

EVALUACION ECONOMICO-ECOLOGICA DE LA SOSTENIBILIDAD DE SISTEMAS AGROFORESTALES EN LA MONTANA, CATIE, COSTA RICA

Fernanda C. Tavares, Juan A. Aguirre,
Pedro Ferreira, Donald L. Kass

Resumen: Se comparó, desde el punto de vista económico-ecológica el sistema tradicionalmente utilizado por los productores para el cultivo del maíz en rotación con el frijol, con sistemas de cultivo en callejones y utilización de enmiendas, tales como la aplicación de mulch, utilizando datos de 13 años. Los sistemas en callejones y el tratamiento que recibe mulch de *Gliricidia sepium*, presentan mayores ganancias ambientales unitarias o relación beneficio-costo ambientales. Aún cuando las ganancias ambientales de los sistemas en callejones y con enmiendas son negativas, los datos muestran que los cultivos en callejones sin fertilización nitrogenada son más promisorios.

Summary Traditional and agroforestry systems, including alley cropping and the application of mulch, are compared from an economic-ecologic point of view, 13 years of data. Maximum benefit-cost ratios the case of the alley cropping systems and the application of *Gliricidia sepium* mulch. Even though environmental benefits, defined as differences between benefits and costs of environmental improvements, are negative, the analysis shows that the alley cropping systems without additional nitrogen fertilization are the best ones.

Introducción

En este trabajo, el sistema de uso de la tierra tradicional es considerado como la situación inicial y los sistemas agroforestales son considerados como la situación mejorada. La diferencia entre los costos y beneficios de los sistemas agroforestales y tradicionales después de haber sido cubiertos todos los costos de origen antropogénico, puede ser considerada como imputable a la acción de la mejora agroforestal antropogénica (1). Este trabajo objetiva cuantificar los beneficios debidos a mejoras ambientales en los sistemas agroforestales a una rotación maíz-frijol.

Materiales y métodos

El experimento fue establecido en 1982 en el área de cultivos de La Montaña, en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica, 9° 53' de latitud norte y 83° 43' de longitud oeste, a una altitud de 602 m sobre el nivel del mar. El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar en parcelas subdivididas con tres repeticiones. La parcela grande (12x18 m) corresponde al sistema de manejo (callejones, aplicación de estiércol y aplicación de mulch). La parcela pequeña (6x18 m) corresponde a la aplicación o no de 150 kg/ha de nitrógeno en forma de NH₄NO₃.

Los tratamientos evaluados fueron: (1) control: Cultivo de maíz y frijol sin árboles y sin aplicación de enmiendas orgánicas; (2) mulch (ramas y hojas) de *Erythrina poeppigiana*, 20 t/ha de materia fresca, aplicada dos veces al año; (3) estiércol de vaca, 20 t/ha de materia fresca aplicada dos veces por año; (4) mulch de *Gmelina arborea*, 20 t/ha de materia fresca aplicada dos veces por año; (5) ramas y hojas de *Gliricidia sepium* aplicada de la misma forma que el mulch de poró; (6) cultivo en callejones de *Erythrina poeppigiana* sembrada por estacas de dos metros de altura, a una distancia de 3 x 6 m (555 árboles/ha) podada dos veces al año, a partir de los 12 meses después de su establecimiento; (7) callejones de *Gliricidia sepium* sembrada a 6 x 0,5 m (3333 árboles/ha), plantada por estacas de 60 cm de altura. En los tres primeros años, se sembró en mayo de cada año, maíz (*Zea mays* L., cv. Tuxpeño c-7) y yuca (*Manihot esculenta* Crantz, cv. Valencia) en las densidades de 30.000 y 10.000 plantas/ha, respectivamente. En noviembre de cada año, después de la cosecha de maíz, se sembró frijol, a una densidad de 100.000 plantas/ha. Después del tercer año, mayo de 1985, no se volvió a sembrar yuca, y el maíz y el frijol pasaron a ser sembrados en densidades de 40.000 y 133.000 plantas/ha respectivamente. Dos veces por año, se podaron los árboles, la primera poda fue realizada en mayo de 1983. Se aplicaron enmiendas en mayo y octubre, inmediatamente antes de la siembra del maíz o del frijol.

La valoración ambiental es posible medirla por diferencia entre los beneficios y costos de la acción agroforestal con respecto a la acción tradicional no agroforestal. El uso tradicional se refiere en este caso al control, que corresponde a la siembra de los cultivos (maíz en rotación con frijol) sin aplicación de enmiendas orgánicas en el suelo. El uso agroforestal es el cultivo en callejones, y el intermedio corresponde al sistema sin árboles, pero con la aplicación de enmiendas orgánicas de *Gliricidia sepium*, *Erythrina poeppigiana* y *Gmelina arborea* o estiércol bovino. En este último, no hay árboles, pero, hay mejora ambiental.

