

Recuperación de suelos degradados con *Gliricidia sepium* o gallinaza en la microcuenca río Las Cañas, El Salvador

Francisco Jiménez¹
Jean Collinet²
Manuel Mazariego³

Palabras clave: *Gliricidia sepium*, gallinaza, abono orgánico, suelos volcánicos degradados, recuperación de suelos, manejo de cuencas, El Salvador.

¹ Profesor Investigador, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

E-mail: fjimenez@catie.ac.cr

² Especialista en suelos, ORSTOM, Montpellier, Francia.

³ Ing. Agrónomo, MAG, El Salvador.

RESUMEN

Durante tres años se estudiaron los cambios en los rendimientos de maíz y frijol y en los suelos de la microcuenca del río Las Cañas, en El Salvador, después de la aplicación de dos tipos de abono orgánico: gallinaza (estiércol de aves) y follaje de mata ratón (*Gliricidia sepium*). En ambos tratamientos la producción de maíz fue, en promedio, un 25% superior al testigo (labranza tradicional). Los rendimientos de frijol en el tratamiento con biomasa incorporada de *G. sepium* fueron superiores al testigo, mientras que con gallinaza fueron inferiores. La movilización de suelo fue 10 veces menor en el tratamiento con gallinaza, en comparación con el testigo. La materia orgánica aumentó por efecto de las enmiendas aplicadas; la aplicación de gallinaza produjo una mayor capacidad de intercambio catiónico en los suelos. Considerando los efectos biofísicos y socioeconómicos que fundamentan el manejo de cuencas, se recomienda el tratamiento correspondiente a la incorporación de 18 ton/ha/año de material fresco (hojas y ramas) de *Gliricidia sepium*.

RECOVERY OF DEGRADED SOILS WITH *Gliricidia sepium* OR CHICKEN MANURE IN THE CAÑAS RIVER MICRO-WATERSHED, EL SALVADOR

ABSTRACT

Changes in the yields of maize and beans, as well as soil properties, were monitored over a three year period in the micro-watershed of the Cañas River, El Salvador after two types of organic fertiliser were applied: chicken manure and foliage of quick stick (*Gliricidia sepium*). Maize yields in the chicken manure and *G. sepium* treatments averaged 25% higher than the control treatment (conventional tillage). Bean yields were highest where *G. sepium* biomass was incorporated while the chicken manure treatment produced lower yields than the control. After three years, the application of organic amendments began to produce an increase of soil organic matter. Soil movement was ten times less in the treatment with chicken manure than in the control. Chicken manure produced the greatest cation exchange capacity. When both the biophysical and socio-economic effects, which are of significance in watershed management, are taken into consideration the incorporation of 18 t/ha/yr of fresh material (leaves and branches) of *G. sepium* is the most recommended treatment.

INTRODUCCIÓN

La mayoría de las cuencas de América Central están muy degradadas por causa de la deforestación, la pérdida de diversidad biológica, el deterioro de los suelos y la contaminación de las aguas (Lindarte y Benito, 1991). Hay factores sociales, económicos y biofísicos que han contribuido a acelerar este proceso.

Actualmente se requieren tecnologías que contribuyan a la rehabilitación de las cuencas, acordes con el nivel de ingresos y las costumbres de los productores. Las prácticas deben ser eficientes y de bajo costo, utilizar recursos locales y no afectar el ambiente ni modificar drásticamente los patrones de uso de mano de obra de los productores. Las enmiendas orgánicas mejoran las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, sobre todo en zonas tropicales, donde la disponibilidad de nutrimentos como nitrógeno y fósforo es limitada (Sánchez, 1981; Tiang, 1992; Fassbender, 1993).

