

# Estudio Comparativo en Dos Fincas de Ganadería Lechera en la Zona de Cartago, Costa Rica

Nadiejda Barbera, Diego Bonilla, Maria Collazo, Jorge Cruz,  
Ruth Rodríguez y César Guillén

## Resumen

Estudiamos dos fincas lecheras bajo diferentes técnicas de producción, semi intensiva convencional (F1 - Los Yolgaz) e intensiva convencional (F2 - Boquerón de Cipreces). En cada una de ellas evaluamos la productividad energética y retorno de la inversión, la diversidad de insectos, la abundancia y tipo de macrofauna del suelo, la longitud y biomasa de raíces, y la evolución del CO<sub>2</sub>. Para las variables de productividad energética y retorno de la inversión, recolectamos la información básica requerida mediante visitas a las fincas en estudio y entrevistas con sus propietarios. Para el resto de las variables realizamos un muestreo sistemático en un aparto de cada una de las dos fincas. Los resultados obtenidos reflejan que la relación de utilización de insumos y retorno de la inversión es mayor en la F2 con respecto a la F1. Adicionalmente, la F1 de uso semi intensivo presenta un índice de biodiversidad menor que la F2 de uso intensivo. Estos resultados pueden ser atribuidos a diversos factores antropogénicos y naturales que influyen en las zonas de estudio.

Palabras Claves: rentabilidad, ganadería, diversidad biológica, productividad energética, productividad  
Apoyo Técnico: Luis Acuña, Jennifer Powers, Mickie Swisher, Carlos Ugalde

---

---

## Introducción

Costa Rica posee una superficie de 51,100 km<sup>2</sup>. La población bovina del país para 1993 alcanzó 2,122,000 cabezas y la producción de leche 470 t/año (Jiménez, 1998). Esto no sólo indica la importancia de este sector desde un punto de vista económico, sino que también como un agroecosistema que cumple roles importantes en los procesos biológicos (Muñoz, 1997). A los sistemas de pastoreo se les adjudica gran parte de responsabilidad por la degradación de los recursos naturales a través de procesos de erosión, salinización, contaminación con plaguicidas y desertificación, lo que repercute en una reducción de la productividad (Altieri, 1983). Ante esta situación, se hace necesaria la búsqueda de nuevas alternativas de producción más amigables con el medio ambiente, que conduzcan a una mayor sostenibilidad de los sistemas de producción agropecuaria.

Debido a lo anterior, se plantea la importancia de como la interacción de ciertos factores bióticos y abióticos influyen en el mantenimiento sostenible del agroecosistema. En esta investigación, consideramos aspectos de ecología del suelo, productividad energética, retorno

de la inversión y diversidad de insectos, los cuales podrían ser utilizados como indicadores de sostenibilidad, dependiendo de las características muy particulares de cada sistema de producción. Además, estos aspectos pueden ser cuantificados de manera práctica por medio de metodologías muy sencillas.

De los aspectos mencionados, la fauna del suelo está conformada por un grupo diverso de organismos. Su actividad es de gran importancia en algunos suelos, ya que puede aumentar la descomposición de materia orgánica y la disponibilidad de nutrientes, (Casanova, 1991). Algunos grupos como lombrices, hormigas y termitas pueden ayudar a modificar sustancialmente la estructura del suelo a través de la formación de macroporos y agregados. Dentro de este contexto, algunos de los componentes orgánicos de fácil descomposición (raíces, tallos y hojas) son mineralizados rápidamente. Los productos finales de este proceso son CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, N, P, K, Ca y Mg. Estos pueden ser utilizados por las plantas o ser incorporados e inmovilizados por los microorganismos para desarrollar su propia actividad metabólica. El CO<sub>2</sub> producido en la mineralización de la materia orgánica en el suelo y por la respiración del sistema radical de las plantas sale del suelo a la atmos-

fera, donde es utilizado en el proceso fotosintético (Casanova, 1991).

Los objetivos de la presente estudio son: (1) ganar experiencia en el uso de cuatro métodos no tradicionales de describir y evaluar los agroecosistemas; (2) analizar y discutir las relaciones entre varios factores, como es el caso del retorno de la inversión y productividad energética o entre diversidad de insectos y productividad energética y (3) evaluar y discutir la utilidad de los métodos usados para el estudio científico de los agroecosistemas y como posibles indicadores de su sostenibilidad.

