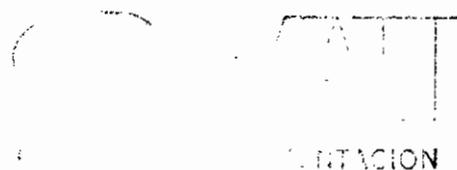


40480

**Documento de Trabajo  
No. 80**

**Contribución de las  
Pasturas Mejoradas  
a la Producción  
Animal en el Trópico**



Memorias  
de una Reunión de Trabajo  
Cali, Colombia  
Abril 9-10 de 1989

**CIAT** Centro Internacional de Agricultura Tropical

DEPT. EXTERIOR

Centro Internacional de Agricultura Tropical  
Apartado Aéreo 6713  
Cali, Colombia

Documento de Trabajo No. 80  
Tiraje: 500 ejemplares  
Julio 1991

CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1991. Contribución de las pasturas mejoradas a la producción animal en el trópico. Memorias de una reunión de trabajo realizada en Cali, Colombia, 9-10 de abril de 1989. Cali, Colombia. 68 p.

## CONTENIDO

	Página
<b>Prólogo</b>	iv
<b>Contribución potencial de las pasturas mejoradas a la sostenibilidad de los ecosistemas de sabana y de bosque húmedo tropical</b>	
<i>P. A. Sánchez y M. A. Ara</i>	1 ✓
<b>Productividad y persistencia de las leguminosas y su adopción en pasturas tropicales</b>	
<i>L. 't Mannelje</i>	25 ✓
<b>Contribución de la investigación básica al desarrollo de tecnologías de pasturas</b>	
<i>R. W. Brougham, R. J. Clements y K. P. Kerr</i>	39 ✓
<b>Estimativos de los beneficios económicos de la investigación en pasturas en América tropical</b>	
<i>L. S. Jarvis y C. Seré</i>	47
<b>Recursos disponibles, demanda de servicios y logros en la RIEPT</b>	
<i>C. Seré, E. Mesa y A. Franco</i>	59

## Prólogo

En el trópico americano existen extensas áreas de suelos ácidos de baja fertilidad cuya contribución a la producción de cultivos es escasa, pero poseen un alto potencial para la producción de carne y leche mediante la aplicación de tecnologías adecuadas para el desarrollo de pasturas. La producción animal en la zona es únicamente de 25 kg/ha/año y su población ganadera equivale al 78% del total en América Latina.

Las tecnologías para el desarrollo de pasturas en esta zona deben ser de bajo costo y las pasturas productivas, sostenibles y persistentes. Con este enfoque el Programa de Pastos Tropicales del CIAT y las instituciones nacionales participantes en la RIEPT, han desarrollado sistemas de producción mediante los cuales se han logrado aumentos significativos en la producción animal en las sabanas y bosques tropicales.

En el presente documento se incluyen los trabajos presentados durante una reunión realizada en el CIAT entre el 9 y el 10 de abril de 1989, la cual tuvo como objetivo revisar algunos conceptos sobre el impacto de las nuevas tecnologías de pasturas en los ecosistemas de sabana y bosque y los beneficios de su adopción. Las recomendaciones y conclusiones de esta reunión constituyeron una base para la elaboración del plan estratégico del Programa de Pastos Tropicales del CIAT en la década de los 90.

Se trataron temas relacionados con la contribución de las pasturas mejoradas a la sostenibilidad de los ecosistemas, la productividad y persistencia de las leguminosas forrajeras, la investigación básica y su contribución en pasturas en América tropical, y los recursos disponibles y demanda de servicios en la RIEPT.

40481

## **Contribución potencial de las pasturas mejoradas a la sostenibilidad de los ecosistemas de sabana y de bosque húmedo tropical**

P. A. Sánchez y M. A. Ara\*

### **Resumen**

Por sostenibilidad se entiende la capacidad de un ecosistema para suministrar productos agrícolas, pecuarios o forestales con rendimientos relativamente altos y estables en el tiempo. Tal producción debe ser económicamente rentable y el tipo de explotación no debe ocasionar efectos negativos en el ambiente, sino por el contrario, conservar o mejorar los recursos naturales.

Para estimar la sostenibilidad es necesario realizar experimentos a largo plazo, que permitan determinar las tendencias de la productividad biológica y económica en el tiempo. Estos experimentos deben acompañarse con determinaciones de los cambios en las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo para evaluar así el reciclaje y las pérdidas de nutrientes. En la actualidad se utilizan nuevas metodologías para medir el impacto de los insumos, caracterizar los residuos orgánicos (hojarasca, raíces, rastrojos), y medir el fraccionamiento de la materia orgánica (MO) del suelo.

Al comparar los bosques, cultivos y pastos como sistemas alternativos de producción en una localidad, es necesario trabajar en suelos idénticos. Las comparaciones efectuadas durante ocho años en Yurimaguas, Perú, indican que las pasturas basadas en germoplasma adaptado y que dispongan de buen manejo mejoran las propiedades químicas del suelo, no afectan sus propiedades físicas y producen volúmenes de raíces, biomasa microbiana y fauna edáfica iguales o superiores a los producidos por el bosque original. Igualmente, en pasturas mejoradas del Centro Nacional de Investigaciones CNI ICA-CIAT Carimagua, Colombia, manejadas durante un período de tiempo similar al anterior, se encontraron incrementos en el contenido de calcio (Ca), magnesio (Mg) y potasio (K) del suelo.

Las pasturas tienen mayor tasa de reciclaje de fósforo (P) en relación con los cultivos, lo cual se debe a que la mayor parte de este nutriente se

---

\* Respectivamente, director y estudiante de posgrado del Programa de Suelos Tropicales, North Carolina State University, Raleigh, N.C. 27695-7619, USA.

concentra en los granos y es removido por las cosechas, mientras que la extracción por los animales es baja y hay además adición de sales mineralizadas. Las pasturas bien manejadas, por lo tanto, contribuyen positivamente a la sostenibilidad de los ecosistemas de sabanas y bosques tropicales; por el contrario, las pasturas mal manejadas, con especies no adaptadas, perjudican notoriamente estos ecosistemas.

## **Conceptos**

El manejo de los recursos en las sabanas y en el trópico húmedo de América tropical, ecosistemas estos caracterizados por suelos ácidos de baja fertilidad, es objeto de controversias, muchas de las cuales se deben a conceptos mal entendidos. Las pasturas tienen un papel importante en estos ecosistemas, ya que la explotación ganadera es el sistema de producción predominante en la mayor parte del área de sabanas y ocupa el segundo lugar en la selva amazónica, después de la agricultura migratoria. Los conceptos sostenibilidad y fragilidad ambiental, frecuentemente utilizados para referirse a estos ecosistemas, abundan en la literatura científica. Debido a la confusión que frecuentemente ocasionan, a continuación se presentan su definición y su importancia en el manejo de los recursos naturales.

### **Sostenibilidad**

No existen ni una definición aceptable del término inglés 'sustainability' ni su traducción correcta al español la cual se acepta liberalmente como sostenibilidad. Se considera que ésta es la capacidad de un ecosistema para suministrar productos agrícolas, pecuarios o forestales en volúmenes altos y estables en el tiempo, que sean al mismo tiempo económicamente rentables, y no produzcan efectos negativos en el ambiente, a la vez que conserven o mejoren los recursos naturales.

Dos diferencias agronómicas entre sostenibilidad y productividad son el factor tiempo y los efectos en el ecosistema. La evaluación en el tiempo requiere datos de producción a largo plazo, por lo menos de cinco años, derivados de experimentos que determinen si la tendencia de la producción es estable o sostenible.

La Figura 1 ilustra tres tipos posibles de producción. La primera es una producción estable y sostenible, cuya estabilidad se manifiesta como un coeficiente de variabilidad en el tiempo. La segunda es una producción inestable pero sostenible, con considerables fluctuaciones entre años, pero con una tendencia constante a largo plazo. Con el uso de insumos, este constituye,

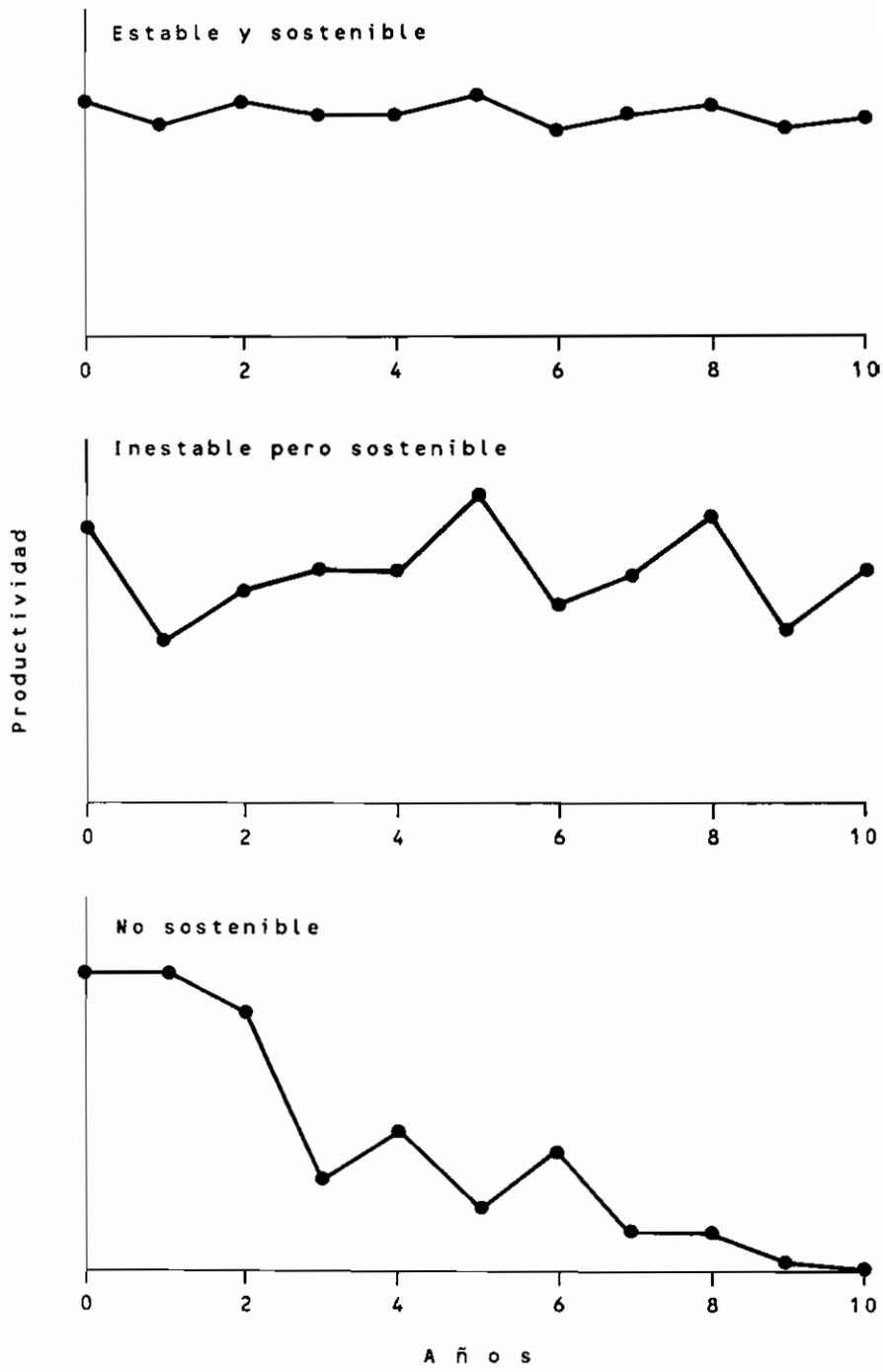


Figura 1. Ejemplos teóricos de estabilidad y sostenibilidad.

tal vez, el objetivo más realista de sostenibilidad en sistemas de pastoreo. La tercera es la productividad no sostenible, con fuertes descensos a partir del segundo año. Con ella se muestra la importancia de los experimentos a largo plazo, ya que si éstos se terminaran en el segundo año, se concluiría erróneamente que la producción es estable.

Los ejemplos anteriores sólo consideran la productividad. Para calificarlos como sostenibles o no, es necesario analizar los criterios económicos y ecológicos implícitos en la definición. Los efectos en el ecosistema incluyen el traslado de nutrientes o las pérdidas de suelo por lixiviación, denitrificación, erosión y escorrentía hacia zonas adyacentes y ríos y la volatilización del amonio.

Un componente importante de la sostenibilidad es el mejoramiento o mantenimiento de las propiedades del suelo. En los sistemas sostenibles es necesario retornar al suelo los nutrientes removidos, ya sea por la extracción del producto o por los procesos de pérdida antes mencionados. La remoción por efecto de las cosechas es el proceso más importante de pérdida de nutrientes en un sistema agrícola (Sánchez et al., 1989). Además de sus características químicas, la conservación o mejoramiento de las propiedades físicas del suelo, tendientes a minimizar las pérdidas por erosión y escorrentía, son prácticas esenciales en sistemas de producción sostenibles.

### **Fragilidad ambiental**

El término fragilidad generalmente no se asocia con la sostenibilidad de un ecosistema. No existe una definición formal de fragilidad (Hollings, 1973; Westman, 1986; Ulrich, 1987). Los ecosistemas pierden diversidad genética al pasar de su estado natural a pastura, siendo más importante esta pérdida en el bosque tropical que en las sabanas, debido a la alta diversidad genética de la flora y fauna en aquél. En este sentido, casi todos los ecosistemas son frágiles. Los daños por mal manejo del suelo como la compactación y la erosión ocurren en todos los suelos y en la gran mayoría son reversibles. Debido a que el concepto de fragilidad no se adapta a los suelos, sería mejor denominar como ecosistemas marginales a las sabanas y bosques tropicales con suelos ácidos de baja fertilidad natural.

Un índice de fragilidad a nivel de ecosistemas puede derivarse de las evaluaciones de uso de la tierra. En Perú, la Oficina Nacional de Recursos Naturales (ONERN, 1982) clasifica las tierras como aptas para cultivos limpios, cultivos perennes, pasturas, bosques de producción y áreas de protección, considerando estas últimas demasiado frágiles para transformarlas

El Cuadro 1 presenta los resultados de un trabajo realizado en Yurimaguas, Perú, en el cual se compararon varias asociaciones en pastoreo (Reátegui et al., 1985; Ayarza et al., 1987, 1989). La presentación de los parámetros como promedios anuales no da una idea clara de sostenibilidad. Aunque la pastura asociada *Brachiaria decumbens-Desmodium ovalifolium* CIAT 350 dio una producción animal similar a la alcanzada con la leguminosa *Centrosema pubescens* sola, la asociación ha presentado varios problemas de manejo y un descenso de productividad en los últimos años, lo cual es enmascarado por el promedio de rendimientos anuales de MS. Sin embargo, *C. pubescens* no ha tenido problemas de manejo y ha mantenido una productividad estable en el tiempo. Después de varios años de pastoreo se puede considerar que la asociación es altamente inestable, aunque tal vez biológicamente sostenible, mientras que *C. pubescens* es estable y sostenible. Por otro lado, la asociación *Panicum maximum-Pueraria phaseoloides* desapareció al tercer año, siendo totalmente inestable; mientras que la asociación *Andropogon gayanus-Stylosanthes guianensis*, con una productividad similar, se ha mantenido aunque con cierta inestabilidad.

#### **Efectos en el ecosistema**

En el ecosistema las principales pérdidas ocurren en el suelo por erosión y lixiviación de nutrientes, denitrificación, volatilización y extracción animal. En pasturas con buen manejo, la erosión raramente ocurre, pero cuando exista debe medirse. En la mayoría de los casos las pérdidas son principalmente de nutrientes y, por lo tanto, es mejor cuantificar el reciclaje de éstos y las pérdidas involucradas en este proceso.

**Reciclaje de nutrientes.** Estructuralmente los procesos de reciclaje de nutrientes en pasturas no difieren de los de los sistemas de cultivo; sin embargo, en las pasturas son características la dominancia relativa del sistema radical y la presencia de animales en pastoreo (Woodmansee et al., 1981).

El reciclaje de nutrientes consiste en: (1) procesos de síntesis-descomposición, en los cuales la velocidad potencial de intercambio de nutrientes depende principalmente de la cantidad de biomasa que entra en descomposición y de la concentración respectiva del nutriente, considerando otros factores como constantes; (2) procesos de distribución espacial, efectuados por los animales en pastoreo; en este caso, la velocidad de intercambio depende de la cantidad de nutrientes en la dieta de los animales, de la proporción que retienen para sus funciones y de la distribución de excretas.

de sistema natural a agrosistema. Sánchez y Benítez (1986) calcularon, con base en el área de las tres grandes regiones ecológicas del Perú clasificadas como áreas de protección, los índices de fragilidad respectivos: costa 74%, sierra 64% y selva 25%. El porcentaje más alto de áreas de protección en la costa y en la sierra se debe a la ausencia en las zonas áridas y semiáridas de una cubierta vegetal que proteja el suelo contra la erosión hídrica y eólica, y a la alta susceptibilidad de los suelos a la erosión, debida a su pendiente y mala estructura. En la selva, donde es difícil encontrar un suelo desprovisto de vegetación, la situación es menos frágil. El índice de fragilidad así definido es más alto en la selva alta (57%) que en la selva baja (12%), debido principalmente a las pendientes más fuertes en la primera. Probablemente las sabanas tropicales tienen un índice de fragilidad más bajo que las selvas, debido a mayor proporción en ellas de Oxisoles de baja erodabilidad y pendientes más suaves.