El mal manejo de la microcuenca del río Las Cañas es el principal responsable del proceso de sedimentación de los embalses hidroeléctricos en el río Lempa (Ferrán, 1993). La zona ha sido sometida a una explotación agrícola intensa, los productores utilizan técnicas de producción inadecuadas y los suelos se han erosionado, debido a la sobre-explotación agrícola en pendientes fuertes. En muchos sitios, la producción de granos básicos se realiza sobre materiales parentales de ceniza y pómez volcánicas. El objetivo de este estudio fue evaluar el efecto de la biomasa de *G. sepium* y gallinaza en la restauración de suelos volcánicos degradados en la microcuenca del río Las Cañas, El Salvador.



El mal manejo de la microcuenca del río Las Cañas es uno de los principales responsables del proceso de erosión y sedimentación del embalse hidroeléctrico Cerrón Grande en el río Lempa (Foto J. Faustino).

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó entre 1992 y 1995, en la microcuenca del río Las Cañas, en El Salvador (13° 43' N, 89° 10' O; 700 msnm; 1790 mm de precipitación anual, distribuidos entre mayo y octubre; 22.8 °C de temperatura promedio y entre 30 y 45% de pendiente). La investigación consistió en el seguimiento de la evolución de los rendimientos de maíz y frijol y los cambios en el suelo en seis parcelas experimentales de 400 m² cada una (dos por cada tratamiento).

Se utilizó un diseño estadístico de parcelas divididas en el tiempo; los tratamientos utilizados fueron:

- 1) Testigo: labranza con arado de tracción animal (bueyes), formando camellones en curvas a nivel; aplicación de 80 kg/ha de 20-20-0 (N-P-K) a la siembra y 80 kg/ha de sulfato de amonio al momento de la aporca.
- 2) Gallinaza: labranza tradicional y aplicación de 15 t/ha de estiércol de gallina (gallinaza) al momento de la labranza.
- 3) Biomasa de mata ratón (*Gliricidia sepium*): labranza tradicional y aplicación de 18 t/ha de biomasa fresca (hojas y ramas fragmentadas) al momento de la labranza.

Para determinar la ubicación de las parcelas se utilizó información topográfica y edafológica obtenida mediante sondeos (cinco toposecuencias, diez sondeos, tres profundidades). Se obtuvieron mapas de isovalores de las diferentes variables físicas y químicas del suelo y se siguió la evolución de estas variables en el tiempo (Collinet y Mazariego, 1993). La movilización de suelo para los diferentes tratamientos se evaluó midiendo la masa de sedimentos acumulada en los intercamellones de cada parcela experimental, durante las primeras lluvias intensas previas al establecimiento de la época lluviosa.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. Rendimiento de maíz y frijol

Los tratamientos con gallinaza y abono verde de *G. sepium* produjeron mayores rendimientos de maíz con respecto al testigo durante los tres años del estudio (Cuadro 1). En los primeros dos años, los rendimientos

de maíz fueron superiores en las parcelas en las que se aplicó gallinaza, pero el tercer año, los mejores rendimientos se obtuvieron con el tratamiento de *G. sepium*. Las diferencias (promedio anual) entre los

rendimientos de maíz con *G. sepium* y gallinaza para los tres años fueron de 33 kg/ha, en tanto que los rendimientos para ambos tratamientos superaron al testigo en 1100 kg/ha.

Cuadro 1. Rendimientos promedio de maíz y frijol (kg/ha) obtenidos en los diferentes tratamientos y años

