionales B	<ul style="list-style-type: none"> 4. Crecimiento y productividad estacional 5. Calidad nutritiva estacional 6. Compatibilidad entre gramíneas y leguminosas
Ensayos regionales C	<ul style="list-style-type: none"> 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.

Caracterización Agroecológica para el Desarrollo de Pasturas en Suelos Acidos de América Tropical

Thomas T. Cochrane*

Con el fin de crear en América tropical una base firme para el desarrollo y transferencia eficaces de la agrotecnología basada en germoplasma y facilitar la revisión de las prioridades de la investigación de acuerdo con las realidades geográficas y tendencias económicas de la región, se está evaluando actualmente la información sobre recursos de tierra en términos de clima, relieve, vegetación y suelos.

Este trabajo, que el CIAT adelanta en unión con varias instituciones nacionales**, se inició a mediados de 1977 (1, 2, 4) como un estudio específico de las regiones con suelos ácidos para ayudar a establecer prioridades en la investigación de pastos tropicales; actualmente abarca cerca de mil millones de hectáreas (Figura 1).

Para agilizar el análisis de la información sobre los recursos de tierra, se ha establecido un sistema para el almacenamiento, recuperación y análisis de datos en computador, con facilidades para la publicación de mapas y datos, sistema que está a disposición de las instituciones nacionales e internacionales que lo requieran, en una serie de cintas y de disquetes.

Los detalles de este estudio se dan en el "Manual Explicativo del Estudio Computarizado del CIAT sobre los Recursos de Tierra de América Tropical" (5), el cual se resume en el gráfico de flujo que presenta la Figura 2. Los hallazgos preliminares del estudio han ayudado a definir amplias zonas agroecológicas para el desarrollo de pastos tropicales.

* PhD, Especialista en Recursos de Tierras.

** Ministerios de Agricultura o de Recursos Hidráulicos de la mayoría de los países latinoamericanos y la Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Centro de Pesquisa Agropecuaria dos Cerrados), Brasil.

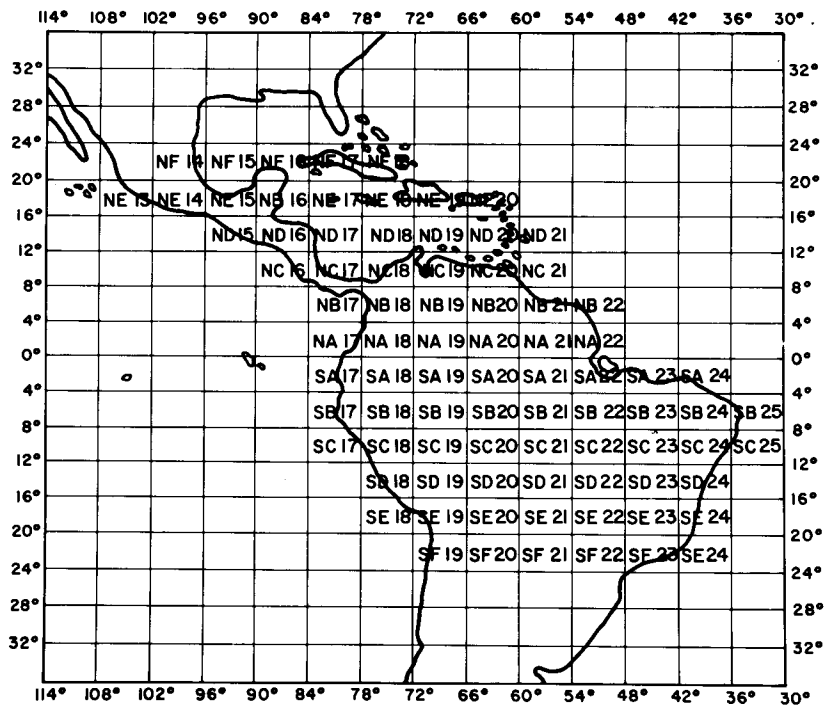


Figura 1. Cobertura del mapa del CIAT del sistema de tierra en las tierras bajas de América del Sur tropical. Los códigos (número y letra) son los del índice usado para el Mapa Mundial a la escala 1:1.000.000.

Vegetación Nativa y Clima

Aproximadamente 270 millones de hectáreas de la América del Sur tropical están cubiertas por sabanas y 600 millones de hectáreas están cubiertas por bosques. La distribución de la vegetación nativa se muestra en la Figura 3. Las clases de vegetación son: sabanas mal drenadas, sabanas bien drenadas, bosque húmedo tropical, bosque estacional tropical semisiempreverde, bosque tropical caduco y semicaduco, "caatinga" (vegetación caduca, seca, típica de algunas partes de Brasil) y "otras" que incluyen bosques pobremente drenados, bosques submontados, etc.

El término "sabanas bien drenadas" comprende aquellos tipos de vegetación conocidos en Brasil como "cerrados" y descritos en detalle por Eiten (10); las definiciones de los bosques están de acuerdo con las descritas por Eyre (11).

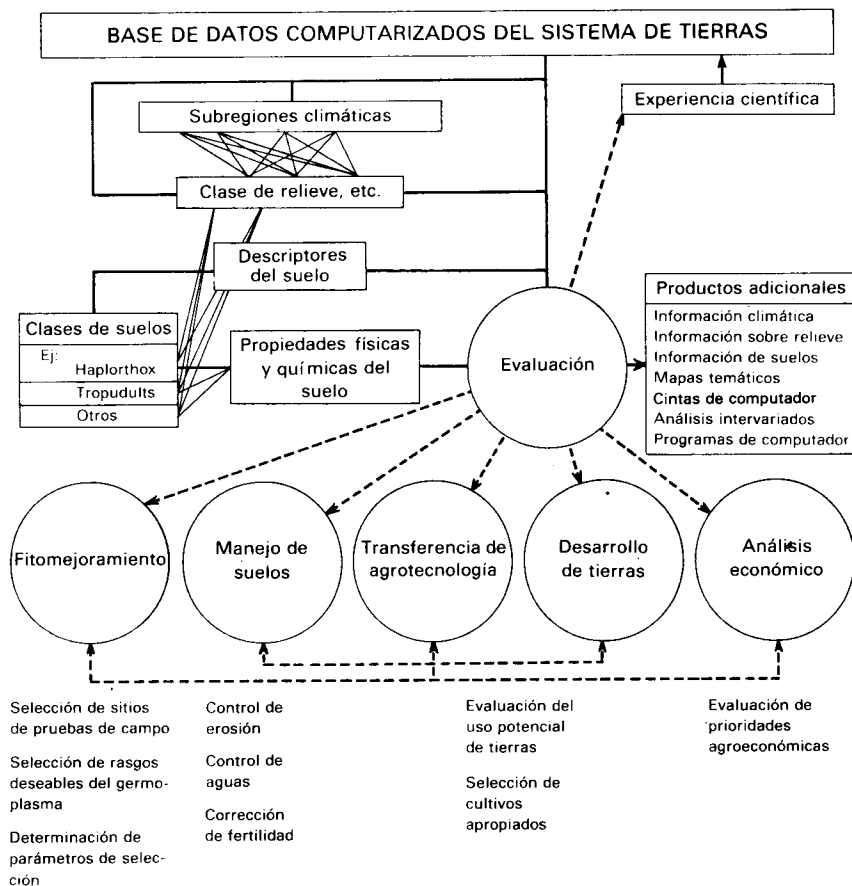


Figura 2. Diagrama de flujo del inventario de recursos de tierra del CIAT. Las líneas continuas indican las rutas del computador para uso del estudio de recursos de tierra. Las líneas punteadas indican las contribuciones del estudio a las esferas de desarrollo agrotecnológico.

Las sabanas mal drenadas se encuentran a lo largo de Brasil en el Pantanal (Mato Grosso), el "Pantanal de Araguaia", las cercanías de Humaita en el sur de la Amazonia, en la isla de Marajó en las bocas del río Amazonas y en el norte de Amazonia al sur de Boa Vista. También predominan en las Pampas de Mojos en los Llanos Orientales de Bolivia, y una extensa área se halla en los Llanos Orientales de Colombia al norte del Río Meta (Llanos de Casanare y Arauca), que se extienden hacia el sur de Venezuela hasta el río San Fernando de Apure.

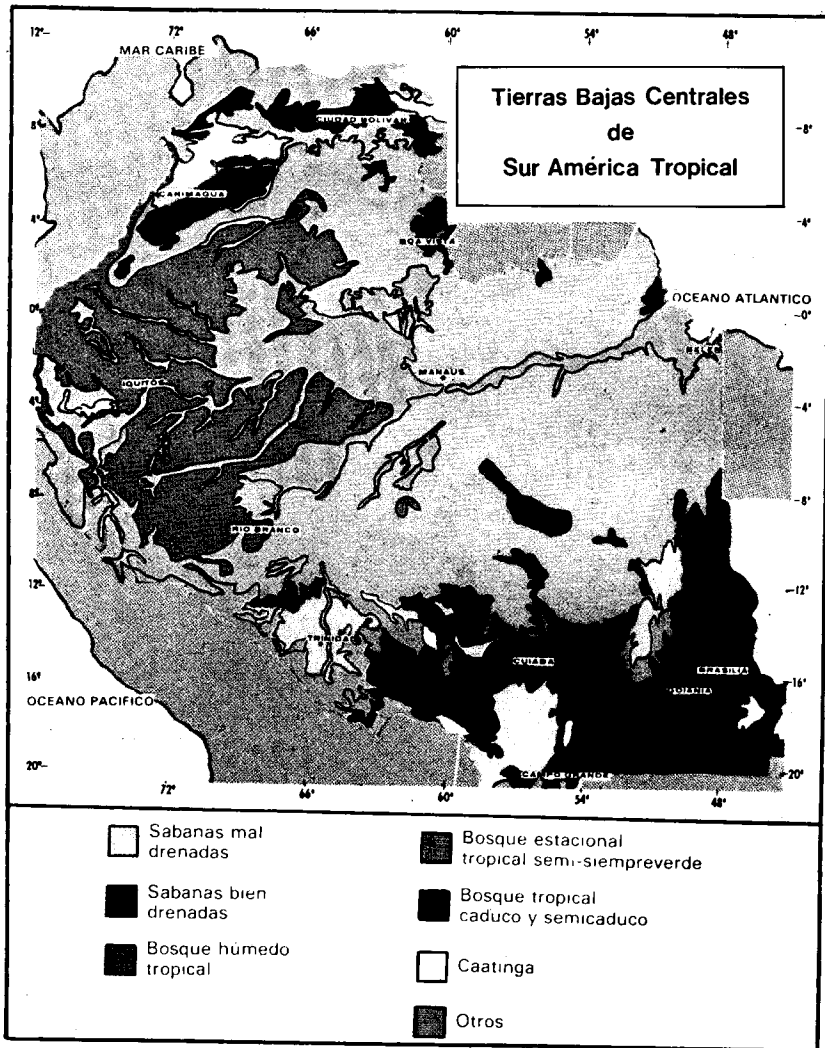


Figura 3. Clases de vegetación natural en las tierras bajas centrales de América del Sur tropical.

Las sabanas mal drenadas son consecuencia de la presencia de subsuelos de texturas finas (arcillosas) debajo de capas superficiales de suelo de textura más gruesa; se saturan rápidamente con agua al comienzo de la época de lluvias y permanecen anegadas por largos períodos aun dentro de la época seca siguiente. Estas condiciones favorecen más el crecimiento de gramíneas que las del ecosistema de bosque. Los habitantes precolombinos de las Pampas de Mojos al oriente de Bolivia superaron los problemas de anegamiento

desarrollando el cultivo de sus alimentos en camas levantadas, de las cuales todavía hay evidencias que constituyen un enigma para los arqueólogos (9).

Las sabanas mal drenadas son muy importantes para el levante extensivo de ganado en el subcontinente, y su aprovechamiento estratégico por parte de los ganaderos es una buena práctica, ya que estas sabanas suministran forraje aceptable para los animales durante la estación seca.

Los trabajos preliminares para investigar la dependencia de la vegetación natural de las tierras bien drenadas con respecto al clima, adelantados como resultado de la evaluación de los recursos de tierra de la parte centro-occidental de Brasil, indicaron una estrecha relación entre el total de la Evapotranspiración Potencial durante la Estación de Lluvias (WSPE)* y la vegetación de sabana.

La estación de lluvias se definió como aquella parte del año con un Índice de Disponibilidad de Humedad Mensual (MAI)** mayor de 0.33. El MAI, que fue introducido en la literatura mundial por Hargreaves (14), es un índice adecuado de humedad con una probabilidad de precipitación del 75 por ciento; se define como la relación entre la precipitación confiable (DP)***, o sea la precipitación que sería igualada o excedida en tres de cuatro años y la Evapotranspiración Potencial (POTET)**. La ecuación es: $MAI = DP/POTET$.

La WSPE, por lo tanto, corresponde a la estación de crecimiento anual, y es un estimativo aproximado del total de energía anual disponible para el crecimiento de la planta. Investigaciones preliminares en la región central de Brasil indicaron que había una frecuencia mucho más grande de vegetación de tipo "cerrado" (sabana) entre el rango de 900 y 1050 mm de evapotranspiración potencial.

Después de este hallazgo, Cochrane y Jones (8) realizaron un análisis profundo comparando la dependencia de los tipos de vegetación con varios parámetros climáticos a lo largo de América del Sur tropical; encontraron que la WSPE y el promedio de la temperatura mensual durante la estación de lluvias (WSMT)*** tenían mayor influencia.

* Sigla correspondiente a la expresión inglesa: Wet Season Potential Evapotranspiration.

** Siglas correspondientes a las expresiones inglesas: Monthly Availability Index; Dependable Precipitation; Potential Evapotranspiration.

*** Sigla correspondiente a la expresión inglesa: Wet Season Monthly Temperature.

Para los 251 sitios con datos meteorológicos a largo plazo y en los cuales Hancock *et al.* (13) realizaron cálculos mensuales de POTET y MAI, se asignó una clase de vegetación, y las observaciones se sometieron a un análisis diferencial; se proyectaron en el computador según la clase de vegetación en el espacio de WSPE x WSMT y se obtuvo como resultado la agrupación de los tipos de vegetación que se pueden observar fácilmente en la Figura 4.

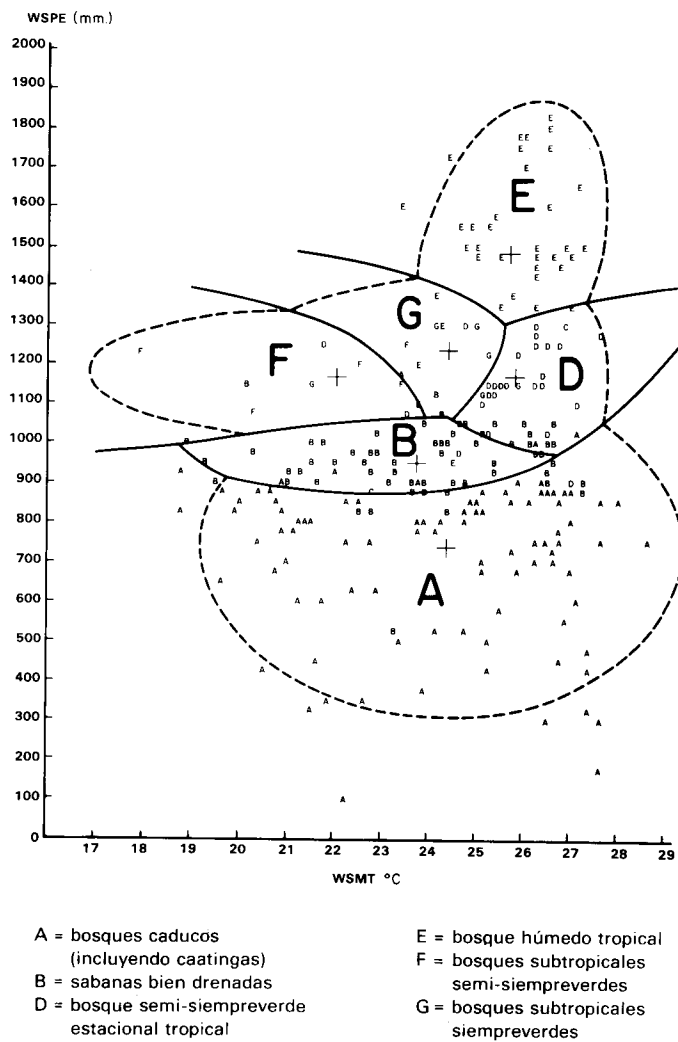


Figura 4. Dendrograma de las clases de vegetación, según el total de evaporación potencial durante la estación lluviosa (WSPE) y el promedio de la temperatura durante la misma (WSMT). Las líneas continuas indican igual probabilidad de asignaciones y las líneas punteadas son elipsoides de 95% de confiabilidad para las clases de vegetación.

El grupo de sabanas bien drenadas (B) coincide con una faja compacta a través del centro del diagrama de la Figura 4, lo que indica que este grupo se puede diferenciar sólo con la WSPE. Desde luego, el rango de WSPE experimentado por la vegetación de sabana es notablemente bajo, alrededor de 901 a 1060 mm de POTET.

Otros tipos de vegetación, aunque claramente dependientes de WSPE, parecen estar más diferenciados por la época de crecimiento; ellos son los bosques caducos (A), los bosques estacionales semisiempreverdes (D), el bosque húmedo tropical (E), el bosque subtropical semisiempreverde (F), y el bosque subtropical siempreverde (G). Las sabanas mal drenadas no se pudieron incluir en el análisis porque sólo existían datos de dos sitios.

La WSPE, por lo tanto, se puede considerar como una medida efectiva para separar los climas en el trópico de baja elevación de América del Sur y, lo que es de gran importancia para la agricultura, como una medida del potencial de producción de cultivos perennes no irrigados.

Para las investigaciones del CIAT sobre el desarrollo de pasturas se decidió hacer una subdivisión más de las sabanas bien drenadas. Se observó que aunque las sabanas estén ocupando un nicho ecológico bien definido por la WSPE o por el potencial climático de crecimiento, hay una considerable diferencia en términos de regímenes de temperatura; éstos parecen ser una función tanto de la altura como de la latitud. Es probable que esta diferencia influya en la adaptación de los tipos de especies y cultivares.

En consecuencia, las sabanas se agruparon tentativamente en dos grupos climáticos amplios: las que tienen un promedio de temperatura menor de 23.5°C durante la época de lluvias y las que presentan temperaturas mayores de 23.5°C.

La Figura 5 es un mapa elaborado a partir de diagramas de computador, que muestra la subdivisión de las tierras bajas centrales de la América del Sur tropical en términos de cinco subregiones climáticas establecidas de acuerdo con el uso combinado de la WSPE, el número de meses lluviosos y el promedio de las temperaturas mensuales de la estación lluviosa.

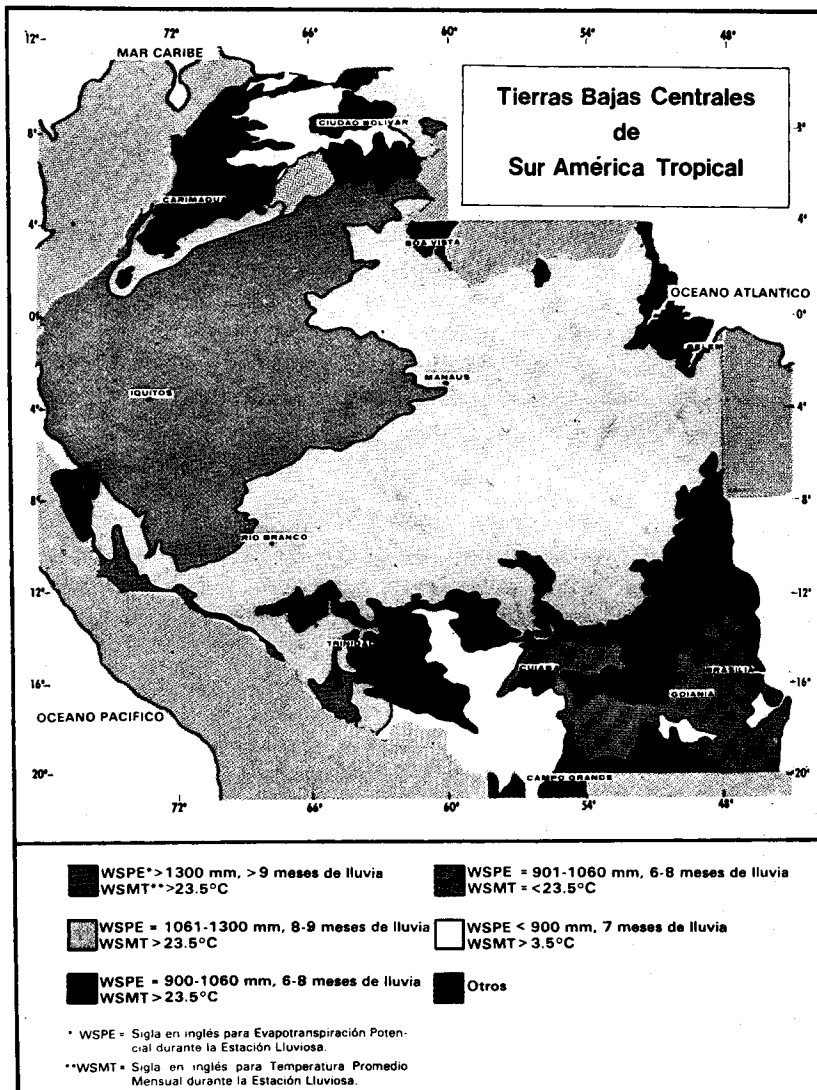


Figura 5. Subregiones climáticas de las tierras bajas centrales de América del Sur tropical.

Sistemas de Tierra

Dentro de los amplios regímenes climáticos hay variaciones en clima, paisaje y suelos, que definen los ecosistemas agrícolas de manera más precisa; el enfoque del CIAT para esta definición siguió el de Christian y Stewart en su estudio de la región de Katherine Darwin al norte de Australia (3).

Para el estudio del CIAT el sistema de tierra se redefinió como "un área o grupo de áreas a través de las cuales hay un patrón recurrente de clima, paisaje y suelos". De esta manera, se identificaron geográficamente las regiones análogas en términos de climas, relieve, vegetación y suelos, y se cuantificaron las características de estas regiones.

Zonas Agroecológicas

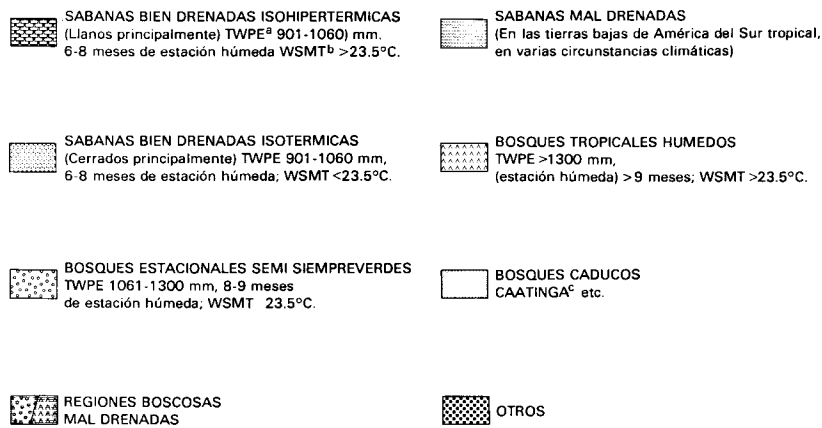
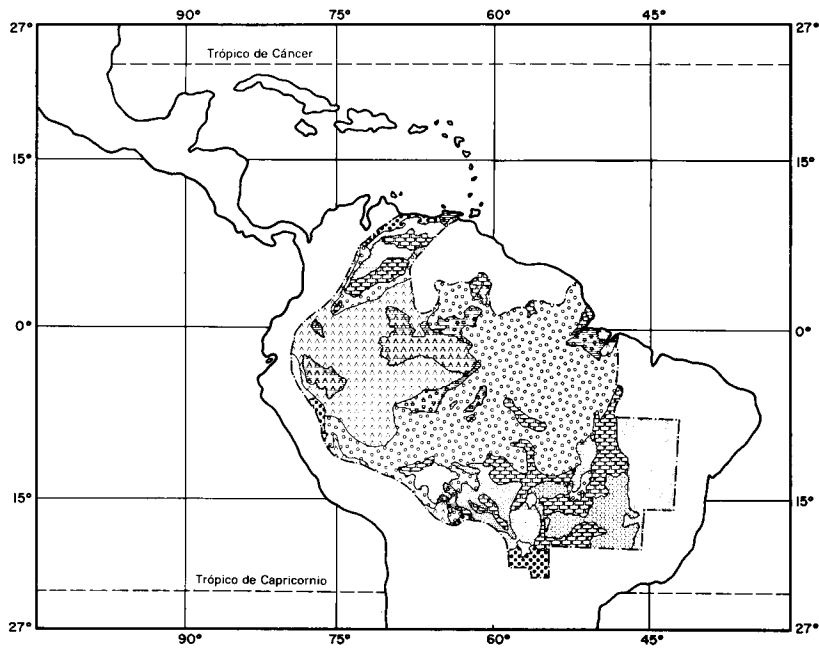
Debido a que fueron numerosos los sistemas de tierras que se identificaron (más de 450 de las tierras bajas de América tropical), se hizo necesario subdividir la región en zonas agroecológicas mucho más amplias. Así, se seleccionaron en forma provisional cinco zonas agroecológicas para definir y subdividir el área de acción del Programa de Pastos Tropicales en las tierras bajas de América del Sur tropical.