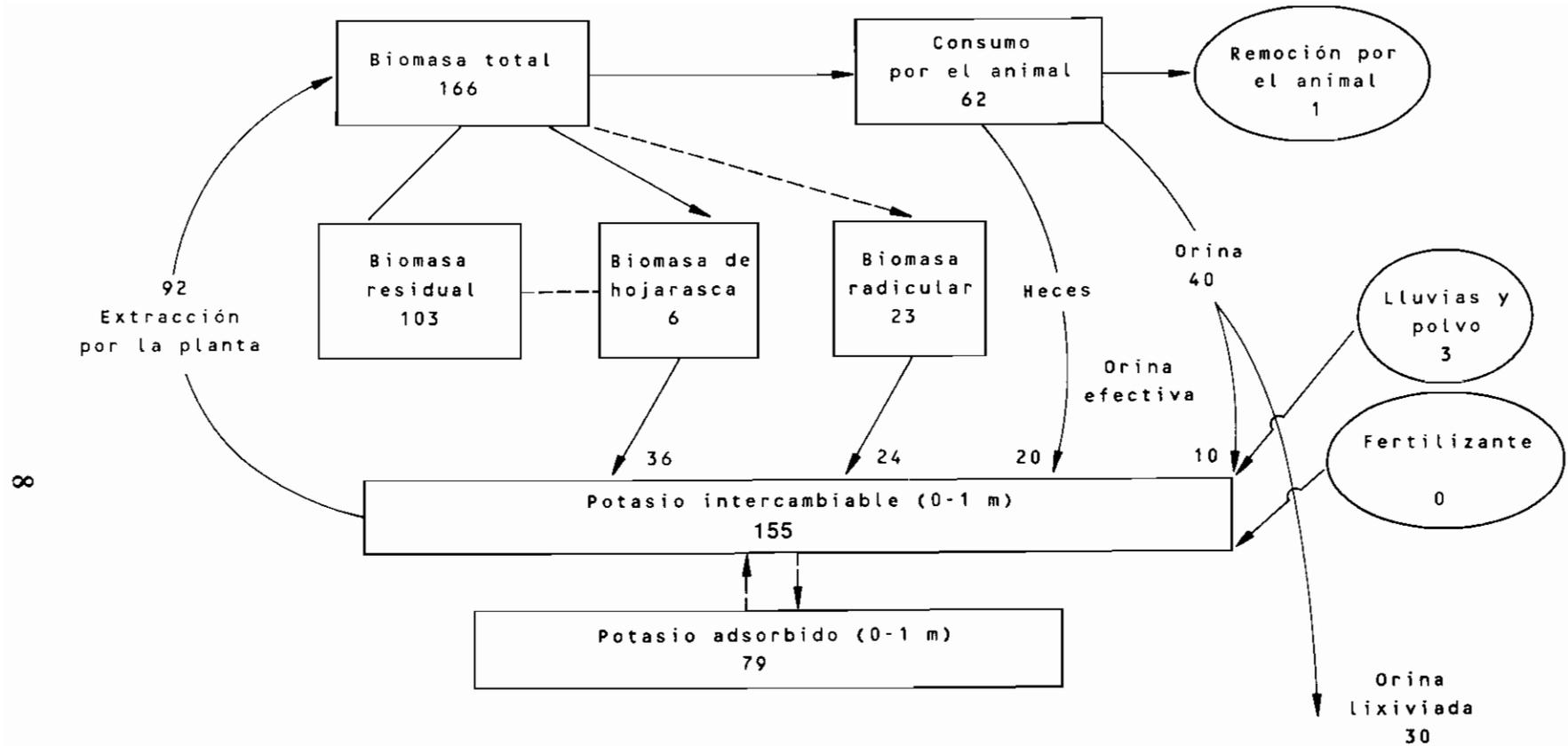
La erosión del suelo por mal manejo puede ocurrir en cualquier ecosistema. Sin embargo, es importante recalcar que los ecosistemas más frágiles se encuentran frecuentemente en las laderas andinas y en las zonas semiáridas en donde los suelos se degradan fácilmente y en menor proporción en las sabanas y bosques.

### **Enfoques para estimar la sostenibilidad**

Para satisfacer los requerimientos del concepto sostenibilidad es necesario modificar la metodología de investigación en relación con las tendencias de la productividad en el tiempo (experimentación a largo plazo), los efectos en el ecosistema, y los efectos a largo plazo en el suelo. En la actualidad no se conocen trabajos que reúnan estas condiciones; por lo tanto, se utilizarán ejemplos de diferentes fuentes.

#### **Experimentación a largo plazo**

Un factor esencial para estimar la sostenibilidad es el diseño de experimentos para evaluación a largo plazo, entre 5 y 10 años en el caso de pasturas. Aunque aparentemente no existen problemas mayores en el diseño experimental, sí los hay de tipo logístico y de presentación de datos de productividad y rentabilidad en función del tiempo. En los experimentos a largo plazo es necesario asegurar la continuidad del personal, proveer los recursos financieros y no hacer cambios drásticos en el tiempo.



Flujos: Extracción de nutrimentos por la planta = hojarasca (36) + biomasa radicular (24) + heces (20) + orina efectiva (10) + lluvias (3) + fertilizantes (0) + no controlado (0).

Figura 2. Reciclaje de potasio en una pastura de *Brachiaria humidicola- Desmodium ovalifolium* utilizada con 3.3 animales/ha/año, Yurimaguas, Perú.

FUENTE: Ayarza (1988).

Cuadro 1. Promedio de productividad anual de asociaciones gramíneas-leguminosas en Yurimaguas, Perú.

Asociaciones	Años de pastoreo	Ganancia de peso (kg/ha/año)	Carga animal (anim./ha)	Ganancia diaria (g/anim.)	Leguminosa (%)
B. <i>decumbens</i> -D. <i>ovalifolium</i>	5	607	4.7	356	38
C. <i>pubescens</i> CIAT 348	4	607	3.9	430	95
P. <i>maximum</i> -P. <i>phaseoloides</i>	3	455	4.2	296	77
A. <i>gayanus</i> -S. <i>guianensis</i>	5	482	3.2	413	30

FUENTE: Ayarza et al., 1989.

El reciclaje entre la planta y el suelo no depende de la presencia del animal en pastoreo, pero esto no implica que el reciclaje no sea influenciado por la presencia del animal, ya que existe una acción directa e indirecta de éste (Watkin and Clements, 1978; Floates, 1981). Por ejemplo, el intercambio entre consumo y acumulación de residuos es compensatorio; una mayor intensidad de consumo reduce la acumulación de residuos y viceversa. Igualmente, la defoliación por el animal en pastoreo causa la muerte de raíces y nódulos, y en alguna forma el animal influye en la muerte y descomposición, por pisoteo, de la parte aérea de la planta y en el rechazo del forraje contaminado por heces (Watkins and Clements, 1978).

Para ilustrar el reciclaje de un nutrimento se tomó el K en una asociación *B. humidicola*-*D. ovalifolium*, cultivada en un Ultisol caolínico de Yurimaguas, Perú, utilizada durante 18 meses (Figura 2). Los insumos incorporados al ecosistema son el contenido de K en las lluvias y en el polvo, así como en el fertilizante adicionado, el cual no se aplicó en este ejemplo. Las pérdidas del sistema son la remoción por el animal y la lixiviación en la orina. El trabajo más difícil es la estimación de los componentes aéreos y subterráneos, incluyendo la biomasa de raíces y el K intercambiable y adsorbido en los minerales meteorizables que aún existen en este suelo.

Las medidas en el suelo se efectuaron hasta un metro de profundidad. Los flujos estimados fueron las tasas de descomposición de la hojarasca y de las raíces, la cantidad de heces, orina, y la acumulación de K en la pastura. En este ejemplo se logró un balance de K total entre los diferentes flujos, lo cual no siempre sucede; igualmente, no se encontró lixiviación en el suelo, y las pérdidas en el ecosistema ocurrieron en la orina lixiviada, cuya concentración del nutrimento era muy alta. Las pérdidas ocurrieron en puntos específicos ya que los animales depositaron las heces y la orina a lo largo de los cercos y bebederos, con lo cual se da transferencia espacial del centro de la pastura hacia la periferia. Esto explica la necesidad de aplicar fertilizantes de mantenimiento en estos sistemas.

El reciclaje de N es aún más complejo; la distribución causada por la orina también ocurre con este nutrimento, ya que existen dos procesos localizados: lixiviación y volatilización, aunque la lixiviación puede también generalizarse en toda la pastura. Además, los procesos de fijación simbiótica, mineralización del N fijado y desnitrificación se deben cuantificar. En el caso del fósforo (P) los estudios de reciclaje deben considerar su mineralización en la biomasa microbial y el proceso de fijación por óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio en el suelo y su disolución posterior.

**Determinaciones del reciclaje de nutrimentos.** Es claro que las determinaciones convencionales de producción animal, biomasa y contenido de nutrimentos en las pasturas y los análisis de fertilidad de suelos no son suficientes para cuantificar el reciclaje y medir las pérdidas de nutrimentos en un ecosistema. Es necesario estimar las pérdidas por lixiviación, desnitrificación y volatilización de amonio. Aunque esto es complicado en el campo, las dificultades más grandes ocurren en la medición de la descomposición de hojarasca y de raíces, del fraccionamiento de la MO en el suelo y de la mineralización de N.

Un problema para predecir la descomposición de la hojarasca de gramíneas y leguminosas consiste en que la relación C/N no es útil para diferenciar entre leguminosas. Recientemente Palm (1988) demostró que la tasa de descomposición y mineralización de N en leguminosas tropicales puede predecirse por medio de la relación polifenoles solubles totales/nitrógeno (Figura 3). Para generalizarla, dicha relación debe probarse en una amplia gama de gramíneas y leguminosas forrajeras en ecosistemas diferentes.

La MO del suelo es otra incógnita en el reciclaje de nutrimentos. El contenido de MO total no se relaciona con la producción de las plantas

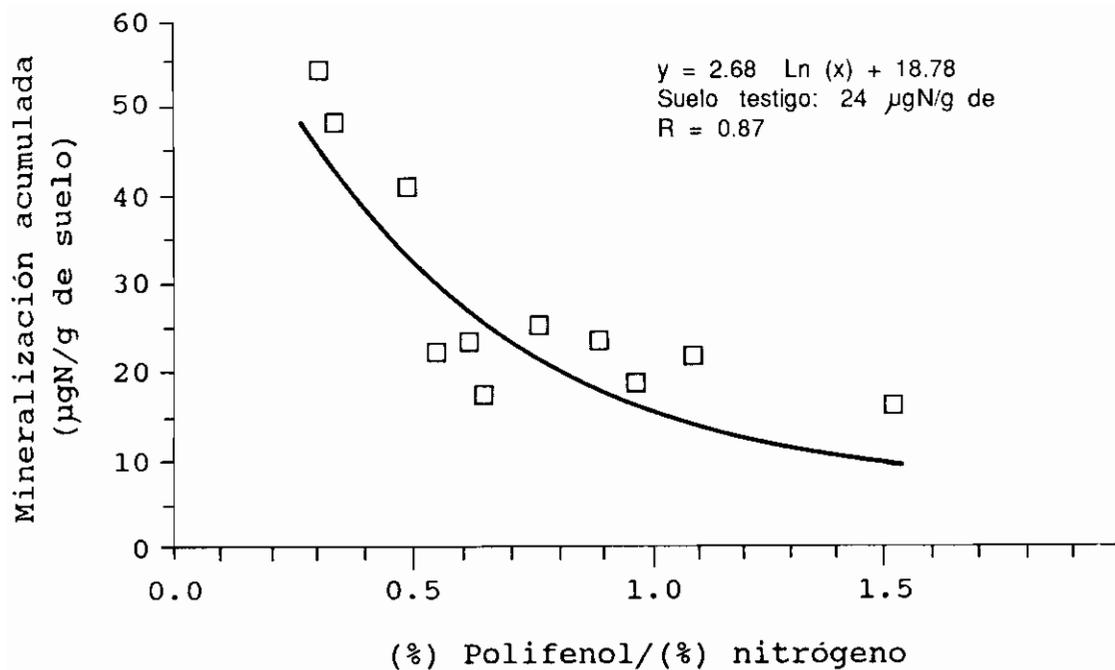


Figura 3. Relación entre nitrógeno mineralizado durante un período de incubación de 8 semanas y la proporción polifenoles/nitrógeno de leguminosas tropicales en Yurimaguas, Perú.

FUENTE: Palm, 1988.

(Sánchez and Miller, 1986). Parton et al. (1987) propusieron un modelo que divide la MO, de acuerdo con su tiempo de permanencia en el suelo, en varias partes: la fracción metabólica que dura un mes, la fracción activa que dura entre 1 y 2 años, la fracción lenta que dura entre 20 y 50 años y la fracción pasiva que dura entre 800 y 2000 años. Este modelo se describe en la Figura 4. Aunque existen problemas metodológicos para estimar cada fracción, parece que la fracción activa es la de mayor influencia en el reciclaje de nutrimentos, mientras que las fracciones lenta y pasiva son más importantes para la capacidad de intercambio catiónico y la estructura del suelo.

Las nuevas metodologías para estimar la dinámica de las fracciones de la MO más activas del suelo, de su descomposición de insumos orgánicos y de la fauna fueron publicadas por Anderson and Ingram (1989). Su uso potencial en pasturas parece factible para cuantificar el reciclaje de nutrimentos y las pérdidas en el ecosistema.

#### **Efectos a largo plazo en el suelo**

El tercer aspecto de la sostenibilidad se refiere al efecto del sistema de producción en las propiedades del suelo. Para analizarlo es necesario hacer comparaciones en el tiempo, tal como se explica a continuación.

**Experimentación para evaluar cambios en el sistema.** Existen dos tipos de experimentos para evaluar cambios en el sistema en función del tiempo: el experimento tipo 1 es el más seguro, se ejecuta a largo plazo, y mide los cambios que ocurren durante cierto número de años. Las comparaciones normalmente se hacen entre tratamientos y en ellos el tiempo es una variable adicional.

El experimento tipo 2 consiste en el muestreo de parcelas que se encuentran próximas entre sí y que se sabe son de edades diferentes, asumiendo que el efecto medido es función del tiempo y no de la variabilidad espacial. En este tipo de experimento es fácil cometer errores, tales como lo ilustra la Figura 5 correspondiente a un ensayo tipo 2 sobre el efecto de un cultivo de teca en la MO y en la densidad aparente de un suelo de la India (José and Koshi, 1972). Si se sobreponen el contenido de arcilla y el de arena, dos fracciones estables en suelos supuestamente iguales, se observa que no existe un efecto de la planta (Figura 6), sino un cambio edáfico sencillo en el suelo, ya que se sabe que existe estrecha correlación entre MO y contenido de arcilla, y entre densidad aparente y contenido de arena gruesa en el suelo.

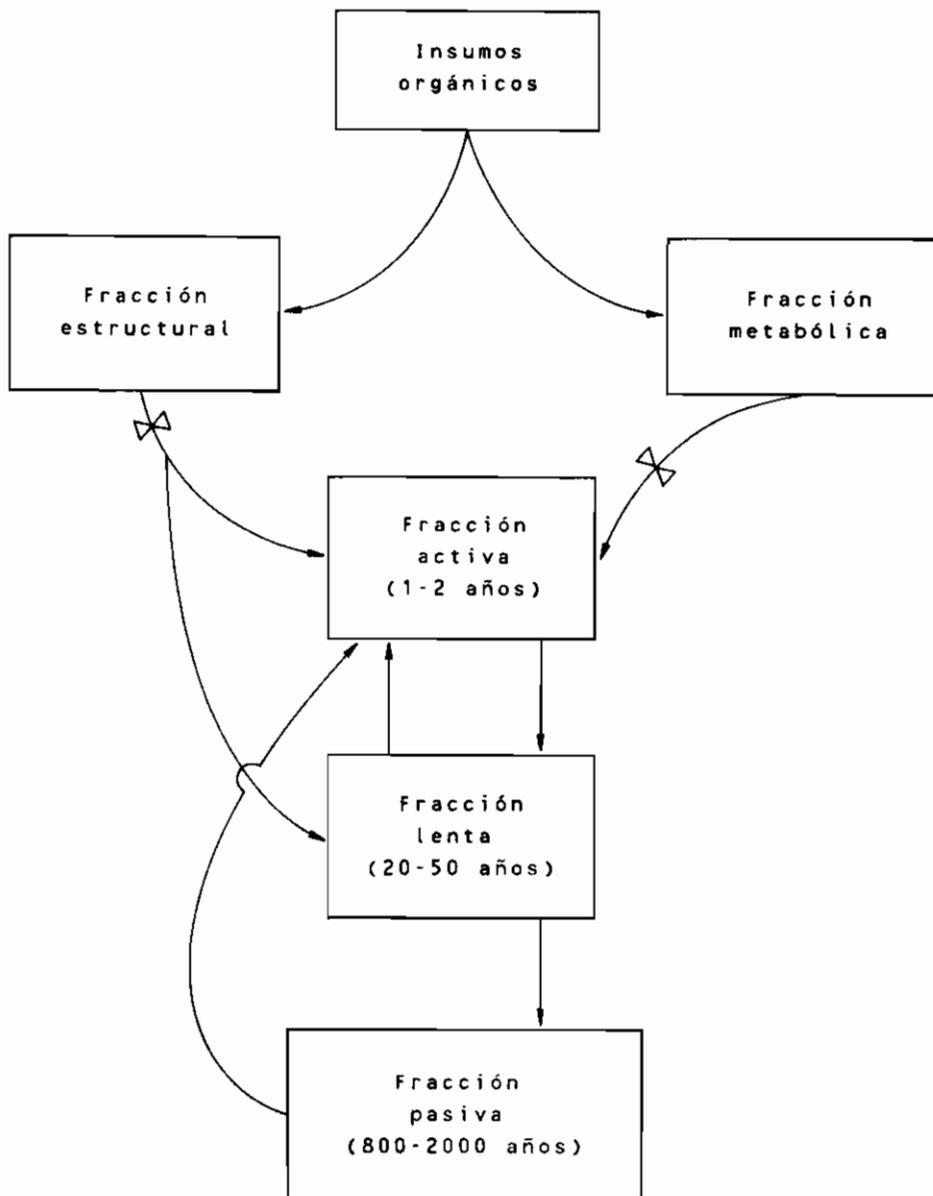


Figura 4. Diagrama de flujo de la materia orgánica en el suelo, según el modelo propuesto por Parton et al. (1987).

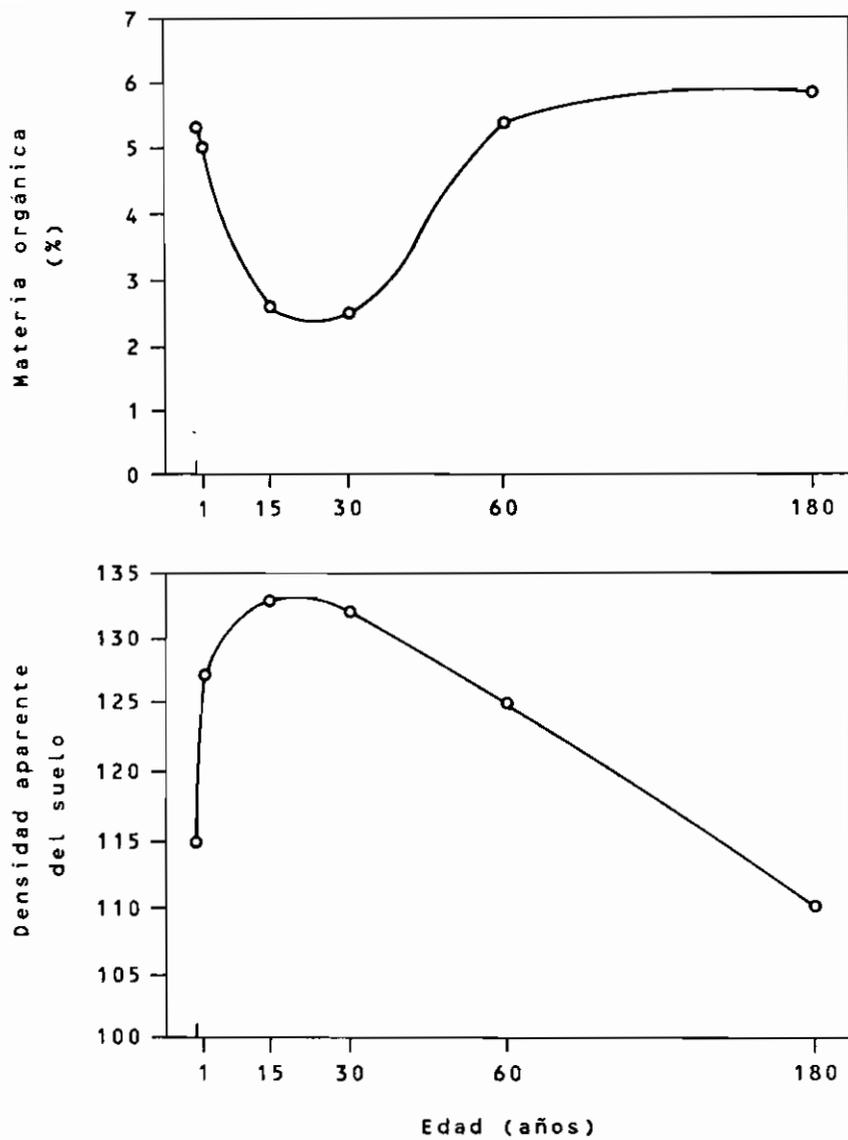


Figura 5. Efecto de la edad de una plantación de teca en la materia orgánica y en la densidad del suelo (0-30 cm) en un experimento tipo 2.