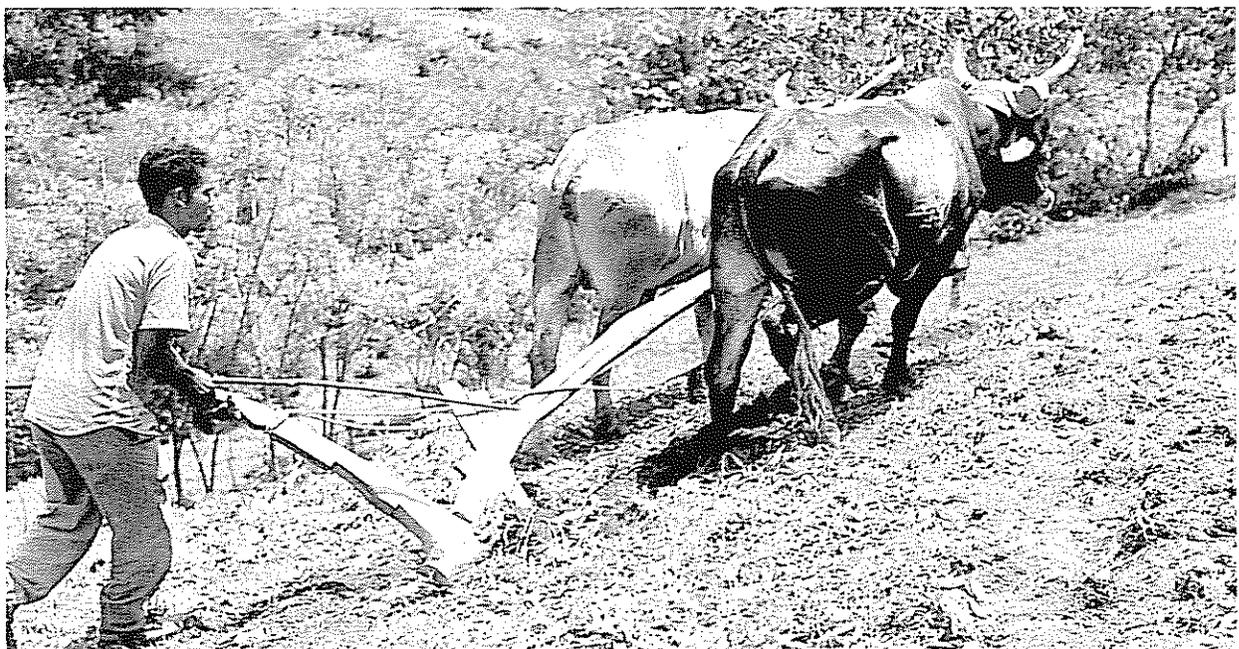
Tratamientos	Rendimientos de maíz				Rendimientos de frijol		
	1992	1993	1994	Promedio ¹	1993	1994	Promedio
Testigo	2200	3800	5500	3833b	1850	1400	1625a
Gallinaza	3100	5600	6300	5000a	1500	1200	1350a
<i>G. sepium</i>	3000	4800	7300	5033 ^a	2300	1300	1800a
Promedio	2767c	4733b	6367 ^a		1883a	1300b	

¹ Los valores con la misma letra en una columna o en una fila no difieren estadísticamente (Tukey =0.05)

El hecho de que los rendimientos de maíz aumentaran en todos los tratamientos a través de los años ($p < 0.05$), pone en evidencia el efecto benéfico de la aplicación de enmiendas orgánicas y del manejo del suelo. En el caso del tratamiento testigo, donde no se aplicaron enmiendas, parte del aumento en los rendimientos podría atribuirse a la incorporación de los residuos de cosecha.

Los rendimientos de frijol, evaluados durante dos años, fueron mayores (en promedio) en los tratamientos con

G. sepium y menores con gallinaza, aunque las diferencias no fueron significativas. Los bajos rendimientos del frijol en el tratamiento con estiércol podrían atribuirse, en parte, a la mayor proliferación de malezas durante el período crítico de competencia del cultivo. Obando (1985) menciona que la aplicación de mulch de *G. sepium* como abono verde afecta desfavorablemente la germinación y emergencia de malezas; esto se debe a la presencia de sustancias alelopáticas que actúan sobre algunas malezas del frijol y