Las zonas agroecológicas se muestran en la Figura 6, que es un bosquejo de mapa basado en diagramas del computador sobre las agrupaciones de los sistemas de tierra que integran las características de clima, topografía y vegetación natural. Esta es una **primera aproximación** para poner en perspectiva el conjunto de diferencias de clima y vegetación.

Se debe anotar que las áreas de bosques mal drenados se incluyeron dentro de las otras subdivisiones de bosques de acuerdo con sus regímenes climáticos, y que los bosques caducos, caatinga y otros no se incluyeron en el área de interés del programa de Pastos Tropicales. El Cuadro 1 resume las características de las cinco zonas agroecológicas en términos de su vegetación principal, clima y topografía.

El primer criterio para la subdivisión de las tierras bajas de América del Sur tropical en subregiones climáticas es la estrecha relación de la WSPE con el desarrollo de la vegetación natural en los suelos bien drenados. Esto indica que el conjunto de características de la vegetación natural es una función de la cantidad de energía que las plantas pueden usar de acuerdo con los patrones anuales de balance hídrico.

El segundo criterio para la definición de las zonas agroecológicas para la producción de pasturas perennes es el drenaje del suelo. En las tierras mal drenadas, la habilidad de las plantas para resistir el encharcamiento es de primera importancia; por esta razón las sabanas mal drenadas que se encuentran en la región se han agrupado tentativamente como otra zona agroecológica para la producción de pasturas. Estas tierras están afectadas por el problema común de encharcamientos anuales durante períodos prolongados.



a - TWPE: Evapotranspiración potencial total en la estación húmeda
 b - WSMT: Temperatura promedio en la estación húmeda
 c - No incluidos en el área de interés del Programa de Pastos Tropicales

Figura 6. Zonas agroecológicas del Programa de Pastos Tropicales. Bosquejo de mapa basado en diagramas de computador surgidos del estudio de evaluación del recurso tierra.

Cuadro 1. **Zonas agroecológicas del programa de Pastos Tropicales en las tierras bajas centrales de América del Sur tropical y extensión en millones de ha.**

Zona	Topografía				Total área	Porcentaje del total
	plana drenaje pobre	con pendiente de				
		0-8%	8-30%	>30%		
Sabanas mal drenadas	49				49	7
Sabanas isohipertérmicas TWPE* 901-1060 mm estación de lluvias de 6 a 8 meses; WSMT** >23.5°C	17	72	12	10	111	16
Sabanas isotérmicas TWPE 901-1060 mm estación de lluvias de 6 a 8 meses; WSMT <23.5°C	<1	25	9	7	42	6
Bosques semi-siempreverdes estacionales TWPE 1061-1300mm estación de lluvias de 8 a 9 meses; WSMT >23.5°C	53	145	94	4	296	41
Bosques húmedos tropicales TWPE >1300 mm; estación de lluvias >9 meses; WSMT >23.5°C	69	88	55	5	217	30
Total	189	330	170	26	715	
Porcentaje	26	46	24	4		

* TWPE = evapotranspiración potencial total durante la estación de lluvias.

** WSMT = temperatura promedio mensual durante la estación de lluvias.

Se debe destacar que la subdivisión de la región en amplias subregiones climáticas según la energía que las plantas pueden usar de acuerdo con los patrones anuales de balance hídrico, sólo fue posible agrupando las clases de vegetación de los **suelos bien drenados** de los distintos sistemas de tierra. Por otra parte, es necesario estudiar las características climáticas con mayor profundidad. Los términos isohipertérmicas e isotérmicas, según se aplican a las sabanas bien drenadas, se aproximan a las definiciones usadas por la Taxonomía de Suelos (15), y se consideran provisionales.

Limitaciones del Suelo

Los suelos ácidos minerales, llamados más técnicamente suelos de "carga variable" (15), se extienden a lo largo de las tierras bajas

centrales de América del Sur tropical como se ilustra en el mapa de la Figura 7. En este mapa, que fue elaborado a partir de una composición de gráficas de computador de las clases de subórdenes de la Taxonomía de Suelos (7), se advierte que una gran proporción de los suelos de la región corresponde a la categoría "ácido-minerales"; son los suelos propios de las regiones seleccionadas por el programa de Pastos Tropicales del CIAT para desarrollar agrotecnología a base de germoplasma.

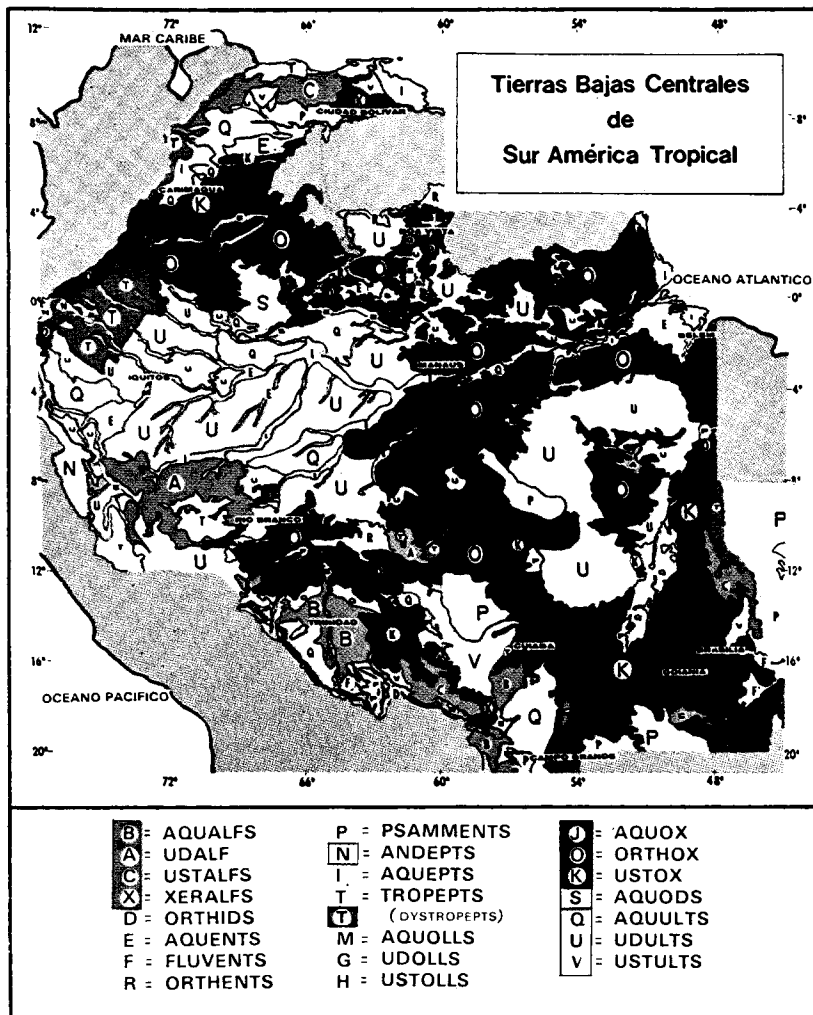


Figura 7. Mapa de las clases de los subórdenes del suelo que muestra los suelos con posibles cargas variables.

Para seleccionar los sitios representativos para establecer los ensayos de accesiones de pastos e identificar las promisorias de alto rendimiento, era necesario definir más cuidadosamente las condiciones físicas y químicas del suelo dentro de las zonas agroecológicas; además había que desarrollar un criterio razonable tanto para la selección preliminar como para el ensayo de germoplasma en el campo. El uso de computador en este estudio facilitó un análisis profundo de las limitaciones físicas y químicas del suelo dentro de las amplias zonas agroecológicas.

Los resultados de este trabajo relacionados con los suelos que se hallan principalmente en las pendientes bien drenadas y no muy inclinadas (menores de 30%), dentro de las zonas agroecológicas predominantemente bien drenadas, están resumidos en los Cuadros 2, 3, 4 y 6 donde se combinan las clases topográficas 0-8% y 8-30%.

Los varios factores determinantes de las condiciones físicas y químicas del suelo, resumidos en los formatos del computador para las facetas de terreno de los sistemas de tierra y descritos en detalle por Cochrane *et al.* (5), se examinaron separadamente dentro de las subdivisiones de los grandes grupos de suelo y de las clases topográficas para cada zona agroecológica.

Es evidente que la descripción de los suelos en términos de "grandes grupos" ayuda a la valoración de las condiciones del suelo, pero no es suficiente para describir determinadas limitaciones del mismo, y menos aún para juzgar su relativa importancia desde el punto de vista geográfico en la determinación de características deseables del germoplasma. Por esta razón, se presenta el resumen sólo a nivel de orden.

En las sabanas isohipertérmicas. En el Cuadro 2 se observa que la limitación física predominante del suelo en las sabanas isohipertérmicas es la baja capacidad de retención de humedad; esto es particularmente evidente en los grandes grupos de suelo Haplustox, Acrustox y Haplorthox del orden Oxisol y en los Quartzipsamments y Ustipsamments del orden Entisol (5). Los suelos con baja capacidad de retención de humedad dentro de los grandes grupos mencionados corresponden a más del 60% de los suelos encontrados en la zona agroecológica en conjunto.

La tendencia de los patrones de lluvia a ser algo erráticos en esta ecozona indicaría la necesidad de plantas capaces de resistir sequías quizás más allá de lo indicado por la duración e intensidad de la estación seca.

Cuadro 2. Resumen de las mayores limitaciones y extensión afectada por ellas, para el germoplasma de pasturas en los suelos bien drenados de las clases topográficas 0-8% y 8-30% combinadas, en las Sabanas Isohipertérmicas.

Orden del suelo	Area total		Area con limitaciones (ha x 10 ⁶)										Físicas ³	
	(ha x 10 ⁶)	(%) ¹	Químicas					Deficiencias						
			Toxicidad por Al	K	Ca	Mg	P	P _f ²						
Oxisol	57.1	68.2	27.1	43.4	37.9	21.3	40.4	25.8	37.2					
Ultisol	1.9	2.3	1.5	1.5	1.5	1.5	1.9	-	-					
Entisol	17.9	21.4	1.0	15.0	15.0	13.5	13.4	-	15.0					15.0
Alfisol	5.6	6.7	-	0.2	0.2	0.2	1.0	-	-					-
Inceptisol	0.9	1.0	-	0.8	-	-	-	-	-					-
Mollisol	0.3	0.4	-	-	-	-	-	-	-					-
Total	83.7		29.6	60.9	54.6	36.5	56.7	25.8	52.2					
Porcentaje	100		35	73	65	44	68	31	62					

¹ Proporción del total del Orden con respecto a la zona agroecológica.

² Fijación de P.

³ Baja capacidad de retención de humedad.

Las deficiencias minerales del suelo, principalmente de P, K, y Ca, son de importancia primaria. Consecuentemente, se deben buscar pastos capaces de producir satisfactoriamente en suelos con bajos niveles de estos elementos.

Considerando la zona agroecológica en conjunto parece que la habilidad de las plantas para tolerar niveles altos de Al y bajos de Mg es de importancia solamente en un 35% del área. Sin embargo, al referirse a los suelos clasificados como Oxisoles, es de importancia prioritaria contar con germoplasma de pasturas tolerantes al aluminio, ya que cerca del 50% del área presenta problema de toxicidad por ese elemento.

Los niveles de saturación de Al en el subsuelo no tienden a ser tan altos como en la capa superficial del suelo. En forma similar, al considerar toda el área, la fijación de fósforo no parece ser un problema en más del 30% de los suelos; sin embargo, los Oxisoles que ocupan el 68% del total del área presentan problemas de fijación de fósforo en un 45% de su extensión y posiblemente tienen texturas arcillosas.

En resumen, la extensión geográfica de los suelos con problemas potenciales de toxicidad de Al y de fijación de P no es tan grande en conjunto, pero a nivel de orden de suelo (Oxisol) sí lo es, como se puede deducir de los mapas generalizados de suelos a pequeña escala.

En las sabanas isotérmicas. Al igual que las sabanas isohipertérmicas, las sabanas isotérmicas (Cuadro 3) presentan una baja capacidad de retención de humedad del suelo lo cual es un problema serio. Más del 70% de los suelos que virtualmente son oxisoles exclusivamente, tienen baja capacidad de retención de humedad.

La importancia del problema se demuestra con el efecto exagerado que los "veránicos" o períodos con pocas lluvias que ocurren irregularmente durante la "estación de lluvias" tienen sobre el crecimiento de los cultivos y la producción de pasturas en el centro de Brasil. Los pastos para este ecosistema deben estar adaptados no sólo para sobrevivir en una estación seca de cuatro a seis meses, sino también para resistir períodos menores de sequía durante la estación de lluvias.

En las sabanas isotérmicas tanto los problemas de deficiencia como los de toxicidad del suelo son de interés primario. Se deben seleccionar pastos para producir rendimientos satisfactorios en suelos con altos niveles de saturación de Al y bajos niveles de P, K, y Ca. La fijación de fósforo parece también un problema potencial y extenso, de tal manera que se debería poner énfasis en la selección de germoplasma adaptado a una disponibilidad muy baja de fósforo.

Cuadro 3. Resumen de las mayores limitaciones y extensión afectada por ellas, para el germoplasma de pasturas en los suelos bien drenados de las clases topográficas 0- 8% y 8-30% combinadas, en las Sabanas Isotérmicas.

Orden del suelo	Area total		Area con limitaciones (ha x 10 ⁶)											
	(ha x 10 ⁶)	(%) ¹	Químicas					Físicas ³						
			Toxicidad		Deficiencias			Toxicidad		Deficiencias				
			por Al	K	Ca	Mg	P	Pf ²	por Al	K	Ca	Mg	P	Pf ²
Oxisol	33.0	95.9	21.7	28.1	24.3	8.5	26.8	16.4	21.7	28.1	24.3	8.5	26.8	16.4
Ultisol	0.9	2.6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Alfisol	0.5	1.4	-	0.2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Entisol	0.02	0.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	34.42		21.7	28.3	24.3	8.5	26.8	16.4	21.7	28.3	24.3	8.5	26.8	16.4
Porcentaje	100		63	82	70	25	78	48	63	82	70	25	78	48
														24.3
														70

¹ Proporción del total del Orden con respecto a la zona agroecológica.

² Fijación de P.

³ Baja capacidad de retención de humedad.

Tal vez el único aspecto positivo del suelo en esta zona agroecológica es que los porcentajes de saturación de Al tienden a disminuir con la profundidad. Esto es muy importante en lo que concierne a la penetración de la raíz.

En el bosque estacional tropical semisiempreverde bajo vegetación nativa. La información para esta zona agroecológica se resume en el Cuadro 4. Los datos analíticos de las muestras tomadas más que todo en perfiles de suelos bajo vegetación nativa, indicarían que las deficiencias potenciales de P, K, y Ca podrían ser problemas extensos, y que los niveles de Al en el suelo son a menudo altos. Sin embargo, como lo ilustró el trabajo de Falesi (12), resumido en el Cuadro 5, los suelos bajo vegetación de bosque se pueden cambiar completamente si la vegetación se quema y la ceniza resultante se integra al suelo.

En otras palabras, la fertilidad potencial de los suelos en este ecosistema bajo cobertura de bosques es una función no sólo de la fertilidad del suelo *per se*, sino también de la fertilidad "almacenada" en la biomasa. Los análisis de suelos pueden dar idea de la fertilidad únicamente si la vegetación se remueve completamente, limpiando el suelo con niveladoras.

Después de quemar adecuadamente la vegetación, la fertilidad de estos suelos se puede restaurar. Si a ésto le sigue un manejo cuidadoso, usando pasturas de raíces profundas para extraer del subsuelo los nutrimentos que se han lixiviado del suelo (16), esta fertilidad restaurada se puede mantener por muchos años.

El fenómeno de la fertilidad "almacenada" en la biomasa indicaría que si se usan las técnicas de manejo adecuadas, hay una necesidad menor de buscar pastos adaptados a suelos con condiciones de fertilidad muy bajas para las zonas agroecológicas de bosques estacionales semisiempreverdes. Por otro lado, evidentemente es mucho lo que se necesita saber acerca del manejo de pastos en estas áreas.

En los bosques húmedos tropicales bajo vegetación nativa. El Cuadro 6 presenta la información correspondiente a los bosques húmedos tropicales bajo vegetación nativa. Debido a la dificultad de quemar los bosques en las áreas muy húmedas, las figuras analíticas que indican limitaciones químicas para esta zona agroecológica probablemente sirven en este caso más que en el caso de los bosques estacionales semisiempreverdes, como guía de utilidad para la selección de pastos mejor adaptados a las condiciones químicas del suelo.

Cuadro 4. Resumen de las mayores limitaciones y extensión afectada por ellas, para el germoplasma de pasturas en los suelos bien drenados de las clases topográficas 0-8% y 8-30% combinadas, en los Bosques Estacionales Semi-siempreverdes.

Orden del suelo	Area con limitaciones (ha x 10 ⁶)		Físicas ³												
	Area total (ha x 10 ⁶)	(%) ¹	Químicas					Deficiencias							
			Toxicidad por Al	K	Ca	Mg	P	Pf ²	Pf ²	Pf ²	Pf ²				
Oxisol	123.1	51.7	94.0	93.0	66.3	43.8	87.9	18.6	90.0						
Ultisol	92.7	38.9	43.6	50.0	58.8	28.6	51.9	10.9	0.2						
Entisol	13.4	5.6	5.0	2.5	5.4	5.2	9.3	-	10.5						
Alfisol	5.9	2.5	-	2.6	-	-	1.6	-	0.02						
Inceptisol	3.0	1.2	1.9	1.9	1.9	1.6	1.6	-	1.6						
Mollisol	0.02	0.1	-	-	-	-	0.02	-	-						
Total	238.12		144.5	150.0	132.4	79.2	152.32	29.5	102.32						
Porcentaje	100		61	63	56	33	64	12	43						

¹ Proporción del total del Orden con respecto a la zona agroecológica.

² Fijación de P.

³ Baja capacidad de retención de humedad.

Cuadro 5. Promedio del contenido de algunos materiales y elementos químicos en la capa superficial (0-20 cm) de un oxisol en un Bosque Semi - siempreverde Estacional tropical con pasturas de *Panicum maximum* de diferentes edades en las cercanías de Paragominas, Pará, Brasil.

Cobertura	Arcilla (%)	M.O. (%)	N (%)	pH ¹	(Ca+++Mg++) intercambiable (meq/100 g)	Al+++ intercambiable (meq/100 g)	K disponible (ppm)	P disponible (ppm)	Sat.Al (%)
Bosque	65	2.79	0.16	4.4	1.47	1.8	23	1	53
Pasto de 1 año	50	2.04	0.09	6.5	7.53	0.0	31	10	0
Pasto de 3 años	60	3.09	0.18	6.9	7.80	0.0	78	11	0
Pasto de 4 años	55	2.20	0.11	5.4	3.02	0.2	62	2	6
Pasto de 5 años	50	1.90	0.10	5.7	2.81	0.2	66	3	6
Pasto de 6 años	51	1.90	0.09	6.0	3.84	0.0	74	7	0
Pasto de 7 años	48	1.77	0.08	5.7	2.61	0.0	47	1	0
Pasto de 8 años	52	1.69	0.08	5.4	2.10	0.0	39	1	0
Pasto de 9 años	50	2.34	0.11	5.9	4.10	0.1	70	2	2
Pasto de 11 años	45	3.37	0.15	6.0	4.10	0.0	86	1	0
Pasto de 13 años	62	2.80	0.20	5.6	4.80	0.0	54	1	0

¹ pH del suelo diluido en agua.

Fuente: Falesi (12).

Cuadro 6. Resumen de las mayores limitaciones y extensión afectada por ellas, para el germoplasma de pasturas en los suelos bien drenados de las clases topográficas 0-8% y 8-30% combinadas, en los Bosques Tropicales Lluviosos.

Orden del suelo	Area total		Area con limitaciones (ha x 10 ⁶)										Físicas ³
	(hax10 ⁶)	(%) ¹	Químicas					Deficiencias					
			Toxicidad por Al	K	Ca	Mg	P	Pf ²					
Oxisol	44.8	31.4	35.2	44.8	24.8	24.4	33.9	11.9	-	-	-	-	-
Ultisol	62.0	43.4	61.4	61.4	24.3	30.3	23.7	-	-	-	-	-	-
Alfisol	12.4	8.7	-	12.4	-	-	12.1	-	-	-	-	-	-
Inceptisol	19.9	13.9	13.6	13.9	0.6	6.8	2.6	2.7	-	-	-	-	-
Entisol	3.6	2.6	-	3.1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	142.7		110.2	135.6	49.7	61.5	72.3	14.6	-	-	-	-	-
Porcentaje	100		77	95	35	43	51	3	-	-	-	-	-

¹ Proporción del total del Orden con respecto a la zona agroecológica.

² Fijación de P.

³ Baja capacidad de retención de humedad.

Los niveles del porcentaje de saturación de Al son a menudo altos y los niveles de K son casi universalmente bajos. Los niveles de P, Ca, y Mg parecen ser en promedio más altos que los de las otras zonas agroecológicas, lo que se debe en parte a la más alta proporción de suelos inherentemente más fértiles, especialmente los Inceptisoles, Alfisoles y Entisoles ubicados en las cercanías de los Andes. Estos últimos representan cerca del 25% de los suelos bien drenados del ecosistema y su presencia indicaría que el desarrollo de germoplasma de pastos específicamente adaptado a suelos ácidos e infértiles para esta zona podría no tener una alta prioridad, aunque sí la tiene para la zona de menor influencia andina, donde los Oxisoles y Ultisoles representan alrededor del 75% del área total.

Bibliografía

1. Centro Internacional de Agricultura Tropical. 1977. **Annual Report**. Cali, Colombia pp. A7-A10.
2. _____. 1978. **Annual report**. Cali, Colombia. pp. B5-B11.
3. Cristian, C.S.; Stewart, S.A. 1953. **Survey of Katherine-Darwin Region, 1946**. Melbourne, Australia, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization. Land Research Series no. 1, 126p.
4. Cochrane, T. 1979. **An ongoing appraisal of the savanna ecosystems of Tropical America for beef cattle production**. In Sánchez, P.A. and Tergas, L.E., eds. Seminar on Pasture Production in Acid Soils of the Tropics, Cali, Colombia, 1978. Proceedings. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, pp. 1-12.
5. _____, *et al.* 1979. **An explanatory manual for CIAT's computerized land resource study of Tropical America**. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
6. _____, Salinas J.G.; Sánchez, P.A. 1980. **An equation for liming acid mineral soils to compensate crop aluminum tolerance**. Trop. Agric. 57(2):133-140.
7. _____, *et al.* 1981. **Classification, climates and characteristics of soils with variable charges in tropical South America**. International Conference on Soils with Variable Charge. I.S.S.S. Massey, New Zealand.
8. _____; Jones, P.G. 1981. **Savannas, forests and total wet season potential evapotranspiration in Tropical America**. Cali, Colombia. (in press).
9. Denevan, W.M. 1964. **Pre-Spanish earthworks in the Llanos de Mojos of northeastern Bolivia**. Revista Geográfica. Pan American Institute of Geography and History, Río de Janeiro.
10. Eiten, G. 1972. **The cerrado vegetation of Brazil**. Bot Rev. 38(2):201-341.
11. Eyre, S.R. 1968. **Vegetation and soils; a world picture**. 2nd ed. Chicago, Illinois, Aldine Pub. Co., pp. 195-258.
12. Falesi, I.C. 1976. **Ecosistema de pastagem cultivada na Amazônia brasileira**. Belem-Pará, EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Tropico Úmido. Boletín Técnico no. 1. 193p.
13. Hancock, J.K.; Hill, R.W. Hargreaves, G.H. 1979. **Potential evapotranspiration and precipitation deficits for Tropical America**. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical, 398p.
14. Hargreaves, G.H. 1972. **The evaluation of water deficiencies. Age of changing priorities for land and water**. Irrigation and Drainage Specialty Conference. Amer. Soc. Civil Engineers. Spokane, Washington. pp. 273-290.
15. United States Soil Conservation Service. 1975. **Soil taxonomy; a basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys**. Washington, D.C., United States Department of Agriculture, Handbook no. 436. 754p.

