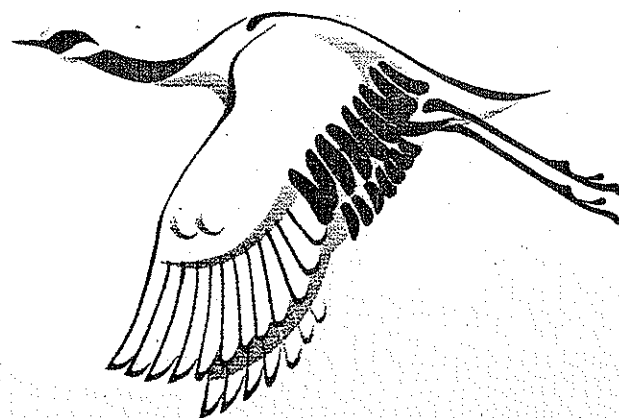


Memorias  
del  
Curso  
de  
Agroecología  
1998



M.E. Swisher  
J.M. Mora

Organización para Estudios Tropicales  
Universidad de Costa Rica



# **AGROECOLOGIA 98**

**MEMORIAS DEL CURSO DE LA  
ORGANIZACION PARA ESTUDIOS TROPICALES  
1998**

**COORDINADORES:**

**M. E. SWISHER  
UNIVERSIDAD DE LA FLORIDA**

**J. M. MORA  
UNIVERSIDAD DE COSTA RICA**

**Muchas gracias a General Services Foundation en  
Aspen, Colorado, EEUA para su apoyo tan impor-  
tante para nuestro curso.**

---

*Los Participantes, los Coordinadores y la  
Organización para Estudios Tropicales*



## Dedicación

En varias ocasiones Mickie y José Manuel me han comentado como la calidad de los participantes del curso de agroecología mejora año con año. Las razones son muchas y entre ellas está el hecho que los requisitos y proceso de selección que los coordinadores imponen para la aceptación de los aplicantes se vuelven cada vez mas riguroso. Durante el curso de este año, varios de ustedes me preguntaron como se comparaban con los cursos anteriores. No creo que sea justo decir que un grupo haya sido mejor que otro, ya que existen diversas razones y circunstancias que hacen de cada curso diferente.

En esta mi segunda oportunidad trabajando para los cursos de agroecología, y estoy seguro que tanto Mickie como José Manuel estaran de acuerdo, es mi opinion que ustedes tuvieron muchos meritos. Su sentido de organización y cooperación fue admirable. El interés y dinamismo que todos tuvieron para realizar las prácticas de campo y la elaboración de informes también es digno de mencionar. Si bien es cierto que los cursos anteriores a ustedes tuvieron que lidiar con las demandas y ritmos que los coordinadores le imponen, ustedes se encontraron con nuevas situaciones y supieron desempeñarse con paciencia y optimismo en todo momento. Deben sentirse orgullosos del trabajo que hicieron, pues todos sabemos lo dificil que a veces pueden ser los cursos de agroecología. Estamos seguros que los consejos, lecciones y convivencias que se llevaron este año, cambiaron de una forma u otra la manera de ver ciertas cosas. Esperamos que esta experiencia les sirva para hacer de su trabajo, estudios o sus actividades en general, tareas que enfretaran con buen razonamiento y eficiencia, factores que fueron determinantes para "sobrevivir" este curso.

Gracias a ustedes por lo que nos permitieron compartir y aprender y sepan que tanto Mickie, José Manuel y yo estaremos siempre en la dispocisión de ayudarles en lo que podamos. Gracias a Costa Rica por una vez más hacernos sentir como verdaderos ticos y compartir de su lindo país. No hay duda que este curso sería diferente si no tuvieramos a La Selva, San Vito, el gallo pinto y las culebras.

Haber compartido todas estas situaciones y experiencias con ustedes, permitieron que el curso fuera más beneficioso para todos. Asi que regresando a su pregunta original de como se comparan a grupos anteriores, solo podemos decir que cumplieron más allá de las expectativas y que siempre serán muy especiales para todos nosotros.

Suerte a todos siempre,

Juan Carlos R.

## **PARTICIPANTES**

**Mickie Swisher**  
Coordinadora  
Universidad de la Florida

**José Manuel Mora**  
Co-Coordinador  
Universidad de Costa Rica

**Juan Carlos Rodríguez**  
Asistente  
Universidad de la Florida

**Walter Marín**  
Instructor  
Universidad de Costa Rica

**Monika Springer**  
Instructora  
Cosultora Privada

**Julio Arias**  
Instructor  
Instituto Tecnológico de  
Costa Rica

**Ana Meza**  
Instructora  
Consultora Privada

**Armengol Caballero**  
Bolivia

**Byron Cordova**  
Guatemala

**Cesar Guillen**  
Costa Rica

**Diego Bonilla**  
Ecuador

**Dora Alvarez**  
Colombia

**Eligio García**  
México

**Enrique Dalmau**  
Cuba

**Erivelio Hernández**  
Honduras

**Itavclerh Vargas**  
Peru

**Jorge Cruz**  
México

**Maltiano Moreta**  
República Dominicana

**María Collazo**  
Puerto Rico

**Nadiejda Barbera**  
Venezuela

**Oscar Sánchez**  
Costa Rica

**Ruth Rodríguez**  
Costa Rica

**Susan Swales**  
Estados Unidos

**Victoria Reyes**  
España

**Verónica Cordero**  
México

**Yelinda Araujo**  
Venezuela

**Yolanda Nava**  
México

## Contenido

### Módulo 1: La Caracterización de Agroecosistemas Actuales

Caracterización de Agroecosistemas de Café Bajo Dos Diferentes Condiciones de Manejo en la Zona Alta de Cartago, Costa Rica .....	1
Dora Álvarez Caro, Yelinda Araujo Vergara, Armengol Caballero Ordóñez, Byron Córdova Moliendo, Eligio García-Serrano, Erivelio Hernández Acosta y Susan Swales	
Comparación de la Sostenibilidad Potencial de Dos Sistemas de Cultivo de Hortalizas en el Valle Central de Costa Rica .....	9
Verónica Cordero Plauchú, Enrique Dalmau Helvia, Martiano Moreta Matos, Yolanda Gpe. Nava Cruz, Victoria Reyes García, Óscar Sánchez Soto y Itavclerh Vargas Clemente	
Estudio Comparativo en Dos Fincas de Ganadería Lechera en la Zona de Cartago, Costa Rica .....	19
Nadiejda Barbera, Diego Bonilla, María Collazo, Jorge Cruz, Ruth Rodríguez y César Guillén	

### Módulo 2: Agroecosistemas y Ecosistemas Naturales

Caracterización de los Patrones de Aclimatación de una Especie con Potencial Forestal, <i>Pentaclethra macroleoba</i> , a Diferentes Ambientes en la Estación Biológica La Selva .....	25
Dora M. Álvarez Caro, Byron Córdova Moliendo, Jorge Cruz López, César Guillén Sánchez, Erivelio Hernández Acosta y Viki Reyes García	
Análisis de la Dinámica de la Fauna de Aves y Murciélagos para la Evaluación de la Interrelaciones entre Dos Tipos de Ecosistemas .....	35
Yelinda Araujo, Diego Bonilla, Enrique Dalmau, Eligio García, Martiano Moreta, Yolanda Nava, Ruth Rodríguez y Susan Swales	
La Calidad de Agua como Indicador del Impacto de la Actividad Humana sobre Dos Ecosistemas Lóticos en el Área de Sarapiquí, Costa Rica .....	43
Nadiejda Babera C., María M. Collazo V., Verónica C Plauchú, Armengol Caballero O., Óscar Sánchez S. y Itavclerh Vargas C.	

### Módulo 3: La Dinámica del Desarrollo del Agroecosistema

Estudio de la Dinámica del Desarrollo de un Agroecosistema Productivo en el Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, San Carlos, Costa Rica .....	51
Nadiejda Barbera, Diego Bonilla, Verónica Cordero Plauchú, Erivelio Hernández, Victoria Reyes García, Susan Swales y Itavclerh Vargas	
Percepción Comunitaria de la Conservación de la Vida Silvestre en el Asentamiento Zeta Trece, San Carlos .....	61
Yelinda Araujo, Ruth Rodríguez, Óscar Sánchez, Jorge Cruz, César Guillén y Martiano Matos	
Perfil de la Situación Socio-Económica de la Comunidad Zeta Trece, San Carlos, Costa Rica .....	71
Dora Álvarez, Armengol Caballero, María Collazo, Byron Córdova, Enrique Dalmau, Eligio García y Yolanda Nava	

## Estudios Independientes

Análisis de los Cambios Históricos y Espaciales Ocurridos en el Paisaje de Dos Microcuencas Ubicadas en el Distrito de Agua Buena, Coto Brus, Costa Rica .....	81
Óscar Sánchez Soto	
La Cobertura Vegetal como Factor Mitigador de la Erosión Hídrica y su Percepción por Parte de los Agricultores del Cantón de Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica .....	91
Viki Reyes García	
Presencia de Pastos en Bosques Secundarias de Diferentes Edades Regenerados a Partir de Potreros en San Vito de Coto Brus, Costa Rica .....	101
Diego Bonilla U.	
Estudio Comparativo Sobre el Nivel de Conocimiento de Algunos Recursos Naturales entre una Comunidad Rural y una Urbana en el Cantón de Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica .....	107
Yolanda Gpe. Nava Cruz	
Estudio Comparativo de la Percepción Ambiental con Relación a los Murciélagos en Dos Comunidades del Cantón de Coto Brus, Costa Rica .....	115
Enrique J. Dalmau Helvia	
Influencia del Tipo de Borde en la Depredación Potencial de Plagas por Aves en un Cultivo en Coto Brus, Costa Rica .....	125
Susan Swales	
Estudio Comparativo de Tres Sistemas de Cultivo Utilizando Algunos Aspectos de Ecología de Suelos como Posibles Indicadores de Sostenibilidad en San Vito, Costa Rica .....	133
Ruth Rodríguez	
Evaluación de las Pérdidas de Suelo y las Prácticas de Conservación en Dos Comunidades Cafetaleras de San Vito, Coto Brus .....	141
Yelinda M. Araujo V.	
Efecto de la Herbivoría en la Tasa de Crecimiento de Hojas Nuevas en <i>Vigna unguiculata</i> (Caupí) (Papilionaceae) .....	151
Dora Ma. Álvarez Caro	
Relación entre la Presencia de Micorrizas y la Regeneración Natural de <i>Miconia Sp.</i> en Potreros Abandonados .....	157
Eligio García Serrano	
Distribución Poblacional de Insectos en Tres Parcelas de <i>Macuna Spp.</i> con Diferentes Tipos de Borde en Coto Brus, Costa Rica .....	165
Jorge A. Cruz López	
Diversidad Biológica de Huertos Familiares en Función de Aspectos Culturales .....	177
Byron Córdova A.	