FUENTE: José y Koshi (1972). (Tomado de Sánchez, 1988.)

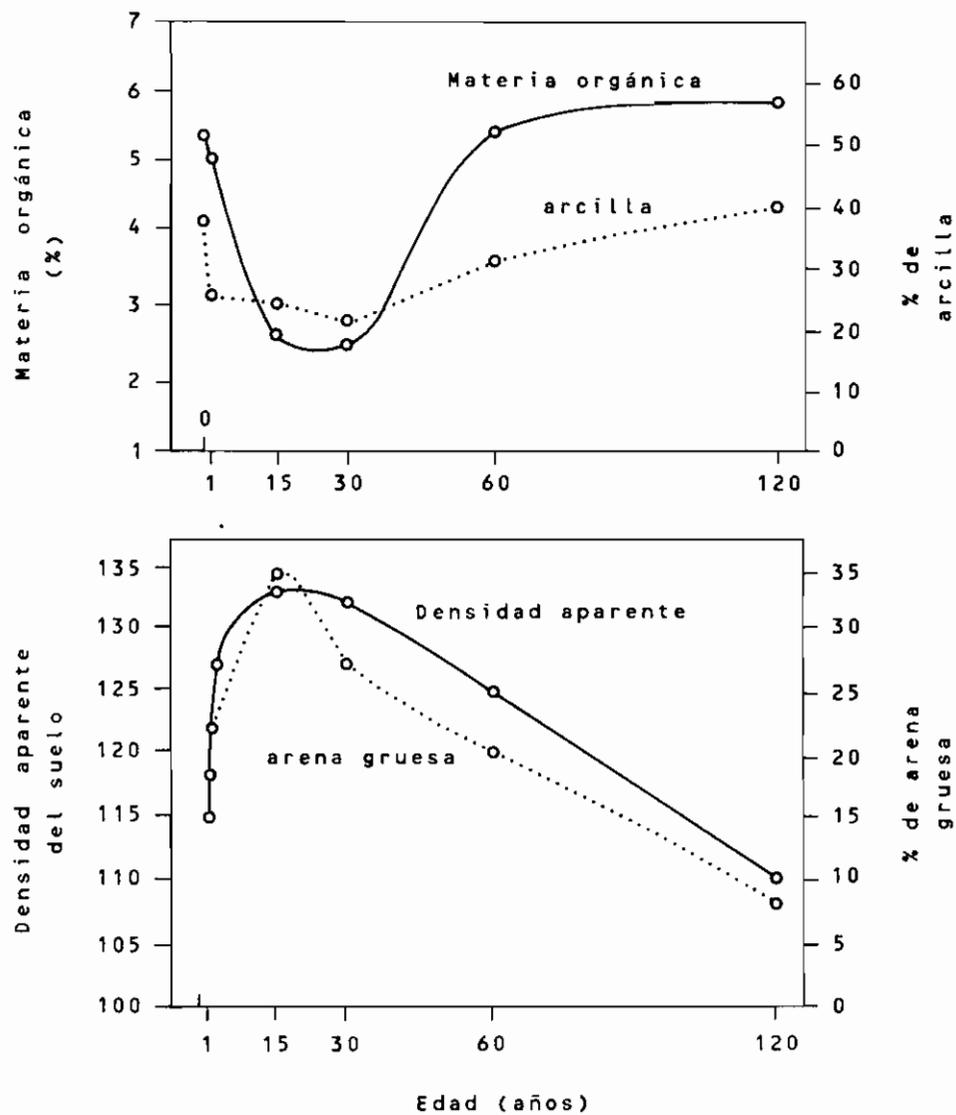


Figura 6. Relaciones entre la materia orgánica y el contenido de arcilla y entre la densidad y el contenido de arena cuarcítica (0-30 cm) en el suelo. Experimento presentado en la Figura 5.

FUENTE: José y Koshi (1972). (Tomado de Sánchez, 1988.)

En consecuencia, los experimentos tipo 2 son aceptables cuando los suelos son iguales, es decir, tienen una descripción igual del perfil y contenidos similares de arena, arcilla y limo a una profundidad igual y la misma clasificación taxonómica a nivel de familia.

**Efectos físicos en el suelo.** El Cuadro 2 presenta algunos cambios en la velocidad de infiltración, ocurridos durante 5 años en el ensayo de Yurimaguas, Perú, presentado anteriormente (Cuadro 1). En este caso se trata de un experimento tipo 1. Se puede observar que la tasa de infiltración disminuyó en todas las pasturas, siendo menos drástica en la pastura de *C. pubescens*, la cual fue a su vez la más estable y productiva, seguida por la asociación *B. decumbens-D. ovalifolium*; esta última aún tiene suficiente infiltración para tolerar la precipitación en la zona. Sin embargo, la asociación de especies erectas como *A. gayanus-S. guianensis* disminuye la tasa de infiltración, debido al efecto del pastoreo de los animales entre las macollas de la gramínea. La Figura 7 presenta algunos resultados de la resistencia del suelo a la penetración, obtenidos en este mismo experimento.

**Cambios en la fertilidad del suelo.** En pasturas bien manejadas la fertilidad del suelo generalmente aumenta con el tiempo, tal como lo muestra el Cuadro 3. En el ensayo de Yurimaguas, antes citado, ocurrió un descenso en la saturación de Al, un aumento en el P disponible y la MO y cambios variables en las bases intercambiables Ca y Mg. Estos cambios se debieron principalmente a la adición total en 5 años de 122 kg/ha de P, 160 kg/ha de K y 505 kg/ha de K. La estabilidad de la MO indica que los insumos orgánicos, en forma de hojarasca y raíces, no fueron diferentes a los que recibía el suelo antes de ser transformado en pastura. Es posible que la baja tasa de mineralización de la MO, comúnmente encontrada en pasturas, contribuya a mantener su contenido en el suelo.

Resultados similares a los anteriores se encontraron después de 4 años en un ensayo realizado en un Oxisol el CNI Carimagua (Figura 8). En este ensayo el contenido de Ca, Mg, K, la C.I.C. y la MO aumentaron notoriamente; en este caso el contenido de Al intercambiable aumentó ligeramente.

**Balance de nutrimentos.** Las pasturas tienen ventajas comparativas sobre los cultivos en relación con la extracción de nutrimentos del suelo, principalmente P. En Yurimaguas se encontró que las pasturas reciclaron al suelo 80% del P aplicado, 98% del K y 92% del Ca, mientras que los cultivos, con un nivel alto de insumos, retornaron al suelo 67% del P, 93% del Ca y no reciclaron K (Cuadro 4).

Cuadro 2. Tasa de infiltración antes del inicio de pastoreo y después de 5 años en un experimento tipo 1 en Yurimaguas, Perú\*.

Pasturas	Años en pastoreo	Infiltración (cm/hr) Promedio
Antes del inicio de pastoreo	--	12.7 ± 3.8
<u>C. pubescens</u> CIAT 438	5	10.4 ± 2.6
<u>B. decumbens</u> - <u>D. ovalifolium</u>	5	4.7 ± 1.2
<u>A. gayanus</u> - <u>S. guianensis</u>	5	1.0 ± 0.2

\* Infiltración medida con infiltrómetros de doble anillo.

FUENTE: Ayarza et al., 1989.

Cuadro 3. Cambios en la fertilidad entre 0 y 20 cm del suelo en la asociación Brachiaria decumbens-Desmodium ovalifolium. Yurimaguas, Perú.

Años de utilización	pH	Al (Cmol/l)	Ca + Mg	Sat. de Al. (%)	P disponible (g/g)	MO (%)	N total (%)
Antes del pastoreo							
1	4.3	3.02	0.85	78	2.2	1.85	--
0	4.5	2.07	1.79	54	7.8	1.83	0.07
Después del inicio del pastoreo							
1	4.8	2.79	2.07	57	9.1	2.17	--
4	4.9	1.61	1.50	52	8.1	--	--
5	4.9	1.90	0.89	68	5.2	2.10	0.08

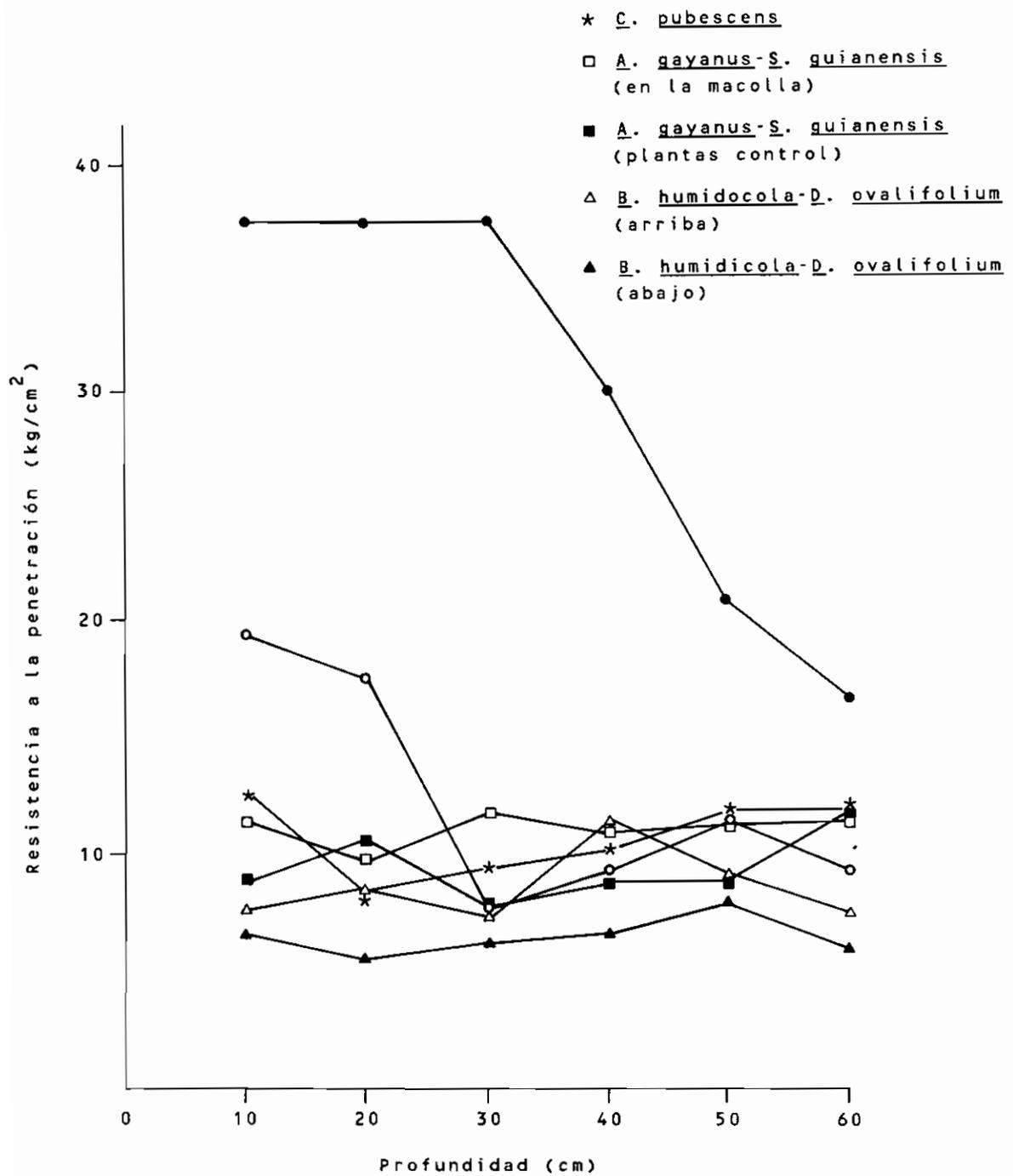


Figura 7. Resistencia de un Ultisol a la penetración después de 6 años de utilización con diferentes pasturas.

FUENTE: Toledo y Serrão, 1987.

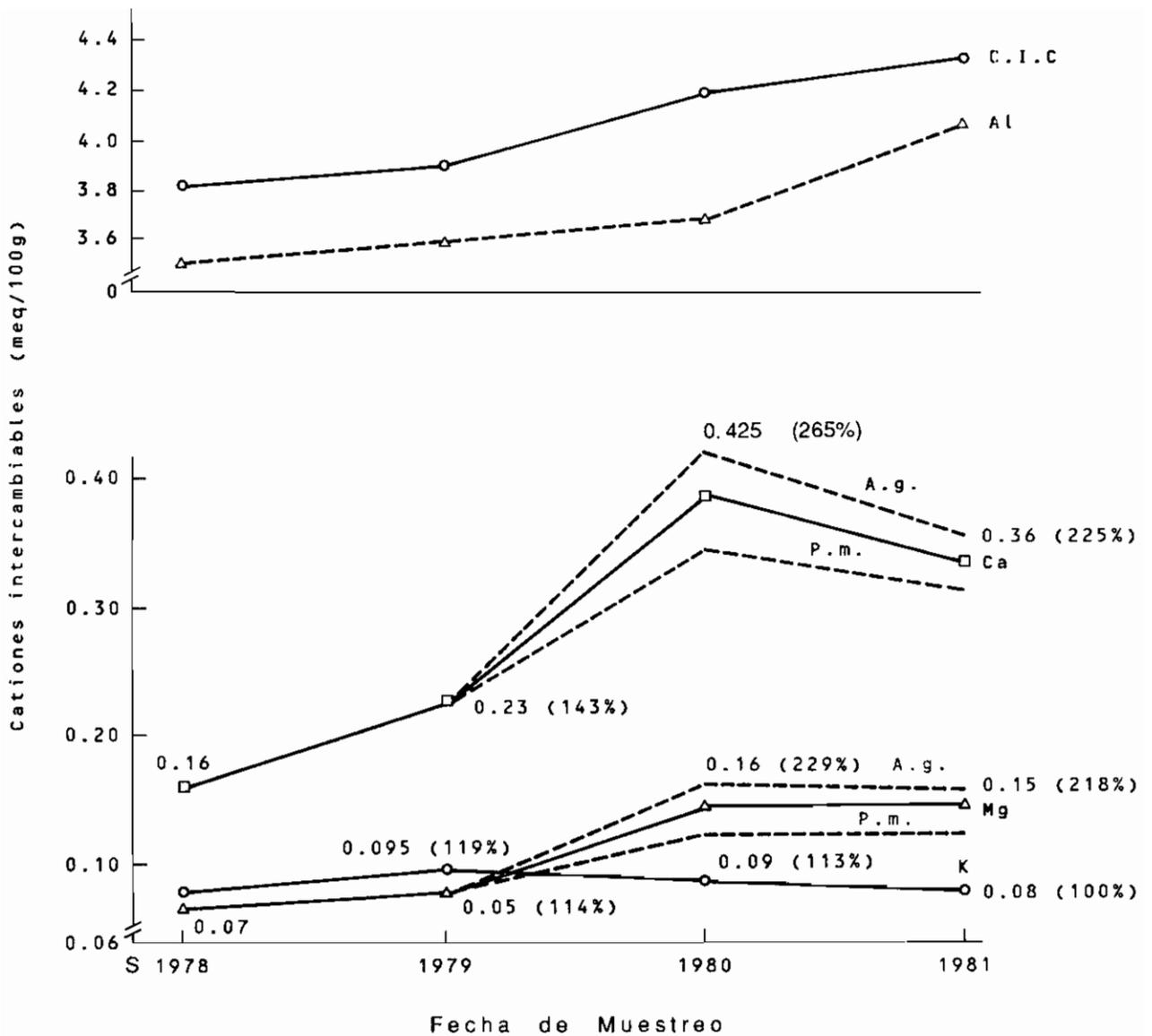


Figura 8. Cambios en el tiempo del contenido de aluminio, bases intercambiables, C.I.C. y materia orgánica del suelo en pasturas de *Panicum maximum* y *Andropogon gayanus*. CNI-Carimagua.

FUENTE: Toledo, J.M. (Comunicación personal).

Cuadro 4. Reciclaje de nutrimentos en pasturas con aplicación de insumos mínimos y en cultivos con altos requerimientos nutricionales y remoción de rastrojo. Yurimaguas, Perú.

Sistemas	Fósforo	Potasio	Calcio
<b><u>B. decumbens-D. ovalifolium</u></b>			
Adición de fertilizante (kg/ha)	112	160	505
Remoción por los animales (kg/ha)	22	6	39
Balance	90	154	466
Retorno (%)	80	98	92
<b><u>Cultivo continuo*</u></b>			
Adición de fertilizante (kg/ha)	637	1305	3926
Utilización por el cultivo (kg/ha)	209	1378	270
Balance	428	-73	3656
Retorno (%)	67	- 6	93

\* Cultivo continuo con remoción de rastrojo.

Este proceso ocurre también en zonas con cultivos que reciben bajas cantidades de insumos, donde generalmente se siembran variedades de arroz y caupí tolerantes al Al y no se fertilizan. En este caso el cultivo recicla al suelo 55% del N, 37% del P y más del 90% del Ca, Mg y K que las plantas extraen de las cenizas y de la mineralización de la hojarasca y las raíces (Sánchez y Benítez, 1987).

**Propiedades biológicas del suelo.** En Yurimaguas, en suelos de textura similar, utilizando el nivel de comparación tipo 2, se evaluó la biología en una asociación *B. decumbens-D. ovalifolium* de 6 años, en un bosque primario, y en un sistema de cultivo continuo durante 14 años.

El Cuadro 5 indica que la macrofauna del suelo, principalmente lombrices, triplica su población en las pasturas en relación con el bosque. La biomasa microbiana, tal vez el mejor índice de la MO activa y de la rapidez de reciclaje, se duplica en las pasturas en comparación con el bosque. Lo más

Cuadro 5. Propiedades biológicas de Oxisoles de Yurimaguas, Perú, con tres tipos de vegetación.

Propiedad	Profundidad (cm)	Vegetación		
		Bosque	Cultivo*	Pastura**
<b>Biomasa (t/ha)</b>				
Macrofauna	0-30	413.00	24.00	1279.00
Microbial	0-70	0.34	1.43	0.61
Raíces finas	0-70	3.25	0.30	7.00
<b>Mineralización de N ( m/g)</b>				
en 4 meses	0-30	25.60	8.90	3.0
Infección por micorriza (%)	--	70.0	40.00	30.00

\* Cultivo continuo durante 14 años.