La incorporación de abonos orgánicos aumentaron los rendimientos de los cultivos, mejoraron las características químicas de los suelos y redujeron la erosión en la microcuenca del río las Cañas, El Salvador (Foto J. Faustino)

del maíz, lo que permite obtener mayores rendimientos. López y Kass (1996) también obtuvieron rendimientos de frijol inferiores al del testigo en tratamientos con aplicación de estiércol bovino. Los estudios realizados en el CATIE durante más de 12 años por Tavares da Costa (1996) mostraron que los rendimientos de frijol en tratamientos con aplicación de mulch de *G. sepium* y estiércol bovino fueron los más bajos después del testigo, comparados con los siguientes tratamientos: mulch de *Erythrina poeppigiana*, callejones de *E. poeppigiana*, mulch de *Gmelina arborea* y callejones de *G. sepium*.

El aumento en los rendimientos a tan corto plazo (primer año) podría estar asociado con la rápida mineralización del nitrógeno y del fósforo disponibles para los cultivos (Sánchez, 1981) a partir de los abonos orgánicos aplicados. Tavares da Costa (1996) presentó resultados de rendimientos de maíz para 12 años en

Turrialba, que mostraban un mayor rendimiento del cultivo con respecto al testigo en los tratamientos con estiércol de bovino y mulch de *G. sepium*. Kang y Mulongoy (1987) también reportaron rendimientos de maíz y frijol más altos con respecto al testigo utilizando mulch de *G. sepium*.

2. Materia orgánica

Durante la investigación se observó la tendencia a la acumulación de materia orgánica a través del tiempo (Figura 1). El aumento absoluto de este componente fue de 150% para el tratamiento con gallinaza, 100% para *G. sepium* e incluso 40% para el testigo, bajo el único efecto de la restitución parcial de los residuos de cosecha. La acumulación de materia orgánica promovió la formación de un complejo absorbente órgano-mineral, principalmente en el tratamiento con gallinaza, que se manifestó en un aumento de la capacidad de intercambio de cationes (Figura 2). La acumulación de materia orgánica también aumentó el poder fijador del suelo

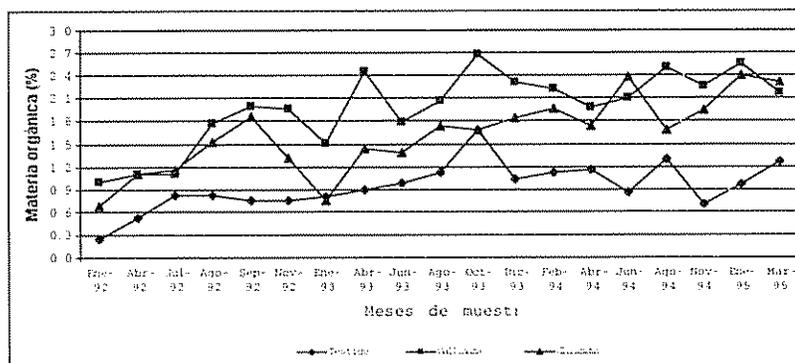


Figura 1. Variación del contenido de materia orgánica en el suelo (0 a 10 cm de profundidad), para los diferentes tratamientos, durante el periodo de estudio.

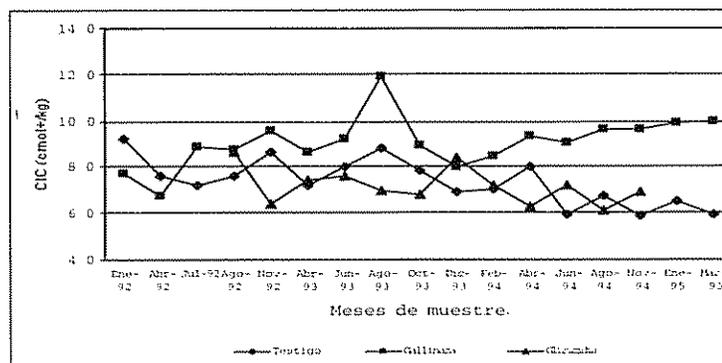


Figura 2. Variación de la capacidad de intercambio de cationes (CIC), de 0 a 10 cm de profundidad, para los diferentes tratamientos, durante el periodo de estudio.

respecto a los elementos minerales útiles para las plantas, que sin ese complejo absorbente se perderían por lixiviación y escorrentía.