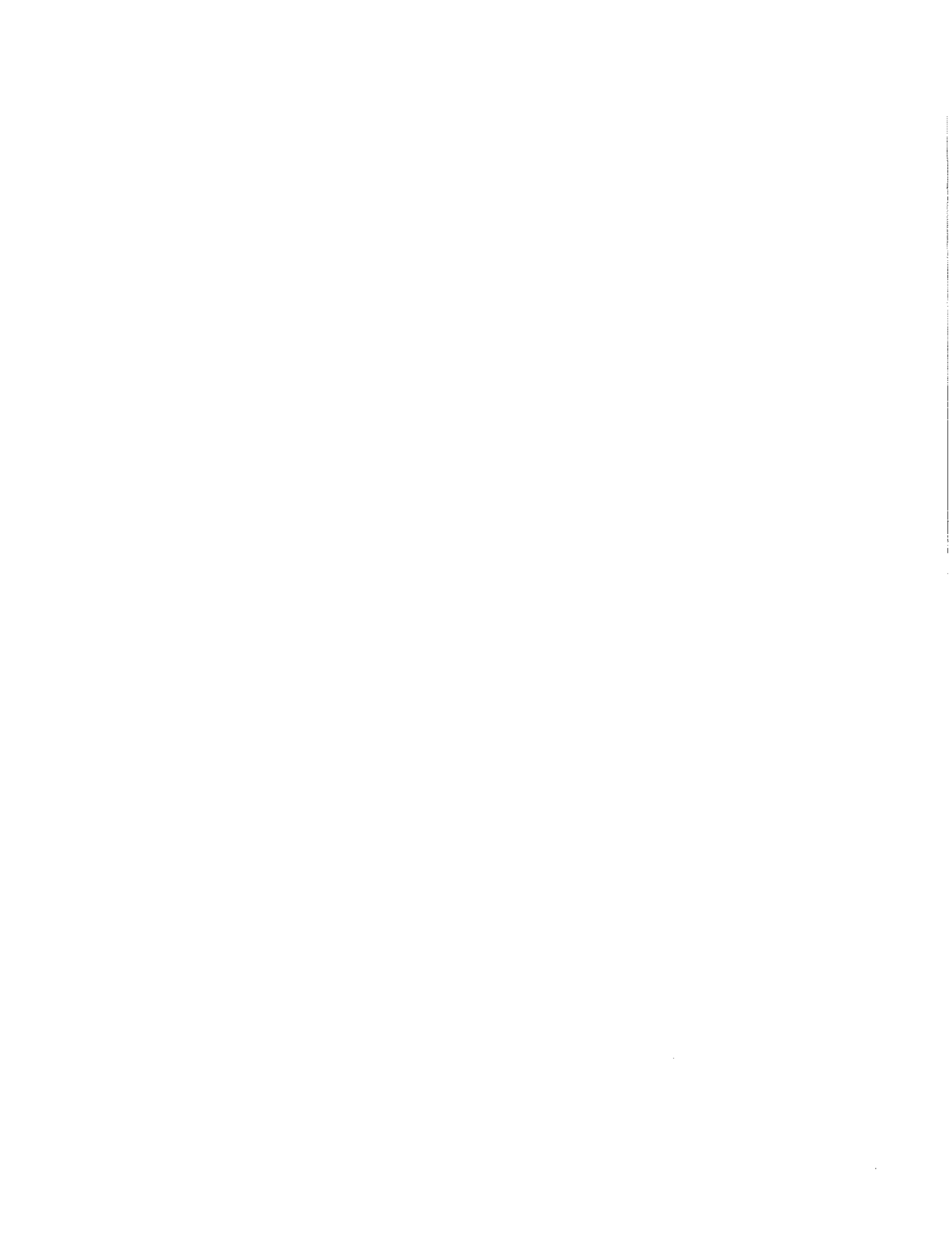
<b>Análisis de Índices que Indican las Características Biológicas del Agua en la Cuenca del Río Java, San Vito, Costa Rica</b> .....	<b>187</b>
Itavclerh Vargas Clemente	
<b>Comparación de las Actitudes y Expectativas hacia los Proyectos Agroforestales de Productores Asociados y No Asociados de la Comunidad de Sabanillas, Coto Brus, Costa Rica</b> .....	<b>197</b>
Maltiano Moreta Matos	
<b>Nodulación y Colonización de Micorrizas en las Especies Agroforestales de <i>Glyricidia sepium</i>, <i>Calliandra calothyrsus</i>, <i>Inga edulis</i> y <i>Erythrina poeppigiana</i> en Coto Brus</b> .....	<b>203</b>
Nadiejda Barbera C.	
<b>Índice</b> .....	<b>209</b>



**Módulo 1**

**La Caracterización  
de Agroecosistemas  
Actuales**

**Valle Central**



# Caracterización de Agroecosistemas de Café Bajo Dos Diferentes Condiciones de Manejo en la Zona Alta de Cartago, Costa Rica

Dora Álvarez Caro, Yelinda Araujo Vergara, Armengol Caballero Ordoñez, Byron Córdova Mollinedo, Eligio García-Serrano, Erivelio Hernández Acosta y Susan Swales

## Resumen

Estudiamos dos sistemas de producción de café (*Coffea arabica*), con sombra y sin sombra, ubicados en la zona alta de Cartago. Los objetivos del trabajo fueron comparar dos sistemas de manejo, utilizando para ello los parámetros de diversidad de insectos, ecología de los suelos, productividad energética y el retorno a la inversión, para luego analizar e interpretar las posibles relaciones entre los factores mencionados y evaluar la utilidad de los mismos como indicadores para caracterizar a los agroecosistemas. En cada uno de los sistemas, tomamos de forma sistemática cinco muestras a lo largo de una trayectoria en forma de zeta. En relación al sistema con sombra, encontramos mayor diversidad de insectos, mayor longitud y peso de raíces y mayor actividad biológica (liberación de CO<sub>2</sub> del suelo). En el café sin sombra encontramos mayor proporción de insectos plaga y mayor concentración de la macrofauna del suelo. La productividad energética y el retorno a la inversión fueron mayores en la parcela sin sombra.

Palabras Claves: café, diversidad biológica, ecología del suelo, productividad energética, rentabilidad

Apoyo Técnico: Mickie Swisher, Juan Carlos Rodríguez, Carlos Ugalde y Jennifer Powers

---

## Introducción

La producción de café (*Coffea arabica*) en Costa Rica constituye una de las principales actividades agrícolas del país, siendo el Valle Central la principal zona de producción (Boucher, 1991). En el pasado, la mayor parte de las plantaciones de café se efectuaban bajo el sistema de producción con sombra, utilizando especies de árboles como *Erythrina poeppigiana* e *Inga* spp. La presencia de árboles en sistemas de producción de café favorece la sostenibilidad de éstos, porque ofrece protección a las cuencas hidrográficas, estabilizan los suelos, mantienen la diversidad biológica, retienen dióxido de carbono y reducen el uso de agroquímicos, disminuyendo la contaminación (Moguel y Toledo, 1996).

Debido a la importancia económica del café en el país, se ha dado un cambio en el sistema de producción, pasando del sistema tradicional bajo sombra al sistema intensivo de producción sin sombra, utilizando variedades más productivas y de porte bajo como Caturra y Catuai, entre otras. Los cultivos bajo sombra tienen un período de vida más largo, muy buena producción y mayor acumulación de materia orgánica; además los

suelos están protegidos del sol, la lluvia y la erosión (Perfecto, 1996; Carabajo, et al., 1997). El sistema sin sombra produce cosechas mayores en menor tiempo. Sin embargo, las plantas de café tienen un período de vida más corto, el suelo está más expuesto a la erosión y hay baja retención de humedad (Purseglove, 1968). Como consecuencia, a pesar del considerable incremento de los rendimientos, este sistema tiene sus desventajas con respecto al sistema tradicional, debido a que los cafetos tienen una menor vida útil y fundamentalmente porque el sistema sin sombra afecta los recursos naturales con la utilización excesiva de agroquímicos y aumenta los costos energéticos (Carabajo, et al., 1997). En este sentido consideramos importante caracterizar dos fincas cafetaleras representativas de dichos tipos de manejo, ubicadas en la zona alta de Cartago y que designamos como café con sombra y café sin sombra.

El agroecosistema cafetalero comprende un sistema diseñado y manejado con el fin de convertir la energía solar en productos para su beneficio humano. Así cualquier agroecosistema depende de los recursos naturales de la zona tales como la fauna, la vegetación, el suelo y el agua del sistema. De esta forma, la diversidad

de especies en los ecosistemas ofrece un grado de resistencia a las perturbaciones del ambiente, mientras los cambios antropogénicos en los agroecosistemas disminuyen la elasticidad de estos sistemas, dada la reducción de muchas especies naturales (Gliessman, 1990). Así, la gran abundancia y variedad de insectos puede ser considerada como un buen indicador de la diversidad biológica de los sistemas, ya que la misma les permite una mayor estabilidad a los mismos (Andrews y Quezada, 1989).

Otro factor relevante en las investigaciones agrícolas es el suelo, ya que en él se desarrolla la producción de alimentos y fibras necesarias para el consumo humano. Por otra parte la diversidad de la fauna del suelo presente contribuye al proceso de descomposición de la materia orgánica, lo cual es un indicador de la composición química del suelo y hojarasca (Ananthkrishnan 1996). Los efectos de los organismos sobre la dinámica de la materia orgánica del suelo puede ser definida en términos del tamaño del cuerpo de estos y de su influencia sobre los procesos del suelo. De esta forma, los organismos epigéicos son aquellos que procesan la hojarasca en el suelo superficial. Los endogéicos son los que viven en el suelo mineral y pueden ser geófaos. Los anéicos transfieren suelo y materiales vegetales en el suelo (Anderson y Flanagan, 1989). A su vez, los organismos presentes son sensibles a las actividades agrícolas, como la aplicación de insecticidas, las cuales impactan su abundancia.

Otro componente biótico importante en el suelo son las raíces de las plantas. Ellas tienen efectos sobre la formación y ciclaje de la materia orgánica, ya que son fuentes de material orgánico en los suelos. También sus exudados son fundamentales en la mineralización de la materia orgánica, afectando las condiciones del suelo al ser sumidero de agua, nutrientes y oxígeno (Anderson y Flanagan, 1989). Así mismo, la biomasa y longitud de raíces son empleadas como estimadores de la calidad del suelo (Casanova, 1991). En adición, la respiración del suelo (liberación de  $\text{CO}_2$ ) es una respuesta de la actividad biológica y de la biomasa de las raíces y fauna presentes (Lal, 1987; Anderson y Ingram, 1995). La cantidad de  $\text{CO}_2$  liberada está relacionada directamente con la temperatura, cantidad de materia orgánica, humedad del suelo, precipitación y prácticas de manejo del mismo (Coleman y Crosseley, 1996).

Como percibimos, los agroecosistemas consisten en una serie de componentes interrelacionados, por lo que es imposible tener un entendimiento de los insectos o de la macrofauna del suelo, sin verlos como una parte integral del agroecosistema (Andrews y Rutilio, 1989). Desde este punto de vista, el estudio de dichas relaciones es útil para caracterizar un agroecosistema. En base a esto, se utilizan como indicadores básicos de un sistema la abundancia y biomasa de fauna, el enrizamiento, la respiración del suelo y la relación respiración-biomasa. Por lo anterior, para la caracterización de los agroecosistemas es necesario comprender las complejas interacciones entre las prácticas de cultivo y la actividad biológica del suelo, además de los parámetros socioeconómicos de las comunidades involucradas en la dinámica del sistema. Por tanto, en este estudio hemos considerado importante plantear los siguientes objetivos: (1) comparar dos agroecosistemas de café con diferentes tipos de manejos (con sombra y sin sombra); (2) obtener experiencia en el uso de cuatro métodos para describir y evaluar estos agroecosistemas; (3) analizar y discutir las relaciones entre los diferentes factores y (4) evaluar y discutir la utilidad de los métodos para el estudio científico de los agroecosistemas.

### Metodología

El estudio lo realizamos en la zona alta de Cartago. Utilizamos dos fincas de café bajo diferentes condiciones de manejo. La primera fue un cultivo de café bajo sombra (10 ha) intercalado con árboles de *Erythrina peoppigiana*, ubicada en el distrito El Tejar. La segunda fue una finca de café sin sombra (127 ha) localizada en el Cantón de Orosí. En ambos sitios empleamos un sistema de muestreo sistemático, para lo cual trazamos una trayectoria de zeta comprendida en un área de 4.4 ha. Dentro de esta área ubicamos cinco puntos de muestreo para lo cual dividimos la longitud total de la trayectoria zeta entre cinco, obteniendo así la distancia entre cada punto de muestreo.