Evaluación de Enfermedades en Pastos Tropicales en el Área de Actuación

Jillian M. Lenné*

En el área de actuación del programa de Pastos Tropicales del CIAT se han descubierto hasta ahora 25 enfermedades en las gramíneas y leguminosas tropicales bajo evaluación; aproximadamente el 75% de estas enfermedades afectan las leguminosas. Las pasturas mejoradas conllevan un mayor contacto entre plantas y este hecho aumenta el potencial de daño por enfermedades, ya que en las asociaciones de especies individuales de leguminosas o de gramíneas, los patógenos aumentan más rápidamente que en la vegetación natural más dispersa y con mayor diversidad genética; esto ocurre de manera especial con respecto a las leguminosas. Los síntomas de enfermedades observadas con mayor frecuencia en el área que abarca la red de evaluación de pastos tropicales, se resumen en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Presencia de síntomas más comunes de enfermedades en las especies en evaluación en el área de actuación del Programa de Pastos Tropicales.

Género y especies	Daños por Enfermedades												
	Manchas en la hoja						Manchas en el tallo			Otros			
	Negra	Marrón	Naranja	Crema	Marrón polvorosa	Naranja polvorosa	Negra	Marrón	Cancro	Marchitamiento y muerte	Clorosis y muerte	Inflorescencia pegajosa	Inflorescencia gris pegajosa
<i>Aeschynomene</i> spp.	+						+						
<i>Centrosema</i> spp.	+	+		+									
<i>Desmodium</i> spp.											+		
<i>Glycine</i> spp.						+							
<i>Leucaena</i> spp.	+ ¹												
<i>Macroptilium</i> spp.					+	+							
<i>Stylosanthes</i> spp.	+	+			+		+	+		+			
<i>Vigna</i> spp.					+								
<i>Zornia latifolia</i>	+			+			+	+	+				
<i>Andropogon gayanus</i>			+									+	+
<i>Panicum maximum</i>		+						+					

¹ En el envés.

* PhD, Fitopatóloga, Programa de Pastos Tropicales.

Es importante que las personas que participan en la red puedan reconocer las principales enfermedades que afectan las especies bajo evaluación y valorar sus efectos. El resumen que presenta este capítulo acerca del tema es preliminar ya que se ha preparado después de solamente un año de observaciones y evaluaciones en el área de trabajo del programa; será revisado regularmente, especialmente con respecto a enfermedades nuevas, a los hospedantes y a la distribución de los patógenos.

Enfermedades Importantes

A continuación se describen e ilustran casi todas las enfermedades más importantes, señalando con un asterisco aquellas cuyos daños y lesiones se califican en los formatos de evaluación de la red. No se incluyen enfermedades que se han observado en ciertas partes del área de actuación, pero cuya incidencia y efectos no son importantes hasta el momento.

El Cuadro 2 presenta un resumen general de los patógenos y síntomas generales en cada especie, con una indicación de la figura donde se ilustran tales síntomas.

Cuadro 2. **Resumen de los síntomas de enfermedades observados en diferentes especies forrajeras en el área de actuación del programa de Pastos Tropicales del CIAT.**

Hospedante	Síntoma	Patógeno	Figura ¹
<i>Aeschynomene</i> sp.	Manchas negras en hojas tallos	<i>Colletotrichum</i> spp.	
<i>Centrosema</i> spp.	Manchas de color marrón a negro en hojas	<i>Cercospora</i> spp.	5
	Manchas de color crema en hojas	<i>Colletotrichum</i> spp.	2
<i>Desmodium</i> sp.	Clorosis y muerte Hoja pequeña	<i>Meloidogyne javanica</i> <i>Mycoplasma</i> sp.	6 y 7 18
<i>Glycine</i> spp.	Manchas de color naranja polvorosas en hojas	<i>Synchytrium phaseoli</i>	14
<i>Leucaena</i> spp.	Manchas negras en hojas (envés)	<i>Camptomeris leucaenae</i>	8 y 9
<i>Macroptilium</i> spp.	Manchas de color marrón polvorosas en hojas	<i>Uromyces appendiculatus</i>	13
	Manchas de color naranja polvorosas en hojas	<i>Synchytrium phaseoli</i>	

¹ No. de la figura que ilustra el síntoma. Los espacios en blanco corresponden a síntomas no ilustrados.

Cuadro 2. Continúa

Hospedante	Síntoma	Patógeno	Figura ¹
<i>P. phaseoloides</i>	Pudrición y secamiento /marchitamiento	<i>Rhizoctonia solani</i>	17
<i>Stylosanthes</i> spp.	Manchas de color marrón negro en hojas y tallos	<i>Colletotrichum</i> spp.	1
	Marchitamiento y muerte	<i>Sclerotium rolfsii</i>	10
<i>Vigna</i> spp.	Manchas de color marrón polvorosas en hojas	<i>Uromyces appendiculatus</i>	
<i>Zornia</i> spp.	Manchas negras en hojas	<i>Drechslera</i> sp.	16
	Manchas de color crema en hojas y marrón y negro en tallos	<i>Colletotrichum</i> sp.	3
	Costra de los tallos	<i>Sphaceloma zorniae</i>	11
<i>A. gayanus</i>	Manchas de color naranja en hojas	<i>Rhynchosporium</i> sp.	15
<i>P. maximum</i>	Manchas de color marrón en hojas	<i>Cercospora fasimaculans</i>	4
	Inflorescencia pegajosa	<i>Fusarium</i> spp.	
	Inflorescencia gris polvosa	<i>Tilletia ayersii</i>	12

¹ No. de la figura que ilustra el síntoma. Los espacios en blanco corresponden a síntomas no ilustrados.

Antracnosis*

Tipo de patógeno: hongo

Patógenos: *Colletotrichum gloesporioides*, *C. dematium*

Hospedantes: casi todas las leguminosas, como también **Stylosanthes** spp., **Centrosema** spp., **Aeschynomene** spp., **Zornia** spp.

Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Perú, Venezuela, América Central.

Síntomas

En *Stylosanthes capitata*

Localización: en los tallos y en las hojas.

En los tallos las lesiones** son de color marrón y negro y se encuentran usualmente bajo las estípulas; éstas también presentan el síntoma. En las hojas las lesiones son color crema y marrón con márgenes marrón; esto ocurre usualmente en las plantas jóvenes.

* Sus daños y lesiones se califican en los formatos de la Red de Ensayos Regionales.

** En este manual las lesiones normalmente se refieren a manchas de diferentes formas, mientras que las manchas son siempre de forma redondeada.

En *Stylosanthes guianensis*
Localización: en los tallos y en las
hojas.

La planta atacada presenta manchas
en todas partes del tallo y de la hoja;
hay lesiones de color marrón o negro
en la punta de la hoja y en las
estípulas.



Figura 1. *Antracnosis en Stylosanthes guianensis*

En *Centrosema* spp.

Localización: en las hojas.

La enfermedad se mani-
fiesta con lesiones de color
crema con márgenes ma-
rrón.



Figura 2. *Antracnosis en Centrosema pubescens*

En *Aeschynomene* spp.

Localización: en las hojas y en los tallos.

En las plantas atacadas se ven manchas negras en todas partes de la hoja y
del tallo; las manchas de la hoja son pequeñas.

En *Zornia latifolia*

Localización: en los tallos y en
las hojas.

En todas partes de las hojas
se presentan manchas pe-
queñas de color crema,
algunas veces con márgenes
marrón; en los tallos
aparecen manchas marrón a
negras.



Figura 3. *Antracnosis en Zornia latifolia*.

Mancha foliar* por *Cercospora*

Tipo de patógeno: hongo

Patógenos: *Cercospora fusimaculans*, *C. canascens*

* Sus daños y lesiones se califican en los formatos de la Red de Ensayos Regionales.

Hospedantes: *Panicum maximum* (por *C. fusimaculans*)
Centrosema spp., y algunas veces *Macroptilium* y *Vigna*
spp. (por *C. bradburyae* y *C. canescens*)

Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Perú, Venezuela, América
Central.

Síntomas

En *Panicum maximum*

Localización: en hojas y tallos.

En todas las partes de hojas y tallos produce lesiones de color marrón y de forma elíptica corta o alargada.

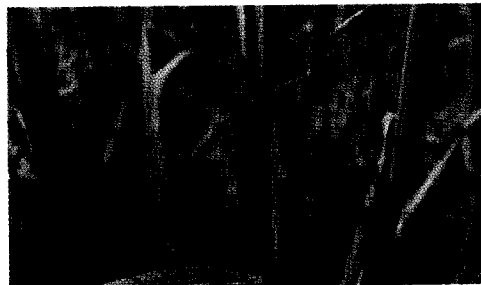


Figura 4. *Mancha foliar por Cercospora en Panicum maximum*

En *Centrosema* spp.

Localización: en las hojas.

Las lesiones son de color marrón a negro, usualmente con una aureola amarilla de forma angular a circular; ocurren en todas partes de la hoja.



Figura 5. *Mancha foliar por Cercospora en Centrosema pubescens*

Nematodo del nudo de la raíz

Tipo de patógeno: nematodo

Patógeno: *Meloidogyne javanica*

Hospedantes: *Desmodium* sp.

Distribución: Colombia y Brasil

Síntomas

Localización: en el follaje y las raíces.



Figura 6. *Daño por nematodo del nudo de la raíz en Desmodium sp.*

Inicialmente se observa en diferentes partes de la parcela un amarillamiento o clorosis de las plantas; después, las plantas afectadas pierden las hojas y mueren.

En las raíces hay formación de nudos o agallas.

Figura 7 *Nudos en las raíces de Desmodium sp. ocasionados por nematodos.*



Mancha foliar por *Camptomeris**

Tipo de patógeno: hongo

Patógeno: *Camptomeris leucaenae*

Hospedantes: *Leucaena sp.*

Distribución: Colombia, Ecuador, Venezuela, América Central.

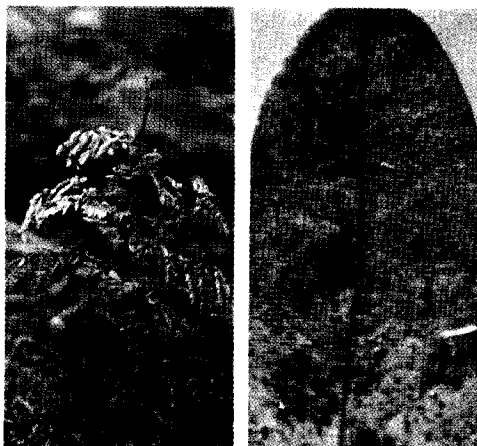
Síntomas

Localización: en las hojas.

En la haz de las hojas se observan manchas muy pequeñas de color amarillo o marrón. En el envés las lesiones son circulares con manchas diminutas, polvosas y negras. Las hojas con muchas lesiones se tornan amarillas y se caen.

Figura 8. *Mancha foliar por Camptomeris en Leucaena leucocephala.*

Figura 9. *Mancha foliar por Camptomeris en la cara inferior del foliolo.*



Secamiento*

Tipo de patógeno: hongo

Patógeno: *Sclerotium rolfsii*

Hospedantes: *Stylosanthes spp.*

Distribución: Brasil, Colombia.

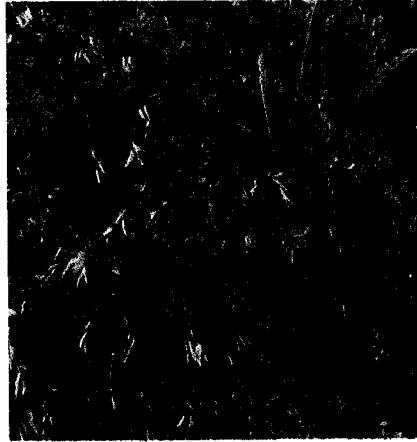
* Sus daños y lesiones se califican en los formatos de la Red de Ensayos Regionales.

Síntomas

Localización: en la planta en general.

La planta afectada se marchita, se seca y muere. En las plantas con estos síntomas es posible encontrar los esclerocios esféricos y marrón en los tallos cerca al suelo; ésto permite confirmar la identidad del *Sclerotium rolfsii* como causante del secamiento en *Stylosanthes* spp. y diferenciarlo del daño similar que causan las hormigas en estas especies.

Figura 10. Secamiento de *Stylosanthes capitata* por *Sclerotium rolfsii*.



Costra o cancro por *Sphaceloma**

Tipo de patógeno: hongo

Patógeno: *Sphaceloma zorniae*

Hospedante: *Zornia* spp.

Distribución: Brasil y Colombia

Síntomas

Localización: en tallos y pecíolos. Inicialmente aparecen lesiones en forma de manchas pequeñas de color crema con márgenes marrón y de forma elíptica a circular. Al madurar, las lesiones se agrandan y aparecen en todas partes de los tallos, con costras o canchros crema o marrón. Finalmente, producen defoliación y muerte de los tallos.

Figura 11. Costra por *Sphaceloma* en *Zornia latifolia*.



Carbón*

Tipo de patógeno: hongo

Patógeno: *Tilletia ayersii*

* Sus daños y lesiones se califican en los formatos de la Red de Ensayos Regionales.

Hospedantes: *Panicum maximum*
Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Venezuela

Síntomas

Localización: en la inflorescencia.
Las flores aparecen hinchadas y no producen semilla, se llenan de polvo gris (esporas del hongo) y se tornan pegajosas.



Figura 12. Carbón en *Panicum maximum*.

Roya*

Tipo de patógeno: hongo
Patógeno: *Uromyces appendiculatus*
Hospedantes: *Macroptilium* spp. (incluso siratro), *Vigna* spp.
Distribución: Brasil, Colombia, Perú y Venezuela.

Síntomas

Localización: en las hojas.
Las lesiones ocurren en ambas caras de la hoja y son más comunes en las hojas maduras; aparecen como pústulas elípticas a circulares con un polvo marrón que corresponde a las esporas del hongo. Las hojas con muchas lesiones se tornan amarillas.



Figura 13. Roya en *Macroptilium* sp.

Roya falsa*

Tipo de patógeno: hongo
Patógeno: *Synchytrium phaseoli*
Hospedantes: *Macroptilium* spp., *Glycine* spp.
Distribución: Brasil, Ecuador, América Central

Síntomas

Localización: en hojas y tallos.

* Sus daños y lesiones se califican en los formatos de la Red de Ensayos Regionales.

Inicialmente se producen lesiones en forma de pústulas elípticas a circulares con un polvo naranja formado por las esporas del hongo. Maduran en los tallos en forma de agallas y proliferaciones con pústulas que tienen polvo naranja. Finalmente hay defoliación y muerte de los tallos.

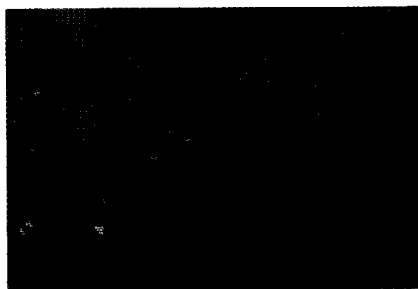


Figura 14. *Roya falsa* en *Glycine* sp.

Mancha foliar* por *Rhynchosporium*

Tipo de patógeno: hongo

Patógeno: *Rhynchosporium* sp.

Hospedante: *Andropogon gayanus*

Distribución: Colombia

Síntomas

Localización: en las hojas, con mayor frecuencia en las maduras.

Se presentan lesiones elípticas y rentagulares de color naranja y marrón, en las márgenes y puntas de las hojas. A veces, el *A. gayanus* produce una pigmentación roja cerca de las manchas en las hojas como reacción al hongo.



Figura 15. *Mancha foliar* por *Rhynchosporium* en *Andropogon gayanus*.

Mancha foliar por *Dreschlera**

Tipo de patógeno: hongo

Patógeno: *Dreschlera* sp.

Hospedantes: *Zornia latifolia*

Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia

* Sus daños y lesiones se califican en los formatos de la Red de Ensayos Regionales.

Síntomas

Localización; en las hojas.
Produce manchas circulares difusas de color marrón o negro en todas partes de la hoja.

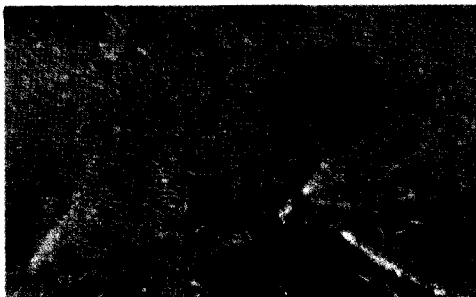


Figura 16. Mancha foliar por *Dreschlera* en *Zornia latifolia*.

Inflorescencia pegajosa*

Tipo de patógeno: hongo
Patógeno: *Fusarium* spp.
Hospedantes: *Panicum maximum*
Distribución: Brasil

Síntomas

Localización: en la inflorescencia.
Las flores se tornan rosadas y muy pegajosas; no hay semillas en ellas.

Pudrición y secamiento

Tipo de patógeno: hongo
Patógeno: *Rhizoctonia solani*
Hospedantes: Especies de los géneros *Centrosema*, *Macroptilium*, *Glycine*, *Vigna* y *Phaseolus*; además *Pueraria phaseolooides*.
Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador, Venezuela.

Síntomas

Localización: en hojas y tallos.
La enfermedad produce pudrición y secamiento de las hojas y manchas negras en los tallos.



Figura 17. Pudrición y secamiento en Kudzú.

* Sus daños y lesiones se califican en los formatos de la Red de Ensayos Regionales.

Hoja pequeña

Tipo de patógeno: micoplasma
Patógeno: *Mycoplasma* sp.
Hospedantes: *Desmodium* spp., *Centrosema* spp., *Zornia* spp.
Distribución: Bolivia, Brasil, Colombia, Ecuador.

Síntomas

Localización: en toda la planta.

Por efecto del patógeno se presenta una proliferación de hojas de tamaño pequeño en algunas partes de la planta.

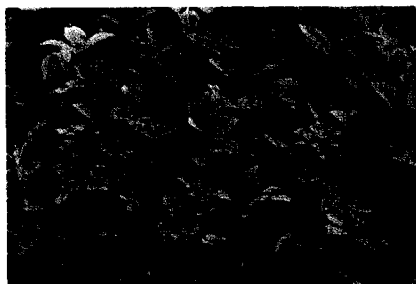


Figura 18. *Hoja pequeña* en *Desmodium* sp.

Método de Evaluación

Para evaluar el daño ocasionado por enfermedades hay que recorrer las parcelas entre las hileras 2 y 3 y tomar en cuenta solamente las enfermedades de las plantas en estas dos hileras (Figura 19). Se consideran plantas afectadas las que presentan los síntomas descritos o ilustrados en las páginas anteriores, y se califican de 1 a 4, así:

- 1 Presencia de la enfermedad: 5% de plantas afectadas
- 2 Daño leve: 5-20% de plantas afectadas
- 3 Daño moderado: 20-40% de plantas afectadas
- 4 Daño severo o grave: mas de 40% de plantas afectadas

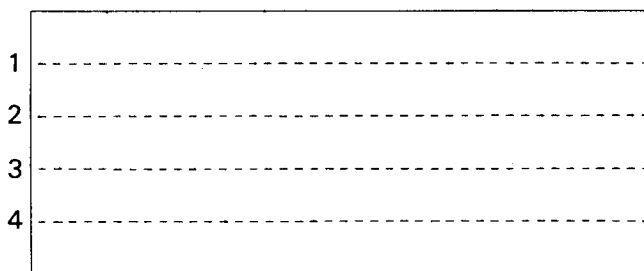


Figura 19. Esquema de una parcela con sus cuatro hileras de plantas; las hileras 2 y 3 son las que se deben evaluar.

Evaluación del Daño Causado por Insectos

Mario Calderón*

Este capítulo pretende establecer una guía preliminar para las evaluaciones de carácter entomológico en los diferentes ecosistemas abarcados por la Red Internacional de Ensayos Regionales de Pastos Tropicales. Mediante las evaluaciones entomológicas se reconocen las plagas más importantes de un lugar y se determinan los niveles de daño para cada época y estado de la planta; también se reconocen los insectos benéficos que predominan en cada ecosistema, y hasta se hacen estimativos de su eficiencia.

Se busca igualmente que las evaluaciones entomológicas correspondientes a la red se hagan de una manera uniforme para establecer similitudes o diferencias en el material vegetal que se está estudiando. Es importante aclarar que esta guía es el producto de la experiencia adquirida durante el primer año de visitas a las pruebas regionales establecidas por diferentes instituciones nacionales en cooperación con el programa de Pastos Tropicales en diferentes países, y que a medida que se estime necesario, será revisada y modificada de acuerdo con las experiencias de los colaboradores de la red.

Objetivos Generales de la Evaluación Entomológica

- a) Identificar los problemas entomológicos de los pastos tropicales (leguminosas y gramíneas) en diferentes ecosistemas.
- b) Desarrollar una metodología funcional para la evaluación del material vegetal por susceptibilidad, resistencia y/o tolerancia a insectos en los diferentes ecosistemas de América del Sur tropical.

* PhD, Entomólogo, Programa de Pastos Tropicales del CIAT.

- c) Determinar la dinámica de las poblaciones de insectos en las diferentes épocas y buscar las causas de posibles interacciones entre plaga, hospedero y ecosistema.
- d) Medir la estabilidad de la producción de pastos mediante la integración de factores agronómicos de persistencia y de resistencia o tolerancia a plagas y enfermedades en los diferentes ecosistemas estudiados.

Sistema de Evaluación

Inicialmente, el muestreo para la evaluación entomológica se debe hacer lanzando al azar un marco de alambre grueso o de madera de 30 x 30 cm y evaluando el material que quede dentro de él; el número de veces que se lance el marco sobre cada parcela depende del tamaño de la misma, pero en el presente caso (parcela de 1 m²) se considera suficiente una vez. Cuando la persona encargada de hacer las evaluaciones adquiera un poco de experiencia, puede adoptar su propio sistema de evaluación o apreciación del daño para analizar toda la parcela. En cualesquiera de los dos casos, la escala de evaluación para las diferentes plagas va de 1 a 4, así:

- 1 = Presencia del insecto; daño inferior al 1%
- 2 = daño leve
- 3 = daño moderado
- 4 = daño grave.

A continuación se presenta el sistema de evaluación de las principales plagas que se han registrado en el área de interés del programa de Pastos Tropicales junto con una descripción de su daño; las plagas se clasifican aquí en tres grupos generales según la parte de la planta que atacan, así: plagas que atacan el follaje, plagas que atacan el tallo, y plagas que atacan las flores.

Plagas que atacan el follaje

Entre éstas se consideran cuatro grupos, así:

- Complejo trips-acaros (TA)
- Complejo pulgilla-homóptera (PH)
- Comedores (C)
- Chinches (hemiptera) (CH)

Complejo trips-acaros (TA)

Arañas (Orden Acarina). Los ácaros son artrópodos que se ubican en el envés de las hojas lesionando el follaje de las plantas; *Centrosema* sp., *Pueraria* sp. y *Stylosanthes* sp. *Diochlea* spp. son las leguminosas afectadas. La presencia de los ácaros se advierte por un amarillamiento en la haz; posteriormente éste se generaliza, y las hojas se tornan coriáceas y quebradizas.



Figura 1. Daño de trips en *Centrosema*.

Trips (Orden Thysanoptera). Los trips son insectos con un aparato bucal raspador-chupador. Tienen el cuerpo delgado y miden aproximadamente entre 1 y 3 mm. Ponen sus huevos en los tejidos de las plantas, y algunas especies los insertan en la nervadura central del envés de las hojas; los adultos y ninfas se sitúan también en el envés de las hojas. Los trips sufren metamorfosis gradual, con cuatro o más estadios ninfales dañinos; los estadios mayores no se alimentan y pueden ser completamente inactivos.

Dos leguminosas que sufren el ataque de los trips son *Centrosema* spp. y *Pueraria phaseoloides*. Las hojas atacadas muestran manchas cloróticas irregulares, se deforman y presentan arrugamiento o encrespamiento.

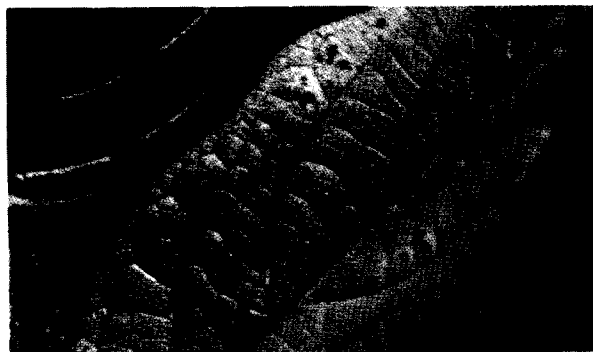


Figura 2. Daño de ácaros en *Centrosema*.