### Metodología

Seleccionamos dos fincas productoras de leche, con diferentes sistemas de manejo (Tabla 1) ubicadas en el Valle Central en las estribaciones del Masizo Irazú. La región ha sido clasificada como un bosque muy húmedo tropical de montano, con fluctuaciones de temperatura que van desde los 24 hasta los 30 C. Las zonas se caracterizan por una producción agropecuaria intensiva (Janzen, 1991).

Las fincas estudiadas fueron Los Yolgas (F1), localizada al NO del Distrito de Cot en Cartago, con una extensión de 42.1 ha y la Finca Boquerón de Cipreses (F2), ubicada al NE del caserío de Cipreses, con una extensión de 2.8 ha. Aplicamos un muestreo sistemático en cada parcela estudiada que consistió en cinco puntos equidistantes de un transecto en forma de "Z" cuyo punto inicial estaba en una esquina. Tomamos muestras de suelo en los puntos establecidos para estimar la fauna edáfica, la biomasa y la longitud radicular. Cada muestra consistió en un bloque de suelo de 1,000 cm<sup>3</sup> a tres profundidades distintas (0-10, 10-20 y 20-30 cm). Adicionalmente en cada punto colocamos dos tipos de trampa para insectos, de caída y aérea. La primera consistió en la colocación de un vaso plástico conteniendo cerveza (un atrayente efectivo), enterrado con el borde superior a nivel de suelo y cubierto por un plato plástico para proteger el contenido de la lluvia. Para la trampa aérea utilizamos platos amarillos

Característica	Semi-Intensiva (F1)	Intensiva (F2)
Nombre	Las Yolgas	Boquerón de Cipreses
Ubicación	Cot, Cartago	Cipreses, Cartago
Area Total (ha)	42.1	2.8
Area de Pastos (ha)	42	2.1
Tipo de Pasto	<i>Penisetum clandestinum</i>	<i>Penisetum clandestinum</i>
No. de Apartos	45	24
Período de Descanso (días)	22	29
Período de Ocupación (días)	1	2
Carga Animal (UA/ha)	1.6	4.6
Mano de Obra	Contratada	Familiar

Tabla 1. Características de Dos Sistemas de Producción Lechera, Cartago, Costa Rica, 1998

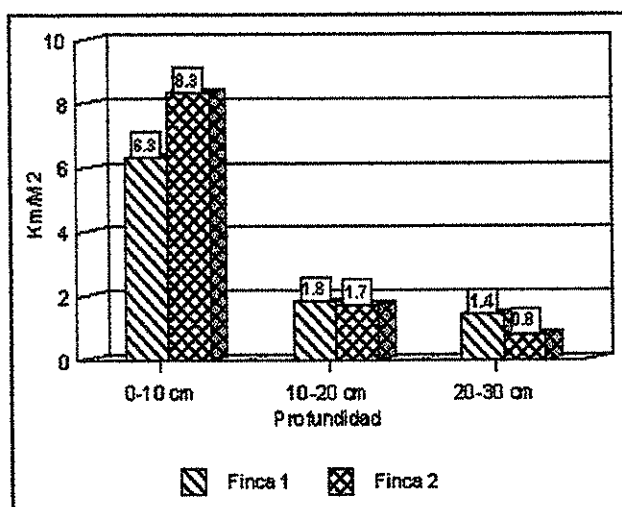


Figura 1. Longitud de Raíces en Dos Fincas Lecheras, Cartago, Costa Rica, 1998 (km/m<sup>2</sup>)

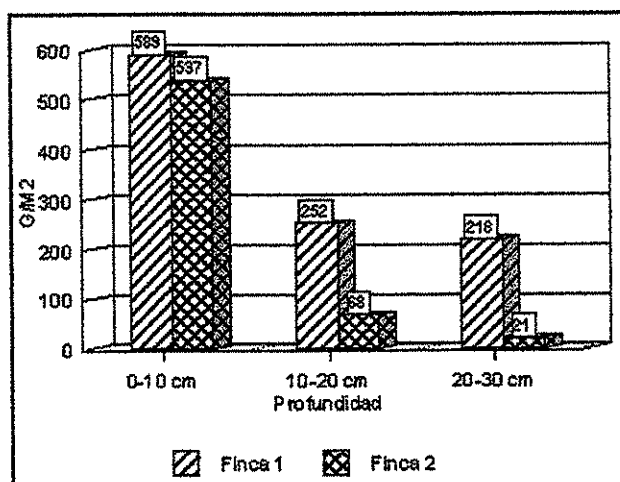


Figura 2. Biomasa de Raíces en Dos Fincas Lecheras, Cartago, Costa Rica, 1998 (g/m<sup>2</sup>)