Para la captura de entomofauna, colocamos trampas de caída y trampas aéreas y tomamos muestras con la red entomológica, siguiendo el método citado en Barfield (1996). Las trampas de caída y aéreas permanecieron en las fincas durante 24 horas. Posteriormente los insectos colectados fueron identificados a nivel de familia. Para estimar la diversidad de insectos en las dos fincas calculamos el índice de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ) para cada finca (Krebs, 1989). Poste-

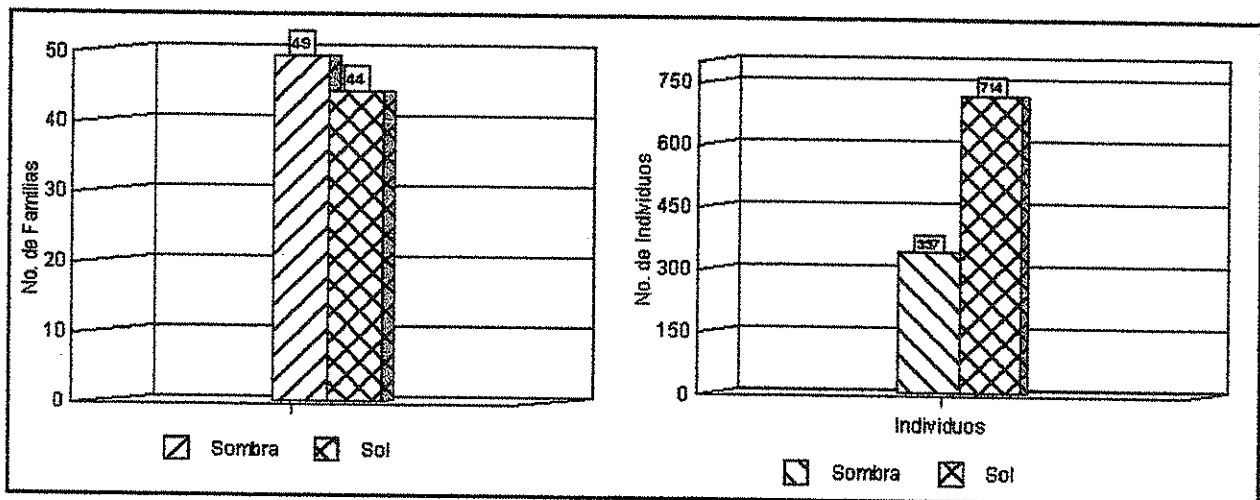


Figura 1. Número de Familias y Individuos para Dos Fincas de Café en Cartago (Sombra:  $H'=1.13$ ; Sol:  $H'=0.54$ )

riormente estos índices se compararon mediante una prueba t-student, para conocer cual de las dos fincas presentó mayor diversidad.

En la determinación de la macrofauna del suelo y longitud y biomasa de raíces, tomamos muestras de cuatro estratos: (1) hojarasca, (2) 0-10 cm, (3) 10-20 cm y (4) 20-30 cm, utilizando un barreno de 10 cm x 10 cm x 10 cm (Organización para Estudios Tropicales, 1998). En el laboratorio separamos la macrofauna del suelo clasificándola de acuerdo a la categoría ecológica y unidad taxonómica. Además, a los organismos colectados se les determinó su peso húmedo (Swisher, 1998). No se determinó el peso seco debido a la falta de horno. De estas muestras de suelo separamos las raíces (menores de dos mm de diámetro). Para la valoración de las raíces utilizamos el método descrito en Anderson y Ingram (1996). Otra estimación biológica realizada fue la evolución del  $CO_2$  del suelo para lo cual utilizamos la metodología propuesta por Anderson y Ingram (1993).

Para la valoración de la productividad energética en cada finca recopilamos datos socioeconómicos a través de entrevistas directas con los administradores de las fincas. Para el cálculo de requerimientos de energía para mano de obra utilizamos el análisis neto de energía equivalente a 54,133 Btu/hr. Este represente la cantidad de energía necesaria para garantizar el sustento diario de la familia, basado en la productividad bruta nacional. Los cálculos de energía y retorno a la inversión fueron realizados de acuerdo a Fluck (1996).

## Resultados

En el estudio de insectos encontramos un total de 337 individuos pertenecientes a 49 familias en el sistema con sombra y 714 individuos correspondientes a 44 familias en el sistema sin sombra (Figura 1). Encontramos una mayor diversidad de insectos en el sistema con sombra ( $H'=1.13$ ), con respecto al sistema sin sombra ( $H'=0.54$ ), siendo estas diferencias significativas ( $t = 665$  g.l. = 529,  $p < 0.001$ ). En la Tabla 1 presentamos el número de individuos por cada orden de insectos. La mayor abundancia de individuos corresponde a los órdenes Himenóptera, Colémbola, Díptera y Coleóptera. En la finca con sombra, el orden más diverso fue Himenóptera con 112 individuos y para la finca sin sombra fue el orden Colémbola con 565 individuos. Muchos insectos plaga corresponden a los órdenes Díptera, Homóptera y Lepidóptera. Nuestros resultados indican que la abundancia relativa de insectos plaga es más elevada en el sistema de café sin sombra que en el sistema con sombra (Figura 2), dadas las proporciones de los órdenes de insectos plagas encontrados en este sistema.

Encontramos en el cafetal con sombra un promedio de 12 individuos de la macrofauna del suelo y en el cafetal sin sombra un promedio de 15 individuos (Tabla 2). La mayor abundancia de organismos se concentró en el estrato de 0-10 cm del suelo en ambos sistemas. Las diferencias se presentan en el promedio de organismos endogéicos, siendo mayor en el sistema sin sombra (3.8 individuos), en relación al sistema con sombra (1.8

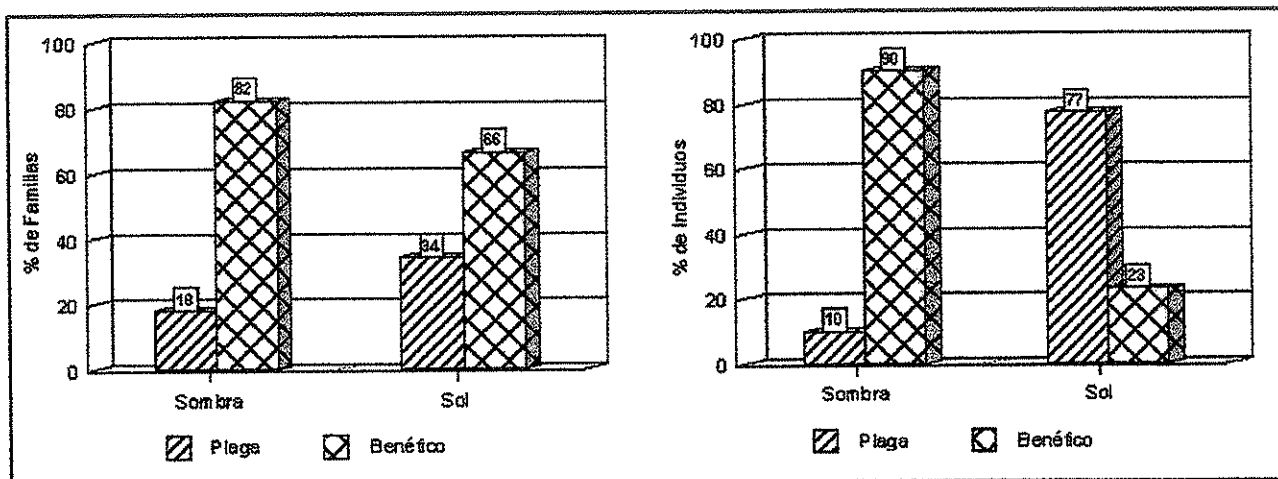


Figura 2. Abundancia Relativa (%) de Insectos Plagas y Benéficos entre Dos Fincas de Café en Cartago, Costa Rica, 1998

Orden	Sombra		Sol	
	Individuos	Familias	Individuos	Familias
Coleoptera	20	10	18	9
Diptera	77	12	46	13
Himenoptera	112	10	51	6
Homoptera	17	4	5	3
Hemiptera	2	2	2	1
Lepidoptera	3	2	3	3
Ortoptera	9	2	4	1
Neuroptera	1	1	0	0
Araneae	7	1	3	2
Opiliones	6	1	0	0
Colembola	79	1	565	2
Acari	1	1	8	1
Psocoptera	2	1	4	1
Tysanoptera	1	1	0	0
Blattaria	0	0	2	1
Gastropoda	0	0	3	1
<b>Total</b>	<b>337</b>	<b>49</b>	<b>714</b>	<b>44</b>
<b>Promedio</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>45</b>	<b>3</b>
<b>Des. Est.</b>	<b>35</b>	<b>4</b>	<b>140</b>	<b>4</b>

Tabla 1. Número de Individuos y Familias por Orden para las Dos Fincas de Café en Cartago, Costa Rica, 1998

individuos). Con respecto al peso húmedo de la macrofauna, más del 50% de éste corresponde al estrato de 0-10 cm del suelo, disminuyendo con la profundidad en ambos sistemas. Calculamos una biomasa total de 458 kg/ha en café con sombra y 700 kg/ha en café sin sombra

(Tabla 3). En el número de individuos por unidad taxonómica y por estrato del suelo, hallamos una dominancia de los individuos en el estrato 0-10 cm en ambas fincas, siendo los anélidos el grupo más abundante (Tabla 4). La longitud y peso de las raíces en los diferentes estratos del suelo fue mayor en la finca de café sin sombra. Sin embargo, en ambos sistemas el mayor desarrollo de las raíces se localizó en el estrato de 10-20 cm (Tabla 5). En el sistema de café con sombra determinamos un mayor valor promedio de  $CO_2$  (28.6 mg C- $CO_2$ /hr/m<sup>2</sup>) con respecto al sistema sin sombra (25.2 mg C- $CO_2$ /hr/m<sup>2</sup>), lo cual indica una mayor respiración edáfica y por consiguiente una mayor actividad biológica del suelo en este sistema.

La productividad energética en el sistema con sombra fue 7,119.21 Btu/Kg y en el sistema de café sin sombra fue 4,541.58 Btu/Kg (Tabla 6). Esto significa que el sistema sin sombra es más productivo energéticamente. Se debe entender la productividad energética como la cantidad de energía utilizada para producir una unidad de producto y se expresa en Btu/Kg. En términos económicos, el sistema de café sin sombra es más rentable. La relación beneficio-costo fue 2.5 en el café sin sombra frente a 0.73 en el café con sombra.