\*\* Pastura: *B. decumbens*-*D. ovalifolium* de 4 años.

importante es el aumento hasta 70 cm de profundidad de la biomasa de raíces finas en la pastura, la cual duplicó a las raíces del bosque. Sin embargo, la pastura presentó bajas tasas de mineralización de N y de infección por micorriza.

## Conclusión

La metodología para determinar la sostenibilidad en pasturas tropicales está en desarrollo. Los datos de experimentos específicos indican un alto potencial de sostenibilidad en pasturas mejoradas de gramíneas y leguminosas en sabanas y en el trópico húmedo. Las pasturas mal manejadas, con germoplasma no adaptado, sin fertilización y con mal manejo animal, no presentan sostenibilidad y pueden causar perjuicios ecológicos al ambiente.

## Referencias

Anderson, J. M. and Ingram, J. (eds.). 1989. Tropical soil biology and fertility: A handbook of methods. C.A.B. International, Wallingford, U. K. 171 p.

- Ayarza, M. A.; Dextre, R. and Sánchez, P. A. 1989. Persistence of grass-legume mixtures under grazing. In: TropSoil Technical Report 1986-1987. North Carolina State University, Raleigh. p. 21-27.
- Ayarza, M. A. 1988. Potassium dynamics in a humid tropical pasture in the Peruvian Amazon. Thesis (Ph.D.), North Carolina State University. 156 p.
- Ayarza, M. A.; Dextre, R.; Ara, M.; Schaus, R.; Reátegui, K. y Sánchez, P. A. 1987. Producción animal y cambios en la fertilidad del suelo en cinco asociaciones bajo pastoreo en un Ultisol de Yurimaguas, Perú. Suelos Ecuatoriales 18:204-208.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1984. Tropical Pastures Program. Annual Report 1983. Cali, Colombia. 269 p.
- Floates, M. J. 1981. Effects of grazing by large herbivores on nitrogen cycling in an agricultural ecosystem. En: Clark, F. E. and Rosswall, T. (eds.). Terrestrial nitrogen cycles. Ecological Bulletin 33. p. 585-601.
- Hollings, C. S. 1973. Resilience and stability in ecological systems. Annual Review of Ecology and Systematics 4:1-23.
- José, A. I. and Koshi, M. M. 1972. A study of the morphological, physical and chemical characteristics of soils as influenced by teak vegetation. Indian Forester 98:338-348.
- ONERN (Oficina Nacional de Evaluación de Recursos Naturales). 1982. Clasificación de las tierras del Perú. Lima, Perú.
- Palm, C. A. 1988. Mulch quality and nitrogen dynamics in an alley cropping system in the Peruvian Amazon. Thesis, Ph.D., North Carolina State University, Raleigh. 112 pp.
- Parton, W. J.; Schimel, D. S.; Cole, C. V. and Ojima, D. 1987. Analysis of factors controlling soil organic matter levels in Great Plains grasslands. Soil Sci. Soc. Amer. J. 51:1173-1179.
- Reátegui, K.; Ara, M. A. y Schaus, R. 1985. Evaluación bajo pastoreo de asociaciones de gramíneas y leguminosas forrajeras en Yurimaguas, Perú. Pasturas tropicales 7(3):11-14.

Sánchez, P. A. 1987. Soil productivity and sustainability in agroforestry systems. En: Steppler, H. A. and Nair, P. K. (eds.). *Agroforestry, a decade of development*. International Council for Research in Agroforestry (ICRAF), Nairobi, Kenya. p. 205-223.

\_\_\_\_\_ y Benítez, J. 1986. Opciones tecnológicas para el manejo racional de suelos en la selva peruana. En: *Primer Simpósio de Trópico Úmido*. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Belém, Brasil. p. 339-435.

\_\_\_\_\_ and \_\_\_\_\_. 1987. Low-input cropping for acid soils of the humid tropics. *Science* 238:1521-1527.

\_\_\_\_\_ and Miller, R. H. 1986. Organic matter and soil fertility management in acid soils of the tropics. *Transactions 13th International Soil Science Congress* 6:609-625.

\_\_\_\_\_ ; Palm, C. A.; Scott, L. T.; Cuevas, E. and Lal, R. 1989. Organic input management in tropical agroecosystems. In: Coleman D. C. and Uehara, G. (eds.). *Tropical soil organic matter*. University of Hawaii. (En impresión.)

Toledo, J. M. y Serrão, E. A. 1987. Informe de viaje a Yurimaguas, Perú. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia. 9 p. (Mimeografiado.)

Ulrich, B. 1987. Stability, elasticity and resilience of terrestrial ecosystems with respect to matter balance. En: Shulze, E. D. and Zwolfer H. (eds.). *Potential and limitations of ecosystem analysis*. Springer-Verlag, Berlin. *Ecological Studies* 61.

Watkins, B. R. and Clements R. J. 1978. The effect of grazing animals on pastures. In: Wilson J. R. (ed.). *Plant relations in pastures*. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO). Australia.

Westman, W. 1986. Resilience: concepts and measures. In: Dell, B. Hopkins, A. J. and Lamont, B. B. (eds.). *Resilience in Mediterranean-type ecosystems*. *Tasks for vegetation science* 16. Dr. W. Junk Publ., The Hague. p. 5-19.

Woodmansee, R. G.; Vallis, I. and Mott, J. J. 1981. Grassland nitrogen. In:  
Clark, F. E. and Rosswall, T. (eds.). Terrestrial nitrogen cycles. Stockholm.  
Ecol. Bull. 33, p. 443-462.

## Productividad y persistencia de las leguminosas y su adopción en pasturas tropicales

L. 't Mannelje\*

### Introducción

La producción agrícola ha aumentado en forma dramática en las últimas dos décadas como resultado de la utilización de mayor cantidad de insumos tales como fertilizantes, pesticidas y cultivares mejorados. Este aumento ha sido más notorio en cultivos que en productos animales, debido a la mayor necesidad de alimentos básicos que de productos de origen animal.

En los trópicos el bajo incremento de la producción animal, comparado con el de los cultivos, se debe a que la primera tiene lugar en áreas secas y en suelos pobres, y a que en muchos países, exceptuados los de América Latina, los alimentos de origen animal son considerados suntuarios.

A partir de la década de los 60 la investigación en pasturas tropicales inició su desarrollo acelerado con la disponibilidad de las leguminosas (Henzell and 't Mannelje, 1980). En Australia la inició la División de Pasturas Tropicales la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), y actualmente su mayor desarrollo tiene lugar en América Latina tropical.

Este artículo presenta información sobre el efecto de las leguminosas en la producción de materia seca (MS) y de nitrógeno (N), el valor nutritivo de las pasturas, y en la producción animal. Igualmente, discute la persistencia, el manejo y la adopción de tecnologías mejoradas de producción de pasturas con componente de leguminosas.

### Efecto de las leguminosas en la producción de materia seca y de nitrógeno

Hay numerosas investigaciones sobre fijación de N por las leguminosas y su efecto en la producción de MS. Una de las primeras es la de Bryan (1962) que se refiere a resultados de investigaciones realizadas en Kenia, según las cuales las leguminosas *Trifolium rueliplianum*, *Medicago sativa*, *T. repens* y *T. semipilosum* incrementaron respectivamente en 6%, 30% y 34% la producción

---

\* Department of Field Crops and Grassland Science, 333 Haarweg, 6709 RZ Wageningen, the Netherlands.

de *Chloris gayana*, después de dos años de utilización de la pastura. Whitney and Green (1969) obtuvieron una producción de 3.8 t/ha de MS con pasturas de pangola (*Digitaria decumbens*) sola; de 7.5 t/ha en asociación con *Desmodium canum* (27%); y de 12 t/ha en asociación con *D. intortum* (64%); la producción de MS de *D. intortum* fue de 10.6 t/ha. La cantidad de N fijada se estimó en 99, 264 y 290 kg/ha respectivamente, para la pastura asociada con *D. canum*, *D. intortum* y *D. intortum* solo. En la estación experimental Narayen, sudeste de Queensland, 't Mannelje and Jones (1990) encontraron que después de cinco años de utilización la introducción de Siratro (*Macroptilium atropurpureum*) aumentó la producción de MS de la pastura en 22% y la aplicación de N (168 kg/ha) en 170%, lo cual muestra una vez más el beneficio de las leguminosas en las asociaciones.

### **Efecto de las leguminosas en el valor nutritivo de las pasturas**

El valor nutritivo de las plantas forrajeras se determina por el consumo voluntario de los animales en pastoreo. Los índices de calidad son la cantidad de materia verde seca (MVS) ('t Mannelje, 1974; 't Mannelje and Ebersson, 1980) y los contenidos de proteína cruda (PC) y la digestibilidad de la MVS. En consecuencia, para definir la calidad de una pastura desde el punto de vista de producción animal, es necesario determinar la cantidad de MVS. Las muestras para el análisis se pueden obtener mediante animales fistulados en el esófago o la simulación del pastoreo por el animal.

En la estación experimental de Narayen se utiliza el último método, debido a la necesidad de muestrear muchas pasturas en un tiempo corto. Inicialmente se estimó el porcentaje de pasto verde utilizando el método de rango de peso seco ('Dry-weight rank method') ('t Mannelje and Haydock, 1963). Con éste se encontró en un período de cuatro años que la producción de MVS en pasturas de buffel (*Cenchrus ciliaris*), expresada como porcentaje de la MS total, varió entre pasturas solas o asociadas en primavera y al inicio del verano. Así, las pasturas de buffel fertilizadas con N produjeron más MVS que las asociadas con Siratro, las cuales, a su vez, tenían más MVS que las de buffel solo.

La digestibilidad de estas pasturas varió en el orden siguiente: buffel fertilizado con N > buffel-siratro > buffel solo. La digestibilidad de la MVS del Siratro fue menor que la del buffel. Aunque la aplicación de N tiene poco efecto en la digestibilidad de las gramíneas (Minson, 1973) el aumento de N en el suelo acelera el crecimiento, lo cual significa que la planta puede aprovecharse a una edad más temprana cuando su digestibilidad es mayor.

Existen muchos ejemplos en la literatura que muestran cómo las leguminosas mejoran el contenido de PC en las asociaciones. Whitney and Green (1969) encontraron que la asociación *D. decumbens-D. intortum* contenía entre 1.2% y 2.2% de N, en comparación con la gramínea sola que contenía entre 0.9% y 1.6% de N.

Por lo anterior se puede concluir que las leguminosas mejoran la calidad de las pasturas asociadas, ya que aumentan su valor nutritivo y tienen más alto consumo por parte de los animales que las gramíneas con la misma digestibilidad (Minson, 1982). Adicionalmente, las asociaciones tienen mayor porcentaje de MVS y mayor concentración de PC durante casi todo el año.

### **Efecto de las leguminosas en la producción animal**

Las leguminosas benefician la producción animal de dos maneras: La primera en la capacidad de carga, la cual aumenta debido a la mayor producción de MS; la segunda es el valor nutritivo de la pastura asociada en comparación con la pastura sola sin N. Sin embargo, en las pasturas fertilizadas con N la producción de MS y la capacidad de carga pueden ser mayores que en las pasturas asociadas.

En la literatura numerosos trabajos muestran los beneficios de las leguminosas en la producción animal en el trópico. A continuación se citan resultados en regiones seleccionadas.

**Australia.** En la costa central de Queensland los trabajos de Shaw y 't Mannelje (1970) en pasturas asociadas *Heteropogon contortus-Stylosanthes humilis* sin fertilizar y con la aplicación anual de 125 kg/ha de superfosfato, 37.5 g/ha de Mo y 63 kg/ha de KCl, dieron los resultados descritos en el Cuadro 1.

Las investigaciones de 't Mannelje and Jones (1990), citadas anteriormente, encontraron que con cargas animales similares (1.1 animal/ha) el promedio de ganancia de peso vivo durante 10 años fue igual en las pasturas *C. ciliaris-M. atropurpureum* que en las fertilizadas con N. Sin embargo, éstas últimas tuvieron el doble de animales. La diferencia principal entre las pasturas de *C. ciliaris* (0.73 animales/ha) y las pasturas nativas fertilizadas con P (0.55 animales/ha) fue el comportamiento animal durante el invierno, cuando la fertilización con N y la leguminosa evitaron pérdidas de peso animal.

Cuadro 1. Efecto de la introducción de *Stylosanthes humilis* en la producción animal de pasturas nativas de *Heteropogon contortus*. Queensland, Australia.

Pastura	Carga (anim./ha)	Ganancia de peso vivo	
		(kg/anim.)	(kg/ha)
Pastura nativa	0.61	47	29
Pastura nativa fertilizada* + NP	0.61	100	62
Pastura nativa + <i>S. humilis</i> + NP	0.74	121	93
Pastura nativa fertilizada* + <i>S. humilis</i> + NP	0.95	149	148

\* Fertilizante: 125 kg/ha de superfosfato, 37.5 g/ha de Mo, 63 kg/ha de KCl.

FUENTE: Shaw and 't Mannetje (1970).

**Sudeste de Asia.** En Filipinas, Magadan et al. (1974) midieron la producción animal en: (1) pasturas nativas (*Imperata cylindrica*) con una carga de 1 animal/ha, (2) *Brachiaria mutica*-*Centrosema pubescens*, (3) *B. mutica* fertilizado con 100 kg/ha de N y 50 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, con 2 animales/ha, y (4) *B. mutica* fertilizado con 200 kg/ha de N y 75 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, con 3 animales/ha. Las ganancias de peso fueron respectivamente de 100, 153, 130 y 104 kg/animal. En este caso, la pastura asociada fue más productiva que la fertilizada, lo cual posiblemente se debió a la escasa dosis de N aplicada en esta región de alta precipitación.

**Africa.** En Ghana, Antwi (1977) encontró un promedio de aumento diario de 203 g/animal en pasturas de pangola (*D. decumbens*) sola y de 320 g/animal cuando se asoció con *Centrosema* sp. Con estrella (*Cynodon nlemfuensis*), los aumentos fueron de 217 y 310 g/animal cuando se utilizó sola y en asociación con esta misma leguminosa. Esto significa un incremento de 50% en la producción animal cuando se introdujo la leguminosa.

**América Latina.** En el área tropical de América Latina las instituciones nacionales de investigación, conjuntamente con el Programa de Pastos Tropicales del CIAT, han hecho un gran esfuerzo en la búsqueda de pasturas asociadas, estables y productivas. En zonas de suelos ácidos de baja fertilidad la introducción de pasturas mejoradas solas ha contribuido a aumentar en forma significativa la producción animal; la introducción de leguminosas en

estas pasturas ha logrado incrementos adicionales a nivel de finca entre 50% y 80% (CIAT, 1987) (Cuadro 2). Igualmente se han encontrado aumentos significativos en la tasa de reproducción animal, en comparación con la sabana nativa.

## **Persistencia y manejo de las leguminosas**

La persistencia de las plantas es función de su adaptación al medio, del tipo de crecimiento, del método de reproducción y del efecto del sistema de manejo en su reproducción.

Las plantas se reproducen por semilla o por material vegetativo; algunas especies poseen ambas formas de reproducción, otras sólo una, y otras son estériles. Las plantas perennes son más frecuentes en ambientes con poco estrés, y las plantas anuales se adaptan bien a ambientes difíciles. Teóricamente, las gramíneas perennes no mueren debido a que se regeneran continuamente a partir de los rebrotes de sus tallos, excepto por la ocurrencia de fenómenos como sequía o heladas extremas o por competencia de otras plantas. Sin embargo, en la práctica la formación de semillas viables es necesaria, ya que aún las especies perennes en ambientes desfavorables para su floración, desaparecen una vez muere la población original de plantas ('t Mannetje, 1965; Humphreys, 1981).

Las leguminosas comprenden árboles, arbustos, plantas rastreras y trepadoras. Estos tipos difieren en su tolerancia al pastoreo y en la localización de los puntos de rebrote. Los árboles y arbustos tienen una vida más prolongada que las leguminosas herbáceas.

Para entender los mecanismos de sobrevivencia de las especies, es necesario incrementar los estudios sobre la dinámica de su población. Estos ya se han hecho con Siratro (*M. atropurpureum*) y *Stylosanthes* sp. La primera leguminosa rebrota a partir de la corona y de los estolones y las nuevas plantas emergen de semillas en el suelo. Según Jones y Bunch (1988), la precipitación y la presión del pastoreo afectan la longevidad y la forma de reproducción de Siratro. Cuando la precipitación es alta, las raíces se forman a partir de los nudos, lo cual favorece la aparición de nuevas plantas. Esto no ocurre en épocas secas cuando las semillas de reserva en el suelo son la única forma de regeneración (Jones and 't Mannetje, 1986).

La alta presión de pastoreo reduce la persistencia y producción de semillas de las plantas forrajeras, disminuyendo su reserva en el suelo y contribuyendo a la desaparición de la especie. Tothill and Tessel (1982) y

Cuadro 2. Promedio de productividad de vacas en diferentes sistemas de manejo en una explotación comercial de los Llanos Orientales de Colombia.

Duración del acceso a la pastura	Peso al destete (kg)	Edad al destete (meses)	Tiempo entre parto (meses)	Edad al 2° parto (meses)	Tiempo entre el 2° y 3er parto (meses)	Edad al 3er parto (meses)
100% en pastura mejorada*	340	39	19	58	15	73
50% en pastura nativa y 50% en pastura mejorada	338	39	19	58	--	--
Acceso a pastura mejorada hasta alcanzar 300 kg de peso vivo	322	44	21	65	--	--
100% en pastura nativa	300	54	--	--	--	--

\* Pastura mejorada = Andropogon gayanus/Stylosanthes capitata.

FUENTE: CIAT (1987).

Jones (1988) demostraron que los períodos de descanso durante la floración y producción de semillas favorecen la recuperación de Siratro en pasturas degradadas. Sin embargo, después de 14 años esta especie desapareció como resultado de enfermedades, de la época seca y de la alta presión de pastoreo (t Mannetje and Jones, 1990).

Las especies estoloníferas y postradas como *D. heterophyllum* toleran altas cargas animales por efecto de sus puntos de crecimiento a nivel del suelo, siendo potencialmente persistentes en las asociaciones.

Gardener (1984) estudió la dinámica de población de varias especies de *Stylosanthes* encontrando los siguientes factores principales en su balance en pasturas asociadas de Queensland: (1) el método de siembra, (2) la presión de pastoreo, (3) la fertilidad del suelo y la fertilización, (4) la cantidad de N proveniente de la leguminosa, (5) la presencia de otras especies, y (6) el inicio del período de lluvias.

Una característica importante es el vigor de las plántulas y de los rebrotes, el cual varía entre especies, por ejemplo, en las especies de *Stylosanthes* (Figura 1). Otra es la longevidad. Gardener (1984) encontró que 25% de las plántulas de *S. scabra* sobrevivían después de 4 años y 7% sobrevivían después de 8 años de pastoreo; por el contrario, sólo 0.3% de las plantas de *S. hamata* cv. Verano sobrevivían después de 3 años, comportándose éste como una especie anual.