Evaluación del daño. El daño de trips y de ácaros se califica de 1 a 4, así:

- 1=Presencia de algunos insectos o algunos ácaros; la parcela presenta una coloración normal, y no se observa daño causado por insectos o ácaros.
- 2=Daño leve: la parcela presenta plantas con puntuaciones o pequeñas manchas amarillas en el follaje (daño de trips o de ácaros), o con endurecimiento y enrollamiento inicial, con apariencia coriácea del follaje (sólo en el caso de trips).
- 3=Daño moderado: plantas con apariencia de secamiento casi generalizado (trips); presencia de puntuaciones amarillas con zonas necróticas y encrespamiento del follaje (ácaros).
- 4=Daño grave: plantas con follaje completamente seco y quebradizo, y defoliación casi completa (daño causado por trips); follaje encrespado y quebradizo, defoliación y gran cantidad de ácaros en el envés de las hojas (ácaros).

Complejo pulguilla-homóptera (PH)

Este complejo incluye insectos raspadores (pulguilla) e insectos chupadores (homópteros).

Pulguillas (Orden Coleoptera). Los crisomélidos de los géneros *Systema*, *Epitrix* y *Chaetocnema*, conocidos como pulguillas, son los principales representantes del grupo de los raspadores.

Las hojas afectadas por esta plaga toman una apariencia moteada debido a las partes claras que se forman donde el insecto raspa la lámina foliar; en plantas jóvenes, o sea, en período de establecimiento, la lámina foliar se puede romper.



Figura 3. Daño de pulguilla en *Brachiaria*.

Leguminosas como *Zornia* spp. principalmente, y *Stylosanthes* spp. y gramíneas de los géneros *Brachiaria* y *Panicum* son especialmente susceptibles al ataque de estos insectos.

Chupadores (Orden Homoptera). Estos insectos, llamados también saltahojas o chicharritas, afectan, en general, las leguminosas. Pertenecen a la familia Cicadellidae y especialmente a los géneros *Empoasca*, *Hortensia* y *Erithrogonia*; los adultos de las especies más grandes pueden medir 1.25 cm, pero en promedio el tamaño es de 0.3 a 0.6 cm.



Figura 4. Saltahoja adulto en *Desmodium*.

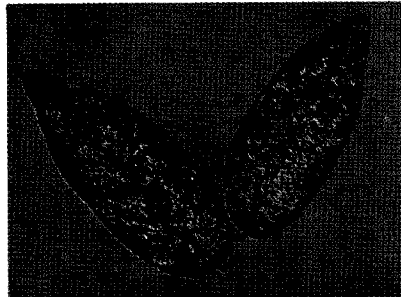


Figura 5. Daño de chupador en *Centrosema*.

Los chupadores succionan los jugos vegetales de las hojas y partes tiernas de la planta, ocasionándole un daño que se observa inicialmente como una decoloración o presencia de manchas claras en las hojas. En ocasiones la decoloración de la lámina foliar es total.

En el caso de *Empoasca*, algunos investigadores señalan que el daño se debe a una toxina que inyecta el insecto, pero otros indican que es el resultado del taponamiento de los haces vasculares.

Recientemente se ha encontrado que el daño sólo es de tipo físico y que consiste en una granulación y desorganización de los plastidios de la célula, ocasionada por la penetración del estilete.

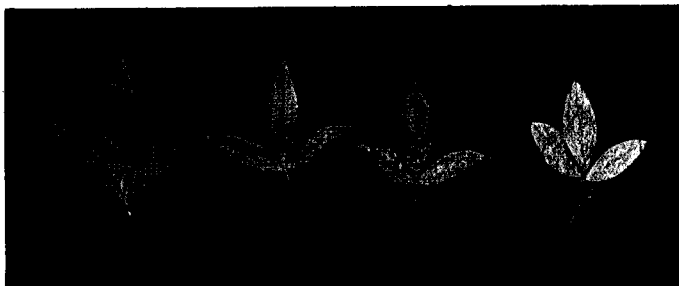


Figura 6. Diferentes grados de daño de chupador en *Stylosanthes*.

Salivazo o mión de los pastos (Orden Homoptera). Los salivazos, salivitas, candelillas, cigarrinhas o mión de los pastos son los insectos chupadores más comunes en las gramíneas. Pertenecen a la familia Cercopidae y comprenden muchas especies, pero las de mayor importancia corresponden a los géneros *Aeneolamia*, *Zulia*, *Deois* y *Mahanarva*.

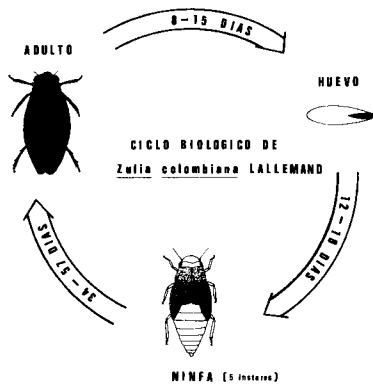


Figura 7. Ciclo de vida del mión de los pastos.



Figura 8. Ninfa y adulto del mión o saliva.

Las gramíneas en general sufren el ataque del salivazo y las especies conocidas como susceptibles son: *Digitaria* spp., *Paspalum* sp. y *Brachiaria decumbens*. *Brachiaria* spp. es hasta ahora el pasto más susceptible. Las especies menos atacadas son: *Andropogon* sp., *Panicum* spp. y *Andropogon bicornis*. Las especies tolerantes son: *Brachiaria humidicola* y *Brachiaria dyctioneura*. Las épocas de lluvia son propicias para el ataque, pues la plaga prefiere la humedad y también los sitios con poca luz y baja temperatura.



Figura 9. Daño del mión en *Brachiaria*.

Los salivazos se distinguen por las masas húmedas en forma de saliva con que se cubren las ninfas; los adultos miden 0,3 a 1,25 cm de largo y son de color café claro y forma ancha suboval. Tanto las

ninfas como los adultos se alimentan de la savia de las gramíneas cultivadas y silvestres, pero las ninfas chupan de las raíces y los adultos lo hacen de los órganos aéreos de la planta.

Aparentemente el daño que causan los adultos es mucho más importante que el ocasionado por las ninfas, ya que al chupar la savia de las hojas y parte alta de los tallos inyectan sustancias tóxicas en los tejidos de la planta que le ocasionan daño aun después del ataque del insecto. Sin embargo, algunos investigadores consideran más importante el daño de las ninfas debido a su aparición masiva; es común encontrar más de un millón de ninfas por hectárea, lo que significa una población de 100 ninfas/m².



Figura 10. Aspectos del ataque del mión o saliva en tallos de *Brachiaria*.

Evaluación del daño. El daño del complejo pulguilla-homóptera se evalúa según la decoloración observada en el follaje a causa de la succión de los jugos de la planta por parte de los chupadores, o según el deterioro en el follaje ocasionado por el raspado de la epidermis de las hojas que causan las pulgillas. El daño se califica de 1 a 4, así:

- 1=Presencia de algunos insectos; plantas con el follaje normal.
- 2=Daño leve: la parcela presenta plantas con el terminal o cogollo raspado (por pulguilla) o con decoloración o moteado (por homópteros); este daño se puede extender a las hojas medias hasta cubrir 1/3 del follaje.
- 3=Ataque moderado: la parcela presenta plantas de un color blancuzco que cubre aproximadamente 2/3 del follaje (en el caso de homópteros) o plantas con el follaje transparente o traslúcido (en el caso de pulguilla).
- 4=Ataque grave: parcelas con necrosis generalizada y defoliación (homópteros); plantas con follaje sin epidermis, con una apariencia transparente generalizada (pulgilla).

La evaluación del daño del salivazo (ninfa y adulto) se hace en el lote del pasto establecido, esto es, de un año de edad en promedio y aprovechando los meses de lluvia. Se aplica la escala de 1 a 4, así:

- 1= Presencia de algunos insectos (ninfas o adultos); la coloración del follaje de las plantas en la parcela es normal.
- 2= Daño leve: las plantas presentan pocas manchas largas o rayas de color amarillo pálido; presencia de ninfas y adultos.
- 3= Daño moderado: las plantas presentan abundantes manchas largas o rayas de color amarillo; algunas hojas presentan coloración parda o marrón. Hay presencia de ninfas o adultos.
- 4= Daño grave: las plantas presentan una coloración parda o marrón casi en su totalidad; se observan plantas muertas.

Chinches

Chinche de encaje (Orden Hemiptera). El chinche de encaje, *Vatiga* sp. (posiblemente), pertenece a la familia Tingidae; tanto en estado de ninfa como en estado adulto ocasiona daño a la planta al succionar la savia de las hojas.

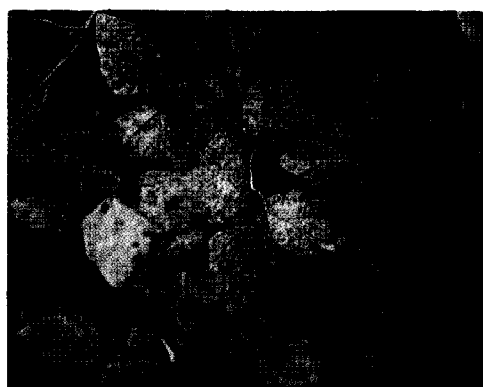


Figura 11. Daño de chinche de encaje en *Centrosema*.

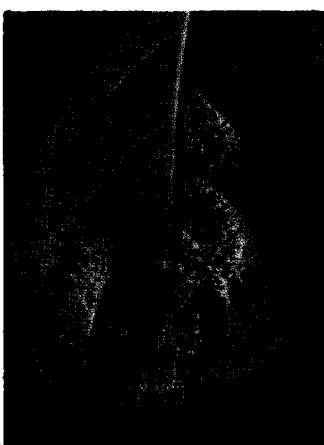


Figura 12. Chinche de encaje en *Centrosema*.

El daño se presenta en las hojas en forma de manchas amarillas, cuyo número aumenta con la intensidad del ataque; se califica de 1 a 4, así:

- 1= No hay daño: el follaje tiene coloración normal y no se observa ningún punteado blanco amarillento.

2=Daño leve: follaje con escasos puntos amarillentos.

3=Daño moderado: la planta presenta abundante decoloración o color amarillento.

4=Daño grave: la planta presenta un secamiento del follaje y el color amarillento se hace más notorio.

Comedores

En este grupo se encuentran insectos masticadores de follaje, pertenecientes a los órdenes Coleoptera (principalmente Crisomelidae), Orthoptera (grillos), Hymenoptera (hormigas), Lepidoptera (mariposas).

Crisomélidos (Orden Coleoptera). Las especies mas importantes de crisomélidos que actúan como masticadores son: *Diabrotica* sp., *Cerotoma* sp. y *Colaspis* sp., corrientemente denominados cucarrones o escarabajos de las hojas. Los adultos son de colores variados; pueden medir de 0.12 a 1.25 cm y se alimentan del follaje causándole daño.



Figura 13. Adulto de un crisomélido en *Desmodium*.



Figura 14. Daño de crisomélidos en kudzú.

Las especies de pastos tropicales que estos insectos atacan son principalmente leguminosas, entre ellas las pertenecientes a los géneros *Pueraria*, *Desmodium*, *Centrosema*, *Macroptilium* y *Calopogonium*. El daño consiste en perforaciones redondeadas o alargadas, fáciles de observar en el campo, y su importancia está relacionada con la pérdida física del follaje.

Grillos (Orden Orthoptera). Los grillos son conocidos comúnmente también como chapules, chapulines y saltamontes, y las

familias de importancia económica son: Acrididae, Grillidae y Tettigonidae. Las plantas susceptibles a este grupo de insectos pertenecen a los géneros *Desmodium*, *Centrosema*, *Stylosanthes*, *Panicum*, *Andropogon* y *Brachiaria*.



Figura 15. Los grillos o chapulines de varias especies también actúan como comedores de follaje en las plantas forrajeras.

Hormigas (Orden Hymenoptera). Las hormigas-plaga, tanto de pasturas como de cultivos, son especies del género *Atta* (familia Formicidae). Estos insectos cortan irregularmente las hojas ocasionándoles un daño que se puede identificar fácilmente porque el consumo foliar ocurre por áreas que se extienden de los bordes hacia el interior (hacia la nervadura) y en forma alargada. Su daño es muy importante, especialmente durante el establecimiento de la planta.



Figura 16. Hojas de *Centrosema* con diferentes grados de ataque de hormigas.

Figura 17. Daño de hormigas en plántulas recién emergidas.

Las plantas susceptibles al ataque de hormigas pertenecen a los géneros *Desmodium*, *Centrosema*, *Pueraria*, *Stylosanthes*, *Brachiaria*, *Andropogon* y *Panicum*.

Mariposas (Orden Lepidoptera). Los lepidópteros en su estado larval causan daño a las plantas al consumir el follaje. Hay varias

familias de importancia económica, pero las principales son: Pyralidae, Noctuidae, Hesperiiidae, Geometridae, Lycaenidae y Arctidae.

Las especies de plantas pertenecientes a los géneros *Desmodium*, *Centrosema*, *Stylosanthes*, *Panicum*, *Brachiaria* y *Andropogon* son las más atacadas. Los síntomas de daño son diferentes a los descritos para los otros grupos de comedores de hojas, pues las larvas consumen el follaje en forma uniforme; una vez consumen una hoja pasan a la siguiente hasta que en ocasiones defolian totalmente la planta.

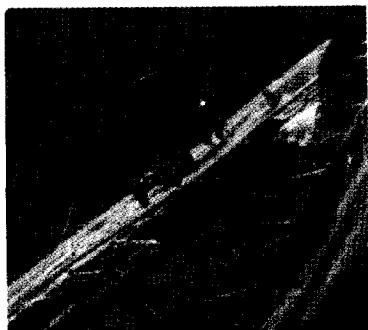


Figura 18. Daño de *Mocis*, un lepidóptero comedor de follaje, en *Andropogon*.



Figura 19. Detalle de la larva de *Mocis*.

Evaluación del daño. Para los insectos comedores de follaje la evaluación del daño se hace en una escala de 1 a 4, así:

- 1=Presencia de algunos insectos: la parcela no presenta áreas foliares consumidas.
- 2=Daño leve: se observa en la parcela de 1 a 10% del follaje consumido.
- 3=Daño moderado: el consumo del follaje en la parcela es del 11 al 20%.
- 4=Ataque grave: más del 20% del follaje de la parcela ha sido consumido por el insecto.

Plagas que atacan el tallo

Barrenadores

Caloptilia sp. (Orden **Lepidoptera**). Pertenece a la familia Gracilariidae, que se identificó inicialmente como *Zaratha* sp.

El insecto ataca las especies de *Stylosanthes* en las tres localidades principales de investigación del programa de Pastos Tropicales, esto es, en los Llanos Orientales de Colombia, el Valle del Cauca en Colombia y el Cerrado en Brasil.

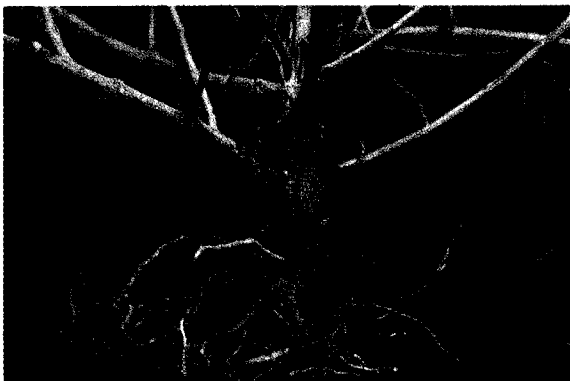


Figura 20. Daño de *Caloptilia*, un lepidóptero barrenador del tallo en pastos tropicales.

La hembra oviposita en el tallo de las plantas; los huevos son de color rojo, alargados, con una longitud de 0.42 mm, y con una superficie rugosa; el período de incubación es de aproximadamente 11 días, entre 25° y 30°C. Las larvas recién emergidas tienen una longitud aproximada de 0.60 mm y son de color blanco cremoso, con una placa anal bien diferenciada.

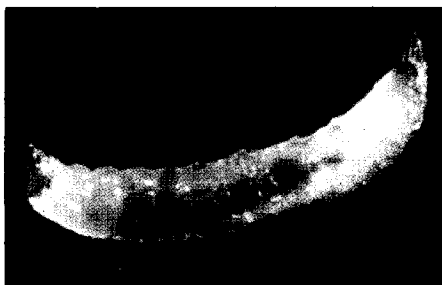


Figura 21. Larva de *Caloptilia*.



Figura 22. Adulto de *Caloptilia* sp.

Las larvas penetran en el tallo y continúan su desarrollo hasta alcanzar una longitud de 7.5 mm, con una duración total de 58 días en promedio. El estado de pupa ocurre dentro del tallo y el adulto emerge 18 días después. El adulto del barrenador del tallo es un microlepidóptero de color gris marrón, con una longitud de 5 mm y presenta antenas filiformes muy largas. La Figura 23 ilustra el ciclo de vida del barrenador del tallo.

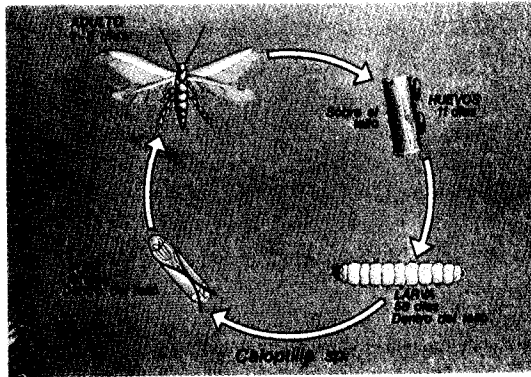


Figura 23. Ciclo de vida del barrenador del tallo, *Caloptilia* sp.

***Eutinobothrus* sp. (Orden Coleoptera).** Pertenece a la familia Curculionidae y ataca varias especies del género *Stylosanthes*, a las cuales causa daño barrenando el tallo.

La evaluación de este tipo de daño por *Caloptilia* y *Eutinobothrus* es bastante difícil, debido a que el insecto se encuentra en el interior del tallo, lo que hace necesario abrirlo para buscar en él larvas, pupas y túneles. Como un punto de apoyo para evaluar el daño sin abrir el tallo, se pueden observar a simple vista algunos sobrecrecimientos similares a agallas. Aunque esta observación no es totalmente segura, ya que la planta parece tener la tendencia a reaccionar ante cualquier agente externo formando estos sobrecrecimientos, puede servir como una forma de reconocer la presencia del barrenador.

En las inspecciones y evaluaciones realizadas se ha podido observar que, por lo general, la infestación mayor se encuentra en la parte basal, en el cuello de la planta (57%), seguida de la parte media (38%), y finalmente en la parte aérea (5%); ésta se puede encontrar afectada cuando el ataque del barrenador es demasiado intenso. Por lo tanto, para hacer las evaluaciones se recomienda generalmente examinar la parte basal y media del tallo.

Para hacer la evaluación se toma al azar un determinado número de tallos según sea el tamaño de la parcela que se va a examinar o evaluar, pero teniendo en cuenta que cuanto más grande sea la muestra, es más representativa. Los tallos se abren y se examinan en su parte basal para ver si tienen galerías o túneles y larvas o pupas.

El porcentaje de daño se obtiene haciendo una relación entre el número de tallos lesionados y el número de tallos observados, y la intensidad de la infestación se determina calculando el promedio de larvas por tallo o planta.

Plagas que atacan la flor

Perforadores del botón floral

Stegasta bosqueella Chamber (Orden Lepidoptera). Esta plaga pertenece a la familia Gelechiidae y perfora los botones florales de *Stylosanthes* sp. y *Zornia* sp.

Las hembras ovipositan en los tricomas de las brácteas externas de las inflorescencias. Los huevos son alargados, de color blanco cremoso y de superficie rugosa; el período de incubación es de aproximadamente cinco días. Las larvas son de color amarillo cremoso en el momento de la eclosión, con su protórax y mesotórax de color oscuro rojizo, y una longitud de 0,5 mm; el último estado larval tiene una longitud de 6 mm y toma una coloración rosada. El período larval tiene una duración aproximada de 18 días y el estado de pupa dura nueve días.

En condiciones de campo, el perforador de botones se alimenta de las ramas terminales, antes de que la planta inicie su floración. La Figura 24 ilustra el ciclo de vida del perforador de los botones.

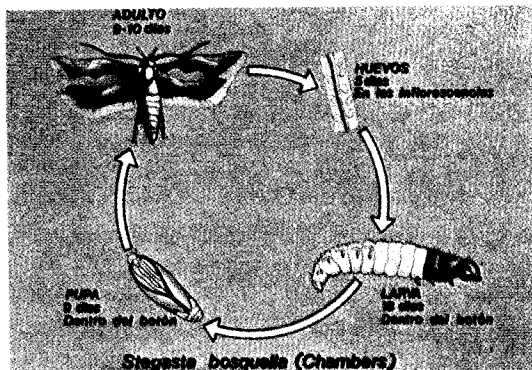


Figura 24. Ciclo de vida del perforador de los botones florales *Stegasta bosqueella* (Chambers).

En el caso de *Stylosanthes* la larva de *S. bosqueella* penetra en las cabezuelas (inflorescencias o botones) y causa daño a la semilla alimentándose de ella; en el caso de *Zornia* la larva también causa daño a la semilla, pero a través de la espiguilla.



Figura 25. Larva de *Stegasta bosqueella* (Chambers).

Apion sp. (Orden Coleoptera). Conocido comúnmente como picudo, también perfora los botones de *Stylosanthes*. Pertenece a la familia Curculionidae.



Figura 26. *Apion* sp., otro perforador del botón floral.

Para la evaluación se recomienda tomar al azar un mínimo de 30 inflorescencias o espiguillas y examinarlas para registrar el número de larvas y determinar el porcentaje y la intensidad de la infestación, así:

$$\% \text{ daño} = \frac{\text{No. de botones, flores o espiguillas con daño}}{\text{No. total de espiguillas o botones examinados}} \times 100$$

$$\text{Intensidad de daño} = \frac{\text{No. de semillas con daño}}{\text{No. total de semillas examinadas}}$$

$$\% \text{ de infestación:} = \frac{\text{No. larvas encontradas}}{\text{No. total de botones, flores o espiguillas examinadas}} \times 100$$

Las evaluaciones se deben efectuar cada mes, teniendo en cuenta la aparición de flores en el *Stylosanthes* o en *Zornia*.

Síntomas Foliare de Deficiencias y Toxicidades Minerales en Pastos Tropicales

José G. Salinas*
José I. Sanz*
Ramiro García*

En los pastos tropicales se presentan eventualmente deficiencias y toxicidades minerales, las cuales en muchas ocasiones obedecen a condiciones específicas del suelo que, en forma directa o indirecta, influyen en la disponibilidad de nutrimentos para las plantas.

Los síntomas visuales de tales deficiencias o toxicidades en las plantas son bastante específicos en la mayoría de los casos, pero el acierto en el reconocimiento de los mismos depende de la experiencia del observador, ya que muchos daños patógenos (hongos, bacterias, insectos), pueden prestarse a equivocaciones. De todas maneras, tales síntomas pueden servir de guía inicial para identificar los nutrimentos que limitan el buen desarrollo de las gramíneas y leguminosas forrajeras y para determinar la necesidad de una fertilización, ya que el estado normal externo de una planta es alterado ante la manifestación de un síntoma de deficiencia o de toxicidad mineral.

Sin embargo, se debe tener en cuenta que la tasa de crecimiento de las plantas puede disminuir antes de que se reconozca un síntoma visual de deficiencia o toxicidad. Por lo tanto, para un diagnóstico exitoso basado en síntomas foliares, se necesita un conocimiento de las especies en consideración y de las condiciones medioambientales que las afectan.

Como una ayuda para el diagnóstico de tales anomalías, se da a continuación un resumen sobre la sintomatología foliar de deficiencias y toxicidades minerales, acompañado con figuras en color que muestran estos síntomas foliares en varias especies de gramíneas y leguminosas forrajeras del trópico.

* PhD, Edafólogo/Nutricionista de plantas; Ing. Agr. Nutrición de plantas; Técnico Laboratorista, respectivamente.

Deficiencias Minerales

Nitrógeno. La deficiencia de nitrógeno se caracteriza por una disminución inmediata en la tasa de crecimiento y por una clorosis gradual.