Se calcularon los beneficios netos ambientales o ganancias ambientales sobre el uso tradicional mediante la fórmula: $GAN=(BX-BT) - (CX-CT)$, donde BX y BT son los beneficios de los sistemas mejorados (X) y tradicional (T) y CX y CT son los costos de los mismos sistemas.

La relación beneficio/costo o ganancia ambiental unitaria se define como: $GAN=(BX-BT)/(CX-CT)$. Además, podemos determinar el impacto de la mejora ambiental (IMA) por tonelada de materia orgánica (ton/ha/año) como $IMA=GA/Q$, dividiendo la ganancia por la cantidad Q aplicada por ha por año.

Para las enmiendas con mulch, se calcularon los beneficios totales por parcela, adicionando al tamaño de la parcela el del área que es necesaria para producir los 216 kg de mulch que son aplicados por parcela. Se necesitan 26,58m² . 11,02 m² y 53,28m² adicionales para producir los mulchs de *Erythrina poeppigiana*, *Gliricidia sepium* y *Gmelina arborea*, respectivamente para una parcela de 18x6m² del ensayo.

Resultados

De acuerdo con el Cuadro 1, verificamos que la mayoría de los tratamientos presentan mayores beneficios ambientales (BX-BT son positivos), cuando comparados con el tratamiento control (uso tradicional). Los mayores costos ambientales corresponden a los sistemas que reciben estiércol y mulch. Se destaca el bajo costo del mulch de *Gliricidia* en relación a los restantes, lo cual es función de la baja área adicional para producir esta enmienda (11.02 m²). Para la ganancia ambiental hubo diferencia significativa entre el sistema que recibe mulch de *Gmelina* y los restantes. Notamos también que hay una tendencia de mayores valores de la ganancia ambiental unitaria para los callejones de *G. sepium* y *E. poeppigiana* y las parcelas que reciben mulch de esta última especie, para los tratamientos no fertilizados. Del examen de las ganancias ambientales netas (GAN) se concluye que la mejora ambiental no es rentable dados los valores negativos observados.

Cuadro 1. Relación beneficio/costo o ganancia ambiental unitaria (GAU), ganancia ambiental neta (GAN) y impacto de la mejora ambiental (IMA).

TRAT	Bx-Bt	Cx-Ct	GAU	Q	GAN	IMA	
S	E. mulch	240,1253	470,7632	0,5101 a	18,544	-230,638	-12,437
I	Estiercol	390,1076	501,8436	0,7773 a	20,94	-111,736	-5,336
N	Gm. mulch	-86,4371	470,1518	-0,1838 b	22,984	-556,589	-24,216
	Gl. mulch	220,6690	270,1518	0,8168 a	20,504	-49,4828	-2,413
N	E. call.	165,8450	207,6916	0,7985 a	16,594	-41,847	-2,522
	Gl. call.	167,9268	207,6916	0,8085 a	20,182	-39,765	-1,97

C	E. mulch	16,2950	470,7632	0,0346 a	18,544	-454,468	- 24,507
O	Estiercol	247,0985	501,8436	0,4924 a	20,94	-254,745	- 12,165
N	Gm. mulc	-311,1470	470,1518	-0,6618 b	22,984	-781,299	- 33,99
	Gl. mulch	35,0691	270,1518	0,1298 a	20,504	-235,083	- 11,46
N	E. call.	-92,8665	207,6916	-0,4471 a	16,594	-300,558	- 18,11
	Gl. call.	-45,9911	207,6916	-0,2214 a	20,182	-253,683	- 12,57

Medias seguidas de misma letra no difieren estadísticamente entre si.

Discusión y conclusiones

Se observa que las ganancias brutas incrementales por unidad de costo total incremental o relación beneficio costo ambiental son mayores para los sistemas que reciben mulch de Gliricidia y para los cultivos en callejones sin fertilización con nitrato de amonio.

Se observa también que las ganancias ambientales netas son negativas en todos los tratamientos. Esto indica que los tratamientos agroforestales solamente se justificarían como sustitutos del tratamiento tradicional (control) debido a la incorporación y cuantificación de externalidades tales como: control de la erosión, aporte de nutrientes al suelo, mantenimiento de la humedad, y en la estabilidad y sostenibilidad de los beneficios ecológico-económicos. Además, se justificaría su adopción donde la mano de obra no es escasa, porque tanto los callejones como las parcelas con que reciben mulch externo, son sistemas que requieren mano de obra intensiva, debido a las constantes podas de los árboles en la propia área o utilizando material de cercas vivas, recuperación de barbechos, etc.

Literatura citada

- AGUIRRE. J. A. 1995. Elementos de Economía Ambiental Aplicada a la Agroforestería. En publicación, CATIE.
- G. Galloway y a C. Fernandez por el apoyo en la determinación de las áreas adicionales necesarias para la producción del mulch para las enmiendas.