

Nota Técnica

EVALUACIÓN EN INVERNADERO DE LA FERTILIDAD DE SUELOS DE BOSQUE, ECOTONO Y PASTIZAL DE BARBACOAS, PURISCAL, COSTA RICA, CON SORGO COMO INDICADOR¹

José Francisco Di Stéfano²*
Luis A. Fournier*

ABSTRACT

Soil fertility greenhouse evaluation of forest, ecotone, and pasture soils of Barbacoas, Puriscal, Costa Rica, with sorghum as indicator plant. Sorghum as, grown under greenhouse conditions, was used to test the degree of soil fertility degradation of a pasture land (Pa) in contrast with those coming from a forest (Fo) and an ecotone (Ec). These were located on a slope of 55%, except for Ec which was less steep. Germination and inflorescence production (collected one week after appearance) were not affected ($p > 0.05$). Length of the longest leaf and biomass were significantly reduced ($p < 0.05$) in the Pa soil by a least 12 and 33%, respectively, when compared with the other treatments. Flower appearance was significantly ($p < 0.01$) delayed in plants grown in the Pa soil. Chemical analysis of the soil and sorghum biomass reflected the poorer fertility conditions of the Pa, probably due to the traditional cattle management on a steep terrain.

INTRODUCCIÓN

Desde hace varias décadas se conoce que la eliminación del bosque tropical tiende a reducir la capacidad productiva de los suelos (Richards, 1952; Nye y Greenland, 1960; Fassbender, 1987). Son especialmente susceptibles los Ultisoles y Oxisoles cubiertos por pastizales de especies exigentes y de pobre cobertura, como *Panicum maximum*, *Hyparrhenia rufa* y *Pennisetum purpureum* (Serrão y Toledo 1990).

Una de las razones de la pérdida de estabilidad con la corta del bosque, es la ruptura de un eficiente sistema de conservación de nutrimentos por parte de la vegetación natural y la biota edáfica (Castro, 1995; Fournier y Herrera, 1978; Jordan,

1989; Larcher, 1984; Uribe, 1994). Esto es particularmente cierto en ecosistemas con suelos muy pobres, es decir con pH ácido, baja CIC y poca M.O.

Con la expansión ganadera en Latinoamérica, grandes extensiones de bosque fueron derribados. Según Serrão y Toledo (1990), al menos 10 millones de ha de la Cuenca Amazónica se convirtieron en pastizales. De estos, 50% se encuentran en un avanzado estado de degradación. Para Costa Rica, Fournier (1985) estima que se deben recuperar al menos un millón de ha de terrenos aptos para bosques, actualmente en sobreuso.

Como parte de un programa de restauración de ecosistemas y suelos coordinado por la Universidad de Costa Rica (UCR), recientemente se establecieron varias estrategias silvopastoriles, forestales y de regeneración natural en la región de Puriscal.

Con el propósito de determinar las condiciones iniciales de fertilidad del suelo de un pastizal

1/ Recibido para publicación el 22 de agosto de 1995.

2/ Autor para correspondencia.

* Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica.

previo a la implementación de la estrategia de regeneración, y a su vez compararlo con aquellas de un suelo forestal y del ecotono, se realizó una prueba biológica de invernadero con sorgo, apoyado en los análisis químico de suelos y foliar, para valorar su nivel de fertilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Sitio y muestreo

El terreno se ubica en el distrito de Barba-coas, Puriscal, Costa Rica, en la cuenca alta del Río Picagres. Según la estación meteorológica más cercana (9° 51' N, 84° 19' O, a 1102 msnm), la zona presenta una precipitación y temperatura anuales promedio de 2564 mm y 20,3°C, respectivamente (Chinchilla, 1987), y clasificar como un Bosque Premontano Muy Húmedo (*sensu Holdridge*, 1978). Predominan suelos del tipo Ultisol, e Inceptisol en las partes más erosionadas (Gutiérrez, 1994).