Figura 1. Deficiencia de N en *Stylosanthes sp.*



Figura 2. Deficiencia de N en *Brachiaria sp.*

La clorosis se inicia en las hojas más viejas debido a que cuando la planta está en una condición de deficiencia de N, este elemento se trasloca a los puntos de crecimiento activo (meristemas). Cuando la condición de deficiencia del elemento se acentúa, la clorosis avanza hacia las hojas jóvenes y finalmente se produce la necrosis del tejido.

El nitrógeno es un constituyente esencial de un gran número de compuestos indispensables en las plantas forrajeras, pero los síntomas visuales de deficiencia se detectan en la reducción de la síntesis de la clorofila, la cual se manifiesta con una clorosis foliar.

Fósforo: Los síntomas foliares de deficiencias de P son más visibles en el caso de las gramíneas que en las leguminosas forrajeras. En el caso de las gramíneas, ocurre una disminución en su tasa de crecimiento simultáneamente con la formación y acumulación de un pigmento rojo-púrpura de antocianina en las hojas ya formadas. Los ápices de las hojas viejas se tornan pálidos y finalmente se produce la necrosis cuando el estado de deficiencia de P es avanzado.

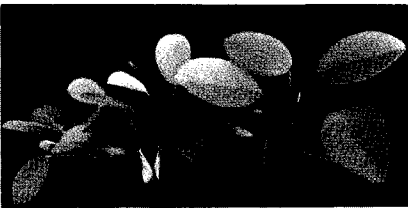


Figura 3. Deficiencia de P en *Desmodium sp.*

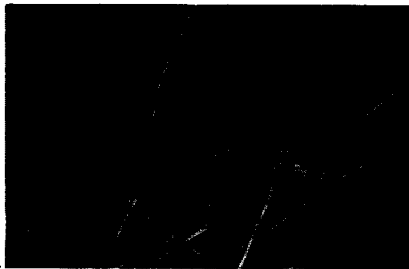


Figura 4. Deficiencia de P en *Brachiaria sp.*

En el caso de las leguminosas forrajeras, el síntoma de deficiencia de P en general se manifiesta con una coloración verde oscura de las hojas, las cuales aumentan ligeramente en espesor y presentan una posición más erecta que la de las hojas normales. En caso de una deficiencia acentuada de este elemento, las hojas muestran pequeños puntos necróticos de color café en las áreas intervenales; otra característica es una defoliación acentuada.

Como un efecto directo del exceso de P en el suelo, ocurre en la planta una deficiencia inducida de Ca y Zn, con la respectiva manifestación de los síntomas visuales correspondientes a estos dos nutrimentos.

Potasio. La clorosis y necrosis apical y marginal progresivas del ápice hacia la base de las hojas ya formadas y posteriormente de las hojas jóvenes es tal vez la indicación universal de una deficiencia de K; la necrosis está precedida por la clorosis que se inicia en los ápices de las hojas y se prolonga hacia la base de las mismas. En algunos casos, los síntomas de clorosis y necrosis apical y marginal están asociados con una clorosis intervenal de las hojas situadas en posición baja e intermedia.



Figura 5. Deficiencia de K en *Desmodium* sp.

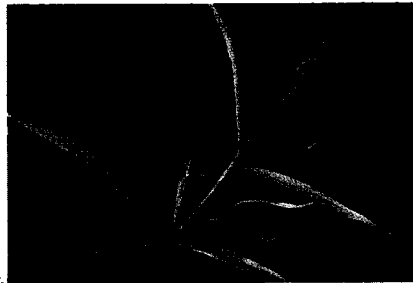


Figura 6. Deficiencia de K en *Brachiaria* sp.

El potasio es esencial para la síntesis de las proteínas, y en caso de deficiencia ocasiona una acumulación de compuestos nitrogenados solubles, tales como las diaminas que son tóxicas para las plantas y que son las responsables de la necrosis marginal del tejido; esta necrosis, como ya se anotó, es característica sintomatológica de la deficiencia de K.

Calcio. El calcio es un nutrimento pobremente distribuido dentro de la planta; hecho que se debe en parte a su mecanismo de transporte, por reacciones de intercambio con sitios de las paredes celulares del xilema cargados negativamente; este tipo de movimiento del Ca impide que su transporte por el xilema se realice por flujo de masas o difusión.

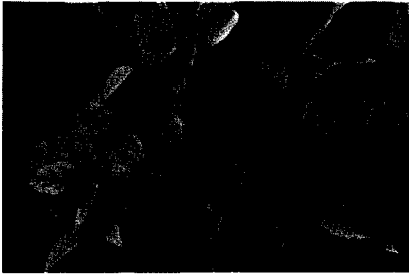


Figura 7. Deficiencia de Ca en *Centrosema* sp.



Figura 8. Deficiencia de Ca en *Brachiaria* sp.

Una vez depositado el Ca en la hoja, se incorpora en compuestos relativamente insolubles, de manera que su translocación por el floema es muy poca o casi nula, aun en condiciones de deficiencia acentuada del elemento.

Debido a la dificultad del transporte del Ca en la planta, los síntomas de deficiencia se observan comúnmente en los ápices de los tejidos vegetales como son hojas jóvenes y brotes meristemáticos. El síntoma visual es la clorosis apical y lateral de los folíolos en las hojas jóvenes y la emisión de muchos rebrotes de color amarillo o café con crecimiento reducido. Otro síntoma característico que se presenta especialmente en gramíneas forrajeras cuando la deficiencia del calcio es muy aguda, es la coloración completamente café de las hojas, seguida de una necrosis y del enroscamiento del ápice de las mismas.

Magnesio. Los síntomas visuales de deficiencia de Mg aparecen primero en las hojas ya formadas y luego se extienden al resto de la planta. Se manifiestan en la mayoría de las leguminosas forrajeras por medio de una clorosis intervenal progresiva; a medida que la deficiencia se agudiza, las hojas jóvenes aparecen cloróticas y presentan necrosis apical.



Figura 9. Deficiencia de Mg en *Pueraria phaseoloides*.

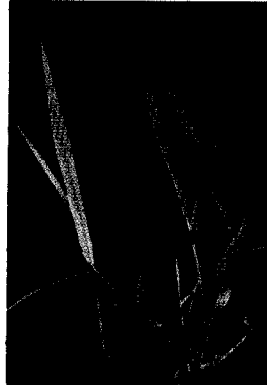


Figura 10. Deficiencia de Mg en *Brachiaria* sp.

En el caso de las gramíneas forrajeras, la sintomatología visual de deficiencia de Mg se observa en las hojas viejas como un listado longitudinal de los colores verde y amarillo alternados, que empieza en la base y avanza luego hacia el ápice. En las hojas jóvenes, el listado cubre toda la superficie foliar; finalmente estas hojas presentan una clorosis total que avanza de los bordes laterales hacia el centro de las mismas.

La clorosis se debe a que el Mg es un constituyente esencial de la molécula de clorofila.

Azufre. En general, la deficiencia de S ocurre en áreas de alta precipitación, donde existe una lixiviación considerable de S, ya que éste es un elemento altamente soluble en el suelo.



Figura 11. Deficiencia de S en *Pueraria phaseoloides*.

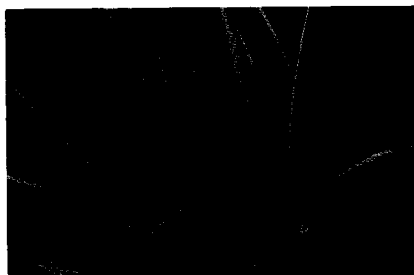


Figura 12. Deficiencia de S en *Brachiaria sp.*

Tanto en gramíneas como en leguminosas forrajeras, los síntomas de deficiencia de S se manifiestan con una clorosis que se inicia en las hojas jóvenes y avanza hacia las hojas viejas a medida que se agudiza la deficiencia. De esta manera, la planta presenta un amarillamiento pálido generalizado que es más notorio en las hojas jóvenes.

La coloración que se produce en las hojas por deficiencia de S es muy similar a la que produce la deficiencia de N; sin embargo, por ser el S un elemento menos móvil que el N en las plantas, los síntomas de su deficiencia aparecen inicialmente en los tejidos jóvenes, mientras que los de deficiencia de N se observan primero en las hojas más viejas.

Zinc. Los síntomas de deficiencia de Zn en las plantas forrajeras dependen mucho del tipo de la especie así como también de los ecotipos dentro de una especie dada.

Sin embargo, un síntoma general de deficiencia de Zn es la clorosis irregular que se manifiesta en hojas ya formadas, aunque muchas de ellas se amarillan solamente en un estado avanzado de deficiencia del

elemento; la clorosis de la hoja avanza del ápice hacia la base, la cual permanece de color verde aunque el resto esté completamente amarillo. Las hojas jóvenes se tornan cloróticas con las venas verdes y presentan un encrespamiento de la nervadura central.



Figura 13. Deficiencia de Zn en *Centrosema* sp.



Figura 14. Deficiencia de Zn en *Desmodium* sp.

Cobre. La deficiencia de Cu se manifiesta como una clorosis intervenal de las hojas ya formadas, amarillamiento de las hojas jóvenes y finalmente necrosis del tejido. Algunas especies de leguminosas del género *Desmodium* presentan, además de los síntomas anteriores, un color rojizo en los ápices de las hojas jóvenes.



Figura 15. Deficiencia de Cu en *Pueraria phaseoloides*.



Figura 16. Deficiencia de Cu en *Desmodium* sp.

Hierro. La deficiencia de Fe se caracteriza por una clorosis que se acentúa desde las hojas jóvenes hacia las hojas viejas.

En las leguminosas forrajeras, el síntoma visual que se aprecia es un amarillamiento intervenal inicial que rápidamente se torna en un amarillamiento completo y uniforme de la lámina de las hojas o folíolos. En el caso de las gramíneas forrajeras, la deficiencia de Fe se manifiesta por fajas longitudinales alternadas de color verde y amarillo en las hojas viejas, mientras que las hojas intermedias y jóvenes se tornan totalmente cloróticas. En un estado avanzado de deficiencia de Fe, sobreviene una necrosis del tejido que avanza del ápice hacia la base de la hoja.

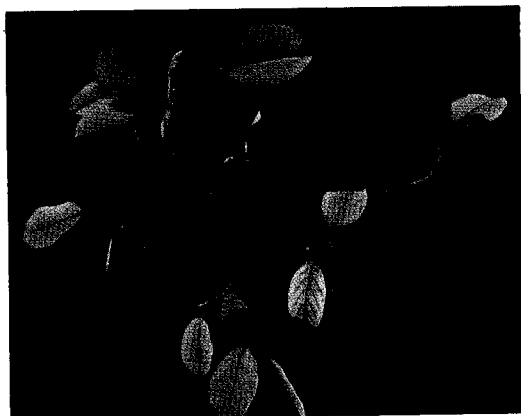


Figura 17. Deficiencia de Fe en *Desmodium sp.*



Figura 18. Deficiencia de Fe en *Panicum maximum.*

La clorosis que se presenta como síntoma típico de deficiencia de Fe se debe a la disminución en la formación de clorofila, ya que ésta requiere Fe para su síntesis.

Boro. La deficiencia de B, al igual que la deficiencia de Ca, se manifiesta inicialmente en las áreas próximas a los puntos de crecimiento activo (tejido meristemático). La razón es la baja movilidad del B dentro del tejido vegetal, y por lo tanto el síntoma característico de su deficiencia es la necrosis rápida de las hojas más jóvenes; debido a un crecimiento diferencial de la haz y del envés, la hoja adopta una forma cóncava o convexa.



Figura 19. Deficiencia de B en *Pueraria phaseoloides.*

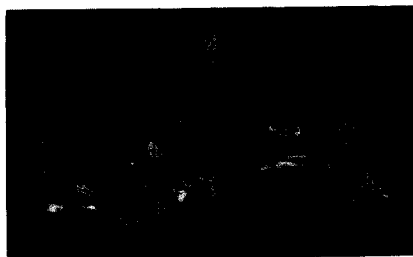


Figura 20. Deficiencia de B en *Desmodium sp.*

Cuando la deficiencia de B es avanzada, se presentan hojas anormalmente formadas, hasta darse el caso de dos folíolos completamente unidos por uno de sus lados, formando una sola hoja o folíolo con dos nervaduras centrales. También pueden aparecer folíolos enroscados, deformes, con pérdida de simetría y clorosis intervenal. Además, se observa la emisión de abundantes rebrotes diminutos y deformes que no llegan a desarrollarse.

Molibdeno. La deficiencia de Mo en plantas forrajeras, y especialmente en leguminosas, se manifiesta por un amarillamiento de las hojas viejas y necrosis de los bordes de las mismas; a medida que la deficiencia de este elemento va progresando, también aparecen síntomas similares en las hojas jóvenes.

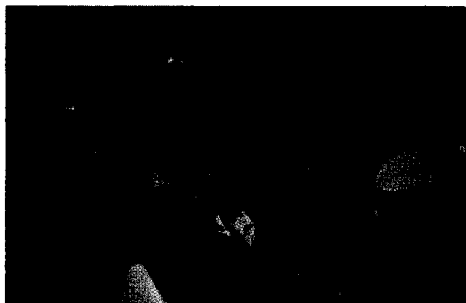


Figura 21. Deficiencia leve de Mo en *Centrosema* sp.



Figura 22. Deficiencia moderada de Mo en *Centrosema* sp.

La clorosis que se observa en las hojas de plantas deficientes en Mo se ha relacionado con una acumulación de nitratos debida a la falta de reducción de los mismos, ya que el Mo juega un papel importante en ese proceso. La intensidad de la necrosis en los bordes de las hojas se correlaciona con una mayor acumulación de nitratos en las hojas adultas.

Toxicidades Minerales

Manganeso. La toxicidad de Mn en gramíneas y leguminosas forrajeras se manifiesta típicamente con una deficiencia de hierro, debido a que este elemento es bloqueado por el exceso de Mn, ya que este impide la reducción de hierro férrico a ferroso (forma fisiológicamente activa). En las hojas jóvenes de las leguminosas se observa una clorosis intervenal inicial seguida de una clorosis total y finalmente necrosis del tejido. Este síntoma se presenta posteriormente en forma similar en las hojas viejas.



Figura 23. Toxicidad de Mn en *Desmodium* sp.

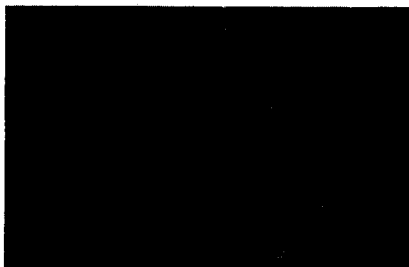


Figura 24. Toxicidad de Mn en *Panicum maximum*.

En las gramíneas forrajeras se puede observar en el tejido foliar joven un listado de colores verde y amarillo alternados; el síntoma, que se presenta a lo largo de las hojas avanza progresivamente hasta que éstas se tornan completamente cloróticas y finalmente se necrosan.

En general, en las gramíneas y leguminosas forrajeras, el síntoma descrito avanza hacia la parte inferior de la planta; por otra parte, también se puede observar como síntoma de toxicidad de Mn la aparición de puntos y áreas café que son más abundantes en las hojas ya formadas e intermedias y más escasos en las hojas jóvenes; este fenómeno se ha asociado con una acumulación localizada de Mn en el tejido foliar.

El efecto tóxico del Mn generalmente ocurre a un pH del suelo inferior a 5.5, aunque en suelos inundados o compactados, el exceso de Mn puede limitar el crecimiento de las plantas a pH de 6.0 o mayor. Cuando el suelo está en condiciones de poca aireación, el Mn es reducido a la forma bivalente, la cual es asimilable por las plantas.

Aluminio. Altos niveles de saturación de Al (60%) reducen el crecimiento radical; la disminución en el alargamiento de las raíces implica la no penetración de las mismas en el subsuelo, dando como resultado la pérdida de anclaje de las plantas y la no utilización del agua y los nutrimentos del subsuelo.

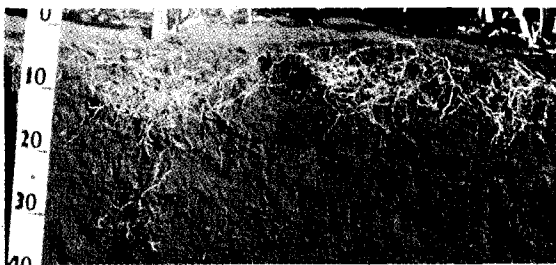


Figura 25. En suelos con problemas de Al la penetración de las raíces es baja.



Figura 26. Toxicidad de Al. En ausencia de éste, la raíz se desarrolló normalmente (izquierda) mientras que en un medio con 10 ppm de Al las raíces secundarias aparecen atrofiadas, con apariencia de nódulos (derecha).

Por otra parte, la toxicidad por aluminio ocasiona una disminución en los sitios de absorción de agua y nutrimentos, al inhibir la división celular. Posteriormente, el Al bloquea el movimiento de nutrimentos tales como P, Ca y Mg hacia la parte aérea de la planta, haciendo que los síntomas de deficiencia de estos elementos se manifiesten en las hojas como un efecto secundario de la toxicidad de Al.

Manejo de las Leguminosas Forrajeras para los Estudios de Fijación de Nitrógeno por *Rhizobium*

R.S. Bradley*

La inoculación de la semilla de leguminosas es importante para proporcionar a la planta una cepa de *Rhizobium* que sea efectiva en la fijación de suficiente nitrógeno, con el objetivo de obtener la máxima producción de forraje en ausencia de otra fuente nitrogenada. Una cepa adecuada de *Rhizobium* forma nódulos en las raíces de la leguminosa, y éstos fijan nitrógeno de la atmósfera, asimilable por la planta.

En los ensayos regionales los trabajos tendientes a estudiar y propiciar la fijación de N por medio de *Rhizobium* tienen dos objetivos específicos:

- a) Seleccionar nuevas cepas de la bacteria para aquellas leguminosas que todavía no disponen de una cepa eficiente conocida.
- b) Asegurar una fuente adecuada de nitrógeno para el crecimiento de las leguminosas sembradas en los ensayos regionales.

En los Ensayos Regionales A (ERA) no se inoculan las semillas de leguminosas pero en cambio se recogen nódulos de los cuales se aísla el *Rhizobium* para evaluación por el laboratorio de microbiología del programa de Pastos Tropicales. Además de la colección de nódulos, en estos ensayos también se evalúa la nodulación en la época de máximo crecimiento de las plantas.

En los Ensayos Regionales B (ERB) se inoculan las semillas y se evalúa la nodulación, pero no se recogen nódulos para el aislamiento de *Rhizobium*.

* PhD, Microbióloga de suelos, Programa de Pastos Tropicales.

Tanto para la colección de nódulos como para la evaluación de la nodulación se toman en cuenta únicamente los nódulos vivos y activos; éstos se reconocen porque su color interno es rojo claro a rojo oscuro, su estructura es firme y sus tejidos liberan una savia roja cuando se abren. En general, los nódulos varían no sólo en la forma, ya que unos son redondos, otros son largos y otros ramificados, sino en el tamaño que va desde 0.5 mm hasta 5 cm de diámetro; siempre se destacan fácilmente de la raíz.

Al sembrar los ensayos con leguminosas, hay que tener en cuenta que el CIAT ha enviado las semillas tratadas con fungicidas que pueden inhibir la nodulación; por lo tanto, tales semillas se deben lavar con agua limpia antes de la siembra.

Aplicación de N en ERA

Las entradas de leguminosas en los Ensayos Regionales A están todavía en etapas preliminares de evaluación y por lo tanto a veces no se dispone de información suficiente para seleccionar una cepa de *Rhizobium* adecuada para su inoculación. Por este motivo las leguminosas no se inocularán en este tipo de ensayos.

Es posible que las leguminosas no inoculadas formen nódulos con cepas de *Rhizobium* nativas del suelo; pero hay casos en que el suelo no contiene cepas específicas y puede ser necesaria la fertilización con nitrógeno. Cuando las plantas presenten síntomas de deficiencia de N, se debe aplicar este elemento a razón de 20 kg/ha cada vez que sea necesario pero sin exceder los 100 kg/ha/año; el N se aplica al voleo en cada parcela en forma de urea. El colaborador debe registrar las fechas de la aplicación y del efecto sobre el crecimiento de la planta si lo hubiere.

Si las plantas no presentan deficiencias de nutrientes, no se debe aplicar nitrógeno puesto que esto inhibe la nodulación.

Recolección de Nódulos en los ERA

Se espera que en la mayoría de los casos, la recolección de nódulos en los ERA sea realizada directamente por el especialista en microbiología de suelos del programa de Pastos Tropicales del CIAT; sin embargo, en algunos casos será necesario que el colaborador realice estas recolecciones.

Los nódulos que han de enviarse al CIAT para aislamiento del *Rhizobium* se deben recoger cuando las plantas no presenten

deficiencias de nutrimentos, sean especialmente vigorosas y tengan las hojas de color verde oscuro y las raíces bien noduladas (nódulos abundantes y de color interno rojo o rosado). Se recomienda el siguiente procedimiento.

1. De ser posible, sincronizar la fecha de la recolección con la época de crecimiento vegetativo de las plantas y de suficiente humedad en el suelo, cuando los nódulos son más abundantes y activos. Generalmente es más fácil encontrar nódulos en plantas jóvenes que en plantas maduras.
2. En lo posible la recolección de los nódulos se debe hacer poco antes de enviarlos al CIAT, o sea cuando esté prevista la visita de un miembro del Programa de Pastos, ya que las probabilidades de éxito del aislamiento de *Rhizobium* son mayores durante las primeras dos semanas después de la recolección de los nódulos.
3. Para sacar los nódulos del suelo se debe cavar cuidadosamente alrededor de la raíz principal con una navaja o implemento similar. No se debe arrancar la planta porque así es muy probable que se rompa la frágil unión de los nódulos con la raíz y quede la mayoría de ellos en el suelo.
4. Al coleccionar los nódulos es mejor dejarles trocitos de raicillas para facilitar su manejo durante el aislamiento del *Rhizobium*. No se deben mezclar nódulos de plantas diferentes. Aquellos que se envían al CIAT deben estar vivos (intactos y de estructura firme); se escogen aproximadamente 20 y se colocan en un tubo de vidrio que contenga un poco de CaCl_2 y algodón, como lo indica la Figura 1. Los tubos de vidrio con CaCl_2 serán suministrados por el laboratorio de microbiología del programa de Pastos del CIAT, o por intermedio de cualquier miembro del programa que visite el ensayo.

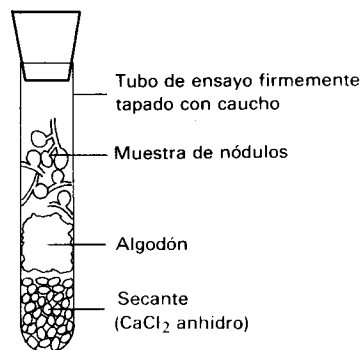


Figura 1. Preservación de los nódulos de leguminosas destinados a aislamientos de *Rhizobium*.

Después de colocar los nódulos en el tubo o frasco de vidrio, éste se debe tapar para que empiece el proceso de secamiento; cuanto más rápido sea éste, tanto mejor. Si aparece agua de condensación dentro del tubo, los nódulos se deben pasar a otro frasco. Cuando la muestra es grande, lo mejor es dividirla entre varios tubos.

5. Con los nódulos se debe enviar el máximo de información posible, v.g., fecha y época de recolección, nombre y estado de la planta hospedera, características y distribución de los nódulos en las raíces y otros datos que se crea puedan ser útiles.

Inoculación en los ERB

Para los ERB, el CIAT enviará inoculante con una cepa de *Rhizobium* seleccionada para cada leguminosa, y una cantidad adecuada de goma arábiga y roca fosfórica para recubrir las semillas; éstas se deben inocular separadamente antes de sembrarlas, de acuerdo con las siguientes recomendaciones:

1. Normalmente las semillas se deben escarificar antes de la inoculación, pero el colaborador responsable del ensayo no tiene que hacer esa labor porque el CIAT la realiza antes de enviar el material para la siembra. En cambio, el colaborador debe lavar la semilla con agua antes de inocularla, ya que el CIAT la envía después de tratarla con malation y Difolatan, fungicidas que son tóxicos para el *Rhizobium*.
2. En lo posible se debe guardar el inoculante en el refrigerador ya que se trata de un producto perecedero, pero no se debe congelar. El inoculante no sirve después de seis meses en el refrigerador; guardado al clima pierde su efectividad en menor tiempo.
3. El inoculante está empacado en un plástico muy delgado para facilitar la respiración de la bacteria; para evitar que los paquetes se rompan, se deben envolver en papel o en tela no plástica, ya que un plástico grueso puede inhibir la respiración del *Rhizobium*.
4. Por lo menos un día antes de la siembra, se debe preparar una solución de 40% de goma arábiga, agregando 40 partes de goma por 100 de agua limpia y dejando disolver la mezcla durante 12 horas; esta solución se debe guardar en el refrigerador.
5. El día de la siembra se agrega a las semillas un volumen de solución de goma arábiga suficiente para cubrirlas completamente pero sin que queden demasiado húmedas. Para esta

labor y para todo el proceso de recubrimiento que se indica adelante, se puede usar una bolsa plástica u otro recipiente pequeño.