### Discusión

La diversidad biológica es un parámetro muy importante



Estrato	Sombra			Sol		
	Epigéicos	Endogéicos	Total	Epigéicos	Endogéicos	Total
Hojarasca	8	0	8	17	0	17
0-10 cm	31	0	31	27	0	26
10-20 cm	2	6	8	0	11	11
20-30 cm	0	1	1	0	4	4
<b>Total</b>	<b>41</b>	<b>7</b>	<b>48</b>	<b>44</b>	<b>15</b>	<b>59</b>
<b>Promedio</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>4</b>	<b>15</b>

Tabla 2. Número Promedio y Total de Individuos de la Macrofauna del Suelo de Acuerdo a la Profundidad en el Suelo y la Categoría Ecológica en Dos Sistemas de Café en Cartago, Costa Rica, 1998

Estrato	Sombra (Kg/Ha)	Sol (Kg/Ha)
Hojarasca	10	16
0 - 10 cm	250	510
10 - 20 cm	150	130
20 - 30 cm	48	44
<b>Total</b>	<b>458</b>	<b>700</b>
<b>Promedio</b>	<b>115</b>	<b>175</b>
<b>Des. Est.</b>	<b>108</b>	<b>229</b>

Tabla 3. Biomasa Húmeda de la Macrofauna (Kg/Ha) por Estrato del Suelo en Dos Fincas de Café en Cartago, Costa Rica, 1998

en la caracterización de sistemas, tanto naturales como manejados, y nos puede ofrecer una noción de la complejidad de estos, siendo muchos los investigadores que han desarrollado una serie de índices para intentar cuantificarla. Los índices de diversidad biológica incluyen el número de especies (riqueza) y la equidad (la proporción de individuos por especie). Uno de los más utilizados es el índice de diversidad de Shannon Wiener ( $H'$ ) (Brower, et al., 1988; Krebs, 1989). Los valores de  $H'$  de Shannon Wiener calculados nos indicaron que el sistema con sombra presenta una mayor diversidad de insectos ( $H'=1.13$ ), con respecto al sistema sin sombra ( $H'=0.54$ ). Esto podría ser atribuido a la presencia de los árboles en la parcela, así como a una mayor abundancia de hojarasca sobre el suelo, lo que trae como consecuencia una mayor humedad y una menor temperatura, generando microhábitats apropiados para el establecimiento de estos organismos, por lo menos en alguna fase de su vida.

Debemos tomar en cuenta que la mayor diversidad de

insectos se presentó en el sistema de café con sombra, el cual corresponde a la clasificación de cultivos en huertos, que se caracterizan por una alta diversidad (Altieri, 1987; Gliessman, 1990; Rejintjes et al., 1992). En cambio, el sistema sin sombra corresponde a una producción intensiva, caracterizada por la utilización de grandes cantidades de insumos que modifican marcadamente las condiciones del sistema, lo que

provoca, entre otras, una disminución en la diversidad de insectos. Lo anterior corrobora los resultados obtenidos en el estudio (Figura 2), donde observamos que en la finca de café sin sombra hubo una disminución de insectos benéficos con respecto al sistema tradicional.

A pesar de que el sistema con sombra ofrece condiciones favorables para el establecimiento de la macrofauna en el suelo, notamos que tanto su abundancia como el peso promedio fueron menores que en el sistema sin sombra (Tabla 4). Esto puede deberse a la gran cantidad de fertilizantes que se aplican en este sistema (900 kg/ha/año), que proporciona una mayor cantidad de alimento para estos organismos, a diferencia del otro sistema, en el que la cantidad de fertilizante aplicado es menor (300 kg/ha/año). Ahora bien, si detallamos la distribución de los individuos en categorías ecológicas (Tabla 2), encontramos en ambos sistemas una proporción similar de organismos epigéicos, mientras que el número de organismos endogéicos fue mayor en el sistema sin sombra. Probablemente esto se deba a que los organismos deben profundizar más dentro del suelo en el sistema sin sombra, dadas las condiciones más drásticas de temperatura y humedad en la superficie del suelo por la poca hojarasca presente. Respecto a la distribución de los grupos de la macrofauna del suelo, encontramos que las lombrices fueron dominantes en todos los estratos del suelo, en ambos sistemas, seguidos por las hormigas y en menor proporción por las arañas, ciempiés e isópodos (Tabla 4). Se sabe que las lombrices representan un componente importante de la macrofauna del suelo; sus actividades mejoran la porosidad, infiltración del agua, intercambio de gases, descomposición de materia orgánica y disponibilidad de los nutrientes, y constituyen

Estrato	Grupo	Categoría	Sombra (Individuos)	Sol (Individuos)
Hojarasca	Lombrices	Epigéicas	1	2
	Hormigas	Epigéicas	5	3
	Arachnida	Epigéicas	1	5
	Chilopoda	Epigéicas	1	6
	Coleoptera	Epigéicas	0	1
0 - 10 cm	Lombrices	Epigéicas	9	6
	Hormigas	Epigéicas	8	0
	Isopod	Epigéicas	3	0
	Himenoptera	Epigéicas	1	0
	Lepidoptera	Epigéicas	1	0
	Larva, Lepidoptera	Epigéicas	0	3
10 - 20 cm	Lombrices	Endogéicas	6	2
	Hormigas	Epigéicas	2	0
20 - 30 cm	Lombrices	Endogéicas	1	4

Tabla 4. Número de Individuos por Unidad Taxonómica y Categoría Ecológica por Estrato de la Fauna del Suelo en Dos Sistemas de Café en Cartago, Costa Rica, 1998

Estrato	Sombra		Sol	
	Longitud (m)	Biomasa (Kg/Ha)	Longitud (m)	Biomasa (Kg/Ha)
0 - 10 cm	1.3	0.6	1.6	1.8
10 - 20 cm	0.6	0.8	1.9	2.6
20 - 30 cm	0.2	0.3	0.8	1.0
<b>Promedio</b>	<b>0.7</b>	<b>0.6</b>	<b>1.4</b>	<b>1.6</b>
<b>Des. Est.</b>	<b>0.6</b>	<b>0.6</b>	<b>0.7</b>	<b>0.8</b>

Tabla 5. Longitud (m) y Biomasa (Kg/Ha) de Raíces por Estrato en Dos Sistemas de Café en Cartago, Costa Rica

Factor	Valor	Sombra	Sol
Inversión Energética	Btu	53,401,208	75,939,695
Inversión Económica	\$US/Ha	450	45
Costo de Cosecha	\$US/Ha	1,170	1,498
Ganancia Económica	\$US/Ha	854	3,745
Relación Beneficio/Costo	\$US/Ha	0.73	2.50
Productividad Energética	Btu/Kg	7,119	4,541

Tabla 6. Productividad Energética y Retorno a la Inversión en Dos Fincas de Café en Cartago, Costa Rica, 1998

la mayor parte de la biomasa de los organismos presentes en el suelo (Berry, 1994).

La concentración de oxígeno y CO<sub>2</sub> depende de la actividad de los microorganismos descomponedores, conjuntamente con el proceso respiratorio de las raíces (Casanova, 1991). Por lo tanto, la diferencia de los valores de CO<sub>2</sub> entre los sistemas estudiados se debe a una mayor deposición de hojarasca que favorece el incremento de la actividad biológica del suelo en el sistema con sombra. También debemos tomar en cuenta que la temperatura y la humedad del suelo afectan directamente la tasa de respiración edáfica, siendo la humedad el factor más relevante en los sistemas tropicales (Rajvanshi y Gupta,

1986 citado por Nixon y col., 1995), con lo que el mayor contenido de humedad en el sistema con sombra podría favorecer el aumento del CO<sub>2</sub> liberado en este sistema. El mayor desarrollo radicular de los cafetos sin sombra (Tabla 5) puede deberse a la menor cantidad de hojarasca, por tanto, menor humedad, lo que obliga a la planta a desarrollar sus raíces, tanto en profundidad como lateralmente, para poder extraer el agua del suelo.

El análisis de la productividad energética nos señala, en ambos casos, que la mayor cantidad de entrada de energía está representada por la mano de obra y agroquímicos. Sin embargo, en el sistema de café sin sombra, debido a la mayor cantidad de plantas, número de aplicaciones de agroquímicos y mayor producción por hectárea, la carga sobre de la mano de obra es también mayor. El análisis económico nos demuestra que en la finca sin sombra se obtiene mayor utilidad. En este caso, existe una relación inversamente proporcional entre productividad energética y costo de producción; es decir, a mayor productividad energética menor costo de producción por kilogramo de producto. Esto significa que no se está pagando el costo real de la energía;

ésta es subsidiada. Existe una estrecha relación entre el uso de agroquímicos, especialmente de insecticidas y la diversidad de insectos. La aplicación de grandes cantidades de pesticidas varias veces al año determina una menor diversidad de especies de insectos, especialmente de entomófagos, causando un desequilibrio en el control biológico. Esto a la larga, puede significar una menor productividad energética y un mayor costo de producción, con efectos más negativos sobre el agroecosistema. Consideramos que los análisis energéticos y económicos ayudan a tener una visión más amplia del estado de un agroecosistema, siempre que se considere todos los factores que intervienen en el proceso productivo.

### Conclusiones

Al integrar los métodos de diversidad de insectos y ecología de suelos, encontramos una herramienta práctica para caracterizar de un modo cuantitativo y cualitativo la actividad biológica en un ecosistema. El sistema de café con sombra presenta mejores indicadores de actividad biológica en comparación con el café sin sombra. Esto se puede ver claramente cuando observamos e integramos los resultados obtenidos. El alto potencial agroecológico del sistema con sombra se basa en su bajo requerimiento de insumos externos y buena condición ecológica, siempre y cuando, tanto las condiciones externas, sociales y económicas sean favorables. Para evaluar el estado de los agroecosistemas no basta realizar un simple análisis económico. Es necesario utilizar otros métodos que permitan, desde diferentes ángulos, evaluar la capacidad de mantenimiento a largo plazo de los recursos naturales, el retorno a la inversión y la posibilidad de atención de las crecientes necesidades de alimentación de la población, sin causar alteraciones al ambiente. Referente a la productividad energética y ganancia económica, el café sin sombra es mejor. Sin embargo, no fue posible evaluar su costo económico y ecológico real, por lo que es necesario en el futuro realizar estudios que nos permitan tener en cuenta los verdaderos costos ecológicos, energéticos y de insumos. Por otra parte, los resultados nos demuestran que sí es posible realizar una evaluación rápida de la situación de los agroecosistemas y compararlos con otros de condiciones similares, pero con diferente manejo. Este ejercicio, nos permite ver que las condiciones actuales de valoración energética dan resultados que no esperaríamos bajo situaciones normales y equitativas.

### Literatura Citada

- Altieri, M. 1987. Agroecosystems: Determinants, Resources and Processes. Pg. 166 en M. Altieri (ed.), *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. Westview Press, Boulder, CO.
- Ananthakrishnan, T.N. 1996. *Forest Litter, Insect Communities Biology and Chemical Ecology*. Science Publishers Inc., Lebanon, NJ. Pgs. 29-60.
- Anderson J. M. y P. W. Flanagan. 1989. Biological Processes Regulating Organic Matter Dynamics in Tropical Soils. En J. Coleman y J. Uelara (eds.), *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. NIFTAL, Honolulu, HA.
- Anderson, J.M. y J.S.I. Ingram (eds.) 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility*. CAB International, Oxon, England. Pg. 41.
- Andrews, K. L., A.B.S. King y J.R. Quezada. La Importancia de Conocimientos Bioecológicos para el MIP. Pgs. 41-74 en K. L. Andrews y J.J.R. Quezada (eds), *Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura*. Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras.
- Barfield, C. 1996. Biodiversity. En M. E. Swisher y A. Todd-Bockarie (eds.), *Evaluating Sustainability*. Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL. 36 pgs.
- Berry, E. C. 1994. Earthworms and Other Fauna in the Soil. Pgs. 64-67 en J.L. Hatfield y B.A. Stewart (eds.), *Soil Biology Effects on Soil Quality*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Boucher, O. H., M. Hansen, S. Risch y J.H. Vandermeer. 1991. Café. Pgs. 82-90 en D. Janzen (ed.), *Historia Natural de Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Brower, J. E., J.H. Zar y C.N. von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Publishers, Boston, MA. Pg. 158.
- Carabajo, S., S. E. do Nascimento, J.L. Galindo Arevalo, M. Heemskerck, A.R. Hernandez, O. Tremont y G.V. Prieto. 1997. Analisis de Factores