En marzo de 1993 se colectaron al azar 15 muestras de suelo (15 x 15 x 10 cm lado x lado x profundidad) en cada uno de tres sitios: pastizal (PZ), ecotono (EC), y una pequeña reserva de bosque secundario (BQ) dentro de un lote de 50 x 200 m. Las áreas de muestreo estaban separadas entre 20 (EC-BQ) y 150 m (BQ-PZ), en dirección NE-SO en la misma loma. El PZ y el BQ tenían una pendiente de aproximadamente 55%, mientras que la del EC era de 10 a 15%. Algunas características de suelos tomados en zonas sin bosque dentro de la misma finca donde se ubicó el presente experimento, se observan en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Algunas características del horizonte A en sitios sin bosque en la finca donde se estableció la investigación, Barba-coas, Puriscal (Gutiérrez, 1994).

Factor	Prof. (cm)			
	0-8	0-18	0-19	0-20
pH (agua)	5,8	5,0	5,0	5,2
Ca (cmol (+)/L)	5,74	17,10	3,81	9,23
Mg (cmol (+)/L)	1,93	3,74	1,13	3,17
K (cmol (+)/L)	0,20	0,09	0,18	0,32
ACIDEZ (cmol (+)/L)	0,2	1,2	0,9	0,5
CICE (cmol (+)/L)	8,07	22,13	5,02	13,22
P (mg/L)	17	5	13	9
Textura	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso	Arcilloso

El PZ se mantuvo alrededor de 4 años bajo una cobertura de pastos con un manejo extensivo

tradicional. Anteriormente, el sitio estuvo sembrado con tabaco, maíz y otros cultivos. Por su parte, el bosque, con un dosel dominante entre 20-25 m de altura, no ha sido alterado por muchos años para proteger una pequeña naciente de agua Delgado, 1995. Comunicación personal, Puriscal, MINAE).

La especie de pasto dominante era jaragua (*Hyparrhenia rufa*) con parches de estrella africana (*Cynodon nlemfluensis*), mientras que el bosque y el ecotono contenían plantas como *Onoseris onoseroides*, *Verbesina gigantea*, *Vernonia patens*, *Tabebuia rosea*, *Tecoma stans*, *Cordia alliodora*, *Cecropia peltata*, *Cassia spectabilis*, *Dyphysa americana*, *Trichilia havanensis*, *Ficus sp.* y otros.

Prueba biológica

Las 15 muestras de suelo de cada sitio o tratamiento se mezclaron y se desmenuzaron manualmente, eliminándose piedras, trozos de madera, raíces, etc. Con este material se llenaron uniformemente 6 bolsas plásticas negras (17,5 cm de ancho x 22,5 cm de profundidad)/sitio, y se sembraron 40 semillas/bolsa de sorgo forrajero (*Sorghum vulgare*) variedad SX-17, obtenidas del Centro de Investigaciones en Granos y Semillas de la UCR.

Las bolsas se colocaron aleatoriamente en un invernadero en la Escuela de Biología (UCR). Estos se regaron al menos una vez por semana con cantidades similares de agua corriente de modo que las plantas no sufrieran estrés hídrico. Cada 3 semanas se cambiaban de posición. Se efectuaron 3 raleos a los 14, 21 y 49 días después de sembrados para dejar las 5 mejores plantas/bolsa.

VARIABLES, DISEÑO Y ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se evaluó la germinación, la longitud de la hoja más larga, el porcentaje de plantas con inflorescencias, y la biomasa (peso seco) de éstas colectadas una semana después de que emergieron, y de la parte vegetativa.

Además, se determinó la concentración de nutrimentos foliares y edáficos siguiendo los procedimientos del Centro de Investigaciones Agronómicas, UCR, de una muestra compuesta por todas las plantas y suelos de cada tratamiento.

A los datos se les aplicó una prueba de significancia entre medias a través del procedimiento Tukey-Kramer luego de efectuado el análisis de varianza (Wilkinson, 1990).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La germinación se inició a los 2 días de la siembra. No hubo diferencias significativas en el número de semillas germinadas entre los suelos de los 3 sitios. Luego de una semana se obtuvo una germinación total del 83 (CV=6,3%), 80 (9%) y 87% (9,5%) en el BQ, EC, y PZ, respectivamente.

La longitud de la hoja fue al menos 7 cm más larga cuando se comparó la del BQ y el EC con la del PZ (Cuadro 2). Las tasas de crecimiento promedio fueron 0,67, 0,66, y 0,58 cm/día, respectivamente.