cubiertos con vaselina (se ha determinado que este color resulta atractivo para la mayoría de los grupos de insectos). Colocamos los platos en el extremo superior de las estacas a una altura de un metro aproximadamente, en contra del flujo del viento. Estas permanecieron en los lugares por un período de 24 horas. Los insectos capturados fueron identificados y clasificados a nivel de familia. Posteriormente calculamos la diversidad de insectos en cada una de las fincas mediante el índice de Shannon-Wiener (Brower, et al, 1989).

Para determinar la producción de CO<sub>2</sub> en cada finca, se instalaron cámaras de captación durante 24 horas (Szott, 1997). Finalmente estimamos la productividad energética y el retorno a la inversión, mediante entrevistas a los propietarios de las fincas estudiadas. Estos factores fueron cuantificados mediante Unidades Térmicas Británicas (Btu). Para recabar la información necesaria nos basamos en la Hoja de Datos - Análisis Energético y Económico (Organización para los Estudios Tropicales, 1997).

### Resultados

La emisión de CO<sub>2</sub> para la F1 tuvo un valor promedio de 24.06 mg C-CO<sub>2</sub> hr/m<sup>2</sup>, y para la F2 de 7.38 mg C-CO<sub>2</sub>/hr/m<sup>2</sup>. La diversidad de insectos (H') para F2 fue de 0.98 y 0.42 para F1 (t=211, g.l.=348, p<0.001). En la F2 encontramos un mayor número de individuos de las familias Entomobrydae, Formicidae, Nitydulidae y Ophillionidae. Por otro lado la existencia de una alta cantidad de individuos de la familia Grillidae puede deberse a la disponibilidad de alimentos en el entorno y por la ausencia de viento ya que ésta se encuentra rodeada de cercas vivas de *Erythrina poeppigiana* y *Erythrina costarricensis*.

En F1 el primer estrato (0-10 cm) tuvo una longitud

Costos	Semi-Intensiva (F1) +\$US	Intensiva (F2) +\$US
Mano de Obra	275.13	698.57
Costos Sociales	56.90	130.98
Servicios	3.90	38.66
Transporte	12.59	24.20
Depreciación de Maquinaria y Equipo	119.00	74.00
Madera	10.84	0.00
Medicamento	72.83	98.30
Cercas	41.03	29.11
Fertilizante	129.03	68.00
Suplementos	176.18	1,664.36
<b>Total de Costos</b>	<b>897.43</b>	<b>2,826.18</b>
Ingresos Brutos	920.00	1,664.36
<b>Relación Beneficio-Costo</b>	<b>1.02</b>	<b>2.16</b>

Tabla 2. Análisis Económico de Dos Sistemas de Producción Lechera, Cartago, Costa Rica, 1998

Insumo	Semi-Intensiva (F1) Btu/ha/año	Intensiva (F2) Btu/ha/año
Mano de Obra	17,746,963	45,846,730
Cargas Sociales	3,775,192	8,256,040
Servicios	229,378	1,978,278
Transporte	5,307,894	6,469,430
Maquinaria	1,573,271	977,762
Medicamento	869,235	1,166,231
Cercas	3,226,327	20,161
Fertilizante	4,525,625	5,166,061
Alimentación Animal	8,020,965	21,955,721
Otros	89,969	0
<b>Total de Btu/ha</b>	<b>45,364,818</b>	<b>91,836,414</b>
Producción de Lecha (lt/ha)	4,067	7,333
<b>Productividad Energética (Btu/lt)</b>	<b>11,154</b>	<b>12,524</b>