- Biofisicos y Socioeconomicos como Indicadores de la Sostenibilidad en Sistemas de Produccion de Café. En M. E. Swisher, J.M. Mora y J.C. Hernández (eds.), *Agroecologia 97/7*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Casanova, O. E. 1991. *Introducción a la Ciencia de Suelo*. Universidad de Venezuela, Caracas, Venezuela. Pgs. 259-319.
- Coleman, D.C. y D.A. Crossley. 1996. *Fundamentals of Soil Ecology*. Academic Press, San Diego, CA. Pgs. 86-106.
- Fassbender, H. 1986. *Química de Suelos: Con Énfasis en Suelos de América Latina*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pgs. 119-164.
- Fluck, R. C. 1996. Energy: The Hidden Input. En M.E. Swisher y A. Todd-Bockarie (eds.), *Evaluating Sustainability*. Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL. Pgs. 5-31.
- Gliessman, S. R. 1990. *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Springer-Verlag, New York, NY. Pgs. 16-20.
- Janzen, D.H. 1991. *Historia Natural de Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Pgs. 63-66.
- Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishing, New York, NY. Pg. 360.
- Lal R. 1987. *Tropical Ecology and Physical Edaphology*. John Wiley and Sons, Chichester, England. Pgs. 231, 260-284 y 423-441.
- McMichael, B.L. y J.L. Burke. 1996. Temperature Effects on Root Growth. Pgs. 383-396 en Y. Waisel, A. Eshel y V. Rafikafi (eds.), *Plants and Roots: The Hidden Half*. Marcel Dekker Inc., New York, NY. Pgs. 383-396.
- Moguel, J. y V. Toledo. 1996. El Café en Mexico, Ecología Cultura Indígena y Sustentabilidad. *Science* 43:43-51.
- Nixon, S.W., S.L. Granger y R. Nowicki. 1995. An Assessment of the Annual Mass Balance of Carbon, Nitrogen, and Phosphorus in Narragansett Bay. *Biochemistry* 31:15-61.
- Organización para Estudios Tropicales. 1998. *Productividad Energética y Retorno a la Inversión*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Perfecto, I. 1996. *Shade Coffee: A Disappearing Refuge for Biodiversity*. American Institute of Biological Sciences. <http://cgi-bin/cgiwrap/louisr-cgids//no18951495>.
- Purseglove, J.W. 1968. *Tropical Crops Dicotyledons 2*. John Wiley and Sons, New York, NY. Pgs. 464-471.
- Reijntjes, C., B. Haverkort y A. Waters-Bayer. 1994. *Farming for the Future: An introduction to Low External Input and Sustainable Agriculture*. MacMillan Press Ltd., London, England.
- Swisher, M. E. 1998. *Fauna del Suelo*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. Mimiografiado.
- Szott, L. 1995. *La Evolución de CO<sub>2</sub> de Suelo*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. Mimiografiado.
- Warkentin, B. 1995. The Changing Concept of Soil Quality. *Journal of Soil and Water Conservation* 50:226-228.
- Wilson, E. O. (ed.) 1988. *Biodiversity*. National Academy Press. Washington D.C., EE.UU. Pg. 14.

# Comparación de la Sostenibilidad Potencial de Dos Sistemas de Cultivo de Hortalizas en el Valle Central de Costa Rica

Verónica Cordero Plauchú, Enrique Dalmau Hevia, Martiano Moreta Matos,  
Yolanda Gpe. Nava Cruz, Victoria Reyes García,  
Óscar Sánchez Soto y Itavclerh Vargas Clemente

## Resumen

La actual implementación de enfoques sostenibles en la agricultura pone de manifiesto la necesidad de investigar más a fondo los sistemas agrícolas bajo una perspectiva agroecológica que vaya más allá del énfasis tradicional sobre el análisis costo-beneficio en la producción. En este estudio analizamos cuatro aspectos importantes en la ecología del agroecosistema y su potencial sostenibilidad a mediano y largo plazo; ecología, el suelo, productividad energética, retorno a la inversión y diversidad de insectos. Utilizamos entrevistas semiestructuradas y un muestreo sistemático en una parcela orgánica experimental (Po) y una parcela con manejo agrícola convencional (Pc). La macrofauna del suelo fue prácticamente inexistente en ambas parcelas. También determinamos una relación positiva de morfoespecies no dañinas en relación a las plagas potenciales. Po mostró valores superiores en la diversidad de morfoespecies y en la biomasa y longitud de raíces, sin embargo su productividad energética fue menor que en Pc. Por otro lado, los valores de CO<sub>2</sub> fueron más altos en Pc que en Po. A pesar de que los resultados obtenidos en la mayoría de las variables estudiadas respaldan el marco teórico de la evaluación de agroecosistemas, existieron dificultades para poder comparar las parcelas seleccionadas debido a las diferencias en los tipos de cultivo y las características físicas, así como a la reciente implementación del manejo orgánico en Po. Sugerimos que se tomen en consideración estas limitantes en el diseño de futuros estudios.

Palabras Claves: hortalizas, productividad energética, economía, suelos, diversidad biológica

Apoyo Técnico: Miki Swisher, Carlos Ugalde, Jennifer Powers, Juan Carlos Rodríguez, José Manuel Mora, Luis Acuña

---

---

## Introducción

La producción y consumo de hortalizas frescas a nivel mundial cobra cada día mayor importancia debido al papel que desempeñan las verduras y legumbres en la dieta familiar por su riqueza en vitaminas, sales minerales y fibras (Morales y Álvarez, 1995). Una dieta bien balanceada debe incluir la ingestión diaria de 300 g de hortalizas, lo que equivaldría a un consumo por cápita anual de 110 kg (Food and Agriculture Organization, 1989), siendo el nivel mínimo de consumo recomendado por esta organización de 200 g diarios. Estos niveles por cápita de hortalizas se logran solamente en países desarrollados como Italia (162 kg) y EE.UU. (105 kg). A pesar de que los niveles de consumo en Costa Rica son mucho más modestos (21.9 kg) y la tendencia actual no es al incremento, la horticultura tiene gran importancia en ciertas zonas del país.

Una de las principales zonas dedicadas a la horticultura

en Costa Rica es la ubicada en las faldas del Volcán Irazú, al norte de la Ciudad de Cartago, donde más de 2,000 productores se dedican a esta actividad (Tencio, 1998). Dicha área se ha caracterizado desde el tiempo de la colonia por su uso agrícola y actualmente su producción hortícola representa el 90% de la producción nacional. La producción hortícola de la región de Cartago se caracteriza por el uso intensivo de agroquímicas, con el que alcanzan más del 90% del total utilizado hortícolas de Costa Rica (Acuña, 1998). Estos niveles de uso de agroquímicas han ocasionado daños sociales y ambientales como contaminación de aguas e incidencia de cáncer gástrico, enfermedad para la cual Cartago ocupa el primer lugar en el mundo (Acuña, 1998).

Desde hace un par de décadas, científicos, agricultores, y activistas ambientales están intentando diseñar e implementar sistemas agronómicos alternativos. La agroecología, como disciplina científica, considera los

sistemas agrícolas como las unidades fundamentales de estudio, y en estos sistemas investiga y analiza ciclos de minerales, transformaciones energéticas, procesos biológicos y relaciones socioeconómicas de una manera holística. La investigación agroecológica no se orienta al estudio de la maximización de la producción, sino a la optimización de los agroecosistemas como un todo (Altieri, 1983).

La coexistencia actual de modelos convencionales y orgánicos en una misma región permite establecer comparaciones de la viabilidad económica y ecológica de ambos sistemas agronómicos. En el presente trabajo analizamos las relaciones entre cuatro aspectos que pueden ser importantes para entender la ecología del agroecosistemas y su potencial sostenibilidad a mediano y largo plazo. La ecología de suelos es considerado un indicador de la capacidad productiva de éstos (Lavelle et al. 1994). Algunos autores señalan que la pérdida de diversidad de insectos en los sistemas agrícolas revela su inestabilidad. El análisis de la productividad energética sugiere hasta qué punto el sistema productivo es dependiente de fuentes no renovables de energía, y por tanto no sostenible frente al agotamiento de combustibles fósiles (Klemas, 1998). Finalmente, el retorno a la inversión indica si el sistema productivo es rentable económicamente para el agricultor.

Escogimos dos parcelas de muestreo en la región de Cartago caracterizadas por diferencias en sus sistemas de manejo. La parcela orgánica (Po) pertenece a una finca experimental ubicada a 1600 msnm y forma parte del proyecto de capacitación del Instituto Nacional de Aprendizaje (INA). Hasta hace cinco años esta parcela estaba orientada a la producción ganadera. Tras unos años de abandono, en 1997 la parcela empezó a cultivarse de forma orgánica con hortalizas tales como lechuga (*Lactuca sativa*), vainica (*Phaseolus vulgaris*), cebolla (*Allium cepa*), remolacha (*Beta vulgaris*) y zanahoria (*Daucus carota*). La parcela de producción convencional (Pc), ubicada a 2050 msnm, forma parte del parcelamiento "La Esperanza". En los últimos 15 años estas tierras experimentaron una transformación en su uso, pasando de la ganadería lechera a la producción de hortalizas, mayoritariamente papa (*Solanum tuberosum*) y cebolla. Estos dos productos se obtienen en dos ciclos anuales que van de mayo a septiembre para el cultivo de la cebolla y de octubre a enero para la papa. Durante la estación seca, de enero a mayo, la tierra permanece en barbecho.

	Orgánica	Convencional
Promedio	18.6	6.4
Varianza	80.8	5.3
Des. Est.	8.9	2.3
Err. Exp.	0.22	0.36

Tabla 1. Estadísticas Descriptivas para los Insectos Capturados, Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

### Metodología

Realizamos entrevistas semiestructuradas y un muestreo sistemático en dos parcelas ubicadas al norte del cantón de Cartago, Valle Central. Las parcelas, de 1.4 ha (Pc) y 0.14 ha (Po), estaban separadas por 5 km de distancia. En Pc se trazó una línea en forma de "Z" cuya longitud fue de 282.5 m y su origen se situó en una esquina. La línea fue dividida en cinco partes para seleccionar los puntos de muestreo, que resultaron separados por una distancia de 56.5 m. Las pequeñas dimensiones y la forma irregular de Po obligaron a trazar dos transectos diagonales en forma de "V". La longitud total de estos transectos fue de 71 m, por lo que los cinco puntos de muestreo se ubicaron a una distancia de 14.2 m de separación.

Para conocer la biodiversidad de insectos en los diferentes microhábitats de los agroecosistemas estudiados utilizamos tres métodos con el propósito de capturar insectos con diferentes hábitos: redes de golpe (vegetación superficial), trampas de caída (suelo), y trampas aéreas (Barfield, 1996). Colocamos las trampas en los puntos de muestreo por 24 hr. Contamos e identificamos los artrópodos recogidos en ellas por morfotipos. Calculamos el índice de diversidad de Shannon-Wiener (Krebs, 1989) para conocer la riqueza de especies. Este índice hace énfasis en la contribución de cada una de las especies al total, es decir a la equidad (Fujisaca, 1998). Para contrastar la diversidad de artrópodos entre las parcelas utilizamos una prueba de t modificada para esto (Brower et al, 1989).

El análisis de la ecología de suelos incluyó la identificación de la macrofauna capturada, la medición de la longitud y biomasa de raíces, la toma de la temperatura del suelo y la estimación de liberación de CO<sub>2</sub> (Szott, 1995), como indicadores de su actividad biótica. Para la evaluación de la longitud de raíces tomamos muestras de 0 a 10 y de 10 a 20 cm de profundidad con un barreno de 10 x 10 x 10 cm (Anderson, 1996).