Cuadro 2. Longitud de la hoja más larga a los 3 meses de sembrado (LH); biomasa foliar (BF), radicular (BR) y de las inflorescencias/planta (BIF) una semana después de su aparición, en sorgo creciendo en suelos de 3 sitios, Barbaocoas, Puriscal, Costa Rica.

SITIO	LH (cm)	BF (g)	BR (g)	BIF (g)	BF BR	BF BIF	BR BIF
BQ	62,0 a	1,1 a	0,37 a	0,07 a	3,1	17,0	5,6
EC	61,6 a	1,0 a	0,29 b	0,08 a	3,6	12,8	3,6
PZ	54,3 b	0,6 b	0,19 c	0,07 a	3,3	8,9	2,8

Letras en la misma columna son significativamente diferentes ($p < 0,05$).

La biomasa aérea y radicular/planta también mostró tendencias similares (Cuadro 2), siendo al menos 1,5 veces mayores los del BQ y el EC que las del PZ. Esto pudo estar relacionado con una menor concentración de P (y otros elementos) en este último sitio (Cuadro 3, Monge 1980). El mayor desarrollo radicular se observó en las plantas creciendo en el suelo del BQ. La producción total de biomasa vegetativa/tratamiento (sumando las 6 repeticiones con 5 plantas cada una) fue 1,8 veces mayor en el BQ que en el PZ.

Cuadro 3. Concentración de nutrientes de los suelos de 3 sitios en Barbaocoas, Puriscal, Costa Rica.

SITIO	pH	Ca	Mg	K	ACIDEZ	CICE	P
		cmol (+)/L					mg/L
Bosque	5,8	38,8	7,8	0,42	0,2	47,22	8,0
Ecotono	5,3	27,3	6,6	0,24	0,3	34,44	9,4
Pastizal	5,0	7,9	3,6	0,23	0,4	12,13	5,0

Proporcionalmente, las plantas en el suelo del BQ desarrollaron una mayor biomasa radicular relativa a la biomasa aérea o reproductiva, mien-

tras que aquellas del PC tendieron a invertir más en inflorescencias relativo a la biomasa foliar o radicular (Cuadro 2), posiblemente por encontrarse en condiciones de mayor infertilidad (Grime, 1979; Cuadro 3).

Las primeras inflorescencias aparecieron en unas pocas plantas, a los 5 meses de haberse sembrado, completándose en su mayoría, 2 meses después. Se observó un significativo retardo ($p < 0,01$) en su formación en aquellas plantas que se desarrollaban en el suelo tomado del PZ (Figura 1). En éstas, las inflorescencias aparecieron 3 semanas después. Esto pudo deberse a las diferencias en nutrientes y pH encontradas en los suelos ya que nunca se observó estrés hídrico (ver Gómez, 1984 y Augspurger, 1990). Monge (1980) menciona que cuando existe deficiencia de P, la floración y maduración del grano se retrasan. En café (*Coffea arabica*) la floración también se ve afectada cuando se presentan deficiencias nutricionales (IICA, 1988). No se detectaron diferencias en la biomasa de las inflorescencias/planta (Cuadro 2) aunque la producción total fue superior en el EC comparado con los otros tratamientos, BQ y PZ (2,27 contra 1,83 y 1,69 g, respectivamente). Este último se debió a un mayor peso seco promedio/inflorescencias y a un mayor número de plantas con inflorescencias.

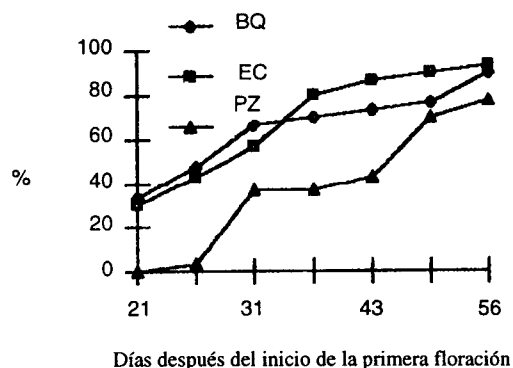


Fig. 1. Porcentaje de plantas de sorgo con inflorescencias creciendo en suelos de 3 sitios (BQ=bosque, EC=ecotono, y PZ=pastizal), Barbaocoas, Puriscal, Costa Rica.