La cantidad de solución de goma necesaria para 10 g de semillas varía desde dos gotas para semillas grandes (v.g. *Centrosema*), hasta cinco gotas para semillas pequeñas (v.g. *Desmodium ovalifolium* o *Zornia latifolia*). La cantidad de solución también depende de la forma y la textura de la superficie de las semillas, siendo mayor para las semillas más achatadas y con superficie rugosa y menor para las semillas redondas con superficie lisa.

6. El inoculante debe contener por lo menos 10^8 células de *Rhizobium* por gramo, y al agregarlo se debe usar en cantidad suficiente para proporcionar un mínimo de 5000 células por semilla. La cantidad agregada por gramo se puede calcular de acuerdo con el tamaño de las semillas, ya que las pequeñas (v.g. *Zornia* spp. que tiene 1000 semillas/g o *Desmodium ovalifolium* que tiene 700 semillas/g) necesitan mucho más inoculante que las semillas grandes (v.g. *Centrosema* spp. que tiene 20 a 30 semillas/g).

La información que presenta el Cuadro 1 se puede usar como base para calcular la cantidad de inoculante que se debe usar en un caso dado. Es posible usar una cantidad de inoculante mayor que la recomendada, pero no tanta que cubra totalmente la semilla, porque así no pegaría la roca fosfórica que se agrega más tarde para la formación de un buen "pelet" o gránulo.

Cuadro 1. Cantidades de inoculante calculadas para tres categorías de tamaño de semillas de leguminosas forrajeras, usando inoculante con 10^8 células de *Rhizobium* por gramo.

Tamaño de la semilla	Dosis de inoculante g/10 g semilla	Ejemplos		
		Leguminosa	Semillas/ gramo	<i>Rhizobium</i> ¹ / semilla
Grande	0.05	<i>Leucaena leucocephala</i>	20	25000
		<i>Centrosema pubescens</i>	30	16667
		<i>Pueraria phaseoloides</i>	80	16300
Medio	0.25	<i>Codariocalyx gyroides</i>	200	12500
		<i>Desmodium canum</i>	200	12500
		<i>Stylosanthes capitata</i>	500	5000
Pequeño	0.50	<i>Desmodium ovalifolium</i>	700	7142
		<i>Zornia latifolia</i>	1000	5000

¹ Cantidad calculada de células de *Rhizobium*.

El inoculante se debe distribuir de manera uniforme en las semillas engomadas, mezclándolo vigorosamente con ellas, y separando las que estén pegadas; si el inoculante forma grumos y las semillas se mantienen pegadas entre sí, es porque hubo exceso de goma.

A veces es difícil adherir a las semillas pequeñas suficiente inoculante. En esos casos éste se puede aplicar al surco y sembrar encima las semillas, pero el inoculante no debe quedar en contacto directo con los fertilizantes.

7. Antes de que se sequen las semillas inoculadas se deben recubrir con roca fosfórica para proteger el *Rhizobium* de las condiciones negativas del suelo. El "pelet" o gránulo que se forme debe ser duro y del mismo color que la roca (no oscuro como el inoculante); no se debe descascarar. La cantidad de roca fosfórica necesaria para formar el gránulo varía de 1 a 4 g/10 g de semillas; se debe aplicar en tres o cuatro partes, mezclando muy suavemente por rotación del recipiente y sin remover con ningún instrumento.
8. Las semillas inoculadas y recubiertas se deben dejar a la sombra para que los gránulos o "pelets" se sequen y endurezcan.
9. Las semillas tratadas no se deben guardar durante mucho tiempo antes de la siembra porque el *Rhizobium* puede perder su efectividad por la acción de toxinas que produce la misma semilla.

Es posible que, por causa de algún factor local, las leguminosas sembradas en los ERB no formen nódulos muy eficientes aun estando inoculadas. En estos casos puede ser necesaria la aplicación de N, y se procede como se indicó para los ensayos ERA.

En los ERB no se recolectan nódulos para aislamiento de *Rhizobium*.

Evaluación de la Nodulación en los ERA y en los ERB

Se observan por lo menos tres plantas por repetición, tomadas de los surcos en los cuales no se evalúa la producción. Se cava cuidadosamente alrededor de las raíces usando una navaja o instrumento similar y se toman en cuenta los nódulos vivos únicamente. Se deben calificar tanto la abundancia de los nódulos como su color interno, así:

Nodulación	abundante	4
	regular	3
	esporádica	2
	variable	1
	nula	0
Color interno	rojo o rosado	4
	verde	3
	otro (especificar aparte)	2
	variable	1
	nulo (no hay nódulos)	0

Para los ERA la primera evaluación se debe hacer en el primer corte después del corte de uniformidad. Los datos se registran en el Formato 2 (Apéndice B) en la sección "Daño por insectos" dentro de las columnas "Otros"; la calificación de la nodulación se registra en la columna 54 y la del color interno del nódulo en la columna 55. Las demás evaluaciones se hacen ocho semanas después de la fertilización de mantenimiento, usando las columnas indicadas.

Para los ERB se debe hacer la primera evaluación doce semanas después del establecimiento, anotando los datos en las columnas 58 (nodulación) y 59 (color interno) del respectivo Formato 2 (Apéndice D) para "Mediciones durante el establecimiento"

El resto de las evaluaciones correspondientes a la etapa de producción se hace doce semanas después de la fertilización de mantenimiento, registrando los datos en las columnas 60 (nodulación) y 61 (color interno) del respectivo Formato 3 (Apéndice E).

En ambos casos se deberá tachar en el formato la palabra "Otros" y reemplazarla por "Nódulos".

Metodología para la Evaluación Agronómica 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 comparables 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. 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

* PhD, Agrónomo de Pasturas.

** Dr. Agr., Agrónomo de Germoplasma.

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 subparcelas deben 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. Las 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.

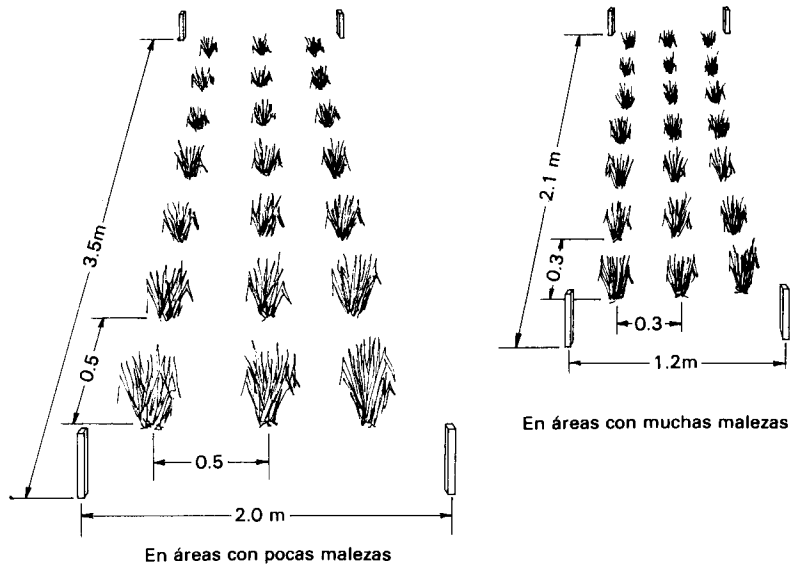


Figura 1. *Tamaños alternativos de las sub-parcelas y localización de las plantas según la incidencia de malezas en el área.*

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 haber dentro de la repetición (Figura 2). Las repeticiones se deben colocar perpendicularmente a la gradiente (pendiente, cambio de fertilidad de suelo, humedad del suelo, etc.).

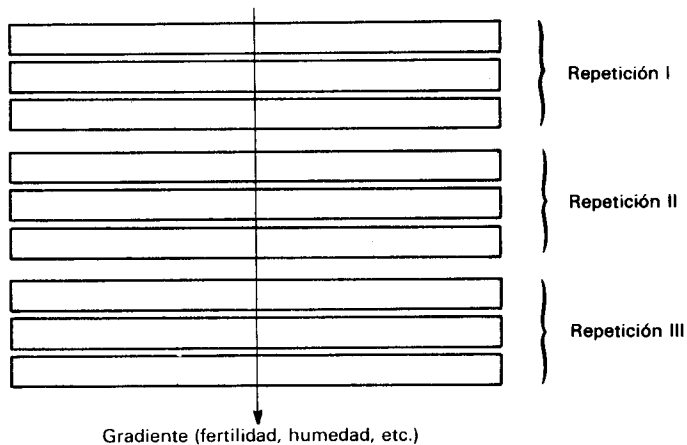


Figura 2. *En los ERA es preferible incluir varias franjas por repetición en lugar de hacer una franja larga, para asegurar mayor uniformidad de condiciones.*

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 será 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, KCl, 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 2.1 x 1.2 m		por parcela de 3.5 x 2.0 m	
N ¹	Urea	217	5.2	(15.6) ²	16.8	(50.4)
K	KCl	83	2.0	(6.0)	6.5	(19.5)
P	SFT	111	8.0	-	25.9	-
Mg	MgSO ₄	200	14.0	-	46.7	-
S ³						

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 P₂O₅), 41.5 kg de K (50 kg de K₂O), 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 (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, preferentemente 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 las 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

* En el caso de leguminosas con síntomas de deficiencia de N, consultar el capítulo "Manejo de leguminosas forrajeras para los estudios de fijación de N por *Rhizobium*".

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 insectos y los daños por enfermedades (ver "Evaluación de enfermedades..." y "Evaluación del daño...").
- 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 (ver capítulos "Síntomas Foliare de Deficiencias..." y "Manejo de Leguminosas Forrajeras...").
- 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 página 108), aplicando la fórmula:

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

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.

Metodología 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 deben 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.

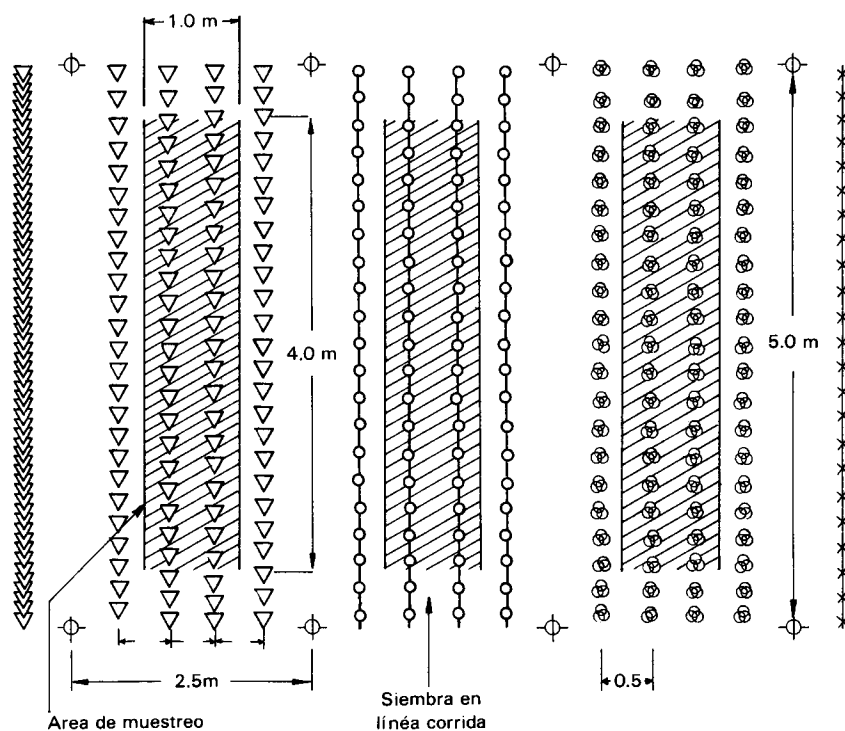


Figura 3. Dimensiones, disposición de las hileras de plantas, área total y área de muestreo en los Ensayos Regionales B.

La parcela total de muestreo se divide en cuatro subparcelas de 1 m² cada una para muestreos independientes tomados a las tres, seis, nueve, y 12 semanas del rebrote (Figura 4); para el efecto se usa el marco que se describe en la página 104.

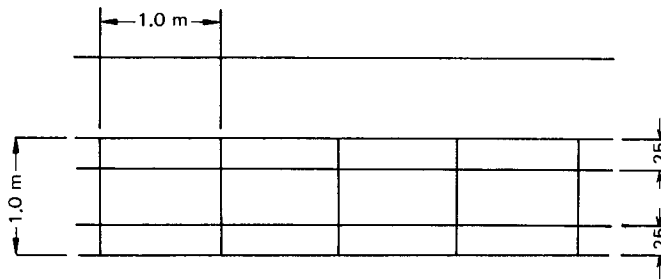


Figura 4. Disposición y dimensiones de las subparcelas de corte dentro de la parcela efectiva de muestreo.

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.

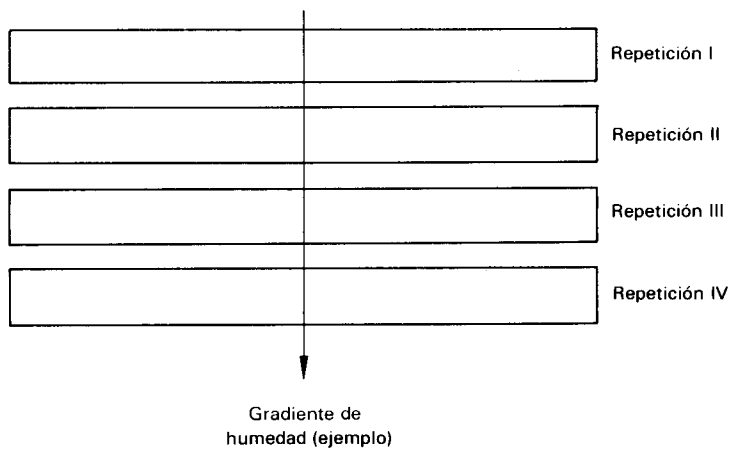


Figura 5. Ejemplo de un arreglo cuando una gradiente mayor afecta el campo uniformemente.

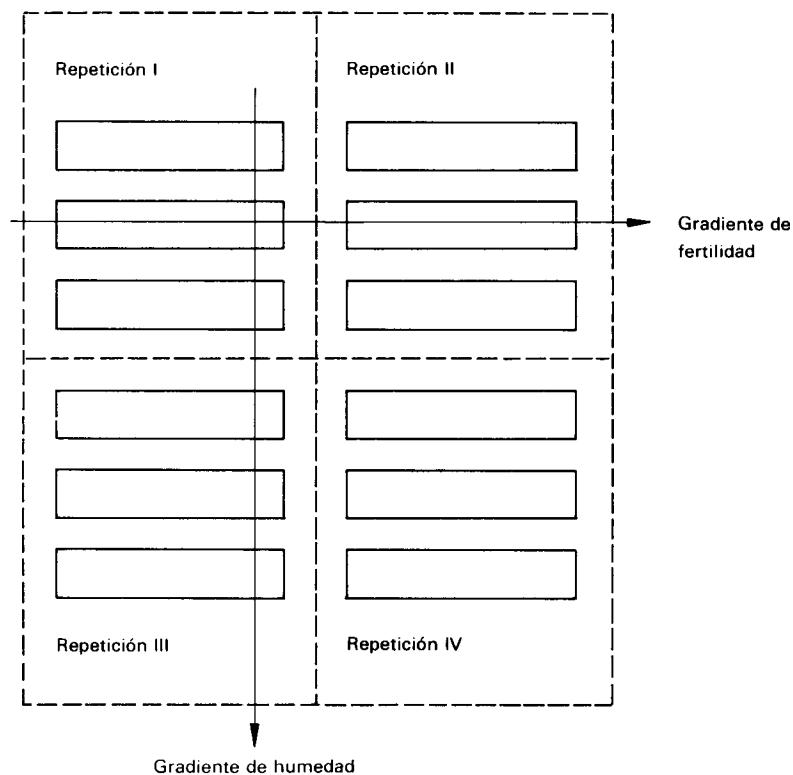


Figura 6. *Ejemplo de un arreglo cuando dos gradientes afectan la uniformidad del campo.*

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, KCl, 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 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.

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

Elemento	Fuente	Dosis (kg/ha)	Cantidad ¹ (g/banda)
N ²	Urea	217	22.6 (90.4) ³
K	KCl	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.

La fertilización nitrogenada se usa solamente para gramíneas. En caso de leguminosas con síntomas de deficiencia de N, consultar el capítulo sobre "Manejo de leguminosas forrajeras para los estudios de fijación de nitrógeno por *Rhizobium*".

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, 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.

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

Elemento	Fuente	Dosis (kg/ha)	Cantidad ¹ (g/parcela)
N ²	Urea	108	67.8 ³
K	KCl	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.

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 más 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 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.

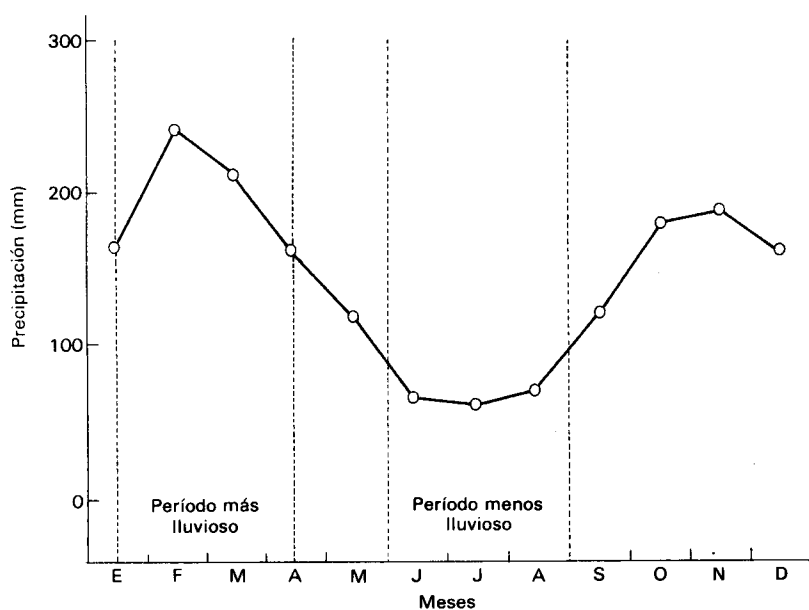


Figura 7. Ejemplo de selección de los períodos de máxima y mínima precipitación, según la distribución de las lluvias registras en años anteriores en un lugar de la Amazonia (\bar{X} 20 años).

Todas la 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 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.

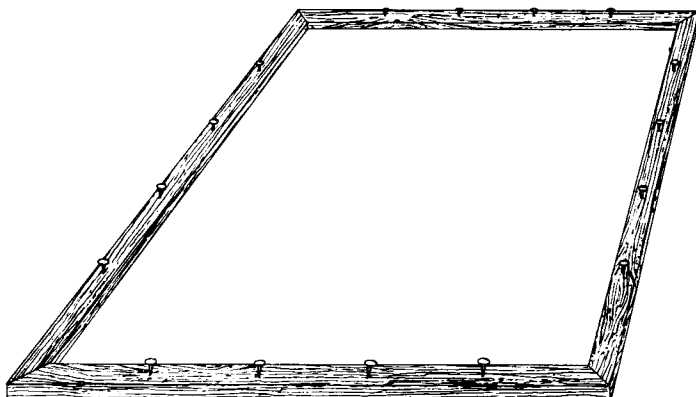


Figura 8. Marco (1 x 1 m) para mediciones en los ERB.

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 m² 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 m² 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.

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 m² que, también a criterio del investigador, represente mejor la población del total de las dos hileras centrales.



Figura 9. Recuento de la planta en 1 m².

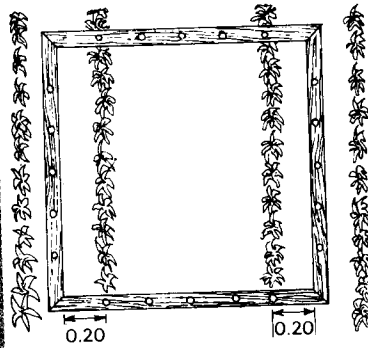


Figura 10. Colocación del marco para recuento de plantas.

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).

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 su 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 m² a las 3, 6, 9, y 12 semanas, usando el marco descrito.



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.

Cobertura. La cobertura se debe registrar en porcentaje por m². 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 cuadrículado.

El marco cuadrículado 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 x 0.2 m); su valor se anota en un papel previamente cuadrículado que represente el marco cuadrículado con el cordel.

Posteriormente, en la oficina, se suman estos valores por parcela y el total se multiplica por 4* para obtener el valor en porcentaje. El valor que se registra debe redondearse a la cifra entera más próxima (Figura 12).

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

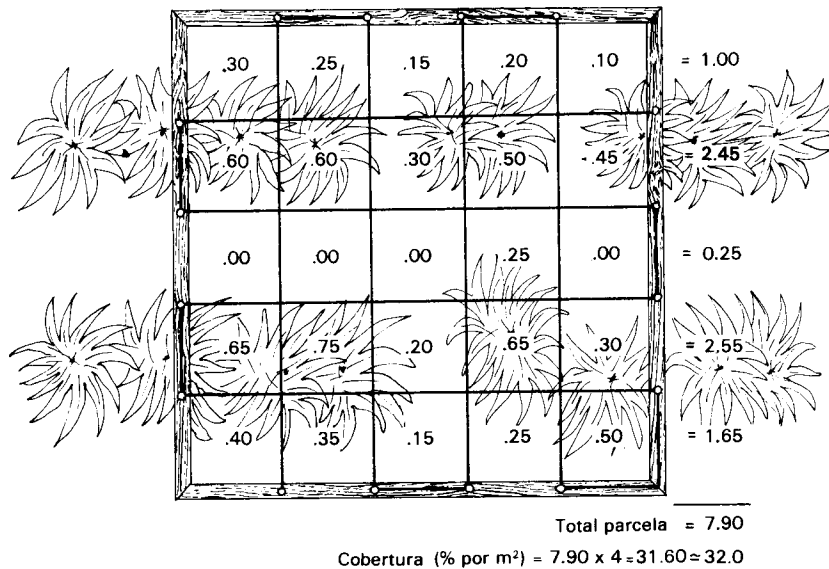


Figura 12. Ejemplo del uso del marco en la evaluación de cobertura.

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.

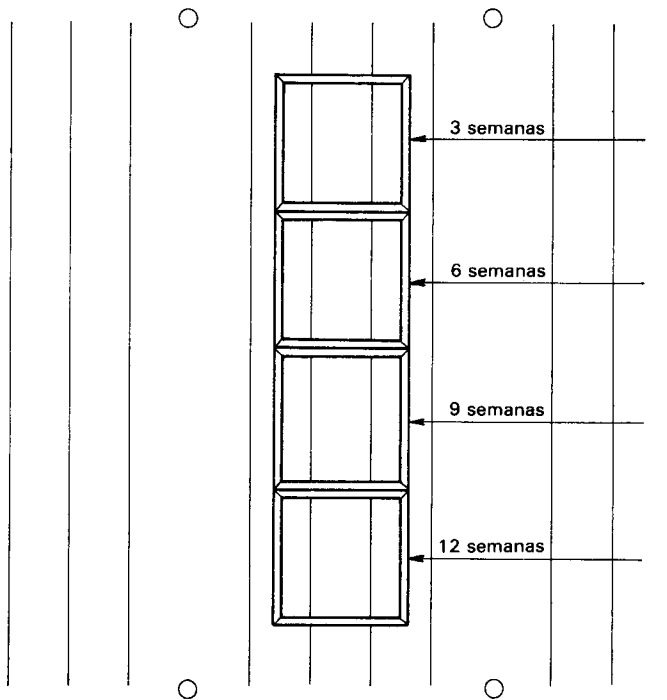


Figura 13. Colocación del marco en las subparcelas correspondientes a cada período después del corte de uniformidad. Si el desarrollo de las plantas en el experimento es uniforme, las parcelas se pueden cortar en secuencia, tal como se ve en la figura, pero si el experimento es muy irregular, la posición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

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 muestra 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).

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 (Formato 1, Apéndice A).

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 (Formato 4, Apéndice F).