*Stylosanthes* produce gran cantidad de semillas duras que persisten en el suelo. Sin embargo, en alta proporción esta semilla puede perderse por consumo del animal y por daño de insectos. Otras características de *Stylosanthes* que contribuyen a su persistencia son su baja palatabilidad comparada con la de las gramíneas, especialmente al comienzo de la época de crecimiento (Gardener, 1980, 1984; Hunter et al., 1976) y su facilidad para crecer en suelos de baja fertilidad con pH y contenido de P bajos. Aunque algunas especies de *Stylosanthes* responden a la aplicación de P (Shaw, 1978; Jones, 1974), las dosis altas de este nutrimento pueden incrementar significativamente la proporción de la gramínea en perjuicio de la leguminosa (Norman, 1965; Jones, 1968; Teitzel and Middleton, 1979). A pesar de que las especies de esta leguminosa no sobresalen por su alta fijación de N, sí incrementan el contenido de este nutrimento en el suelo, contribuyendo así al crecimiento de las gramíneas más agresivas en perjuicio de las plántulas de *Stylosanthes* (Torsell et al., 1976).

La presión apropiada de pastoreo garantiza la persistencia de las leguminosas. Al disminuir éstas en una pastura disminuyen el aporte de N al sistema y la producción animal. Esto equivale a incrementar la presión del pastoreo de la leguminosa que aún persiste, hasta su desaparición.

Además del mal manejo, otras circunstancias no controlables, contribuyen a la desaparición de las leguminosas en un período largo de sequía. El tipo de gramínea presente en la asociación influye significativamente en el balance de los componentes; las gramíneas estoloníferas de crecimiento agresivo como *B. decumbens* son menos compatibles con las leguminosas que las que macollan. Por lo tanto, las leguminosas trepadoras no crecen bien en asociación con gramíneas estoloníferas, pero sí las de crecimiento estolonífero y postrado.

Deben mencionarse también las experiencias negativas con la primera generación de cultivares de leguminosas, seleccionadas por su producción de MS y tolerancia a la sequía. Al liberarlos no respondieron a las variaciones

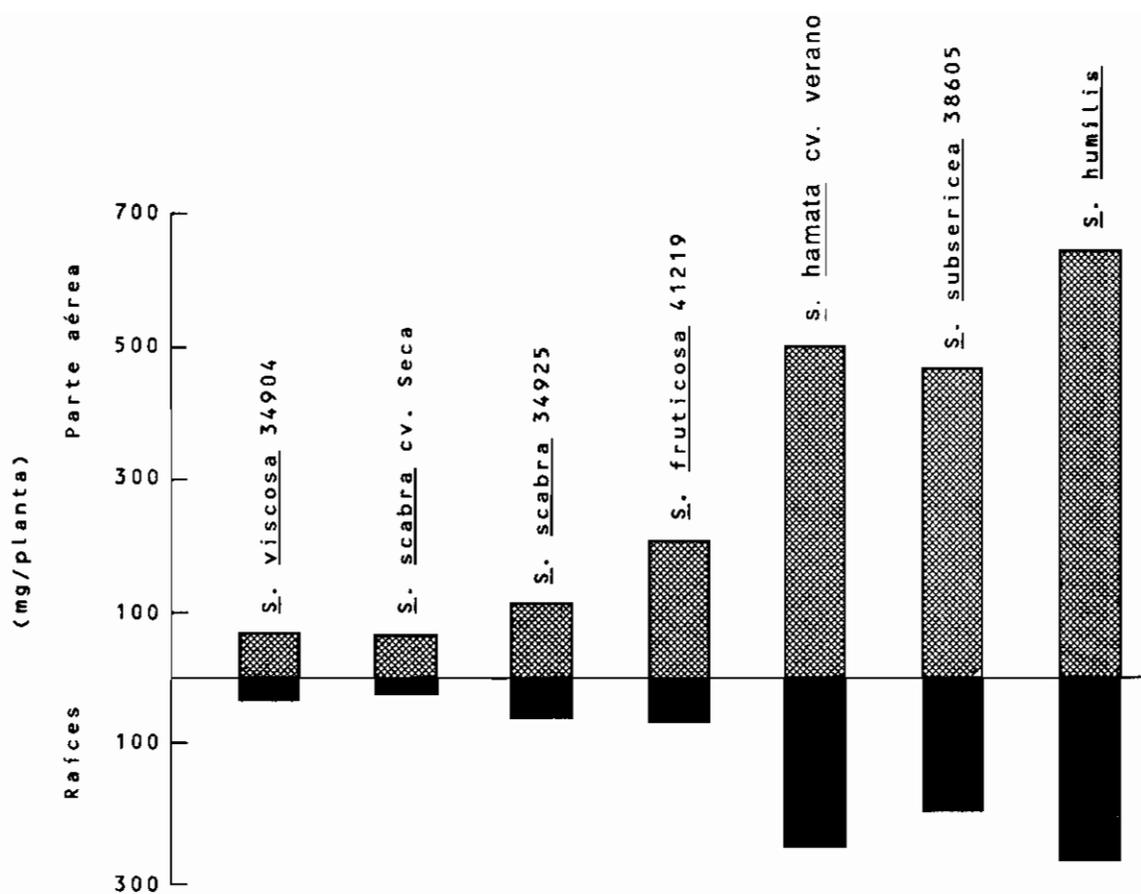


Figura 1. Peso seco de la parte aérea y de las raíces de siete líneas de *Stylosanthes* a las seis semanas de crecimiento.

FUENTE: Gardener (1978).

de manejo, a la escasa fertilización y al ataque de plagas y enfermedades. Ejemplos típicos son la roya en Siratro y la antracnosis en *Stylosanthes*.

### **Adopción de tecnologías de pasturas asociadas**

Estas tecnologías están disponibles para regiones tropicales y subtropicales, exceptuando las zonas áridas. Sin embargo, tales pasturas no se han difundido suficientemente. Para establecer las razones es necesario definir los requisitos de la tecnología y compararlos con los factores condicionantes.

#### **Requisitos**

El mejoramiento de las pasturas puede realizarse mediante: (1) el establecimiento de gramíneas fertilizadas con NPK; (2) el establecimiento de asociaciones gramíneas/leguminosas sin fertilización o con la aplicación de P y K y de elementos menores; (3) la introducción de leguminosas en pasturas ya establecidas con o sin fertilización; y (4) el establecimiento de leguminosas en bancos de proteína con fertilización de P, K, y de elementos menores. La selección del método de mejoramiento depende de la intensidad y tipo de sistema de producción. Las explotaciones de ganado de leche, por ejemplo, que generan altos ingresos y demandan alimentación de buena calidad para el hato, aplican métodos intensivos de producción y, por lo tanto, tienden a utilizar más fertilizantes y leguminosas que las explotaciones de ganado de carne.

#### **Factores condicionantes**

El mejoramiento de las pasturas en sistemas de producción en fincas está determinado por las condiciones siguientes: (1) la necesidad de mejorar la producción; (2) el valor y la facilidad de comercialización de los productos; (3) la motivación de los productores; (4) el sistema de tenencia de la tierras (5) la disponibilidad de crédito, asistencia técnica, inoculantes, semillas y fertilizantes.

La producción animal en el trópico se hace en pasturas no mejoradas; su mejoramiento es un objetivo básico en todo programa tendiente a incrementar la producción de alimentos de origen animal. La necesidad de incrementar tal producción depende del nivel socioeconómico de los productores; los pequeños generalmente no tienen capacidad de inversión en pasturas mejoradas, debido a su carencia de financiamiento, lo cual no implica que no puedan utilizar tecnologías mejoradas, como por ejemplo la siembra de leguminosas arbóreas.

Los productores en gran escala dependen de los precios en el mercado para la venta de sus productos. Estos precios están determinados por la relación entre oferta y demanda, esta última determinada por los ingresos de los consumidores. En la mayoría de países de América Latina, los consumidores gastan más dinero en productos de origen animal solo cuando sus ingresos aumentan, y por esta razón el precio que se paga al productor es bajo.

Una consideración importante para el productor que desea mejorar sus pasturas es la relación entre el costo y el retorno esperado de la inversión. En los años siguientes a ésta suele haber un flujo de caja negativo que no todos los productores están en capacidad de asumir. Además, los créditos pueden ser escasos y se corren riesgos de fracaso en el mejoramiento de las pasturas, o los precios de la carne pueden disminuir.

El interés de los productores en la aplicación de nuevas tecnologías de pasturas fluctúa entre países y entre años. La primera aplicación de tecnologías mejoradas de pasturas ocurrió en países como Australia y Brasil. Actualmente, mediante mecanismos de cooperación, el interés por estas tecnologías se ha difundido en países en desarrollo. La fluctuación de este interés entre años se debe a cambios en la economía. En Queensland, Australia, el mejoramiento de pasturas aumentó entre 1972 y 1973 y se debió a alta demanda y buenos precios de la carne en el mercado internacional (Figura 2). El descenso posterior se debió a la caída de esos precios, lo cual se reflejó en disminución en la siembra de pasturas mejoradas, disminución consiguiente en la demanda de semillas y grandes pérdidas para esta industria. Actualmente existe interés creciente en Australia por el mejoramiento de pasturas, llegando a un establecimiento anual de 50 millones de hectáreas de pasturas asociadas, la mitad de las cuales incluye *Stylosanthes* sp. y el resto *Medicago sativa* y *T. repens*, principalmente. Razones principales para esta expansión son: (1) mejor precio de la carne; (2) mejor manejo sanitario de los hatos; (3) aumentos en capacidad de carga logrados con la introducción de leguminosas como *S. hamata* cv. Verano en pasturas nativas; (4) demanda en los mercados por mejor calidad de carne; (5) tecnologías sencillas y de bajo costo para la introducción de especies de *Stylosanthes* en pasturas nativas; (6) nuevos enfoques en la extensión agrícola; y (7) mayor confianza de los productores debido a los éxitos alcanzados.

La tenencia de la tierra puede limitar la adopción de tecnologías de pasturas mejoradas, ya que pocos productores están dispuestos a realizar inversiones si no tienen seguridad de continuar con su explotación. La

disponibilidad de insumos como semillas, inoculantes y fertilizantes es otra condición previa al mejoramiento de pasturas.

La falta de adopción de tecnologías de pasturas mejoradas no es responsabilidad exclusiva de las instituciones o de los investigadores, especialmente cuando los productores no tienen capacidad financiera, cuando los extensionistas y los productores no conocen sus beneficios, y cuando no existe la infraestructura necesaria.

Por lo anterior, se justifica el fortalecimiento de la extensión por parte de las instituciones para promover el uso de las pasturas mejoradas y fomentar la producción de semillas.

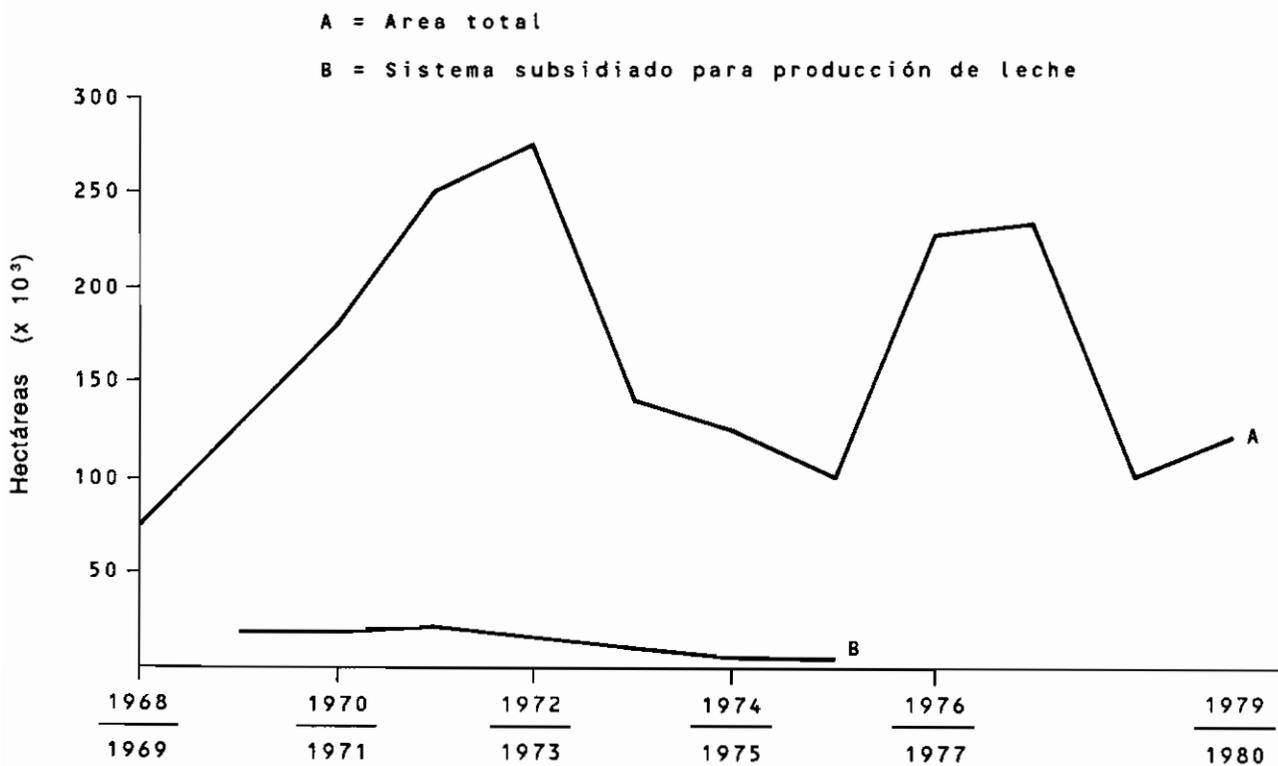


Figura 2. Area sembrada anualmente con pasturas para producción de leche en Queensland.

## Referencias

- Antwi, M. K. 1977. A study of beef cattle production on *Digitaria decumbens* and *Cynodon nlemfuensis* var. *robustus* with and without *Centrosema pubescens*. Ghana J. Agric. Sc. 10(2):99-102.
- Bryan, W. W. 1962. The role of the legume in legume/grass pastures. A: Review of nitrogen in the tropics with particular reference to pastures. Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley, Berkshire, England. p. 147-160.
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1987. Improved pastures raise cattle productivity. In: CIAT Report 1987. p. 57-61.
- Gardener, C. J. 1980. Diet selection and liveweight performance of steers on *Stylosanthes hamata* native grass pastures. Aust. J. Agric. Res. 31:379-392.
- \_\_\_\_\_. 1984. The dynamics of *Stylosanthes* pastures. In: Stace, H. M. and Edye, L. A. (eds.). The biology and agronomy of *Stylosanthes*. Academic Press, Australia. 651 p.
- Henzell, E. F. and 't Mannetje, L. 1980. Grassland and forage research in tropical and subtropical climates. Perspectives of world agriculture. Commonwealth Agricultural Bureaux, Hurley, Berkshire, England. p. 485-532.
- \_\_\_\_\_; Peake, D. C. I.; 't Mannetje, L. and Stirk, G. B. 1975. Nitrogen response of pasture grasses on duplex soils formed from granite in southern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 15(75):498-507.
- Humphreys, L. R. 1981. Environmental adaptation of tropical pasture plants. McMillan Publishers Ltd., London. 261 p.
- Hunter, R. A.; Siebert, B. D. and Breen, M. J. 1976. The botanical and chemical composition of the diet selected by steers grazing Townsville stylo-grass pastures during a period of liveweight gain. Proc. Aust. Soc. Anim. Prod. 11:457-460.
- Jones, R. K. 1968. Initial and residual effects of superphosphate on a Townsville lucerne pasture in northeastern Queensland. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 8(34):521-527.

- \_\_\_\_\_. 1974. A study of the phosphorus responses of a wide range of accessions from the genus *Stylosanthes*. Aust. J. Agric. Res. 25(6):847-862.
- Jones, R. M. 1988. The effect of stocking rate on the population dynamics of Siratro in Siratro (*Macroptilium atropurpureum*)/*Setaria* (*Setaria sphacelata*) pastures in southeast Queensland; 3: Effects of spelling on restoration of Siratro in overgrazed pastures. Trop. Grassl. 22(1):5-11.
- \_\_\_\_\_ and Bunch, G. A. 1988. The effect of stocking rate on the population dynamics of Siratro in Siratro (*Macroptilium atropurpureum*)/*Setaria* (*Setaria sphacelata*) pastures in southeast Queensland; 1: Survival of plants and stolons. Aust. J. Agric. Res. 39(2):209-219.
- \_\_\_\_\_ and 't Mannelje, L. 1986. A comparison of bred *Macroptilium* lines and cv. Siratro in subcoastal southeast Queensland with special reference to legume persistence. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Div. Trop. Crops and Pastures, Trop. Agr. Tech. Memo. no. 47. 11 p.
- Magadan, P. B.; Javier, E. Q. and Madamba, J. C. 1974. Beef production on native (*Imperata cylindrica* (L.) Beauv.) and para grass (*Brachiaria mutica* (Forsk.) Stapf) pastures in the Philippines. Proc. 12th Int. Grassl. Congr., Moscow. v. 3. p. 293-298.
- Minson, D. J. 1973. Effect of fertilizer nitrogen on digestibility and voluntary intake of *Chloris gayana*, *Digitaria decumbens* and *Pennisetum clandestinum*. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 13(61):153-157.
- \_\_\_\_\_. 1982. Effects of chemical and physical composition of herbage eaten upon intake. In: Hacker, J. B. (ed.). Nutritional limits to animal production from pastures. Commonwealth Agricultural Bureaux, Farnham Royal, England. p. 167-182.
- Norman, M. J. T. 1965. The response of a birdwood grass/Townsville lucerne pasture to phosphate fertilizers at Katherine, N. T. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 5(17):120-124.
- Shaw, N. H. 1978. Superphosphate and stocking rate effects on a native pasture oversown with *Stylosanthes humilis* in central coastal Queensland; 1: Pasture production. Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 18(95):788-799.

- \_\_\_\_\_ and 't Mannetje, L. 1970. Studies on a spear grass pasture in central coastal Queensland. The effect of fertilizer, stocking rate, and oversowing with *Stylosanthes humilis* on beef production and botanical composition. Trop. Grassl. 4:43-56.
- Teitzel, J. K. and Middleton, C. H. 1979. New pastures for the wet tropical coast. Qld. Agric. J. 105(2):98-103.
- 't Mannetje, L. 1965. The effect of photoperiod on flowering, growth habit, and dry matter production in four species of the genus *Stylosanthes* Sw. Aust. J. Agric. Res. 16(5):767-771.
- \_\_\_\_\_. 1974. Relations between pasture attributes and liveweight gains on a subtropical pasture. Proc. 12th Int. Grassl. Congr., Moscow. v. 3. p. 299-304.
- \_\_\_\_\_. 1984. Pasture development and animal production in Queensland since 1960. Trop. Grassl. 18(1):1-18.
- \_\_\_\_\_ and Ebersson, J. P. 1980. Relations between sward characteristics and animal production. Trop. Grassl. 14:273-280.
- \_\_\_\_\_ and Haydock, K. P. 1963. The dry-weight-rank method of the botanical analysis of pasture. J. Brit. Grassl. Soc. 18:268-275.
- \_\_\_\_\_ and Jones, R. M. 1990. Pasture and animal productivity of buffel grass with Siratro, lucerne or nitrogen fertilizer. (Unpublished).
- Torssell, B. W. R.; Ive, J. R. and Cunningham, R. B. 1976. Competition and population dynamics in legume-grass swards with *Stylosanthes hamata* (L.) Taub. (sens. lat.) and *Stylosanthes humilis* (H.B.K). Aust. J. Agric. Res. 27(1):71-83.
- Tohill, J. C. and Tessel, J. 1982. Pastures spelling and pasture stability. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation (CSIRO), Div. Trop. Crops and Pastures. Annual Report 1982. p. 93.
- Whitney, A. S. and Green, R. E. 1969. Legume contributions to yields and composition of *Desmodium* spp.-pangola grass mixtures. Agron. J. 61:741-746.