Tabla 3. Análisis Energético de Dos Sistemas de Producción Lechera, Cartago, Costa Rica, 1998

promedio de raíces de 6.24 km/m<sup>2</sup> y en F2 8.25 km/m<sup>2</sup>. El nivel sucesivo (10-20 cm) para la F1 presentó 1.84 km/m<sup>2</sup> y 1.74 km/m<sup>2</sup> para la F2. En el último nivel (20-30 cm), la longitud promedio para F1 fue de 1.35 km/m<sup>2</sup> y para F2 de 0.76 km/m<sup>2</sup> (Figura 1). En los estratos de la F2 observamos mayor presencia de pelos radicales y estos aumentaban con la profundidad. La F1 tuvo pocos pelos radicales en los tres niveles muestreados. La biomasa de raíces para la F1 fue de 588.6 g/m<sup>2</sup> y para F2 de 531.4 g/m<sup>2</sup> en el estrato superficial de 0 a 10 cm. En el estrato medio e inferior la diferencia de biomasa de raíces entre ambas fincas fueron marcadas (Figura 2). En cuanto a la macrofauna, en la F1 no se encontraron lombrices, caso contrario a F2. En relación al análisis económico, la F1 tuvo un costo anual de \$US 879/ha y la F2 \$US 2,826/ha (Tabla 2).

Composición del Hato	Semi-Intensiva (F1)	Intensiva (F2)
Total de Animales	110	15
Toros Holstein	2	0
Toros Jersey	1	0
Vacas en Producción	48	9
Vacas Secas	23	3
Novillas	13	2
Terneras	23	5
<b>Producción</b>		
Producción de Lecha (l/día/vaca)	9.75	17.25
Producción de Leche por Año (l)	170,820	20,531
Producción de Lecha por Ha por Año	4,067	7,332
Precio/Litro (\$US)	0.29	0.31

Tabla 4. Composición del Hato y Datos de Producción para Dos Sistemas de Producción Lechera, Cartago, Costa Rica, 1998

Mientras que la productividad energética fue muy similar en ambos sistemas (Tabla 3).

### Discusión

En nuestro estudio la F2 obtiene un retorno de la inversión importante, percibiendo una ganancia de casi el 100%. La F1, en cambio, tan solo tiene una ganancia del 2% de lo invertido originalmente (Tabla 4). Se considera que varios factores podrían estar influyendo en esta situación. Así, en la F2 existe una mayor producción de leche por hectárea, manteniendo una carga animal (UA/ha) superior a la F1 (Tabla 1), coincidiendo con Jiménez (1997), en donde se considera que para las condiciones del trópico debe hacerse un uso máximo del recurso forrajero. Aunque este recurso posee bajo potencial en calidad para la producción láctea, se comporta al contrario con respecto al rendimiento de biomasa. En segundo lugar, a diferencia de la F1, la F2 comercializa queso, lo que le da un valor agregado importante a la leche. Por otra parte, aunque la productividad energética para ambas fincas es muy similar, en el caso del retorno de la inversión la Finca 1 requiere el doble de Btu por hectárea por año (Tabla 4). La mano de obra, combustibles, fertilizantes y suplementación animal representan los mayores costos energéticos en ambos sistemas de producción.

Los resultados de este estudio demuestran que existe una relación estrecha entre los insumos inorgánicos y la diversidad de insectos. Así, encontramos que en F1 la aplicación de insumos inorgánicos es mayor por unidad de superficie, factor que posiblemente ha contribuido a su baja diversidad, en comparación con

F2. Las tasas citadas para la F2 se hallaron en las muestras 3, 4 y 5, ubicadas en la pendiente y parte central del aparcamiento, en el cual hay roca y no pega el viento. Otro factor para la presencia de una mayor abundancia de insectos en la F2 podría ser la presencia de parcelas hortícolas (papa, *Solanum tuberosum* y navo, *Brassica oleracea*), que provocaría la migración de insectos a las áreas de pastoreo, por cuanto estas estarían libres de plaguicidas, constituyéndose en verdaderos refugios.

Estos resultados van de acuerdo con los parámetros obtenidos en macrofauna del suelo y biomasa de raíces. Así, la ausencia de lombrices en el suelo de F1 puede deberse al uso de fertilizantes, acompañada de un menor desarrollo radicular (pocos pelos radiculares), que limitaría la descomposición de materia como fuente de alimento. Sin embargo, se han reportado casos en los que el uso de fertilizantes permite un mayor aporte de abono para el desarrollo de macrofauna, aún cuando exista un menor desarrollo radicular, como es el caso del estudio realizado por Alonso, et al (1997).