Muestreo de Suelo y Tejido Vegetal en los Ensayos Regionales A y B

José G. Salinas*

Para la caracterización de los ecosistemas y la interpretación de los ensayos regionales se requieren análisis químicos tanto de suelos como de plantas. Como estos análisis se deben realizar empleando una metodología estándar para poder procesar finalmente los resultados en el banco de datos, se sugiere la presente guía para el muestreo de suelos y plantas. La preparación de las muestras y su envío al laboratorio se puede hacer de acuerdo con la guía del "Manual de métodos analíticos para suelos ácidos y plantas" publicado anteriormente**, donde también se indica la metodología analítica que se emplea.

Es importante insistir en que, debido a la prohibición del gobierno colombiano y de otros países del área de introducir a sus respectivos territorios muestras de suelos y plantas, los análisis químicos de las muestras correspondientes se deben hacer en laboratorios locales.

Muestreo de Suelos

En la metodología para la evaluación del suelo se considera importante la caracterización inicial del mismo en el área del ensayo regional. Para la toma de las muestras se requiere el siguiente material:

Taladro para excavar el suelo,
pala pequeña,
balde plástico pequeño,
bolsas de polietileno,
marcadores y etiquetas.

* PhD, Edafólogo, Nutricionista de plantas.

** Salinas, J. G.; García, R. 1979. Manual de métodos analíticos para suelos ácidos y plantas. Centro Internacional de Agricultura Tropical. Cali, Colombia. 53p.

Lugar y área de la muestra. El terreno para el ensayo se escoge considerando una menor pendiente del terreno (<5%) para evitar grandes cambios en la gradiente de fertilidad y teniendo en cuenta, además, una buena localización para facilitar las operaciones del ensayo; enseguida se debe proceder al muestreo del suelo. Se debe delimitar el área del ensayo mediante estacas, tratando de cubrir un 10% más del área requerida para el mismo. En el Ensayo Regional A (ERA), se estima un área aproximada de 3000 m² (7.5 m²/entrada x 100 entradas x 4 repeticiones). En el Ensayo Regional B (ERB) el área aproximada sería de 1500 a 2000 m² (12.5 m²/entrada x 30 entradas x 4 repeticiones).

Cómo tomar las muestras. Las muestras de suelo para la caracterización inicial de sus propiedades químicas y físicas (textura) se deben tomar siguiendo un camino en zigzag en el área experimental demarcada, y sacándolas con el taladro o con la pala pequeña a dos profundidades: 0 a 20 cm y 20 a 40 cm.

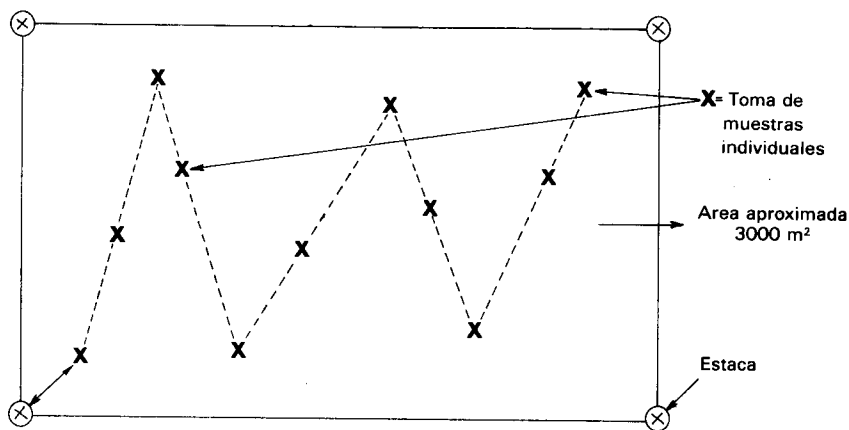


Figura 1. Recorrido en zig-zag a través del área experimental para la toma de muestras de suelo.

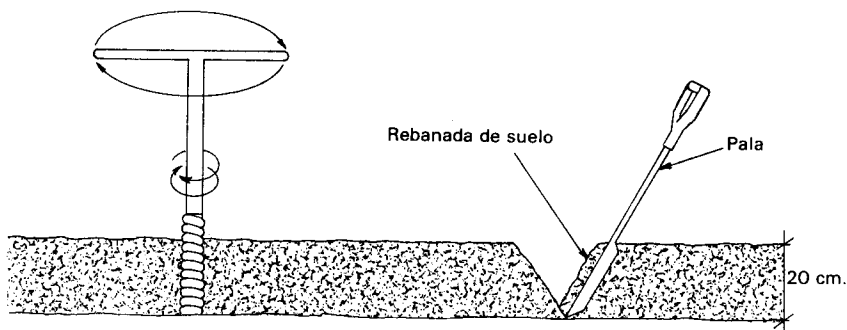


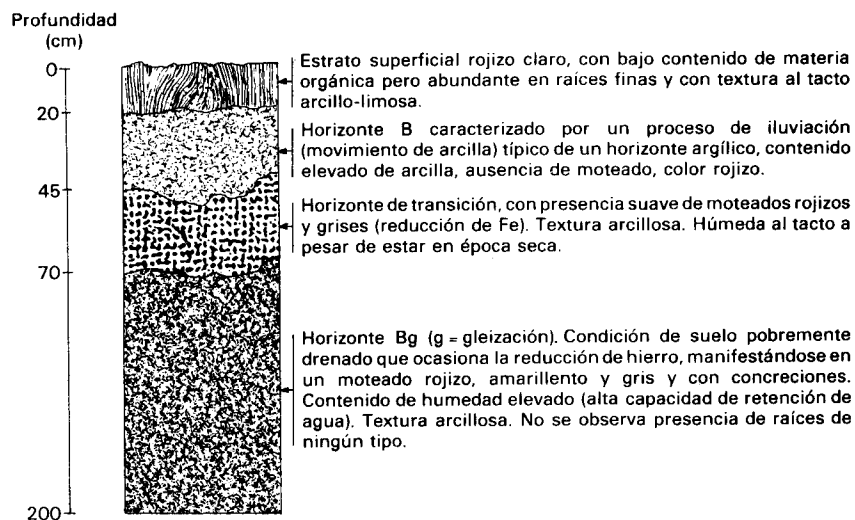
Figura 2. Toma de la muestra de suelo con taladro y pala pequeña.

Teniendo en cuenta el área experimental en ambos ensayos regionales (A y B), se deben tomar 10 ó 12 muestras individuales a cada profundidad y separadamente se van colocando en baldes plásticos para luego mezclarlas bastante y obtener una muestra compuesta por profundidad. De éstas se separan aproximadamente 0.5 kg y se transfieren a bolsas plásticas, cada una debidamente identificada con la fecha, profundidad de la muestra y sitio del ensayo regional. Las muestras recolectadas durante el día de trabajo se deben secar al aire y empacar inmediatamente en bolsas plásticas herméticamente cerradas para enviar al laboratorio.

Una precaución muy importante es remover todo desecho orgánico de la superficie del suelo antes de tomar las muestras.

Para los análisis de micronutrientes que se vayan a realizar, también se deben tomar y empacar las muestras usando el balde plástico y las bolsas de polietileno.

Descripción del perfil. En los Ensayos Regionales A, además de la caracterización inicial del suelo en el sitio seleccionado para establecer el ensayo, se debe abrir una calicata de 1.5 m de largo x 1.5 m de ancho x 2.0 m de profundidad para hacer una descripción del perfil del suelo similar a la que presenta como ejemplo la Figura 3.



Tipo de ensayo: Ensayo Regional A
 Localización: Pucallpa, Perú
 Fecha de caracterización: Julio 31, 1980
 Responsable: José G. Salinas

Figura 3. Ejemplo de una descripción general del perfil del suelo.

De acuerdo con la división del perfil en horizontes o capas de suelo diferentes por su color, textura al tacto, presencia o ausencia de moteados y otra característica definida que separe los estratos, se deben tomar muestras de suelo de 0.5 kg/estrato para su caracterización física (textura) y química (pH, materia orgánica, cationes cambiables, P, saturación de Al, Ca y Mg, S y micronutrimientos).

El objetivo principal de la descripción del perfil es poder clasificar el suelo y determinar el estado de fertilidad nativa del mismo, con el fin de interpretar los resultados en los ensayos regionales y poder extrapolar la información a situaciones similares.

Para parcelas establecidas se sugiere un muestreo de acuerdo con la Figura 4, pero únicamente en el caso de que se presente alguna deficiencia de nutrientes. Se deben tomar submuestras por separado entre y sobre las hileras centrales para evitar sesgos debidos a la aplicación del fertilizante en banda.

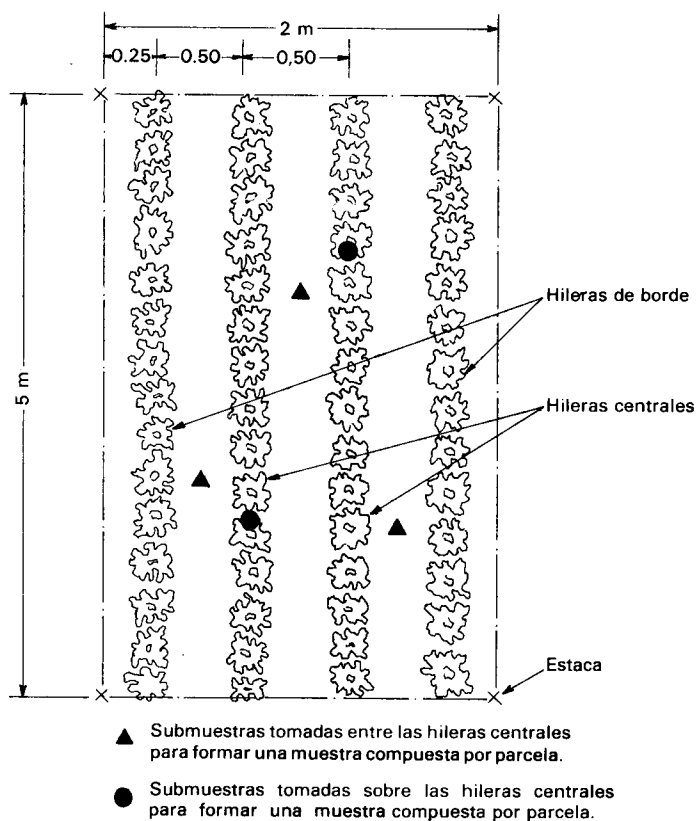


Figura 4. Sitios para la toma de submuestras de suelos en parcelas establecidas.

Datos que se deben obtener del análisis químico

1. Información mínima requerida: pH, cationes cambiabiles (Al, Ca, Mg, Na, K, Mn) en meq/100 g, P en ppm, saturación de Al y de Mg en %; estos datos se deben registrar mediante los Formatos 1 de caracterización para los ERA y los ERB.
2. Información complementaria: S, Zn, B, Fe, Mo, Cu en ppm.

Muestreo de Tejido Vegetal

El muestreo de material vegetal se hace en función del tipo de ensayo regional que se esté ejecutando y con la finalidad de confirmar deficiencias visibles que se hayan detectado en los materiales, según los patrones que se presentan en el capítulo sobre "Síntomas foliares de deficiencias y toxicidades minerales en pastos tropicales".

En los Ensayos Regionales A, la toma de muestras dependerá de la observación visual de alguna deficiencia de nutrimentos en las entradas. Para el efecto se deben seleccionar unas cinco plantas y obtener muestras de hojas de diferente edad, o sea hojas viejas que se toman del tercio inferior de la planta, hojas formadas provenientes del tercio central y hojas jóvenes del tercio superior (Figura 5); se deben descartar las hojas en formación, los rebrotes nuevos de los ápices y las hojas afectadas por ataque de insectos.

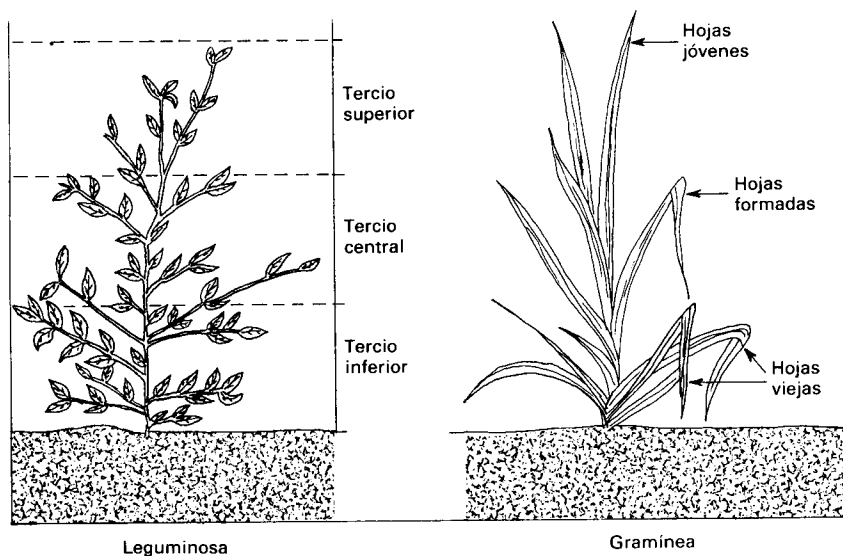


Figura 5. . Muestreo de hojas en leguminosas y en gramíneas en los Ensayos Regionales A o B.

En los Ensayos Regionales B las muestras de tejido vegetal constituyen las submuestras de los cortes realizados a las nueve semanas después del corte de uniformidad, tanto en el período lluvioso como en el seco. La cantidad aproximada de material fresco de estas submuestras debe ser de 250 g (ver pág. 108 en el capítulo sobre "Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales".)

Preparación y envío de las muestras. En ambos ensayos regionales (A y B), las muestras se deben colocar en bolsas plásticas identificadas con el nombre de la especie, la repetición, la fecha de muestreo, etc., y se secan en horno a temperaturas entre 60 y 70°C durante 48 horas. Luego se muelen en molinos que tengan cribas y tamices de acero inoxidable para garantizar el análisis de micronutrientes.

Finalmente se toma un mínimo de 40 g de este material seco y molido para transferirlo a una bolsa plástica que se cierra herméticamente y se envía al laboratorio. El material se acompaña con una solicitud para el análisis en duplicado y con la debida identificación de las muestras para evitar confusiones.

Los análisis de laboratorio que se deben realizar son:

Información mínima requerida: N, P, K, Ca, Mg, S (%)

Información adicional: Zn, Cu, B, Mo, Mn, Al (ppm).

Recopilación, Procesamiento y Análisis de Información

María Cristina Amézquita*

La Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales obtiene información sobre el comportamiento de ecotipos de gramíneas y leguminosas forrajeras a través de una serie de localidades pertenecientes a los cinco ecosistemas que conforman el área 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).

Recopilación de la Información

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.

* Dipl. Estadística Mat., Jefe sección Biometría.

Formato 2: Evaluación de la adaptación de ecotipos. Para cada fecha de evaluación para cada ecotipo, se registra en cada una de las cuatro repeticiones su calificación de adaptación, número de plantas/parcela, porcentaje de cobertura y, opcionalmente, producción de materia seca 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 tres repeticiones: número de plantas/m², porcentaje 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 uniformidad se registra para cada ecotipo en cada repetición el número de plantas/m², porcentaje 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

* Entradas = variedades, ecotipos, especies y géneros incluidos en los ensayos regionales.

registran en tres épocas de evaluación que son el período de establecimiento (Formato 2) y los períodos de 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 encuentran 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 Información

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 está en uso.

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 ERA y de siete archivos en el caso de los ERB, 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 = tipo de ensayo regional: A o B
- Y = 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.

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 chequean 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) período de 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. Dado que el objetivo de los ERA 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 ellos, 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 y 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 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 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:

Fuente de variación	gl	F
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)	$CM_{ExL}/CM_{Residuo}$
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 \bar{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 empleado inicialmente por Eberhart, S.A. y Russell, W.A. (1966), y utilizado posteriormente por muchos otros autores interesados en seleccionar 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 Envían al Participante

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 participante 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 (lineal 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.

En un futuro, cada participante recibirá también la información correspondiente a su ecosistema y los resultados del análisis combinado.

Bibliografia

- Aboul-el-Fittouh, H.A.; Rawings, J.A.; Miller, P.A. 1969. **Classification of environments to control genotype by environment interactions with an application to cotton.** Crop Science 1:135-140.
- Eberhart, S.A; Russel, W.A. 1966. **Stability parameters for comparing varieties.** Crop Science 36-40.
- Finlay, K.W; Wilkinson, G.N. 1963. **The analysis of adaptation in a plant breeding programme.** Aust. J. Agric. Res. 14:742-654.
- Freeman, G.H; Perkins J.M. 1871. **Environmental and genotype-environmental components of variability. Relations between genotypes grown in different environments and measures of these environments.** Heredity 27:15-23.
- Fripp, J.J; Caten, G.E. 1971. **Genotype-environmental interactions in *Schizophyllum commune*. I. Analysis and character.** Heredity 27(3): 393-407.
- Laing, D.R. 1978. **Adaptability and stability of performance in common beans (*Phaseolus vulgaris* L).** Paper presented at Workshop on International Bean Yield and Adaptation Nurseries. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.
- Mungomery, V.E; Shorter, R; Byth D.E. 1974. **Genotype x environment interactions and environmental adaptation. I. Pattern Analysis. Application to soya bean populations.** Aust. J. Agric. Res. 25(1): 59-72.
- Nor, K.M; Cady, F.N. 1978. **Methodology for identifying wide adaptability in crops.** Ithaca, N.Y., Cornell University. Department of Plant Breeding and Biometry. 1978.
- Plaisted, R.L.; Peterson, L.C. 1959. **A technique for evaluating the ability of selections to yield consistently in different locations or seasons.** Am. Potato J. 36:381-385.
- Shorter, R.; Byth, D.E; Mungomery, V.E. 1977. **Genotype x environment interactions and environmental adaptation. II: Assessment of environmental contributions.** Aust. J. Agric. Res. 28(2): 223-235.
- Sprague, G.F; Federer, W.T. 1951. **A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety, location x variety, and variety components.** Agron. J. 43(11):535-541.

Apéndices A - H

- Apéndice A, Formato 1 de los ERA para la información general de la localidad, e instrucciones para llenarlo.
- Apéndice B, Formato 2 de los ERA para la evaluación de la adaptación de las entradas, e instrucciones para llenarlo.
- Apéndice C, Formato 1 de los ERB para la información general de la localidad e instrucciones para llenarlo.
- Apéndice D, Formato 2 de los ERB para las mediciones durante el establecimiento de las entradas e instrucciones para llenarlo.
- Apéndice E, Formato 3 de los ERB para las mediciones de producción de los materiales e instrucciones para llenarlo.
- Apéndice F, Formato 4 de los ERB para la información meteorológica, e instrucciones para llenarlo.
- Apéndice G, Resumen de las metodologías para medir la estabilidad o adaptabilidad de las variedades.
- Apéndice H, Resumen de las metodologías para la clasificación de las localidades y/o ecotipos.

Apéndice A,

Instrucciones para llenar el Formato 1 de los ERA

En este formato se registran los datos de localización geográfica y política del ensayo, así como las características de clima y suelo que identifican y definen las condiciones ecológicas a las cuales el germoplasma está expuesto. Los datos de clima se deben tomar de la estación meteorológica más cercana; los de suelos deben corresponder a los análisis y observaciones del lugar del ensayo.

De acuerdo con su propósito, el formato está diseñado por tarjetas (1 a 18) con casillas en número variable según los datos requeridos; los primeros cinco espacios o casillas, que corresponden al código de la localidad y al número del formato, son comunes para todas las tarjetas.

Para registrar la información, escriba un solo carácter por casilla, sea número o letra; no escriba rayas o puntos en las casillas que deben ir vacías. En lo posible, escriba con caracteres de imprenta y use **siempre mayúsculas** cuando corresponda escribir letras en el formato.

Deje en blanco las casillas para el código de la localidad, ubicadas en la parte superior del formato y registre la información solicitada como se indica a continuación para cada tarjeta y casillas correspondientes.

A. Generalidades

Tarjeta 1

1/7-25	Colaborador(es):	Usar nombres y apellidos colocando iniciales en caso necesario.
1/27-36	Localidad:	Escribir el nombre; ejemplos: LIBERTAD, AMAPA, YURIMAGUAS.
1/38-47	Institución :	Colocar el nombre, usando siglas de preferencia; ejemplos: CPATU, IVITA, ICA, INIAP, FONAIAP, etc.
1/49-58	Provincia o municipio:	Escribir el nombre que dé una mejor idea de la ubicación política y geográfica de la localidad.

1/60-69 Departamento
o Estado: Idem

1/71-80 País Idem

Tarjeta 2

2/7-15 Latitud: Escribir en las casillas respectivas los datos en grados, minutos y segundos, lo mismo que la orientación (N, S, E u O), para indicar la localización geográfica lo más precisamente posible.

2/17-26 Longitud: Idem

2/28-31 Elevación
(mnsn): Indicar la altura sobre el nivel del mar.

2/33-52 Ecosistema original: Escribir en estos espacios el nombre de uno de los ecosistemas mayores al cual representa el ensayo original, según sea la vegetación, el clima y el suelo; ejemplo SABANA BIEN DRENADA HIPERtermica, BOSQUE TROPICAL LLUVIOSO. (Ver capítulo sobre Caracterización agroecológica para el desarrollo de pastos en suelos ácidos de América tropical.)

2/54-73 Clasificación ecológica: Escribir el nombre de la clasificación ecológica conocida en el lugar; ejemplos: BOSQUE TROPICAL SECO, MATORRAL ESPINOSO, etc.

B. Parámetros ambientales

La información que se registra en las tarjetas 3 a 8 incluye los datos de clima disponibles en la estación meteorológica más cercana al ensayo.

Tarjeta 3

3/7-65 Temperatura: Registrar en grados centígrados los promedios de temperatura para cada mes, considerando un solo decimal. En los espacios 3/68-76 escribir las dos últimas cifras del primero y del último año del período considerado para el promedio indicado.

Tarjeta 4

4/7-65 Radiación solar: Indicar los promedios mensuales de radiación solar diaria en Longleys/día, sin considerar decimales. En los espacios 4/68-76 indicar las dos últimas cifras del primero y del último año del período considerado para el promedio indicado.

Tarjeta 5

5/7-65 Humedad relativa: Indicar, considerando un decimal, los promedios de la humedad relativa para cada mes. En los espacios 5/68-76, indicar las dos últimas cifras del primero y del último año del período considerado para el promedio indicado.

Tarjeta 6

6/7-65 Número de horas de sol: Registrar, sin decimales, el promedio mensual de horas de sol. En los espacios 6/68-76, indicar las dos últimas cifras del primero y del último año del período considerado para el promedio indicado.

Tarjeta 7

7/7-65 Velocidad del viento: Registrar en km/hora y considerando un decimal, los promedios mensuales de la velocidad eólica. En los espacios 7/68-76, indicar las dos últimas cifras del primero y del último año del período correspondiente al promedio indicado.

Tarjeta 8

8/7-65 Precipitación (mm): Escribir en milímetros y sin usar decimales, el total de la precipitación para cada mes. En los espacios 8/68-76 indicar las dos últimas cifras del primero y último año del período correspondiente al promedio indicado.

C. Datos del suelo

Caracterizar el perfil en detalle a diferentes profundidades hasta más de 2 m. Las recomendaciones que se dan aquí para cubrir la información de la Tarjeta 9 se aplican también a las Tarjetas 10 a 17.

Tarjeta 9

9/7-8 Horizonte: Escribir la identificación con la letra mayúscula correspondiente; ejemplos: A B C. Use dos letras para los horizontes de transición; ejemplos: AB BC AC.

9/10-16 Profundidad: Escribir en cm las profundidades superior (9/10-12) e inferior (9/14-16) entre las cuales se tomó la muestra.

9/18-19 % Arena: Registrar el dato, sin decimales.

9/21-22 % Limo: Idem

9/24-25 % Arcilla: Idem

9/27-30	Densidad aparente:	Indicarla en g/cc usando dos decimales.
9/32-33	Capacidad de campo:	Indicar el porcentaje de la humedad del suelo a la capacidad de campo, sin decimales.
9/35-37	pH en H ₂ O, 1:1:	Registrar el pH de la muestra correspondiente, considerando un decimal.
9/39-43	Materia orgánica:	Registrar su porcentaje con un decimal.
9/45-49	Contenido de P:	Registrar el dato en partes por millón (ppm), considerando un decimal. Indicar el método de análisis, si es diferente de Bray II.
9/51-54	Ca:	Registrar el contenido de Ca en meq/100 g de suelo, usando dos decimales.
9/56-59	Mg:	Registrar el contenido de Mg en meq/100 de suelo, usando dos decimales.
9/61-64	K:	Registrar el contenido de K en meq/100 g de suelo, usando dos decimales.
9/66-69	Na:	Registrar el contenido de Na en meq/100 g de suelo, usando dos decimales.
9/71-74	% Sat. de Al:	Registrar el % de saturación de aluminio, considerando un decimal.