En general, los suelos del BQ presentaron mejores condiciones químicas, en especial cuando se compara con los suelos del PZ (Cuadros 1 y 2).

Esto se reflejó en las mayores concentraciones de los macroelementos en aquellas plantas creciendo en el suelo de este ecosistema (Cuadro 4; Larcher, 1984; Salisbury y Ross, 1992; Grime, 1978).

Cuadro 4. Concentración de nutrientes foliares de sorgo creciendo en suelos de 3 sitios, Barbacoas, Puriscal, Costa Rica.

SITIO	P	Ca	Mg	K	Fe	Cu	Zn	Mn
	%				mg/kg			
Bosque	0,3	0,84	0,45	2,70	295	12	109	26
Ecotono	0,27	0,77	0,49	2,04	315	1	126	28
Pastizal	0,24	0,62	0,61	1,96	412	6	135	104

El pH fue 0,8 unidades más ácido en los suelos del PZ seguido por los del EC. La solubilidad de varios elementos como el Fe, Zn y Mn pudo haber aumentado, lo cual se manifestó en una mayor concentración de los mismos en el sorgo creciendo en este suelo (Cuadro 4).

Los suelos del EC, en la mayoría de los casos, mostraron tendencias intermedias a pesar de que las muestras se tomaron en una pendiente más plana entre el PZ y el BQ. Cabe destacar que el K se asemejó más al PZ, (se ha demostrado altas tasas lixiviación para este elemento en suelos disturbados, e.g. Jordan, 1989; Fassbender y Bornemisza, 1987), mientras que para el P, éste fue mayor que los otros sitios.

Con este estudio se demostró, a través de la prueba biológica y los análisis químicos, que los suelos del pastizal, presentaban un mayor deterioro químico comparados con el ecotono o el bosque secundario. Esto puede estar relacionado a la menor capacidad del pastizal (manejado según las costumbres de Puriscal) para reducir el impacto negativo de procesos como la erosión y lixiviación en la retención de nutrientes (ver Serão y Toledo, 1990). Estos aspectos redundan en una mayor inestabilidad del ecosistema tanto desde un punto de vista de sostenibilidad como de recuperación.

Otros autores también han demostrado la tendencia a encontrar condiciones químicas, físicas (Montoya, 1985; Aweto (1988) y biológicas (Fournier y Herrera, 1978; Fournier, 1992; Fischer *et al.*, 1994; Castro, 1995) más favorables en suelos con coberturas boscosas que en aquellos donde se realizan actividades agrícolas en ambientes similares.

RESUMEN

Se evaluó el crecimiento de sorgo en condiciones de invernadero, en suelos de un pastizal, ecotono y un bosque localizados en una misma loma. La germinación y la producción de inflorescencias (colectadas una semana después de su aparición) no se vieron afectados ($p > 0,05$), pero sí la longitud de la hoja más larga y la biomasa ($p < 0,05$). Estos fueron al menos un 12 y un 33% menores en el pastizal comparados con los otros tratamientos. La aparición de las inflorescencias se retrasó significativamente ($p < 0,01$) en las plantas creciendo en el suelo proveniente del pastizal. El análisis químico del suelo y la biomasa del sorgo reflejaron las condiciones de mayor infertilidad del pastizal, probablemente debido al manejo tradicional del ganado en terrenos con fuertes pendientes.