La velocidad de formación y eficacia de ese complejo depende del tipo de material orgánico incorporado. Los resultados de este estudio indican que el aumento de la CIC por efecto de las dosis de materia orgánica en el tratamiento con gallinaza permite formar rápidamente un complejo órgano-mineral activo. En el caso del tratamiento con *G. sepium*, el efecto nulo o negativo de la materia orgánica sobre la CIC parece ser un

comportamiento transitorio hasta que se alcancen mayores valores de materia orgánica (cerca de 1.2% en el suelo estudiado). Cuando los valores de materia orgánica son bajos, se produce un bloqueo o saturación en los sitios de intercambio de los minerales del suelo, por parte de compuestos orgánicos sintetizados a partir de la materia orgánica fresca (Duxbury *et al.*, 1989) y por compuestos de aluminio (Al^{+3}), más abundantes en la superficie del suelo (Baidés, 1995). Zech *et al.* (1990) también mencionan que fuentes animales de materia orgánica resultan en aumentos más estables en la fracción orgánica del suelo.

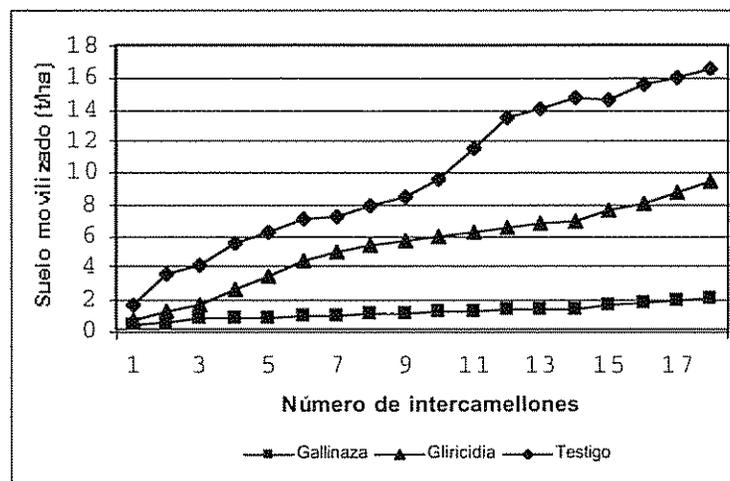


Figura 3. Cantidad de suelo movillizado, para los diferentes tratamientos, durante las primeras lluvias fuertes posteriores a la preparación del suelo y la siembra del maíz (valores acumulados para los intercamellones de cada parcela).

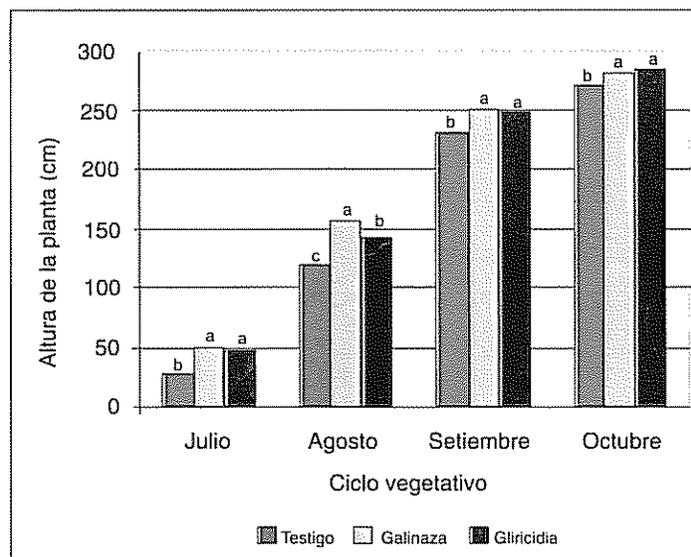


Figura 4. Dinámica del crecimiento del maíz a través de su ciclo vegetativo, en los tres tratamientos estudiados.