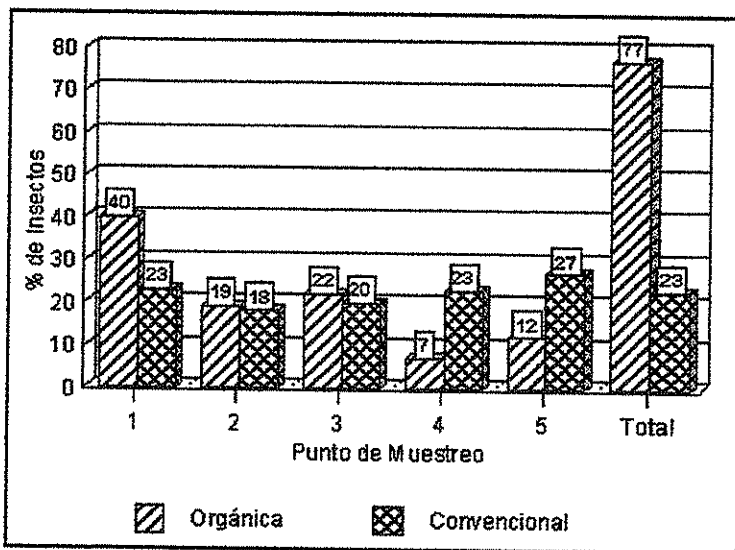


Figura 1. Abundancia Relativa de Insectos en Cada Punto de Muestreo y el Total en una Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

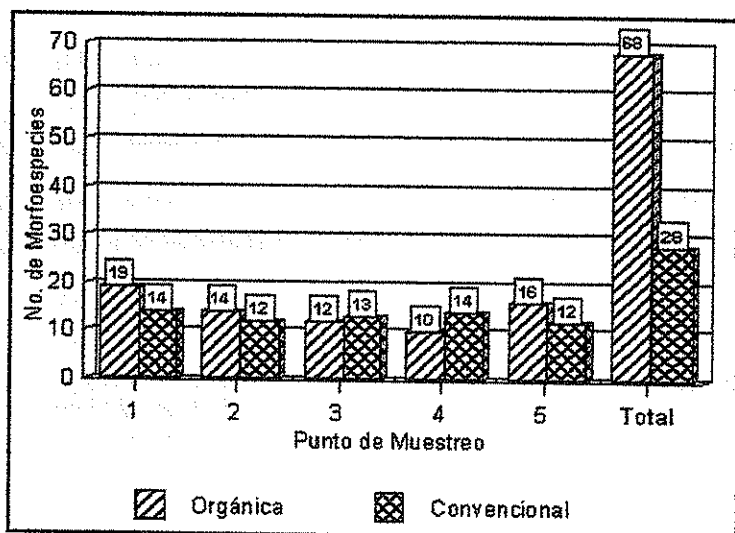


Figura 2. Número de Morfoespecies en Cada Uno de los Puntos de Muestreo y el Total en una Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

Obtuvimos los datos relativos a la entrada de energía y materiales en las parcelas así como a su productividad energética mediante entrevistas semiestructuradas. Recopilamos información sobre tipos, cantidades y precios de los insumos utilizados en cada parcela durante las diferentes etapas del cultivo. En ninguna de las parcelas tomamos en cuenta costos en infraestructura, costos sociales, ni costos de transporte. Obtuvimos la productividad energética mediante el cociente de los insumos, medidos en unidades energéticas (British ther-

mal units, Btu), entre la producción total, expresada en Kg (Leach, 1976; Fluck and Baird, 1980; Pimentel, 1980). Para calcular el retorno a la inversión realizamos un análisis costo-beneficio. Es importante aclarar que para poder realizar el análisis comparativo de producción energética y retorno a la inversión, asumimos algunos supuestos acerca de la parcela orgánica, ya que la producción de Po no tiene carácter comercial. Los precios de los productos se calcularon con base en el precio en finca de marzo de 1998 (Tencio, 1998).

### Resultados

Con relación a la riqueza de insectos por morfo-especie, en Po encontramos 68 especies y 325 individuos, mientras que en Pc los resultados son de 28 y 96 respectivamente. En Po el promedio de morfoespecies encontradas fue mayor que para Pc, con un error experimental de  $E=0.19$  para Po y  $E=0.14$  para Pc (Tabla 1). En ambas parcelas, el primer punto de muestreo, situado en el borde, presentó el mayor número de individuos y morfoespecies (Figuras 1 y 2). En ambos casos, la abundancia relativa de especies no dañinas fue mayor que la de especies dañinas, aunque en el caso de Pc la diferencia se acentuó (Figura 3). También encontramos una mayor diversidad de insectos en Po ( $H'=2.59$ ) que en Pc ( $H'=3.91$ ) ( $t=297.61$ ,  $g.l.=227.40$ ,  $p=0.05$ ).

Tanto en Po como en Pc la longitud de raíces fue mayor en los primeros 10 cm en comparación con ella hallada entre los 10 y 20 cm de profundidad (Tabla 2). Sin embargo, aunque el error muestral no fue muy alto para 0 a 10 cm ( $E=0.09$  para Po y  $E=0.16$  para Pc), el error fue alto para 10 a 20 cm ( $E=0.42$  para Po y  $E=0.40$  para Pc). La biomasa de raíces enseña la misma tendencia. En la parcela orgánica la longitud de raíces y la producción de biomasa en ambos niveles de profundidad fueron mayores que en la parcela convencional, aunque estos resultados pueden ser no muy confiables debido al alto error muestral (Tabla 2). La evolución promedio de  $CO_2$  fue mayor en Pc (Tabla 3), aunque el error muestral es alto, especialmente para la parcela orgánica ( $E=0.45$  para Po y  $E=0.26$  para Pc). Se registró

Longitud	Orgánica				Convencional			
	Promedio	Total	Des. Est.	Err. Exp.	Promedio	Total	Des. Est.	Err. Exp.
0-10 cm	2.4	12	1.01	0.09	0.23	1.17	0.21	0.42
10-20 cm	1.2	6	0.43	0.16	0.08	0.44	0.07	0.4
<b>Biomasa</b>								
0-10 cm	0.02	0.12	0.02	0.46	0.004	0.02	0.002	0.23
10-20 cm	0.01	0.07	0.01	0.32	0.001	0.009	0.001	0.46

Tabla 2. Longitud y Biomasa de Raíces, Estadísticas Descriptivas, Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

	Orgánica (mg/hr/m <sup>2</sup> )	Convencional (mg/hr/m <sup>2</sup> )
Promedio	13.4	20.8
Total	53.8	62.3
Des. Est.	13.3	10.7
Err. Exp.	0.49	0.26

Tabla 3. Evolución de CO<sub>2</sub> del Suelo, Estadísticas Descriptivas, Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

	Orgánica Promedio (oC)	Convencional Promedio (oC)
0-10 cm	13.4	20.8
10-20 cm	53.8	62.3

Tabla 4. Temperatura del Suelo, Estadísticas Descriptivas, Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

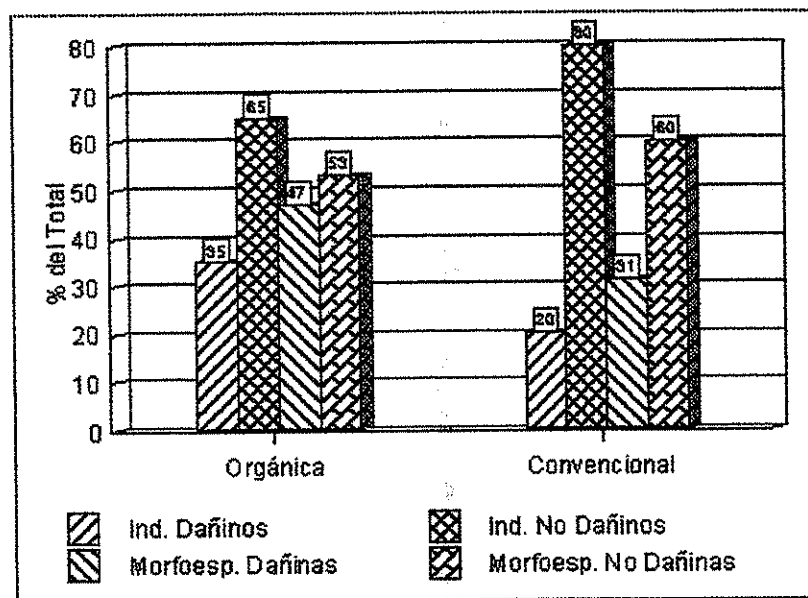


Figura 3. Abundancia Relativa de Insectos Dañinos en una Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

la concentración más alta en el primer punto de muestreo en la parcela convencional, aunque en Po observamos una mayor cantidad de CO<sub>2</sub> en el segundo punto de muestreo, en relación a los demás puntos de ambas parcelas. La densidad de macrofauna en el suelo de ambas parcelas fue casi cero, y en el punto de mayor densidad sólo registramos cuatro insectos (punto cuatro de Po). El promedio de la temperatura del suelo fue mayor en Po (Tabla 4).

Realizamos una serie de análisis de correlación que resultaron bajos con excepción del realizado entre la riqueza de especies y la abundancia de individuos en Po (Tabla 5). Por otra parte, en Pc los índices de correlación más altos los obtuvimos entre la riqueza de especies y la abundancia de individuos, riqueza de especies y longitud de raíces, así como abundancia de individuos y longitud de raíces. Es importante aclarar que los índices de correlación de la evolución de CO<sub>2</sub> en el caso de Pc no fueron considerados por carecer de un número mayor de muestras (Tabla 6).

La productividad energética es ligeramente mayor en Pc que en Po, pues aunque Po invierte menos Btu/ha, también produce menos Kg/ha. Por su

parte, el análisis económico demuestra que los ingresos netos de Po son considerablemente mayores que los de Pc, ya que sus ingresos brutos son ligeramente mayores y sus gastos menores (Tabla 7). La relación beneficio costo es de 3.2 para Pc y 8.2 para Po. La rentabilidad interna es de 220% para Pc y 720% para Po, por lo que el retorno a la inversión para Po es de 7.2 de retorno a la inversión, mientras que para Pc es de 2.2 (Tabla 8).



## Discusión

La diversificación de la producción, el uso de diferentes combinaciones y arreglo de cultivos en el terreno, la disminución en el uso de agroquímicos y los sistemas de labranza del suelo, entre otras, son prácticas fundamentales para mantener la biodiversidad y el equilibrio entre las poblaciones de insectos (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1996). En nuestro estudio los valores de la diversidad de insectos y la abundancia relativa obtenidos fueron más altos en Po que en Pc (Figuras 2 y 3), lo cual se relaciona con la diferencia en el manejo agrícola que se implementa en estas áreas. Mientras que en Po se emplean prácticas conservacionistas, en Pc se aplica una gran cantidad de agroquímicos. Además, en esta parcela no existe diversificación de cultivos, alternándose sólo cosechas de papa y cebolla en el ciclo anual. La utilización generalizada de productos químicos u orgánicos de amplio espectro de acción disminuyen la abundancia y la diversidad de especies (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 1996). Adicionalmente, el hecho de que en el área colindante a Pc existan más de 90 parcelas que emplean los mismos sistemas productivo genera un paisaje homogéneo en el entorno, lo cual podría estar mermando la población de artrópodos en el área.

El manejo del agroecosistema puede tener un impacto favorable en el desarrollo de los organismos plaga (Andrews, 1989). En éste sentido nuestros resultados revelan que la cantidad de individuos y número de morfoespecies no dañinas es mayor que las dañinas en ambos casos, salvo que en Pc la diferencia es mayor, favoreciendo a las no dañinas (Figura 3). Lo anterior puede ser resultado de dos factores, el uso de plaguicidas y el monocultivo de cebolla. Este cultivo puede favorecer la presencia de ciertas especies cuyas necesidades se adecuen a las características del microhabitat proporcionado, como lo demuestra un estudio de 150 ensayos realizados donde se obtuvo que el 53% de las plagas de insectos tuvieron mayor incidencia en los sistemas diversificados en relación con los monocultivos (Pérez, 1997).