Tarjetas 10 a 17: Idem

Tarjeta 18

18/7-80 Clasificación: Escribir en letras mayúsculas la clasificación correspondiente a la Taxonomía de Suelos de los Estados Unidos (U.S. Soil Taxonomy, 1975).

Apéndice B,

Instrucciones para llenar el Formato 2 de los ERA

En el Formato 2 de los ERA se registran datos relacionados con la adaptación de las entradas, de acuerdo con la evaluación que se hace ocho semanas después del corte de uniformidad.

Como en todos los formatos de este tipo, los datos se deben escribir en la forma más clara posible con caracteres de imprenta, usando únicamente mayúsculas cuando corresponda escribir letras y colocando un solo número o letra por casilla. No escriba rayas o puntos en las columnas que deben ir vacías.

El formato está dividido en columnas (verticales) cada una de las cuales corresponde a un ítem de identificación o de evaluación de las diferentes parcelas del ensayo. Cada hilera (horizontal) corresponde a una parcela. En la parte superior del formato va la información general para todas las parcelas, así:

Código de la localidad (1-4): dejarlo en blanco.

País, localidad, institución y colaborador o colaboradores: llenar de preferencia con letras de imprenta.

6-7/12-13 Fecha de siembra: Registrar el día, mes y año en números, utilizando en cada caso únicamente la casilla de la derecha cuando la cifra sea un dígito.

6-7 Día: Escribir 1 a 31 según el día del mes que corresponda.

9-10 Mes: Escribir 1 a 12 según el mes del año que corresponda

12-13 Año: Escribir las dos últimas cifras del año; ej., 1981 se identifica como 81.

15-16/21-22 Fecha del último corte: Idem

24-25/30-31 Fecha de evaluación: Idem

La información específica por parcela se debe registrar así:

- | | | |
|-------|----------------------|---|
| 33 | Repetición: | Colocar 1, 2, 3, 4, etc., según la repetición que se esté evaluando. |
| 35 | Familia: | Colocar L en el caso de parcelas correspondientes a leguminosas o G en el caso de gramíneas. |
| 37 | Género: | Colocar la inicial del género; ejemplos: C para <i>Centrosema</i> y A para <i>Andropogon</i> . |
| 38 | Especie: | Colocar la inicial de la especie en mayúsculas, cuando se conozca; ejemplos, P para <i>pubescens</i> , G para <i>gayanus</i> . En las especies identificadas como sp la casilla se debe dejar en blanco. |
| 40-43 | No. de entrada: | Escribir el número de identificación de la entrada empezando por la casilla de la derecha; ejemplos: 3 5 0 para <i>Desmodium ovalifolium</i> y 2 0 1 3 para <i>Stylosanthes capitata</i> . Los ecotipos identificados como nativos, testigos, etc., se deben dejar en blanco; más tarde el banco de datos de la red asignará un número a estos ecotipos y lo informará por escrito a los colaboradores. |
| 45 | Grado de adaptación: | Esta calificación debe integrar productividad, vigor y salud por planta. Colocar E = Excelente, B = Bueno, R = Regular, M = Mala. |
| 47-55 | Daño por insectos: | Indicar en la columna correspondiente a cada tipo de daño, la calificación (1 a 4) del grado de intensidad del daño, según las instrucciones del capítulo de este manual sobre "Evaluación del daño |

causado por insectos". En caso de leguminosas, las casillas 54 y 55 se pueden utilizar para los datos correspondientes a la nodulación, como se indica en el capítulo de este manual, "Manejo de las leguminosas forrajeras para los estudios de fijación de nitrógeno por *Rhizobium*".

57-69	Daño por enfermedades:	Escriba en la columna que corresponda la calificación (1 a 4) de la intensidad del síntoma observado, según instrucciones del capítulo de este manual sobre "Evaluación de las enfermedades de los pastos tropicales en el área de actuación del programa".
71-72	No. de plantas/parcela:	Indicar el número de plantas obtenido en el recuento de la parcela evaluada; se registra esta información siempre que sea posible tomarla. Las plantas estoloníferas no se cuentan, cuando ya hayan cubierto la parcela; los casilleros se dejan en blanco.
74-75	% Cobertura:	Registrar el valor resultante de la evaluación hecha dentro de la parcela de muestreo, según instrucciones del capítulo de este manual sobre "Metología para la evaluación agronómica de pastos tropicales".
77-80	Producción de MS:	Información opcional; indicar el valor corregido correspondiente, en g/m ² .

Apéndice C,

Instrucciones para llenar el Formato 1 de los ERB

En este formato se registran los datos sobre la localización política y geográfica del lugar donde se realiza el ensayo, así como las características de clima y suelo que identifican y definen las condiciones ecológicas a las cuales el germoplasma está expuesto. Los datos de clima se deben tomar de la estación meteorológica más cercana; los de suelos son los correspondientes a los análisis y observaciones del lugar del ensayo.

El formato está diseñado para registrar y almacenar los datos en 10 tarjetas con diferente número de casillas según la información requerida. Para llenarlo se deben usar caracteres de imprenta en lo posible, y escribir un solo carácter por casilla, sea número o letra; no escriba rayas o puntos en las casillas que deben ir vacías. Use **siempre mayúsculas** cuando corresponda escribir letras en el formato.

Las casillas para el código de la localidad, que están ubicadas en la parte superior del formato se deben dejar en blanco; la información solicitada se debe registrar como se indica a continuación para cada tarjeta y casillas correspondientes.

A. Generalidades

Tarjeta 1

- | | | |
|---------|------------------------|--|
| 1/7-25 | Colaborador(es): | Escribir nombres y apellidos, usando iniciales en caso necesario. |
| 1/27-36 | Localidad: | Indicar el nombre; ejemplo: MOCOA, PTA. PEDRAS, AMAPA, YURIMAGUAS, etc. |
| 1/38-47 | Institución: | Colocar el nombre de la institución usando siglas de preferencia; ejemplos: CPATU, IVITA, ICA, CPLAC, INIAP, FONAIAP, etc. |
| 1/49-58 | Provincia o municipio: | Escribir el nombre que dé una mejor idea de la ubicación política de la localidad. |

1/60-69 Dpto. o Estado: Idem.

1/71-80 País: Idem.

Tarjeta 2

2/7-15 Latitud: Colocar en los casilleros respectivos los datos en grados, minutos y segundos, lo mismo que la orientación (N, S, E u O), para indicar con la mayor precisión posible, la localización geográfica del ensayo.

2/17-26 Longitud: Idem.

2/28-31 Elevación (msnm): Indicar la altura sobre el nivel del mar.

2/33-52 Ecosistema original: Escribir en estos espacios el nombre de uno de los ecosistemas mayores que represente el ensayo según sea la vegetación original, el clima y el suelo; ejemplo: SABANA BIEN DRENADA TERMICA, BOSQUE TROPICAL SEMISIEMPREVERDE ESTACIONAL. (Ver capítulo, "Caracterización agroecológica para el desarrollo de pastos en suelos ácidos de América Tropical".)

2/54-73 Clasificación ecológica: Escribir el nombre de la clasificación conocida en el lugar; ejemplo: BOSQUE TROPICAL SECO, MATORRAL ESPINOSO, etc.

B. Parámetros ambientales

La información para registrar en las tarjetas 3 a 8 incluye los datos de clima disponibles en la estación meteorológica más cercana al ensayo.

Tarjeta 3

3/7-65 Temperatura: Registrar los promedios mensuales de temperatura en grados centígrados, considerando sólo un decimal.

3/68-76 Indicar el primero y el último años del período considerado para el promedio de la temperatura.

Tarjeta 4

4/7-65 Radiación solar: Indicar los promedios mensuales de radiación solar diaria en Langleys/día, sin considerar decimales.

4/68-76 Indicar el primero y el último años del período considerado para el promedio de la radiación solar.

Tarjeta 5

5/7-65 Humedad relativa: Escribir en cada espacio y con un decimal, el promedio mensual del porcentaje de la humedad relativa diaria.

5/68-76 Indicar el primero y el último años del período considerado para el promedio de la humedad relativa.

Tarjeta 6

6/7-65 Número de horas de sol: Registrar en los casilleros respectivos y sin decimales, el promedio de las sumas mensuales de las horas de sol.

6/68-76 Indicar el primero y el último años del período correspondiente al promedio de horas de sol.

Tarjeta 7

- 7/7-65 Velocidad del viento: Colocar en los espacios respectivos los promedios mensuales de la velocidad eólica en km/hora, usando un solo decimal.
- 7/68-76 Indicar el primero y el último años del período correspondiente al promedio de la velocidad del viento.

Tarjeta 8

- 8/7-65 Precipitación: Escribir en mm el promedio entre años de la suma mensual de la precipitación, sin usar decimales.
- 8/68-76 Indicar los años primero y último del período correspondiente al promedio de la precipitación.

C. Datos del suelo

Tarjeta 9

Se registran datos para una profundidad de 0 a 20 cm (casillas de la izquierda) y para una profundidad de 20 a 40 cm (casillas de la derecha), así:

- 9/7-8 y
9/38-39 % Arena: Indicar la cifra sin decimales.
- 9/9-10 y
9/41-42 % Limo: Indicar la cifra sin decimales.
- 9/12-13 y
9/44-45 % Arcilla: Indicar la cifra sin decimales.
- 9/15-18 y
9/47-50 Densidad aparente: Registrarla para cada profundidad en g/cc, usando dos decimales.

9/20-21 y 9/52-53	Capacidad de campo:	Indicar el porcentaje de humedad del suelo cuando esté en capacidad de campo.
9/23-25 y 9/55-57:	pH:	Registrar, con un decimal, el pH correspondiente a la solución 1:1 de suelo en agua.
9/27-31 y 9/59-62	Materia orgánica:	Escribir los datos en porcentaje, con un decimal.
9/33-36 y 9/64-67	P (ppm)	Anotar el contenido de P en partes por millón, con un decimal.
9/69-80	Método:	Indicar el método de análisis utilizado para determinar P; puede ser BRAY I; BRAY II; AC DOBLE 1:4; AC DOBLE 1:10; OLSEN; o THRUOG.

Tarjeta 10

En esta tarjeta se registran los cationes intercambiables y el porcentaje de saturación de aluminio para dos profundidades: 0 a 20 cm a la izquierda, y 20 a 40 cm a la derecha, así:

10/9-12 y 10/39-42	Ca:	Registrar en meq/100 g, usando dos decimales.
10/14-17 y 10/44-47	Mg:	Registrarlo en meq/100 g, usando dos decimales.
10/19-22 y 10/49-52	K:	Indicar los contenidos en meq/100 g, usando dos decimales.
10/24-27 y 10/54-57	Na:	Registrar los contenidos en meq./100 g, usando dos decimales.

10/29-32 y

10/59-62 Al:

Indicar el contenido en meq/100 g,
usando dos decimales.

10/34-37 y

10/64-67 % de saturación
de aluminio:

Registrar las cifras correspon-
dientes usando un solo decimal.

Apéndice D, Instrucciones para llenar el Formato 2 de los ERB

En el Formato 2 de los ERB se registra la información sobre el establecimiento del ensayo a las 4, 8 y 12 semanas después de la siembra.

Los datos se deben escribir en forma clara usando **únicamente mayúsculas** cuando corresponda escribir letras y colocando una sola letra o número por casilla. No escriba rayas o puntos en las casillas que deben ir vacías.

El formato está diseñado con columnas (verticales) para cada ítem de identificación o evaluación, con hileras (horizontales) que corresponden a cada una de las parcelas. Allí se registra la identificación de la entrada, su edad, y los valores que le correspondan para los distintos parámetros de evaluación.

La parte superior del formato está destinada a la información general para todas las parcelas y se debe llenar así:

Código de la localidad (1-4):	Dejarlo en blanco.
País, localidad, institución y colaborador(es):	Llenar los espacios con letra de imprenta.
Las casillas superiores se deben llenar así:	
Fecha de siembra (7-12):	Colocar con números, tanto el día (1 a 31), como el mes (1 a 12) y el año (las dos últimas cifras).
Fecha de evaluación:	Colocar en los espacios respectivos la fecha del día de la evaluación, de la misma manera que en el caso anterior.

La información específica por parcela se debe registrar en las columnas así:

14-15	Edad del pasto:	Escribir los números 4, 8 ó 12, según corresponda (número de
-------	-----------------	--

- semanas de crecimiento después de la siembra).
- 17 Repetición No: Anotar 1, 2, 3, 4, etc., según sea el número de la repetición en la cual está la parcela que se está evaluando.
- 19 Familia: Colocar una L si la parcela corresponde a una leguminosa o una G si corresponde a una gramínea.
- 20 Género: Escribir la inicial del género; ejemplo: C para *Centrosema*, P para *Pueraria*, A para *Andropogon*, P para *Paspalum*, etc.
- 21 Especie: Colocar la inicial de la especie; ejemplos: P para *pubescens*, P para *phaseoloides*, G para *gayanus*, P para *plicatulum*.
- 22-25 No. de entrada: Escribir aquí el número de identificación de la entrada; ejemplo: 350 para *D. ovalifolium*, 9900 para *P. phaseoloides*. Cuando no se tiene el número de identificación, como ocurre con los testigos, se debe dejar en blanco.
- 27-29 No. de plantas/m²: Indicar el resultado del respectivo recuento de las plantas en la parcela de muestreo. Las plantas estoloníferas, cuando han cubierto la parcela, no se cuentan y las casillas se dejan en blanco.
- 31-33 % Cobertura: Registrar el valor resultante de la evaluación hecha dentro de la parcela de muestreo, según instrucciones de este manual.
- 35-37 a
47-49 Altura de plantas: Escribir en cada uno de los cinco espacios (de tres casillas cada uno)

los valores en cm de la altura de las plantas de la parcela de muestreo.

51-59 Daños por insectos:

Indicar en la columna correspondiente a cada tipo de daño (trips-ácaros, pulgilla-homóptera, comedores, etc.) el calificativo de la intensidad del daño según las instrucciones del capítulo "Evaluación del daño causado por insectos". Use las columnas 58 y 59 para registrar la nodulación cuando ésta se haya evaluado, según instrucciones del capítulo "Manejo de las leguminosas forrajeras para los estudios de fijación de nitrógeno por *Rhizobium*".

61-74 Daños por enfermedades:

Registrar la evaluación de la intensidad del daño según sea el caso (mancha en hoja, mancha en tallo, etc.), de acuerdo con las instrucciones del capítulo "Evaluación de las enfermedades de los pastos tropicales en el área de actuación del programa".

RED DE ENSAYOS REGIONALES DE PASTOS TROPICALES
 ENSAYOS REGIONALES B CODIGO DE LOCALIDAD (1)-(4)
 FORMATO 3: MEDICIONES DE PRODUCCION (5)



País _____ Localidad _____ Institución _____ Colaborador(es) _____
 Fecha de corte de uniformidad: día: -- mes: - año: --
 Fecha de la evaluación día: -- mes: - año: --
 Periodo de precipitación -- (MN ó MX)

	Edad del pasto	15	16
	Repetición No.	18	
	Familia (L o G)	20	
	Género	21	22
	Especie	23	24
	No. de entrada	25	26
	No. de plantas/m ²	28	29
	% de cobertura	32	33
	X altura de plantas (cm)	36	37
	Peso fresco muestra (gr/m ²)	40	41
	Peso fresco submuestra (gr)	43	44
	Peso seco submuestra (gr)	47	48
	Trips-ácaros	53	54
	Pulguita-homóptera	55	56
	Comedores	57	58
	Hemipteros	59	60
	Salvazo	61	62
	Barrenador	63	64
	Perforación de botones	65	66
	Otro	67	68
	Otro	69	70
	Negra	71	72
	Marrón	73	74
	Naranja	75	76
	Crema	77	78
	Marrón polvorosa	79	80
	Naranja polvorosa	81	82
	Negra	83	84
	Marrón	85	86
	"Chancero"	87	88
	Marchitez y muerte	89	90
	Clorosis y muerte	91	92
	Infloresc. pegajosa	93	94
	Infloresc.gris pegajosa	95	96

FORMATO 3

Organizado por: Banco de Datos de Red de Ensayos Regionales (CITA) / Elaborado por: IIA, CITA, Colaborador / 2da. Copia: Archivo del Comité de Ensayos Regionales (CITA)

Apéndice E.

Instrucciones para llenar el Formato 3 de los ERB

La información que reúne este formato proviene de las evaluaciones a distinta edad del rebrote (3, 6, 9 y 12 semanas), hechas durante los períodos de máxima y de mínima precipitación.

En general, los datos se deben colocar en la forma más clara posible, usando mayúsculas en tipo de imprenta cuando corresponda escribir letras y colocando un solo carácter (número o letra) por casilla.

El formato está dividido en columnas (verticales), cada una de las cuales corresponde a un ítem de identificación o evaluación de las diferentes parcelas del experimento; cada hilera (horizontal) corresponde a una parcela.

En la parte superior del formato se debe anotar la información general para todas las parcelas, dejando en blanco la correspondiente al código de la localidad (casillas 1-4). Los nombres del país, localidad, institución y colaborador(es) se deben llenar de preferencia en letra de imprenta. El resto de la información se debe registrar en las casillas indicadas, así:

6-11	Fecha del corte de uniformidad:	Indicar con números tanto el día (1-31), como el mes (1-12) y el año (dos últimas cifras).
	Fecha de evaluación:	Registrarla en las casillas correspondientes en la misma forma en que se registró la fecha del corte de uniformidad.
12-13	Período de precipitación:	Colocar MN cuando se trate del período de mínima precipitación y MX cuando la evaluación corresponda al período de máxima precipitación.
15-16	Edad del pasto:	Colocar los números 3, 6, 9 ó 12, según corresponda al número de semanas de rebrote, después del corte de uniformidad.

- 18 Repetición No.: Escribir 1, 2, 3, 4, etc. según sea el número de la repetición en la cual esté la parcela que se está evaluando.
- 20 Familia: Colocar una L si se trata de una leguminosa o una G si se trata de una gramínea.
- 21 Género: Escribir la inicial; ejemplos: C para *Centrosema*, P para *Pueraria*, A para *Aeschynomene*, B para *Brachiaria*, P para *Paspalum*.
- 22 Especie: Escribir la inicial correspondiente; ejemplos: P para *pubescens*, P para *phaseoloides*, H para *histris*, D para *decumbens*, P para *plicatulum*.
- 23-26 No. de entrada: Escribir el número de identificación de la entrada; ejemplo: 350 para *D. ovalifolium*.
- 28-30 No. de plantas/m²: Escribir la cifra resultante del respectivo recuento de plantas en la parcela de muestreo. Dejar el espacio en blanco cuando este valor no se pueda tomar por tratarse de una planta de crecimiento indefinido.
- 32-34 % Cobertura: Anotar el valor resultante de la evaluación hecha según indicaciones del capítulo "Metodología para la evaluación agronómica de pastos tropicales".
- 36-38 \bar{X} de altura de plantas (cm): Escribir en cm el promedio de la altura de las plantas observadas en la parcela de muestreo.
- 40-43 Peso fresco de la muestra (g/m²): Colocar el valor obtenido según indicaciones del capítulo sobre evaluación agronómica.

45-47	Peso fresco submuestra (g):	Idem.
49-51	Peso seco submuestra (g):	Idem.
53-61	Daños por insectos:	<p>Registrar en la columna que corresponda (trips-ácaros, pulgilla-homóptera; comedores, etc.), el calificativo de la intensidad del daño, según las instrucciones del capítulo "Evaluación del daño causado por insectos". Cuando corresponda hacer evaluación sobre nodulación, registrar los datos en las columnas 60 y 61 según las instrucciones del capítulo "Manejo de las leguminosas forrajeras para los estudios de fijación de nitrógeno por <i>Rhizobium</i>".</p>
63-77	Daños por enfermedades:	<p>De igual manera que en el ítem anterior, registrar los calificativos de la intensidad del daño para cada uno de los casos (mancha en hoja, mancha en tallo, otros) de acuerdo con las instrucciones del capítulo sobre evaluación de enfermedades.</p>



País _____ Localidad _____ Institución _____ Colaborador (es): _____

DATOS: Utilice una cifra decimal para temperatura; no considere decimales para precipitación

Día del mes	MES: [] [] [] (9-10-11)			MES: [] [] [] (12-13-14)			MES: [] [] [] (15-16-17)			MES: [] [] [] (18-19-20)			MES: [] [] [] (21-22-23)			MES: [] [] [] (24-25-26)			MES: [] [] [] (27-28-29)			MES: [] [] [] (30-31-32)		
	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)	Femp. Máxima °C	Femp. Mínima °C	Precipitación (mm)
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																								

FORMATO 4

Original: Banco de Datos de Red de Ensayos Regionales (CIAT)
 1a. Copia: Colaborador
 2a. Copia: Archivo del Comité de Ensayos Regionales (CIAT)

Apéndice F, Instrucciones para llenar el Formato 4 de los ERB

En este formato se registra la información sobre las temperaturas y precipitaciones diarias durante los períodos de evaluación. Cada columna (vertical) corresponde a un dato del clima durante los días del mes. Cada hilera (horizontal) corresponde a una fecha para los diferentes meses considerados en el período de evaluación.

Los datos se deben registrar en forma clara, con letra de imprenta y con un solo carácter por casilla.

Registre la información general en la parte superior del formato de la misma manera en que lo hizo con los formatos anteriores. Para el resto de la información, proceda así:

6-7 Día del mes: En esta columna ya están marcados los días del mes para un máximo posible de 31.

8 Período de precipitación: Escribir 1 para establecimiento, 2 para período de máxima precipitación, 3 para período de mínima precipitación.

9-10,
24-25,
39-40,
53-54 y
67-68 Mes: Escribir el nombre con letra de imprenta sobre la línea respectiva y marcar dentro de las 2 casillas indicadas el número del mes (1 al 12), según corresponda.

11
26
41
55
69 Año: Escribir el último dígito del año correspondiente, ej: 1980, escribir 0; 1981, escribir 1, etc.

12-15
27-30
42-45
56-59 y
70-73

Temperatura
máxima en °C:

Registrarla para cada día en los
espacios que correspondan, usando
un solo decimal.

16-19
31-34
46-49
60-63 y
74-77

Temperatura
mínima en °C:

Idem.

20-22
35-37
50-52
64-66 y
78-80

Precipitación
(mm):

Registrar, sin decimales, el valor de
la precipitación pluvial diaria.

Apéndice G. Resumen de las metodologías para medir la estabilidad o adaptabilidad de las variedades.

Año	Autor(es)	Resumen de la metodología utilizada
1951	Sprague y Federer	Componentes de varianza para G, A y G*A
1959	Plaisted y Peterson	Análisis de varianza combinado para cada posible pareja de variedades. Estiman la contribución de cada variedad a la interacción $G \cdot A \sigma^2 G \cdot A$
1963	Finaly y Wilkinson	Método de regresión de rendimiento varietal = $a + bIA + \epsilon$ Parámetro: b
1966	Eberhart y Russell	Método de regresión de rendimiento varietal = $a + bIA + \epsilon$ Parámetros: b y CME
1971	Freeman y Perkins	Critican el método de regresión. Crítica básica: tipo de IA utilizado. Proponen IA independiente del material evaluado.
1972	Fripp y Caten	Método de regresión. Compara índices ambientales dependientes vs. independientes del material a evaluar y concluye que dan respuestas similares.
1978	Laing	Precisa definiciones de adaptabilidad y estabilidad. Compara métodos existentes y los encuentra consistentes.
1978	Nor y Cady	Utiliza la técnica de Componentes Principales para agrupar variables ambientales que afecten el rendimiento en cada localidad. Define así un índice ambiental basado en parámetros ambientales, independiente del material a evaluar.

Apéndice H. Resumen de las metodologías para la clasificación de las localidades y/o entradas.

Año	Autor(es)	Metodología utilizada
1969	Abou-el-Fittouh, Raulings y Miller	Cluster Analysis para clasificación de localidades con el objeto de reducir a un mínimo la interacción G*A
1974	Mungomery, Shorter y Byth	Pattern Analysis para clasificar variedades de soya según p atributos (comportamiento promedio en p localidades).
1977	Shorter, Byth y Mungomery	Pattern Analysis para la caracterización de la contribución ambiental a las diferencias en el comportamiento varietal.

**Publicación del CIAT
Programa de Pastos Tropicales
Unidad de Comunicaciones**

Edición: *Ana Lucía de Román
Susana Amaya*
Diseño: *Carlos Rojas Vale*
Producción: *Artes Gráficas, CIAT*
Impresión: *Gráficas Karinn, Cali*