3. Conservación del suelo

En las parcelas donde se aplicaron abonos orgánicos, la movilización (fase inicial del proceso de erosión del suelo) fue menor que en el testigo (Figura 3). Esto puede explicarse, en parte, por el mayor crecimiento inicial del maíz en los tratamientos con enmiendas (Figura 4) y por la incipiente formación de una estructura granular, sobre todo con la gallinaza. Resultados similares fueron reportados por Eijk-Bos y Moreno (1986) en Colombia. La mayor cobertura vegetal en los tratamientos con enmiendas orgánicas permite interceptar más gotas de lluvia y reducir su energía cinética, lo que limita la desagregación y la movilización del suelo desde los camellones. La materia orgánica aumenta la capacidad de retención de agua del suelo, mantiene la rugosidad del campo y limita los flujos hídricos que provocan el arrastre de sedimentos. En la parcela testigo, el lento crecimiento inicial del maíz y el bajo nivel de materia orgánica fueron los responsables, en gran medida, de una erosión potencial casi 10 veces mayor que en el tratamiento con gallinaza.

CONCLUSIONES

Después de los tres años del estudio, los rendimientos del maíz fueron similares en los tratamientos con *G. sepium* y con gallinaza y superiores en alrededor de un 25% a los del tratamiento testigo. Los rendimientos del frijol fueron, en promedio, más altos que el testigo en los tratamientos con *G. sepium* y un 16% inferiores al testigo en los tratamientos con gallinaza.

El aumento en la materia orgánica del suelo ocurrió en todos los tratamientos, especialmente con gallinaza (+0,5%). Este tratamiento permitió la formación de un complejo absorbente órgano-mineral que aumentó rápidamente la capacidad de intercambio de cationes del suelo. La aplicación inicial conjunta de *G. sepium* con gallinaza podría ser favorable para alcanzar con rapidez el umbral de materia orgánica a partir del cual se construye el complejo absorbente de estos suelos degradados, lo que mejoraría la capacidad de intercambio de cationes.

La protección del suelo contra la erosión fue mejor en los tratamientos con gallinaza, seguidos de *G. sepium*; estos tratamientos permitieron un desarrollo más rápido del

maíz y consecuentemente, una protección más eficaz durante las primeras lluvias, cuando el suelo estaba descubierto. El tratamiento testigo fue el más propenso a la erosión.

Los abonos orgánicos utilizados mejoraron los rendimientos y las características químicas del suelo. Los resultados no permitieron establecer ventajas definitivas para ninguno de ellos, pero hay varios argumentos a favor del tratamiento con *G. sepium*:

- Los agricultores son de escasos recursos y el costo de la gallinaza y del transporte (no hay muchas granjas avícolas en la zona) genera un gasto adicional; además, no hay certeza respecto a la disponibilidad.
- Los campos de cultivo son pequeños, están muy diseminados y tienen un acceso difícil, por lo que la producción del material vegetal *in situ* resulta más práctica y económica.
- *G. sepium* se adapta bien a la zona y se puede plantar en los linderos de las parcelas, como cercas vivas, como barreras de protección para las obras de conservación de suelos y aguas o en las pendientes no arables que constituyen más del 50% de las fincas.
- El uso de *G. sepium* en las cercas y en otros sitios de la finca permitiría una cobertura arbórea importante, no sólo para producir abono verde, sino también para regulación hídrica, protección de la cuenca, fijación del carbono, así como para promover una mayor biodiversidad y reducir la erosión y la sedimentación de los cauces de las cuencas y los embalses.