40483

## Contribución de la investigación básica al desarrollo de tecnologías de pasturas

R. W. Brougham, R. J. Clements y K. P. Kerr\*

### Introducción

La idea del flujo de la investigación o del conocimiento de la investigación es un tema de discusión interesante. El conocimiento científico es como el agua en una corriente: la mayoría pasa sin que se la utilice. El interrogante es cómo utilizar el flujo de la ciencia?

Los conceptos de investigación básica y aplicada parecen implicar que la primera tiene una aplicación menos inmediata que la segunda. Sin embargo, al pensar de nuevo en la dirección del flujo de la ciencia, tiene importancia el sitio o momento de este flujo en el cual se toma el conocimiento? El factor clave en este caso es el lugar donde se está situado en relación con el flujo. Por ejemplo, la aplicación de la ingeniería genética, una actividad de investigación básica que trata de mejorar la calidad de los alimentos. Esta ciencia aún está distante del manejo del pastoreo, pero próxima al mejoramiento de las plantas y muy cerca de la modificación de los microorganismos del rumen. Los científicos que tratan de mejorar la calidad del producto mediante ajustes del pastoreo le dan poca importancia a la ingeniería genética. Por el contrario, los fitomejoradores ven en ella una herramienta que les ayuda a obtener plantas de mejor calidad. De todas maneras, la ingeniería genética trabaja para alguno de ellos. Los microbiólogos ven en la ingeniería genética algo nuevo y maravilloso para desarrollar nuevos microorganismos capaces de degradar la fibra de los forrajes en forma rápida y completa.

Cómo puede una organización dedicada a la investigación, con capacidad limitada, llevar nueva tecnología a los productores? En otras palabras, cómo hacer llegar el flujo de la ciencia a la explotación agrícola, por ejemplo, los conocimientos de fisiología de plantas a la tecnología que usan los agricultores? Existen sólo pocas maneras de hacerlo, entre ellas programas de

---

\* Respectivamente, director emérito, Pastures División, Department of Scientific and Industrial Research (DSIR), Palmerston North, New Zealand; jefe División de Cultivos y Pasturas Tropicales, CSIRO, Brisbane, Australia; y director División de Fisiología de Plantas, DSIR, Palmerston, New Zealand.

mejoramiento, recomendaciones de manejo, modelos de crecimiento, u otra actividad de investigación que puede, eventualmente, aplicarse directamente en la agricultura. Entonces, es necesario preguntar a los fisiólogos, por ejemplo, si sus conocimientos se orientan en alguna de esas direcciones. El mismo argumento puede utilizarse para los genetistas, los bioquímicos, o inclusive los agrónomos de pasturas.

La función del CIAT puede considerarse como un eslabón entre las instituciones de investigación básica y los productores de bajos recursos. Además, debe facilitar el acceso al conocimiento de la investigación en todos los campos relevantes y de su potencial en sistemas de producción. Lo anterior explica la necesidad de instituciones como el CIAT, que continuamente evalúan sus programas con el objeto de conocer en qué punto del flujo de conocimientos se encuentran, y asegurar que éstos puedan transmitirse fácilmente a los agricultores y no pasen sin ser aprovechados.

Con estos antecedentes, se consideran a continuación algunos ejemplos del desarrollo de la investigación en ciencias como biología, fisiología de plantas y la interacción fisiología del rumen/nutrición animal, y la significación de estos logros para el desarrollo de programas de investigación.

### **Avances recientes en biología molecular**

Este resumen está relacionado con los avances en la investigación de la leguminosa (trébol) *Trifolium repens* en regiones templadas, los cuales pueden relacionarse con leguminosas tropicales.

**Genética de rizobios.** Se han aislado unos 20 genes que son clave para la fijación simbiótica de N. La investigación actualmente se concentra en la manipulación de este conjunto de genes y en la expresión de su habilidad competitiva. El aumento en la fijación simbiótica de N por rizobios en algunas leguminosas ha sido demostrado en investigaciones in vitro y en invernadero. Ahora es necesario demostrar su incremento sostenido en el tiempo en condiciones de campo.

Científicos de la Universidad de Hawaii han evaluado diferentes razas de rizobio, identificadas genéticamente, en sitios y suelos diferentes. Las principales dificultades, aún no están bien definidas, son el control genético y las interacciones competitivas en el campo. Para progresar en este sentido se requiere la ayuda de investigadores con experiencia y habilidad en investigación aplicada.

En el pasado, este aspecto de la expresión genética de los rizobios ha sido un gran obstáculo para el progreso de la investigación. En los últimos tres años sin embargo, se ha avanzado notoriamente lográndose identificar unos pocos genes involucrados en el aspecto de competencia. Esto constituye una oportunidad para un grupo de investigación como el del CIAT.

**Resistencia a plagas.** Se han aislado dos genes que tienen efecto significativo en la resistencia de las plantas a las plagas. El gen BT, identificado como una proteína insecticida por un grupo de investigadores de Bélgica, controla algunas plagas cuando se aplica en aspersión. Este es un gen seguro y biodegradable.

En Nueva Zelanda, la División de Entomología del Departamento de Investigación Científica e Industrial (DSIR, por su sigla en inglés) encontró un gen efectivo contra la larva 'caterpillar', la principal plaga en pasturas de trébol blanco. Actualmente la División de Pasturas del DSIR está trabajando en la incorporación de este gen al trébol blanco. Un segundo gen, que inhibe la digestión de las proteínas por los insectos, especialmente por *Costyletra* sp., está siendo evaluado por la División de Entomología y Fisiología Vegetal. El Instituto Max Planck en Alemania Federal también está trabajando en este sentido. Sin embargo, los avances más significativos los ha logrado el Departamento de Botánica de la Universidad de Durham, Inglaterra, con caupí, cultivo importante en África.

**Resistencia a herbicidas y a virus.** Utilizando los conceptos anteriores, los investigadores en Nueva Zelanda están manipulando los genes en busca de resistencia a herbicidas y a virus. Es el caso de la resistencia del trébol blanco al Round-up

Existen muchos ejemplos sobre protección de las plantas contra diferentes virus. La familia Solanaceae es un grupo muy receptivo en este sentido.

### **Avances recientes en fisiología**

La investigación estratégica en fisiología vegetal proporciona un cúmulo de conocimientos sobre el comportamiento y crecimiento de las plantas de acuerdo con el ambiente y el suelo.

Actualmente la tecnología permite describir con facilidad los ambientes y la significación de los procesos fisiológicos. Los datos disponibles y los sensores físicos permiten medir el clima y las reservas de agua en el suelo. Es posible calcular el agua disponible y utilizada. La investigación en

fisiología y ecología de pasturas y sus especies componentes debe realizarse con el conocimiento previo de la lámina de agua en el suelo.

Los estudios de campo pueden combinarse con investigaciones en fisiología ambiental desarrolladas en laboratorios con condiciones controladas. Esta aproximación es válida si se conoce la adaptación al clima de las especies. La División de Fisiología de Plantas de DSIR ha encontrado que los genes de plantas de maíz provenientes de las regiones tropicales altas de México y Perú se pueden transferir a variedades de maíz de Estados Unidos, produciendo híbridos que crecen bien en las temperaturas frías de Nueva Zelanda. Estos tratamientos, obviamente, se realizan en ambientes con clima controlado.

Los estudios sobre clima y el control de la floración de especies forrajeras pueden ayudar en el desarrollo de sistemas de manejo de pasturas en regiones en las cuales la floración no es deseable, o alternativamente para la producción de semillas. La investigación en ambientes controlados debe tenerse en cuenta en el diseño de sistemas de manejo del pastoreo. Los estudios detallados del crecimiento fisiológico de las especies forrajeras, como los que realiza la Universidad de Massey, permiten desarrollar sistemas de manejo que optimicen la producción.

Los modelos de crecimiento de las plantas son una herramienta útil para el conocimiento de las opciones de manejo. Sin embargo, es importante que estos modelos sean simples, tengan buenas bases fisiológicas, y reconozcan los aspectos clave de la fisiología de la planta.

La manipulación de plantas y de la microflora en la rizosfera del suelo para aumentar la absorción de nutrimentos y, por consiguiente, el crecimiento de aquéllas, han adquirido gran importancia en los últimos años. Estos estudios incluyen: (1) la utilización de la amplia diversidad de la microflora del suelo, mediante la introducción de organismos benéficos; (2) manejo mediante ingeniería genética de organismos útiles; (3) mejor definición de la ecología de la rizosfera en relación con las condiciones del suelo y la manipulación de organismos; (4) manejo de las micorrizas VA para incrementar la eficiencia de los fertilizantes; (5) evaluación amplia de genotipos (accesiones) en condiciones diversas de nutrición de suelos, con el objeto de identificar los más eficientes en absorción de nutrimentos; (6) estudios detallados de fisiología de plantas para mejor entendimiento de sus mecanismos de absorción, y evaluación de la eficiencia y habilidad de genotipos (ecotipos) con el objeto de identificar los más eficientes.

Rovira (1984) afirma que existen suficientes resultados sobre la reserva de organismos en el suelo que pueden ser utilizados no sólo para mejorar la nutrición de las plantas sino para control de enfermedades radiculares y para producir sustancias de crecimiento. Los ejemplos citados por este investigador incluyen el aislamiento de *Agrobacterium* sp. utilizado en el control de nematodos, la selección de razas de rizobio, y el aislamiento de organismos del suelo capaces de ejercer control biológico de enfermedades radiculares. Se pueden agregar, además, los grandes avances en la introducción y en el mejoramiento de la absorción de nutrientes por las plantas en condiciones particulares de suelo. Esto se ha logrado con leguminosas en pastoreo, como ocurrió en Nueva Zelanda con el aislamiento de dos plantas de trébol blanco altamente eficientes en la absorción de fósforo (J. R. Caradus, Grassland Division, DSIR, comunicación personal).

### **Avances recientes en el valor nutritivo de los forrajes y en la flora ruminal**

En Canberra, Australia, CSIRO está trabajando para mejorar el contenido de azufre en alfalfa y en trébol subterráneo. En Nueva Zelanda, la División de Pasturas de DSIR está haciendo un trabajo similar en trébol blanco mediante ingeniería genética.

Investigadores de las Divisiones de Cultivos y Pasturas y de Producción Animal de CSIRO, y del Departamento de Bioquímica y Nutrición de la Universidad de Nueva Inglaterra, Australia, están trabajando en el conocimiento y posibilidad de manipulación de la composición de la flora ruminal con el objeto de mejorar la utilización de los alimentos. Para ello estudian los hongos anaeróbicos y su papel en la digestión de la fibra ya que se ha demostrado que poseen cantidad de enzimas que contribuyen a la fermentación ruminal.

### **Perspectivas de la ingeniería genética en los países en desarrollo**

Por más de 200 años, especialmente en los últimos 50, los investigadores en pasturas y ganadería han desarrollado procedimientos y técnicas para evaluar los factores involucrados en la producción animal. Han evaluado los modos de acción, la expresión e interacciones entre factores, y han ensamblando modelos o paquetes controlables y que representan sistemas de explotación en fincas. Aún hay mucho por recorrer en este sentido, especialmente si se pretende alimentar en el futuro adecuadamente a la población humana.

La ingeniería genética en los países en desarrollo se encuentra hoy en el sitio donde hace 50 ó 100 años se encontraban las ciencias sobre pasturas y ganadería, es decir, en sus inicios. Los científicos de estos países necesitan evaluar gran número de genes y genomas que controlan varias funciones en las plantas y en los animales, evaluar sus modos de acción y expresiones, determinar sus interacciones y competitividad, y reunirlos e incorporarlos a los paquetes existentes o en sistemas de manejo. Es necesario realizar bastante trabajo de rutina con el genoma de cada especie antes de obtener resultados.

### **Investigación en pasturas**

El CIAT ha seleccionado pasturas basadas en leguminosas como medio para lograr mayor producción animal en el trópico. La disponibilidad de un amplio rango de leguminosas adecuadas para las regiones ganaderas del trópico es pues un requerimiento básico. Por otra parte, qué tipo de investigadores puede lograr tales objetivos? Investigadores que ayuden a encontrar y evaluar preliminarmente más leguminosas, a evaluar las más eficientes por su tolerancia a plagas y enfermedades y a definir su importancia en el futuro. Si el CIAT no posee aún leguminosas probadas debe intensificar su búsqueda. Es más rentable intensificar la recolección y evaluación de nuevas leguminosas o de nuevas accesiones de leguminosas ya conocidas en su estado inicial de desarrollo en la agricultura local, que abocar el mejoramiento de plantas. Más de 50 años de investigación en mejoramiento de plantas en Australia ayudan a probar este punto, el cual es particularmente relevante en el caso de las leguminosas tropicales. Por supuesto, si el proceso de investigación cambia y las pasturas con leguminosas no son la respuesta a la producción animal tropical, entonces los objetivos propuestos cambiarán y algunos de los mencionados anteriormente deberán reevaluarse.

La pregunta para el CIAT no es si hace investigación básica, sino cómo hacerla mejor, cuánta y qué clase? Es necesario considerar la combinación de investigación básica y aplicada. Es necesario destinar más recursos a la investigación de problemas. Esto puede significar destinar recursos al estudio de la naturaleza de la adaptación de las plantas en suelos extremadamente ácidos de América del Sur, continuar los esfuerzos en la selección y mejoramiento de las leguminosas y desarrollar asociaciones gramíneas/ leguminosas. El trabajo realizado sobre la diversidad y biología de hongos patógenos en leguminosas clave es ejemplar y debe continuarse. Cualquier desarrollo en biotecnología que sea de valor para éstos y otros programas clave debe incorporarse a través de los mecanismos propuestos en este artículo. Es probable que algunas de estas investigaciones básicas sean

de poca importancia para los objetivos del CIAT, pero esto ocurre en todas las instituciones.

### **Agradecimientos**

A los doctores Derek White, Grassland Division, y Tom Broad, Biotechnology Division, DSIR, Palmerston North, New Zealand.

### **Referencia**

Rovira, A. D. 1984. Biotechnology and recombinant DNA. Technology in the animal production industries. Proc. Symposium. Univ. of New England, Armidale, Australia. p. 185-197.

## **Estimativos de los beneficios económicos de la investigación en pasturas de América tropical**

L. S. Jarvis y C. Seré\*

### **Introducción**

Hay en América tropical extensas áreas de suelos de baja fertilidad cuya contribución a la producción agrícola es escasa, pero cuyo potencial para producir carne y leche es alto mediante tecnologías apropiadas para el desarrollo de pasturas. Según Wheeler (1982), la nutrición es el principal factor limitativo para la producción animal en los trópicos. Entre 1979 y 1986 la producción de carne en la zona templada fue, en promedio, de 47 kg/animal/año y únicamente de 25 kg/animal/año en la zona tropical (CIAT, 1989). En esta última existen 249 millones de bovinos, o sea, 78% de la población ganadera total en América Latina.

En los suelos tropicales de baja fertilidad la producción de pasturas puede incrementarse significativamente con la introducción de gramíneas y leguminosas asociadas, las cuales reducen las fluctuaciones estacionales en producción de MS ocasionadas por los cambios de clima. El análisis económico de los resultados a nivel de finca de las tecnologías de pasturas mejoradas desarrolladas por el Programa de Pastos Tropicales del CIAT y por el Programa Nacional de Forrajes del ICA (Instituto Colombiano Agropecuario) en el Centro Nacional de Investigaciones (CNI) ICA-CIAT Carimagua, Llanos Orientales de Colombia, muestran un retorno de 35% aproximadamente (Seré and Estrada, 1987).

Este artículo describe los beneficios esperados de la investigación en pasturas mejoradas (IPM)--gramíneas y leguminosas en asociación--en América Latina tropical. Además, mediante suposiciones conservadoras, se demuestran el retorno a la inversión y los beneficios sociales del desarrollo de tales tecnologías.

### **Metodología**

El retorno de la IPM se calculó con un modelo frecuentemente utilizado en estudios de impacto de nuevas tecnologías (Norton and Davis, 1981)

---

\* Respectivamente, profesor asociado, Departamento de Economía Agrícola, University of California, Davis, CA 95616; jefe de la Sección de Economía del Programa de Pastos Tropicales del CIAT, Apartado Aéreo 6713, Cali, Colombia.

(Figura 1). De acuerdo con este modelo, la IPM reduce los costos de producción de la carne y/o de la leche, igualando el beneficio económico total a la suma de los excedentes del productor y del consumidor (OAB, Figura 1) cuando toda la producción se vende en el mercado local. Este estudio analiza dos posibilidades: en la primera (Figura 2) los cambios tecnológicos en la industria avícola ocasionan una sustitución en el consumo de carne vacuna por carne de ave, resultando en una reducción de la demanda de carne vacuna de D0 a D1. La competencia de la carne de ave reduce los beneficios de la IPM desde OAB a OCD (Figura 2).

La segunda situación presume la posibilidad de exportar carne vacuna, siendo el comercio internacional la base para determinar los precios internos. Esto conduce a un divorcio entre la producción y el consumo una vez se inician las exportaciones (Figura 3). Los beneficios de la IPM están dados por el área OAEF cuando no hay competencia por parte de la avicultura y por OGF cuando dicha competencia ocurre. Aun en el caso de que el precio de los productos avícolas disminuya y que la avicultura comparta los aumentos en el consumo, el precio de la carne vacuna disminuirá poco y podrá elevarse si aumenta su demanda en el mercado internacional. Cuando exportan los países latinoamericanos experimentan un aumento en el precio de la carne vacuna y una disminución en su consumo doméstico.

Los argumentos expuestos sugieren que la rentabilidad de la IPM depende en gran parte de los precios internacionales de la carne, lo cual a su vez depende del nivel de ingresos de los consumidores internacionales, del precio de los sustitutos de la carne y de la protección económica a la industria de carne en los países desarrollados (Alston et al., 1988; Jarvis, 1986).

Estudios recientes (Valdés, 1987) estiman que con la eliminación del proteccionismo a la producción doméstica de carne en los países desarrollados los precios internacionales de ésta aumentarían entre 16 y 20% y, en consecuencia, aumentaría en forma significativa la tasa de retorno de la IPM en el trópico de América Latina.