En relación a la densidad de la superficie microbiana, Turko y Konopka (1991) mencionan que esta actividad y su posible diversidad están correlacionadas con el contenido de la materia orgánica. Actualmente las mediciones de la masa microbiana son utilizadas para estimar y evaluar el estado del suelo. Así, en términos de calidad del suelo, la cantidad de CO<sub>2</sub> puede proveer un método para relacionar el tamaño y la actividad de la biomasa microbiana. Nuestros resultados en relación a la emisión de CO<sub>2</sub> sugieren una mayor respiración edáfica para F1. Este caso se contrapone con la literatura, donde se espera obtener una mayor emisión de CO<sub>2</sub> en los suelos ricos en macrofauna tal como lo cita Killham (1994). Asumimos que el alto porcentaje de emisión de CO<sub>2</sub> en F1 pudo asociarse a la presencia de lluvia y remoción del suelo compactado al momento de montar y desmontar la cámara de captación. Según Casanova (1991), las mayores variaciones de concentración en el aire del suelo ocurren con el CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>. En suelos de pobre estructura y compactos, el movimiento de gases es muy lento, al igual que la penetración del agua, lo cual previene una alta concentración de CO<sub>2</sub> y

el movimiento hacia el suelo del aire atmosférico cuando se produce una lluvia.

### Conclusiones

Al considerar la relación costo/beneficio de las unidades de producción, podemos concluir que el subsidio a agroecosistemas pecuarios de alta demanda energética no son sostenibles en el tiempo. Dado que estos agroecosistemas buscan compatibilizar el uso de los recursos con el mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes y la preservación del ambiente. Historicamente el manejo de los sistemas de producción han sido orientados hacia la consecuencia de un rendimiento máximo sostenido. Sin embargo el funcionamiento de estos agroecosistemas han demostrado que el mantenimiento de rendimientos máximos van ligados al ingreso creciente de energía subsidiaria, provocando en corto tiempo la insostenibilidad del sistema y su consecuente degradación. Por lo que consideramos importante la experiencia y el conocimiento acumulado por el hombre en la planificación y sobre bases sólidas para lograr el aprovechamiento racional de los espacios agrícolas.

### Literatura Citada

- Altieri, M.A. 1983. *Agroecology, The Cientific Basis of Alternative Agriculture*. Westview Press, Boulder. Pp. 41-59.
- Alonso, A, F. Calero, K. Conway, M. Fonseca, L. D. Llambi., E. Mesa y D. Rode. 1997. Análisis Comparativo de Dos Fincas de Ganadería de altura en la Zona de Palmira, Alajuela, Costa Rica: Productividad, Sostenibilidad y Autonomía. Pg. 17-25 en M.E. Swisher, J.M. Mora y J.C. Rodriguez (eds.), *Memoria del Curso Agroecología 97-7*. Organización Para Estudios Tropicales y Universidad de Costa Rica.
- Brower, E.J., J. Zar y C.E. Von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Tercera edición. Wm. C. Brown, Chicago, IL. Pp. 160-169.
- Casanova, E. 1991. *Introducción a la Ciencia del Suelo*. Universidad Central de Venezuela, Caracas Venezuela. Pp. 123-131.
- Killham K., 1994. *Soil Ecology*. Universidad de Cambridge, London, UK. Pp. 62-150.
- Janzen D.H. 1991. *Historia Natural de Costa Rica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Pp. 67-65.
- Jiménez Crespo, C. 1998. *Los Sistemas Ganaderos Basados en Pasturas. Su Rol en el Desarrollo Sostenible y el Incremento en la Competitividad. Trabajo preparado para el curso de Agroecología 98-7*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. Pp. 15.
- Muñoz, E. 1997. Principios y Fundamentos de la Introducción Agrícola-Ganadero. *Agricultura Orgánica*, No. 1, Año 3, Pp. 11-13.
- Szott, 1997. Mimiografiado de la Organización para Estudios Tropicales (OET). 3 hojas.
- Turco, R.F, Kennedy, A.C. y Jawson M.D. 1992. Microbial Indicators of Soil Quality. Pp. 73-90 en J.W. Doran, D.C. Coleman, D.F. Bezdicek y B.A. Stewart (eds.), *Definnig Soil Quality for a Sustainable Environment*. SSSA Special Publication Number 35. Soil Science Society of America, Madison, WI. Pp. 73-90.