BIBLIOGRAFÍA

- BAIDES, J. R. 1995. Papel del origen y forma de aplicación de la materia orgánica en la restauración de suelos derivados de cenizas volcánicas en la cuenca del río Las Cañas, El Salvador. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CAIIE. 103 p.

- COLLINET, J.; MAZARIEGO, M. 1993. Restauración de suelos volcánicos degradados utilizando abonos orgánicos. microcuenca del río "Las Cañas", El Salvador. Primeros resultados Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Renarm/Cuencas 29 p.
- DUXBURY, J.M.; SCOTT, M.; DORAN J. W. 1989. Soil organic matter as a source and sink of plant nutrients. *In* Dynamic of soil organic matter in tropical ecosystems. Eds. D. Coleman, J. Malcolm; G. Uehara Hawaii, EE UU, University of Hawaii. p 33-67.
- EIJK-BOS, C.; MORENO, L. A. 1986. Barreras vivas de *Gliricidia sepium* (mata ratón) y su efecto sobre las pérdidas de suelo en terrenos de colinas bajas. Urabá, Col., Convenio CONIF-Holanda/CORPOURABA 16 p.
- FASSBENDER, H. W. 1993. Modelos edafológicos de sistemas agroforestales. 2. ed. CATIE. Materiales de Enseñanza no 29. 530 p.
- FERRAN, F. 1993. Entre la guerra y la conservación: estudio de caso de los antecedentes a la rehabilitación de la microcuenca del río Las Cañas, El Salvador. Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Renarm/Cuencas 26 p.
- KANG, B. T.; MULONGOY, K. 1987. *Gliricidia sepium* as a source of green manure in an alley cropping system. *In* Workshop *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement (1987, Turrialba, C.R.) Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Nitrogen Fixing Tree Association. Special Publication 87-01. p. 44-49.
- LINDARTE, E.; BENITO, C. 1991. Instituciones, tecnología y políticas en la agricultura sostenible de laderas en América Central. *In* Taller Agricultura Sostenible en las Laderas Centroamericanas: Oportunidades de Colaboración Interinstitucional (1991, Coronado, C.R.) Memorias. IICA. Ponencias, Resultados y Recomendaciones de Eventos Técnicos AI/SC No 90-11. p 77-188.
- LOPEZ, F.; KASS, D. C. L. 1996. Efecto de enmiendas orgánicas en la dinámica del fósforo e indicadores de actividad biológica sobre el rendimiento del frijol en un suelo Acrudoxic Melanudand. *Agroforestería de las Américas* 3:12-15.
- OBANDO, L. 1985. Potencial alelopático de *Gliricidia sepium* sobre los cultivos de maíz y frijol y las malezas predominantes. *In* Workshop *Gliricidia sepium* (Jacq.) Walp: Management and Improvement (1987, Turrialba, C.R.) Proceedings. Ed. by D. Withington; N. Glover; J.L. Brewbaker. Nitrogen Fixing Tree Association. Special Publication 87-01. p. 59-60.
- SANCHEZ, P.A. 1981. Suelos del trópico, características y manejo. Trad. por E. Camacho. San José, C.R. IICA 634 p.
- TAVARES DA COSTA, F. 1996. Evolución de los efectos competitivos y sostenibilidad agroeconómica del cultivo en callejones. Tesis Mag. Sc. Turrialba, C.R., CATIE 157 p.
- TIANG, G. 1992. Biological effects of plant residues with contrasting chemical compositions on plant and soil under humid tropical conditions. Thesis. Ph. D. Wageningen, The Netherlands, Wageningen Agricultural University. 114 p.
- ZECH, W.; HAUMAIER, L.; HEMPFLING, R. 1990. Ecological aspects of soil organic matter in tropical land use. *In* Humic substances in soil and crop sciences: Selected readings. Eds. P. MacCarthy and P. Bloom, Madison, American Society of Agronomy. p. 187-202.