Con base en los resultados de experimentos en fincas de los Llanos Orientales de Colombia, se presumió que la adopción de las pasturas asociadas gramínea/leguminosa aumentaría la producción anual de carne vacuna en 200 kg/ha en las sabanas. Otras suposiciones importantes son: un factor de conversión de carne en pie a carne en canal de 0.5; un precio inicial por tonelada de carne vacuna de US\$1625; una difusión

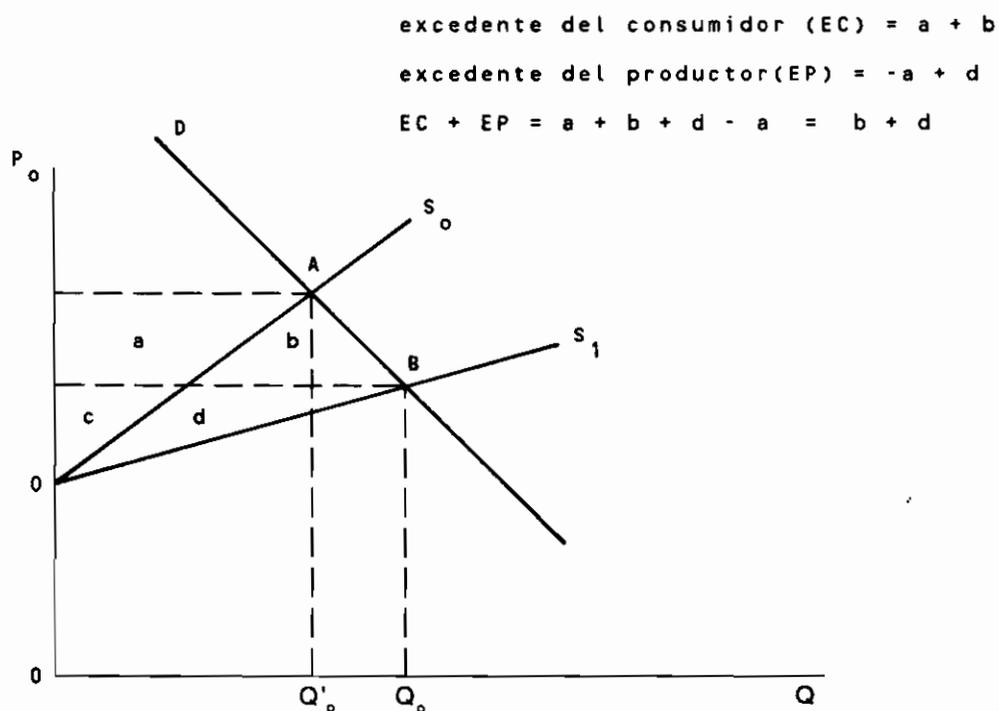


Figura 1. Modelo para cuantificar los beneficios de la investigación en pasturas mejoradas.

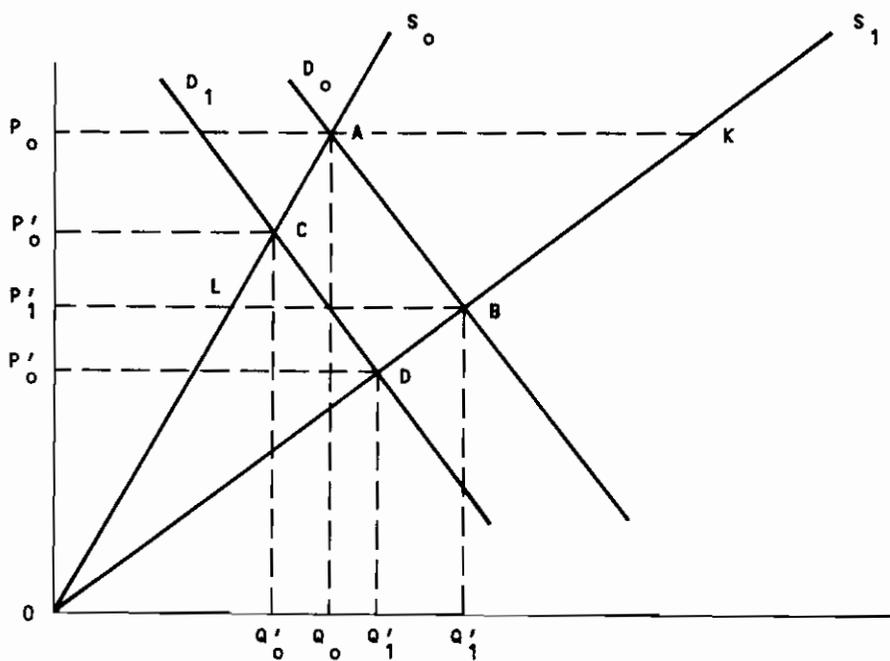


Figura 2. Beneficios de la investigación en pasturas mejoradas en una economía cerrada con y sin incremento de la competencia de la avicultura.

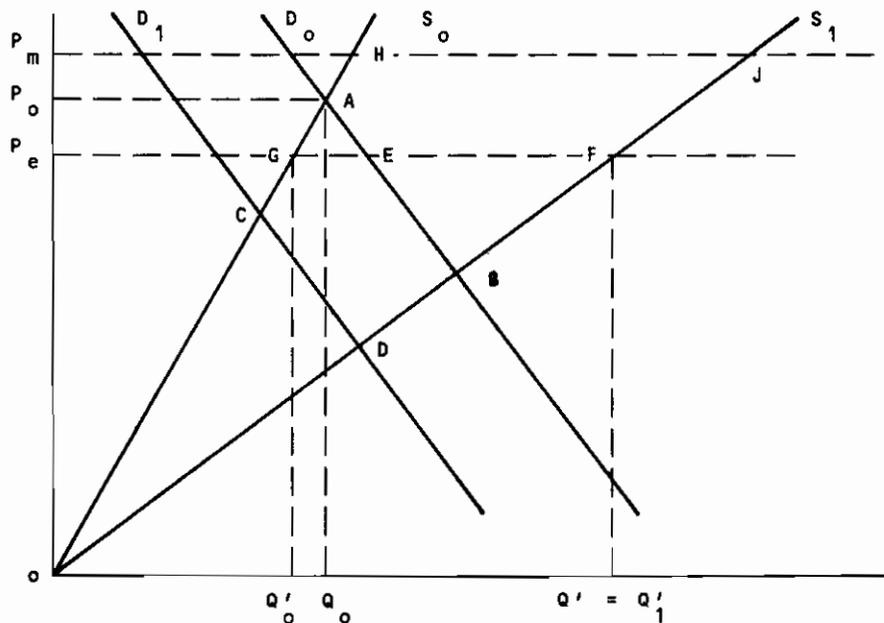


Figura 3. Beneficios de la investigación en pasturas mejoradas en una economía abierta con incremento de la competencia de la avicultura.

gradual de la nueva tecnología con un patrón logístico para ocupar al cabo de 50 años el 10% de los 380 millones de hectáreas consideradas aptas para esta tecnología; y una tasa de descuento de 10% anual para el cálculo de los valores presentes de los beneficios de la IPM.

### Retorno económico de la IPM: primera aproximación

El valor presente de los beneficios sociales de la IPM se calculó para cinco situaciones: (1) economía cerrada en la cual la carne de ave no tiene impacto sobre la demanda de carne vacuna; (2) economía abierta con características similares a la anterior; (3) economía cerrada en la cual la competencia de la carne de ave reduce la demanda doméstica por carne vacuna; (4) economía abierta con características similares a la anterior; (5) economía abierta en la cual la competencia de la carne de ave reduce la demanda de carne vacuna, pero el precio internacional es 10% superior al nivel corriente de precios.

El Cuadro 1 incluye el valor presente de los beneficios de la difusión exitosa de la tecnología antes descrita. En las situaciones alternativas anteriores los resultados se resumen así:

(1) El retorno estimado de la IPM en América Latina tropical es alto, aun si la carne de ave sustituye a la carne vacuna en el consumo doméstico y no es posible exportar. El retorno es todavía mayor si el excedente de carne vacuna se puede exportar a precios corrientes o superiores. Por ejemplo, si se trata de una economía cerrada sin competencia de la carne de ave (Situación 1), los excedentes totales se estiman en US\$2.8 billones\*. En el caso de una economía cerrada en la cual la carne vacuna tiene fuerte competencia por parte de la carne de ave (Situación 3), el excedente será de US\$1.8 billones. En la Situación 5, la más optimista, con un precio de exportación 10% superior al precio actual debido a reducción en la protección en los países importadores, los beneficios totales serían de US\$3.5 billones. Finalmente, en la Situación 4, economía abierta con competencia por parte de la carne de ave y precios normales, el valor presente de los beneficios será de US\$2.9 billones.

(2) El uso de una tasa de descuento de 10% implica que los beneficios esperados podrían justificar un gasto en investigación y extensión entre US\$180 y 350 millones anuales. Por comparación, los gastos en la región en investigación y extensión se estiman actualmente en unos US\$20 millones. Esta discrepancia entre el nivel de gastos corrientes y el nivel justificado por los beneficios esperados de la IPM se explica solamente si los beneficios potenciales de éste han sido subestimados previamente a este estudio, o si los gobiernos consideran que la tasa actual de preferencia social es mayor de 10% o que la probabilidad de éxito aquí definida es muy baja.

(3) El modelo de economía cerrada conlleva una disminución de los beneficios de la investigación, pero al abrirla tiene menor efecto en los beneficios totales de la investigación que en su distribución entre productores y consumidores. En general se espera que la IPM beneficiará más a los consumidores que a los productores. Las ganancias de estos últimos en la economía abierta ocurren relativamente tarde en el tiempo, debido a que el primer impacto del incremento de la producción de carne es el cambio de la autosuficiencia a la exportación que reduce el nivel de precios domésticos.

(4) La competencia de la avicultura ocasiona una reducción significativa de los beneficios de la IPM en la economía cerrada, pero tiene poco efecto cuando el comercio de carne se hace a precios corrientes y no tiene efecto cuando los precios de exportación de la carne son 10% mayores. En el último caso, por efecto del abaratamiento de la carne de ave, la región se convierte

---

\* 1 billón = US\$1000 millones.

Cuadro 1. Impacto económico estimado de la investigación en pasturas mejoradas en América Latina tropical (billones de US\$ de 1986).

Situación	Beneficios económicos (Excedentes)			Anualidad*
	Total	Consumidores	Productores	
(1) Economía cerrada	2.8	4.1	- 1.3	0.28
(2) Economía abierta	3.1	2.3	0.7	0.31
(3) Economía cerrada (la avicultura reduce la demanda de carne bovina)	1.8	2.7	- 0.9	0.18
(4) Economía abierta (la avicultura reduce la demanda de carne bovina)	2.9	0	2.9	0.29
(5) Economía abierta (la avicultura reduce la demanda de carne bovina. El precio internacional de éste es 10% mayor que el precio corriente)	3.5	0	3.5	0.35

\* Corresponde a los beneficios totales distribuidos anualmente a lo largo de 50 años usando una tasa de descuento del 10% anual.

en exportadora neta, antes de que la IPM tenga efecto sobre la producción y se exporte el incremento en la producción de carne (Figura 2).

(5) Los beneficios de la IPM son altos, aunque el proceso de adopción sea lento y supere los 50 años. La tasa interna de retorno (TIR) estimada para la IPM en las situaciones menos optimistas (1 y 3) es superior a 100% en el supuesto de que los gastos sean de US\$20 millones anuales durante los próximos 10 años, más US\$5 millones anuales en los años siguientes (Cuadro 2). La TIR sigue siendo atractiva aun si el comienzo de la adopción se pospone otra década, hasta después de que el período de investigación termine y si los beneficios se cortan a los 30 años. Después de este tiempo las pasturas mejoradas se habrán establecido en aproximadamente 7% del área de sabana.

Cuadro 2. Sensibilidad estimada (%) de la tasa interna de retorno (TIR) ante cambios en el tiempo transcurrido entre la inversión en investigación y el comienzo de los beneficios esperados\*.

Años entre inversión y comienzo de beneficios	TIR**	
	Situación 1	Situación 3
1	100	100
6	29	24
11	20	15

\* Considerando gastos en investigación por US\$20 millones/año y US\$5 millones/año de mantenimiento durante 30 años.

\*\* TIR en una economía cerrada (1) y en una economía cerrada con sustitución de carne de ave por carne vacuna (3).

## Efecto de los precios internacionales de la carne en la IPM

Los precios de frontera\* deben utilizarse en la toma de decisiones para efectuar investigación. Se espera que estos precios prevalezcan en el tiempo, considerando posibles intervenciones del gobierno y ponderándolos por la probabilidad de tales intervenciones. Estimaciones recientes sugieren que los actuales precios internacionales de la carne son 15% a 20% menores que los precios que prevalecerían al levantarse la protección (Valdés, 1987).

Los países desarrollados han reducido el precio internacional de la carne vacuna que importan mediante tarifas y cuotas de importación, precios locales de sustentación y subsidios a la exportación. Como consecuencia de las presiones presupuestales en Estados Unidos y en la Comunidad Europea, resultantes del incremento en los costos de protección y de las negociaciones multinacionales, es razonable esperar que los futuros precios internacionales de la carne sobrepasan en 10% el nivel actual, aun si no cambia la estructura de la oferta y la demanda. Estos mayores precios incrementarán el valor

\* El precio de frontera (border price) es un concepto económico que se emplea para establecer comparaciones entre precios domésticos y precios internacionales. Para ello el precio del mercado internacional se ajusta descontándole las tarifas y los costos de transporte; el precio resultante es el denominado precio de frontera.

presente esperado de la IPM hasta US\$3.5 billones, justificando así mayores gastos en investigación.

La distorsión de los precios internacionales de la carne y su efecto en los gastos en investigación pueden alterar considerablemente el desarrollo a largo plazo de la tecnología y, en consecuencia, la futura capacidad de producción. En América Latina los precios bajos desestimulan la investigación y conducen a una capacidad no óptima de producción. En los países desarrollados los precios distorsionados también pueden llevar a una situación similar; sin embargo, aunque los precios de frontera disminuyan por efecto de la protección, los precios internos en los países desarrollados se mantienen a niveles que exceden los prevalecientes en los mercados internacionales. Esto da a entender que la investigación en ganadería, particularmente en el sector privado, puede incrementarse por los precios internos altos causados por la protección, lo cual resulta en un gasto excesivo en investigación en ganadería.

De las consideraciones anteriores se desprende este interrogante: en qué grado el mercado externo puede absorber el incremento en las exportaciones de carne de América Latina si la IPM tiene éxito? La respuesta correspondiente a cada una de las situaciones consideradas en este estudio se deriva del Cuadro 3, el cual muestra el incremento en producción de carne bovina, el consumo y la exportación así como los cambios en el precio local de la carne. Los cambios no parecen muy drásticos al considerar que se producen en un período de 50 años; aun el incremento en la exportación de carne, equivalente al total de la exportación mundial en 1980, no parece tan alto debido a que tal exportación mundial creció al 5% anual entre 1960 y 1980.

Por otro lado, si se libera el comercio internacional de productos agrícola los precios de los alimentos compuestos por granos aumentarían un 10% aproximadamente y, en consecuencia, la inversión en la IPM sería más rentable. El mayor precio en los granos estimula la competencia por suelos entre cultivos y pasturas, ya que los suelos de sabanas generalmente no son adecuados para cultivos. También, el mayor precio de los granos incrementará el costo de la carne de ave regional e internacionalmente, estimulando así un aumento en la demanda y en los precios locales e internacionales de la carne de res.

Cuadro 3. Variaciones en producción, consumo y precios locales y de exportación de carne bovina en América Latina tropical como consecuencia de la IMP.

Situación	Incremento en producción (%)	Incremento en consumo (%)	Incremento en exportación (millones/ton)	Precio local de la carne (US\$/ton)	
				Antes	Después
(1) Economía cerrada	13	13	0.0	1625	1091
(2) Economía abierta	55	3	2.5	1625	1500
(3) Economía cerrada (la avicultura reduce la demanda de carne bovina)	13	13	0.0	1310	880
(4) Economía abierta (la avicultura reduce la demanda de carne bovina)	68	0	3.5	1500	1500
(5) Economía abierta (la avicultura reduce la demanda de carne bovina; el precio internacional de ésta es 10% mayor que el precio corriente)	68	0	3.7	1650	1650

### La disponibilidad de animales como limitación en la adopción de pasturas mejoradas

Uno de los beneficios del uso de pasturas mejoradas es su capacidad de aumentar significativamente la productividad animal por unidad de área. En consecuencia, la disponibilidad de pasturas mejoradas tiene gran impacto sobre la demanda de animales, especialmente vacas, novillos jóvenes y terneras. Si la oferta de estos animales es suficientemente inelástica, sus precios se incrementarán hasta un punto en el cual una mayor expansión en pasturas mejoradas no resulta rentable. En este caso los animales, más que la tierra u otros insumos, serán el principal obstáculo para la adopción de pasturas mejoradas.

En los cálculos del presente estudio, los animales no constituyen una limitación para la adopción de pasturas asociadas. Si se considera el establecimiento de 38 millones de hectáreas en pasturas mejoradas, se

necesitarían 50 millones de animales. El crecimiento anual de un hato nunca excede 2.6%, siendo muy inferior a su posibilidad biológica de crecimiento. De acuerdo con resultados observados en las últimas décadas, existen regiones aisladas como la Amazonia peruana, donde la escasez de animales puede ser una limitación grande para el desarrollo de pasturas mejoradas. Estas situaciones particulares no afectan sin embargo, la proyección para la región tropical en conjunto.

### **Beneficios de la IMP para la producción de leche**

El presente análisis trata sobre los beneficios de la IPM para la producción de carne. Sin embargo, la adopción de pasturas mejoradas permite incrementar la producción tanto de carne y como de leche en sistemas de doble propósito (carne y leche). Estos sistemas se adaptan bien a las condiciones de los pequeños productores, los cuales generalmente disponen de mano de obra y acceso a los mercados. Además la leche provee ingresos en efectivo durante todo el año y mejora la nutrición familiar (Von Oven, 1969.; Seré and Rivas, 1987).

En la mayoría de los países de América Latina tropical el precio interno de la leche se mantiene muy por encima del precio internacional, como resultado del proteccionismo de los gobiernos. Lo anterior estimula la producción, pero restringe el consumo. El mejoramiento de las pasturas favorecería el aumento en forma económica y eficiente de la producción de leche, permitiendo satisfacer la demanda a precios mas bajos.

### **Comentarios y conclusiones**

El área más extensa que potencialmente se beneficiaría con la IPM se encuentra en los países con alta proporción de suelos ácidos de baja fertilidad, para los cuales el beneficio social de incorporar a la producción extensas áreas de suelos no utilizados o subutilizados es muy alto. Sin embargo, los beneficios de esta investigación no excluyen a muchos otros países.

Los beneficios de la IPM dependerán principalmente de la elasticidad de la demanda de leche y carne. Si el comercio internacional no puede absorber la exportación de carne, el incremento en producción ocasionará disminución en el precio interno de la carne, lo cual indica que la investigación en pasturas beneficiaría al consumidor. Aproximadamente 66% de la población de América Latina vive en áreas urbanas y es ella la que gasta la mayor proporción de sus ingresos en la compra de carne. Por otra

parte, si el precio interno de la carne se mantiene debido a la exportación, los beneficios directos para los consumidores serán menores, pero el incremento en la producción debido a la IPM los beneficiará indirectamente, por efecto del crecimiento económico inducido por comercio internacional.