Los valores de la media y la varianza en Po indican una distribución agrupada de los organismos en el ambiente. Los datos obtenidos en Pc señalan una distribución al

Variables	Orgánica	Convencional
No. de Morfoespecies x No. de Individuos	0.79	0.73
No. de Morfoespecies x Biomasa de Raíces	0.02	0.17
No. de Morfoespecies x Longitud de Raíces	-0.93	0.77
No. de Morfoespecies x Evolución de CO2	-0.61	0.99
No. de Individuos x Biomasa de Raíces	0.21	0.6
No. de Individuos x Longitud de Raíces	0.58	0.84
No. de Individuos x Evolución de CO2	-0.23	0.85
Biomasa x Longitud de Raíces	0.48	0.17
Biomasa de Raíces x Evolución de CO2	-0.42	0.91
Longitud de Raíces x Evolución de CO2	0.30	0.77

Tabla 5. Coeficientes de Correlación entre Cuatro Variables en una Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

Categoría Ecológica	Orgánica	Convencional
Epigéica	2	0
Epigéica o Anéica	0	0
Endogéica	1	1
Epigéica o Endogéica	0	0
Anéica o Endogéica	0	0
Otra	1	0
<b>Total de Morfoespecies</b>	<b>4</b>	<b>1</b>

Tabla 6. Clasificación Funcional de la Macrofauna en una Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

Insumo	Parcela Orgánica	
	Cantidad Colonos/Hora	Total Btu/Ha
Diesel	258.40	1,188,173
Mano de Obra	37,977.18	220,141,270
Tractor	18,568.00	892,142
Riego	59,593.50	21,034,592
Cal	7,200.00	1,000,341
Bocache	3,679.50	724,300
Compos	20,625.00	4,059,975
Semilla	37,607.42	367,936
<b>Total</b>	<b>185,509.00</b>	<b>49,408,728</b>
Insumo	Parcela Convencional	
	Cantidad Colonos/Hora	Total Btu/Ha
Alquiler Tractor	14,346	1,245,884
Mano de Obra	173,250	34,103,790
Fertilizante	79,286	16,576,060
Nematicida	79,929	707,307
Herbicida	5,464	129,615
Transporte	1,042	498,354
Semilla	65,260	3,341,001
<b>Total</b>	<b>418,577</b>	<b>56,601,804</b>

Tabla 7. Costos Económicos y Energéticos en una Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998

Factor	Orgánica	Convencional
Producción (Kg/Ha)	22,500	16,611
Ingresos Brutos (Colones/Ha)	1,350,000	1,521,092
Gastos Totales (Colones/Ha)	418,577	185,509
Ingresos Netos (Colones/Ha)	931,423	1,335,583
Total de Btu/Ha	56,157,282	49,408,728
Productividad Energética (Kg/Btu)	2,496	2,975
Relación Beneficio-Costo	3.2	8.2
Rentabilidad Interna	2.2	7.2

**Tabla 8. Productividad Energética y Retorno a la Inversión en una Parcela Orgánica y Convencional, Cartago, Costa Rica, 1998**

azaar (Tabla 1). Lo anterior puede ser debido a las diferencias en el manejo de las parcelas. En Pc se aplica una técnica de monocultivo que genera un microambiente homogéneo, lo que permite la presencia de insectos con ciertas restricciones adaptativas. En Po, por el contrario, encontramos un policultivo de siete especies que pueden generar diferentes microambientes propicios para una mayor diversidad de insectos, así como interacciones más complejas en el sistema.

Los resultados de las variables relacionadas con la ecología de suelos son coherentes entre sí. La poca liberación de CO<sub>2</sub> en ambas parcelas puede asociarse a la escasez de raíces, materia orgánica (hojarasca) y macrofauna ya que éstas constituyen factores importantes en el proceso de respiración del suelo. Uno de los factores que podría explicar los bajos niveles de CO<sub>2</sub> es el desequilibrio de la cadena trófica por la carencia de productores primarios que continuamente incorporan carbono al suelo, principalmente el proveniente de la hojarasca, que constituye la reserva activa de carbono. La macrofauna del suelo, termitas, gusanos y ciempiés entre otros, ingiere materia orgánica y la excreta en forma parcialmente descompuesta, la cual es entonces aprovechada por otros microorganismos del suelo, aumentando así los niveles de liberación de CO<sub>2</sub>. Otro de los factores que podría influir en los resultados de CO<sub>2</sub> es el bajo nivel de biomasa de raíces encontrado en ambas parcelas (Killham, 1994). Las prácticas de manejo agrícola hacen suponer que en Pc había mayor circulación de aire a través de la microestructura del suelo, lo que podría contribuir al incremento de CO<sub>2</sub>. Además una reciente fertilización realizada en Pc pudo haber contribuido a la activación microbiana de los nemátodos del suelo, lo que también pudo haber contribuido con la liberación de CO<sub>2</sub> (Parton et al., 1984). El hecho de que el segundo punto de muestreo en Po

registrara la concentración más alta de CO<sub>2</sub>, lo asociamos al cultivo de vainica, dado que se trata de una leguminosa que podría estar enriqueciendo el microambiente con nitrógeno y de manera indirecta incrementando la producción de CO<sub>2</sub> a través de estimular la actividad microbiana.

La mayor longitud de raíces y producción de biomasa en los primeros 10 cm de profundidad de Po se debe principalmente a que el sistema radicular de las hortalizas por su naturaleza es poco profundo. La producción mínima de biomasa encontrada en el estrato de 10 a 20 cm de profundidad se puede explicar por el antecedente de pastos en la zona. El patrón de distribución de raíces se puede explicar por el hecho de que la parcela tenía un monocultivo de cebolla en su etapa inicial de crecimiento, razón por la cual el sistema radicular fue mínimo y superficial. La biomasa que aparece se debe principalmente a los residuos que quedaron de la cosecha anterior del cultivo de papa.

Lo anterior se confirma con los análisis de correlación, que en términos generales, muestran muy poca dependencia entre los indicadores utilizados, salvo para el caso de la relación entre la riqueza de especies y la abundancia de individuos, en los que se observa una tendencia creciente. Este resultado también puede apoyar la teoría de que un incremento en la diversidad de cultivos incide directamente en el aumento de la riqueza y abundancia de la fauna asociada. Por otro lado, la poca correlación entre la biomasa y la longitud de raíces en ambas parcelas puede explicarse por el hecho de que, debido a la escasez de raíces, se midieron indistintamente las raíces finas y las gruesas, incrementando estas últimas el peso obtenido, por lo que la relación longitud-peso quedó alterada.

Los resultados obtenidos en el análisis de productividad energética y retorno a la inversión indican que Pc es más eficiente energéticamente mientras que Po es más eficiente económicamente. Existe una relación inversa entre la productividad energética y el retorno a la inversión, ya que la parcela que es más eficiente energéticamente (Pc) tiene un menor retorno económico, mientras que la parcela con una mayor eficiencia económica (Po), tiene una rentabilidad energética menor. Estos resultados son contrarios a otros estudios encontrados en la literatura sobre el tema, en los que los

agroecosistemas que reciben menos insumos agroindustriales son más eficientes energéticamente (Leach, 1976; Pimentel 1984). Según Pimentel (1984), la producción manual de maíz en los EEUU es de tres a cuatro veces más eficiente energéticamente que la producción industrializada. Su estudio demuestra que con prácticas que incluyen la conservación de suelo, la aplicación de fertilizantes orgánicos, la reducción de insumos en los tractores y la rotación de cultivos, es posible reducir los insumos de energía fósil en el proceso agrícola en un 40% sin reducir la cosecha.

El hecho de que la productividad energética sea ligeramente mayor en Pc que en Po puede ser explicado por varios factores. En primer lugar, Po solamente ha estado produciendo bajo un manejo orgánico durante un año. La literatura sobre agricultura ecológica señala que la transición a un sistema agroecológico se inicia con una etapa de baja eficiencia energética debido a la alteración del sistema anterior (Acuña, 1998). En segundo lugar, una de las características de las fincas orgánicas, como Po, es la producción en policultivo, lo cual dificulta la comparación en términos energéticos con un monocultivo, como Pc (Vandermeer, 1989, describe las dificultades para este tipo de comparación). En tercer lugar, Po utiliza un maquinaria agrícola (tractor) en la preparación de sus terrenos, lo que incrementa su balance energético. Finalmente la utilización del riego y el cálculo de la depreciación de la maquinaria, sólo existente en Po, incrementan los montos totales de Btu/ha en esta parcela.

En comparación con Pc, la mayor rentabilidad económica de Po se puede explicar por las siguientes razones. Primero, Pc produce únicamente cebolla, que según los datos obtenidos, es la hortaliza que más mano de obra requiere, lo que incrementa sus costos económicos de producción. En Po, a excepción de la cebolla, que sólo representa el 30% del área cultivada, el resto de hortalizas tiene una menor demanda de mano de obra. Segundo, el análisis costo-beneficio de Pc señala que el uso de productos químicos (fertilizantes, nematicidas y herbicidas) incrementa considerablemente los costos económicos, lo que disminuye sus ganancias monetarias. En Po estos costos son bajos ya que el sistema utilizado para la producción de abonos orgánicos es poco intensivo en mano de obra y no requiere la compra de materia prima que se puede obtener de desechos de otras fincas. Finalmente, debemos tener en cuenta que para calcular los ingresos por venta de los productos de

Po, se asumió que la producción total de la parcela iba a ser comercializada; sin embargo, en el campo se observó que muchos de estos productos no alcanzaban la calidad comercial.

En el caso de la producción de hortalizas, el principal inconveniente de los análisis energético y económico es la dificultad encontrada en comparar la producción de una parcela convencional, dedicada al monocultivo, con una parcela orgánica en donde hay diversidad de cultivos. Por lo tanto, para hacer comparables las producciones de ambas parcelas fue necesario extrapolar las extensiones y producciones de cada una de ellas a kg/hectárea. Una de las principales ventajas que ofrece esta metodología es que permite un análisis de los costos relativos de los elementos del sistema en diferentes unidades. Este análisis es importante a la hora de proponer cambios que hagan más eficiente los sistemas productivos. Para poder usar los estudios de productividad energética y retorno a la inversión como indicadores de sostenibilidad, es necesario que las unidades comparadas sean más homogéneas en sus características productivas, y que se incluyan otros aspectos que en este estudio fueron omitidos, tales como los costos sociales, de infraestructura, de conservación de suelos, etc.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos en la mayoría de las variables estudiadas respaldan el marco teórico de la evaluación de agroecosistemas. Los efectos observados en la parcela de producción convencional (baja diversidad y densidad de artrópodos, escasez de raíces y macrofauna en el suelo, y baja rentabilidad económica debido al alto costo de los agroquímicos y la mano de obra) coinciden con los descritos en la literatura sobre el tema. Sin embargo, los resultados de los análisis energético y la evolución de CO<sub>2</sub> en el suelo no concuerdan con lo sugerido en estudios similares. Estas discordancias, junto con las dificultades encontradas para poder comparar las parcelas seleccionadas (diferencias en los tipos de cultivo, en las características físicas, y reciente implementación del manejo orgánico en Po), debilitan la confiabilidad de los resultados obtenidos. Para mejorar este tipo de evaluación de agroecosistemas, sugerimos que se tomen en consideración estas limitantes en el diseño de futuros estudios.