LITERATURA CITADA

- AUGSPURGER, C.K. 1990. Una señal para la floración sincrónica. In: Leigh, E.G.; Rand, A.S. y Windsor, D.M. (eds.) Smithsonian Tropical Research Institute. Ecología de un Bosque Tropical. Ciclos estacionales y cambios a largo plazo, Balboa p. 201-218.
- AWETO, A.O. 1988. Effects of shifting cultivation on a tropical rain forest soil in southwestern Nigeria. *Turrialba* 38:19-22.
- CASTRO, L. 1995. Efecto del uso agrícola y el barbecho sobre los contenidos de biomasa microbiana de Utisoles y Andisoles de Costa Rica. *Agronomía Costarricense* 19(2): 59-65
- CHINCHILLA, E. 1987. Atlas cantonal de Costa Rica. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, San José. 396 p.
- FASSBENDER, H.W. 1987. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica. 475 p.
- FASSBENDER, H.W.; BORNEMISZA, E. 1987. Química de suelos con énfasis en Latinoamérica. 2 ed. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola, San José. 420 p.
- FISCHER, Ch.R.; JANOS, D.P.; PERRY, D.A.; LINDERMAN, R.G.; SOLLINS, P. 1994. Mycorrhiza inoculum potentials in tropical secondary succession. *Biotropica* 26:369-377.
- FOURNIER, L.A. 1985. El sector forestal de Costa Rica: Antecedentes y perspectivas. *Agronomía Costarricense* 9(2): 253-260.

- FOURNIER, L.A. 1992. El establecimiento de pequeñas reservas mediante la regeneración natural y su importancia en el desarrollo. *In* II Simposio sobre Ecología, Turismo y Municipio, Instituto Costarricense de Turismo, San José. p. 12.1-12.10.
- FOURNIER, L.A.; HERRERA, M.E. 1978. Cambios de la microflora del suelo en varias etapas de la sucesión en Ciudad Colón, Costa Rica. *Rev.Biol.Trop.* 26:103-112.
- GOMEZ, P. 1984. Fenología y ecofisiología de dos poblaciones de *Tabebuia rosea* (Bertol.)DC., "roble sabana", en el Valle Central de Costa Rica. Tesis MSc. San José, Escuela de Biología, UCR. p. 55
- GRIME, J.P. 1979. *Plant strategies and vegetation processes.* Nueva York. John Wiley & Sons. 222 p.
- GUTIÉRREZ, E. 1994. Recuperación de áreas degradadas en la parte alta de la Cuenca del Río Picagres, Puriscal. Informe 1992-1993, San José, Vicerrectoría de Investigación, UCR. 64 p.
- HOLDRIDGE, L.R. 1978. Instituto Interamericano de Cooperación Agrícola. *Ecología basada en zonas de vida.* San José. 216 p.
- INSTITUTO INTERAMERICANO DE COOPERACIÓN AGRÍCOLA. 1988. PROMECAFE-IICA. Curso regional sobre nutrición mineral del café. 7-8 de noviembre 1988. San José. 269 p.
- JORDAN, C.F. 1989. UNESCO. An Amazonian rainforest; the structure and function of a nutrient stressed ecosystem and the impact of slash-and-burn agriculture. Paris. 176p.
- KRAMER, P.J.; KOZLOWSKI, T.T. 1979. *Physiology of woody plants.* Academic Press, Nueva York. 811 p.
- LARCHER, W. 1984. *Okologie der Pflanzen.* Ulmer, UTB. 403 p.
- MONGE, L.A. 1980. *Cultivos básicos.* San José, Editorial Universidad Estatal a Distancia., 298 p.
- MONTOYA, F. 1985. El efecto de diferentes regímenes de uso de la tierra en las características del suelo en una ladera de San Antonio de Escazú, Costa Rica. Tesis Licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Costa Rica. 36 p.
- NYE, P.H.; GREENLAND, D.J. 1960. The soil under shifting cultivation. *Tech. Communication No.51.* Commonwealth Bureau of Soils. 156 p.
- RICHARDS, P.W. 1952. *The Tropical rainforest.* Uf, Cambridge Univ. Press. 450 p.
- SALSBURY, F.B.; ROSS, C.W. 1992. *Plant physiology.* 2 ed. Wadsworth, California. 682 p.
- SERRÃO, E.A.; TOLEDO, J.M. 1990. La búsqueda de la sustentabilidad en pasturas amazónicas. *In* Alternativas a la Deforestación, Ed. Por Anderson, A. Fundac. Natura-Museo Goeldi-Edic. Abya-Yalá, Quito. p.330-336.
- URIBE, L. 1994. Formación de nódulos de *Rhizobium*: factores que pueden conferir ventaja competitiva. *Agronomía Costarricense* 18(1): 121-131.
- WILKINSON, L. 1990. SYSTAT: The system for statistics. Illinois. SYSTAT, 677 p.