Se espera que el incremento en producción de leche beneficiaría más a los consumidores, ya que la región es importadora de este alimento, y el precio interno disminuiría antes de que se inicien las exportaciones. Particularmente en regiones con explotaciones pequeñas, por su alta densidad de población e infraestructura de mercadeo, los beneficios de la producción de leche favorecerán a los grupos de menores ingresos.

El retorno de la IPM en áreas de suelos de baja fertilidad de América Latina tropical parece muy atractivo, aun en el caso de un aumento significativo en el consumo de carne de ave. Los beneficios son aún mayores cuando se considera el potencial de producción de leche. Para llegar a estos resultados se han hecho numerosas suposiciones, consideradas razonables, que involucran juicios respecto a la forma y desplazamiento de las curvas de oferta y de demanda de carne, el impacto de la tecnología mejorada de pasturas, la tecnología avícola, el ingreso y el crecimiento de la población y las intervenciones gubernamentales, la tasa y nivel final de adopción y la escogencia de una tasa apropiada de descuento. Los resultados indican que los beneficios de la IPM justifican mayor inversión en investigación en relación con el nivel actual.

## Referencias

- Alston, J. M.; Edwards, G. W. and Freebairn, J. W. 1988. Market distortions and benefits from research. Department of Agriculture and Rural Affairs in Victoria and La Trobe University. (In process.)
- CIAT (Centro Internacional de Agricultura Tropical). 1989. Trends in CIAT Commodities. Internal Document Economics. p. 1-14.
- Jarvis, L. S. 1986. Livestock development in Latin America. World Bank, Washington, D.C.
- Norton, G. W. and Davis, J. S. 1981. Evaluating returns to agricultural research: a review. *Am. J. Agric. Econ.* 63:685-699.

- Seré, C. S. and Estrada, R. D. 1987. Potential role of grain sorghum in the agricultural systems of regions with acid soils in tropical Latin America. In: Sorghum for acid soils. Proceedings of a workshop on evaluating sorghum for tolerance to Al-toxic tropical soils in Latin America. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali, Colombia, 28 May-2 June 1984. p. 145-169.
- Seré, C. S. and Rivas, L. 1987. The advantages and disadvantages of promoting expanded dairy production in dual-purpose herds: evidence from Latin America. In: The Economics of Dairy Development in Selected Developing Countries and Policy Implications Symposium, Copenhagen, Denmark 8-9 January 1987.
- Valdés, A. 1987. Agriculture in the Uruguay round: interests of developing countries. *World Bank Economic Review* 1(4):571-593.
- Von Oven, R. O. 1969. Consideraciones económicas sobre el ordeño de vacas de carne en el trópico sudamericano. *Ganagrino* (Caracas) (3,4):1-15.
- Wheeler, R. O. 1982. Problems and prospects for increasing livestock production through improved production systems. In: Davis, T. J. (ed.). *Increasing Agricultural Productivity. Proceedings of the Third Annual Agricultural Sector Symposium*, World Bank, Washington, D.C.

## Recursos disponibles, demanda de servicios y logros en la RIEPT

C. Seré\*, E. Mesa\*\* y A. Franco\*\*

### Introducción

Desde su iniciación en 1979 la Red Internacional de Evaluación de Pastos Tropicales (RIEPT) ha venido suministrando una serie de servicios a los investigadores e instituciones nacionales involucradas en este esfuerzo continental de evaluación de pasturas tropicales. Estos servicios incluyen suministro de germoplasma, desarrollo de metodologías de evaluación de germoplasma y de pasturas, asesoría en el establecimiento de ensayos, capacitación, medios para la publicación de resultados, y una base de datos para consulta de las características de clima, suelos, y resultados en las varias localidades de los ensayos.

En 1989 la sección de Economía del Programa de Pastos Tropicales y la Unidad de Biometría del CIAT realizaron un estudio sobre la RIEPT en aspectos tales como disponibilidad de recursos, fondos e infraestructura, ensayos realizados, suministro de germoplasma, capacitación, metodologías de evaluación y otros, con el objeto de mejorar el apoyo del Programa de Pastos Tropicales del CIAT a la RIEPT.

Los países e instituciones (entre paréntesis) que colaboraron en el estudio fueron: Argentina (INTA, Universidad del Nordeste, Estación Obispo Colombes); Bolivia (IBTA, CIF, Universidad de San Simón, CIAT); Brasil (EMBRAPA/CPAC, EMBRAPA/CPATU, CEPLAC/CEPEC, EPAMIG, EMGOPA); Colombia (ICA, CENICAFE, Universidad de Antioquia, Semillano, SENA); Costa Rica (MAG, CATIE); Cuba (Estación Indio Hatuey, Instituto de Investigación de Pastos y Forrajes); El Salvador (MAG); Ecuador (SPOCH, INIAP); Guatemala (ICTA); Guadalupe (INRA); Guyana (INRA); Honduras (SRN, EAP); México (INIFAP, CIEEGT)); Paraguay (PRONIEGA); Perú (INIAA, IVITA); Panamá (IDIAP, Universidad de Panamá); Puerto Rico (Univ. de Puerto Rico); y Venezuela (FONAIAP, FUSAGRI).

---

\* Economista, jefe de la sección de Economía del Programa de Pastos Tropicales del CIAT hasta enero de 1990.

\*\* Asociados de la Unidad de Biometría del CIAT, Apartado aéreo 6713, Cali, Colombia.

La información se recopiló mediante una encuesta detallada entre los coordinadores nacionales de la RIEPT y una encuesta corta entre 115 investigadores activos. Los resultados se tabularon y procesaron para su análisis e interpretación y se confrontaron con la información almacenada en el banco de datos de la RIEPT.

## **Resultados**

**Recursos humanos en la RIEPT.** Los recursos humanos destinados por las instituciones nacionales y el Programa de Pastos Tropicales (PPT) del CIAT cada actividad dentro de la RIEPT aparecen en el Cuadro 1. Se observa que el mayor énfasis se ha puesto en agronomía, selección por adaptación de las especies, y en manejo y utilización de pasturas. Esto es explicable, ya que hasta el presente uno de los objetivos básicos de la RIEPT es la búsqueda de germoplasma adaptado y productivo en los diferentes ecosistemas del trópico de América.

En instituciones de 15 países que realizan ensayos dentro de la RIEPT ocho investigadores tienen grado de Ph.D., 39 de M.Sc., y 68 son graduados en disciplinas agrícolas y ganaderas.

**Infraestructura y fondos disponibles para investigación.** La información recopilada en 106 estaciones experimentales de 15 países señala que las estaciones (números entre paréntesis) que cuentan con algunos recursos para investigación son las siguientes: vehículo (89), estufa para secar forraje (82), laboratorio de nutrición (36), microcomputadores (51), computador central (20), y bovinos para investigación (71).

Treinta y seis estaciones experimentales cuentan con presupuesto operación igual o superior a US\$5000. Durante el período 1975-1989 disminuyeron, en términos relativos, los fondos destinados a la investigación en pasturas en ocho estaciones experimentales y aumentaron en cinco de ellas.

**Ensayos hechos por la RIEPT en 14 países.** En la época en que se realizó el presente estudio el número de ensayos en desarrollo era de 162 y se habían finalizado 242. La mayoría de los ensayos en desarrollo eran de tipo B, C y de producción de semillas. Los terminados eran, en su mayoría, de adaptación y producción (ERA, B y C) y de fertilización (Cuadro 2), notándose un movimiento del germoplasma hacia etapas avanzadas de evaluación con animales en pastoreo.

Cuadro 1. Recursos humanos dedicados por las instituciones nacionales y por el Programa de Pastos Tropicales (PPT) del CIAT a la investigación por disciplinas en la RIEPT. El total de profesionales de las entidades nacionales por disciplinas se indica entre paréntesis.

Disciplina	Instituciones Nacionales	
	RIEPT	PPT
Agronomía	85 (121)	5
Colección e intercambio de germoplasma	11 (12)	4
Selección por adaptación	37 (53)	11
Entomología	4 (12)	3.5
Fitopatología	2 (2)	3.5
Fitomejoramiento	3 (11)	3
Biotecnología	1 (0.8)	0
Microbiología	2 (6)	2
Establecimiento y recuperación de pasturas	16 (31)	4
Calidad de pasturas	37 (34)	2
Utilización y manejo de pasturas	11 (61)	1
Establecimiento y fertilización de pasturas	20 (20)	2
Producción de semillas	19 (28)	4
Evaluación de pasturas en fincas	11 (15)	4
Economía	7 (8)	6
Reciclaje de nutrientes	22 (0.5)	3
Trasferencia de tecnología	11 (13)	1
Total	214 (307.3)	59

Cuadro 2. Tipo y número de ensayos en desarrollo y terminados en la RIEPT hasta 1989.

Tipo de ensayo	Ensayos en desarrollo (no.)	Ensayos terminados (no.)
Ensayo regional		
A (Adaptación)	14	53
B (Producción)	47	88
C (Pastoreo en pequeñas parcelas)	32	15
D (Comportamiento animal)	18	9
Fertilización	12	49
Producción de semillas	26	11
Rizobiología	11	13
Fitopatología	2	4
Total	162	242

Países: Argentina, Bolivia, Brasil, Guadalupe, Colombia, Costa Rica, Cuba, Ecuador, Guatemala, Honduras, México, Panamá, Perú, Puerto Rico y Rep. Dominicana.

**Suministro de germoplasma.** El Programa de Pastos Tropicales del CIAT ha sido la principal fuente de germoplasma para las evaluaciones realizadas en 15 países que hacen ensayos regionales tipo A y B (Cuadro 3). Se observa mayor demanda por leguminosas que por gramíneas, lo cual es indicativo del interés de los programas nacionales de investigación en mejorar la calidad de las pasturas basadas, en su mayoría, en gramíneas solas. Es interesante el esfuerzo de Argentina por germoplasma en zonas subtropicales.

**Identificación de especies clave.** Mediante los ensayos de adaptación y producción se han identificado especies clave por su potencial en los ecosistemas de sabana y bosque. Estas especies son las gramíneas *Andropogon gayanus*, *Brachiaria brizantha*, *B. dictyoneura*, *B. humidicola* y *Panicum maximum*; y las leguminosas *Arachis pintoii*, *Centrosema acutifolium*, *C. brasilianum*, *C. macrocarpum*, *C. pubescens*, *Desmodium ovalifolium*, *Stylosanthes capitata* y *S. guianensis*. Algunas ya han sido liberadas como cultivares comerciales (Cuadro 4).

**Evolución de la RIEPT.** Desde su iniciación la RIEPT ha ampliado su actividad, tal como se observa en el Cuadro 5. Hay notable aumento en el número de investigadores que hacen ensayos y en los ensayos de pastoreo.

**Necesidad de germoplasma por ecosistema y sistema de producción.** En el ecosistema de sabanas es necesario disponer de mayor número de gramíneas para pastoreo, según lo manifestaron cinco de ocho coordinadores nacionales, quienes además consideraron que existe igual necesidad de leguminosas herbáceas y arbustivas. En el ecosistema de bosque húmedo tropical los coordinadores manifestaron iguales necesidades que para el caso de las sabanas, aunque reconocieron mayor necesidad de gramíneas para corte en los sistemas intensivos.

**Capacitación.** Entre 1979 y 1989 se han realizado en el CIAT 10 cursos intensivos en producción y utilización de pastos tropicales y talleres sobre producción de semillas de plantas forrajeras y metodologías de evaluación de germoplasma en ensayos de pastoreo. En Perú y Panamá se realizaron cursos sobre producción de semillas y sobre establecimiento y producción de especies forrajeras. En total se han capacitado 366 investigadores, de los cuales 228 están involucrados en una u otra forma en actividades de la RIEPT. De acuerdo con el estudio, los coordinadores nacionales de la RIEPT consideran que la capacitación por disciplinas y por niveles académicos debe hacerse en cursos cortos preferencialmente sobre nutrición animal, manejo de pasturas, agronomía, y manejo de malezas (Cuadro 6).

Cuadro 3. Origen y número de accesiones evaluadas en ensayos tipo A y B en la RIEPT entre 1979 y 1989.

País	Origen de las gramíneas		Origen de las leguminosas	
	CIAT	Otras inst.*	CIAT	Otras inst.*
Bolivia	60	12	30	0
Honduras	12	51	22	49
México	52	0	123	0
Argentina	0	400	84	1200
Costa Rica	280	0	120	6
Brasil (Cerrados)	373	152	2134	310
Brasil (Amazonia)	68	238	299	20
Brasil (Cacaueria)	80	35	213	4
Colombia	82	0	156	0
Cuba	81	477	130	189
Ecuador	66	0	2	0
Guatemala	10	40	24	16
México	59	0	129	1
Panamá	28	0	17	0
Rep. Dominicana	9	3	21	2
Puerto Rico	10	1	292	333
Total	1270	1409	3796	1797

\* Otras instituciones: EMBRAPA, USDA, FAO, ILCA, EAP, CSIRO.

Cuadro 4. Gramíneas y leguminosas forrajeras evaluadas en la RIEPT y liberadas como cultivares en varios países de América tropical hasta diciembre de 1989.

	Ecotipo CIAT no.	Nombre del cultivar	Año de Liberación	País
<u>Gramíneas</u>				
<u>Andropogon gayanus</u>	621	Carimagua 1	1980	Colombia
		Planaltina	1980	Brasil
		Sabanero	1983	Venezuela
		Veranero		Panamá
		San Martín	1984	Perú
		Llanero	1986	México
		Andropogon	1988	Cuba
		Veranero	1989	Costa Rica
		Otoreño	1989	Honduras
<u>Brachiaria dictyoneura</u>	6133	Llanero	1987	Colombia
<u>Leguminosas</u>				
<u>Centrosema acutifolium</u>	5277	Vichada	1987	Colombia
<u>Desmodium ovalifolium</u>	350	Itabela	1989	Brasil
<u>Stylosanthes capitata</u>	10280	Capica	1983	Colombia
<u>Stylosanthes guianensis</u> var. <u>vulgaris</u>	184	Pucallpa	1985	Perú
		Pi Hua Dou	1987	China
<u>Stylosanthes guianensis</u> var. <u>pauciflora</u>	2243	Bandeirante	1983	Brasil
		<u>Stylosanthes macrocephala</u>	1281	Pionero

Cuadro 5. Evolución de la RIEPT durante el período 1980-1988.

	Año			
	1980	1983	1985	1988
No. de países participantes	12	19	14	20
No. de investigadores	44	56	81	257
Ensayos agronómicos (no.)	42	66	93	138
Ensayos de pastoreo (no.)	1	1	17	40
Proyectos de producción de semillas (no.)	--	--	--	4

Cuadro 6. Necesidades de capacitación por disciplinas y niveles académicos; según los coordinadores nacionales de la RIEPT. (Número de respuestas a favor de cada nivel.)

Disciplina	Curso corto	MS	PhD
Botánica y biología	13	3	--
Agronomía	14	3	6
Fitomejoramiento	2	2	--
Economía	7	1	--
Entomología	2	1	2
Fitopatología	8	5	--
Manejo de malezas	10	4	1
Microbiología de suelos	9	3	1
Suelos y fertilización	10	5	3
Ecología	4	--	1
Fisiología vegetal	3	1	--
Ecofisiología	6	6	2
Nutrición animal	21	8	1
Manejo de pasturas	19	9	2
Fitomejoramiento	2	2	--

**Publicaciones en la RIEPT.** Ciento quince investigadores que reciben o tienen acceso a publicaciones sobre pasturas las calificaron como útiles para sus actividades (Cuadro 7).

**Necesidad de metodologías de evaluación.** De acuerdo con los coordinadores regionales de la RIEPT, el mayor esfuerzo en desarrollo de nuevas metodologías debe ponerse en recuperación de pasturas, investigación en fincas y análisis económicos (Cuadro 8). La asignación de prioridades en este sentido varía de acuerdo con los ecosistemas y con el grado de avance de las evaluaciones.

Cuadro 7. Utilidad de las publicaciones. (Número de respuestas.)

Publicación	Utilidad			
	Muy alta	Alta	Intermedia	Baja
Pasturas tropicales	66	30	4	--
Catálogo de germoplasma	36	19	7	--
Manuales de investigación	54	26	5	--
Resúmenes analíticos	57	28	3	1

Cuadro 8. Necesidad de metodologías de evaluación de germoplasma en la RIEPT. (Número de respuestas.)

Metodología	Alta	Baja
Evaluación inicial de germoplasma	10	8
Evaluación de germoplasma en pastoreo	9	9
Evaluación de producción animal	10	8
Producción de semillas	7	11
Rizobiología	9	9
Establecimiento de pasturas	11	7
Recuperación de pasturas	12	6
Investigación en fincas	12	6
Análisis económicos	12	6

**Descentralización de los servicios de la RIEPT.** Para prestar mejor apoyo a las instituciones nacionales, la RIEPT se descentralizó en abril de 1987. De acuerdo con los investigadores encuestados, esto ha mejorado la selección del germoplasma y las comunicaciones dentro de cada región. Sin embargo, ha tenido las desventajas de menor relación con el Programa de Pastos Tropicales en su sede del CIAT y mayor demora en el análisis de los datos. Los resultados del estudio indican que la mayoría de los investigadores prefieren obtener los servicios directamente del CIAT en Palmira (Cuadro 9).

**Dificultades para la investigación y transferencia de tecnología en las instituciones nacionales.** Los coordinadores nacionales consideran la falta de infraestructura, equipos y fondos para operar, así como el nivel de capacitación de los investigadores como las dificultades principales para una eficiente investigación en pasturas. La mayoría considera que la disponibilidad de germoplasma y la información disponible son adecuadas.

Para la transferencia de tecnologías consideraron como obstáculos la falta de conocimiento de los extensionistas de las nuevas prácticas de establecimiento y manejo de pasturas y de comunicación con los investigadores.

### **Sugerencias de los colaboradores de la RIEPT**

Algunas de las sugerencias sobre cómo mejorar los servicios y la colaboración en la RIEPT, de acuerdo con las encuestadas, son: (1) que el PPT continúe ofreciendo capacitación, incluya mayor número de especies nativas de cada localidad en las evaluaciones y mejore el flujo de información hacia las instituciones nacionales; (2) que las instituciones nacionales elaboren catálogos de germoplasma disponibles en bancos diferentes al del CIAT.

### **Conclusiones**

Los resultados de esta encuesta indican que las metodologías de evaluación de germoplasma desarrolladas por la RIEPT han sido eficaces para avanzar en el proceso de selección de germoplasma para ensamblar asociaciones de pasturas, logro al cual ha contribuido los servicios prestados por la RIEPT. Los autores confían en que la información resultante de este estudio sirva para la planificación de las actividades futuras de la misma.

**Cuadro 9. Preferencia de los investigadores por el origen de los servicios. (Número de respuestas.)**

Tipo de servicio	Origen	
	Regionales*	PPT
Germoplasma	12	35
Análisis de datos	4	19
Envío de datos	16	12
Visitas de consultoría	5	24
Capacitación	5	24
Consultas sobre metodologías	3	12

\* Regionales localizadas en Costa Rica, Brasil, Perú y Colombia.