Nuestros resultados evidencian la necesidad de pro-

mover programas agroecológicos orientados a la mejora de la salud, la productividad, y el desarrollo social vinculados a los cultivos hortícolas en la región de Cartago. A través de este ensayo también pudimos dimensionar realmente la importancia que constituye el planteamiento de una evaluación integral de los agroecosistemas, dado que un enfoque reduccionista, en donde se enfatizan solamente algunas variables del sistema, puede llevar a conclusiones parciales y erróneas alrededor de la conveniencia de su práctica.

Finalmente, debido al carácter educativo de Po, recomendamos la implementación de medidas mejoradoras de suelo. Sugerimos especialmente la incorporación de materia orgánica e instalación de especies leguminosas como el maní forrajero que además de proteger contra la erosión fija nitrógeno atmosférico y crea un ambiente especial para la actividad microbiana.

#### Literatura Citada

- Acuña, L. 1998. Comunicación personal. Cartago, Costa Rica.
- Altieri, M. 1983. *Agroecology: The Scientific Basis of Alternative Agriculture*. University of California, Berkeley, California. 139.p.
- Anderson, J.M. y J.S. Ingram. 1996. *Tropical Soil Biology and Fertility*. CAB International, London, UK. Pp. 136-137.
- Andrews, K.I., A. B. King y J. R. Quesada. 1989. *Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro*. Dept. de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana, Tegucigalpa, Honduras. Pg. 62.
- Barfield, C. 1996. *Evaluating Sustainability. Biodiversity*. Florida Cooperative Extension Service, Universidad de Florida, Gainesville, FL. Pp. 11-15.
- Brown, E.J., H.J. Zar y C.N. von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Publisher, Chicago, IL. Pp 158-162.
- Fernández, L., J.B, Ramirez, M. Santana, A. Bonilla, E. Huntley y D. Toffoli. 1997. Análisis de Sostenibilidad Potencial en Dos Sistemas para la Producción de Hortalizas en el Valle Central de Costa Rica. Pag. 9-16 en M.E. Swisher, J.M. Mora y J.C. Rodríguez, *Memorias del Curso Agroecología 97-7*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Fluck, R. C. y C. Baird. 1980. *Agricultural Energetics*. AVI Publishing Co., Westport, CT. Pg. 192.
- Food and Agriculture Organization. 1989. *Hojas de Balance de Alimentos. Período 1986-1988*. Oficina de la Organización para la Alimentación y la Agricultura, Roma, Italia.
- Fujisaca, S., G. Escobar G. Venckhas. 1998. Plant Community Diversity Relative to Human Land Uses in an Amazon Forest Colony. *Biodiversity and Conservation* 7:41-57.
- Killham, K. y R. Foster, R. 1994. Soil Ecology. Pg. 89-150 en J.L. Hatfield y B. Stewart (eds.), *Soil Biology: Effects on Soil Quality*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Klemas, L. s.f. *Combustion en el Bosque Húmedo: Ecología, Economía y Energía para un Ambiente Sostenible*. <http://www.geocities.com/combusem/INDSP.HTM>.
- Krebs, Ch. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row, New York, NY. Pp: 360-378.
- Leach, G. 1976. Energy and Food Production. IPC Science and Technology Press, Guilford, UK. 137 pg.
- Lavelle, P., C. Dangerfield, V. Fragoso, D. Eschenbrenner, B. Lopez-Hernandez, V. Pashanasi y L. Brussad. 1994. The Relationship between Soil, Macrofauna and Tropical Soil Fertility. Pg. 137-169 en P.L. Womer y M.J. Swift, *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Awileg-Sayee Publications, New York, NY.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. 1996. *Agricultura Conservacionista: Un Enfoque para Producir y Conservar*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. 89 pg.

- Morales, C. A. y S.J. Alvarez. 1995. Producción Biointensiva de Hortalizas. *Agricultura Orgánica* 3:13-16.
- Parton, W., R.L. Sanford, P.A. Sanchez y J.W. Stewart. 1984. Modeling Soil Organic Matter Dynamics in Tropical Soil. Pp 153-171 en C.D. Coleman, J.M. Oades y G. Uehara (eds.), *Dynamics of Soil Organic Matter in Tropical Ecosystems*. NIFTAL Project, University of Hawaii, Honolulu, HA.
- Pérez, C.N. 1997. *Biodiversidad y Manejo de Plagas*. Documento preparado para la maestría de agroecología a distancia, Instituto Superior de Ciencias Agropecuaria de la Habana, Cuba.
- Pimentel, D. 1984. Energy Flow in Agroecosystems. Pg. 121-132 en B.R. Lowrance y G.J. House (eds.), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. John Wiley & Sons, New York, NY.
- Pimentel, D. (ed). 1980. *Handbook of Energy Utilization in Agriculture*. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL. 457 pg.
- Szott, L.T. 1995. *Evolución de CO<sub>2</sub> del Suelo*. Documento preparado para el curso de Agroecología de la Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Tencio Camacho, R. 1998. *Aspectos Económicos de los Principales Cultivos de la Región de Cartago*. Ministerio de Agricultura y Ganadería de Costa Rica. Manuscrito.
- Vandermeer, J. 1989. *The Ecology of Intercropping*. Cambridge University Press, New York, NY. Pp 15-28.



# 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 aparcamiento 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 atmósfera.

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

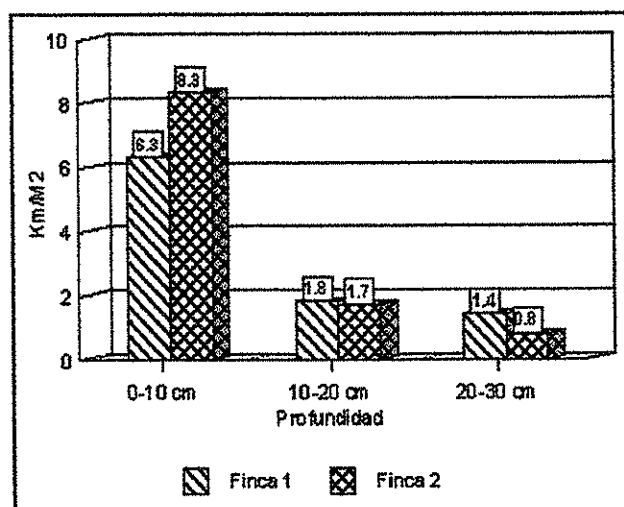


Figura 1. Longitud de Raíces en Dos Fincas Lecheras, Cartago, Costa Rica, 1998 (km/m<sup>2</sup>)

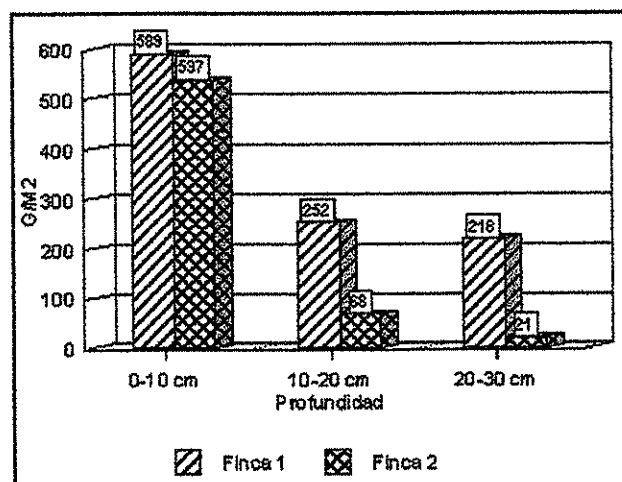


Figura 2. Biomasa de Raíces en Dos Fincas Lecheras, Cartago, Costa Rica, 1998 (g/m<sup>2</sup>)



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>
<b>Ingresos Brutos</b>	<b>920.00</b>	<b>1,664.36</b>
<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>
<b>Producción de Lecha (lt/ha)</b>	<b>4,067</b>	<b>7,333</b>
<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 radiculares y estos aumentaban con la profundidad. La F1 tuvo pocos pelos radiculares 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 el 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. Históricamente 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. Bezdicsek 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.



# Módulo 2

# Agroecosistemas y Ecosistemas Naturales

## La Selva

---



# Caracterización de los Patrones de Aclimatación de una Especie con Potencial Forestal, *Pentaclethra macroloba*, a Diferentes Ambientes en la Estación Biológica de La Selva

Dora M. Alvarez Caro, Byron Córdova Mollinedo, Jorge Cruz López, Cesar Guillen Sánchez, Erivelio Hernández Acosta, Viki Reyes-García

## Resumen

En la actualidad, el aumento de actividades antropogénicas como la deforestación y la agricultura ha ocasionado una ampliación constante de la frontera agrícola y el establecimiento de condiciones ambientales poco favorables para aquellas especies con baja capacidad de adaptación. La apertura y cierre de los estomas constituye uno de los mecanismos homeostáticos de adaptación de las plantas a cambios en factores microclimáticos como luz, temperatura del aire, humedad relativa y temperatura del suelo. Este trabajo estudia cambios en la transpiración de *Pentaclethra macroloba* bajo tres sistemas (monocultivo, policultivo y bosque) en condiciones de sol y sombra, como respuesta de esta especie a variaciones en factores microclimáticos. Recogimos datos de individuos en plantaciones y en bosque natural de la Estación Biológica de La Selva, cantón Sarapiquí, Costa Rica, mediante el uso de un autoporómetro. Aplicamos un análisis de varianza de dos vías con réplicas y encontramos que existen diferencias entre el tipo de siembra y el sitio de cultivo en que se encuentran los individuos. La regresión lineal simple indicó que la relación entre la luz y la transpiración es más alta en el bosque, mientras que en el monocultivo y policultivo al incrementar la luz se reduce la tasa de transpiración debido a la limitada disponibilidad de agua para la planta. Encontramos que *Pentaclethra macroloba* posee una alta capacidad de sobrevivir bajo condiciones microclimáticas variables por lo que puede considerarse una especie con alto potencial para ser manejada en sistemas alterados y para la recuperación de áreas degradadas.

Apoyo Técnico: Miqui Swisher, Walter Marin, Elizabeth Braker

Palabras Claves: agroecología, agroforestería, transpiración, *Pentaclethra macroloba*, luz, ecofisiología

## Introducción

La dinámica natural que mantiene el balance de la diversidad biológica dentro del bosque (apertura del dosel y regeneración) se ve afectada por la magnitud y frecuencia de los impactos humanos sobre sus componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos. En la actualidad, el aumento de actividades antropogénicas como la deforestación y la agricultura, ejercidas extensivamente y sin un plan de ordenamiento territorial, ha ocasionado una ampliación constante de la frontera agrícola, expresada en la reducción acelerada de la cobertura boscosa. Estas actividades se traducen en el establecimiento de condiciones ambientales menos favorables para el desarrollo de aquellas especies con menor capacidad de aclimatación ante nuevos ambientes.

Se estima que factores microclimáticos como luz, temperatura del aire, humedad relativa, y temperatura

del suelo están estrechamente relacionados y ejercen influencia directa e indirecta en la dinámica del bosque (Jones, 1985; Clark y Clark, 1987). En los bosques tropicales, se ha estudiado principalmente la influencia de la dinámica de aperturas naturales sobre las diferentes características biológicas de las especies de árboles y se ha demostrado que las plantas poseen diversos mecanismos fisiológicos que les permiten tolerar hasta cierto grado los diferentes niveles de variabilidad de los factores bióticos y abióticos de su entorno.

Los estomas son células especializadas que, mediante un mecanismo de apertura y cierre, se encargan de la regulación del intercambio de vapor de agua de las hojas y CO<sub>2</sub> de la atmósfera. Estas células se localizan en la epidermis de las hojas y constituyen un mecanismo homeostático que ayuda en el proceso de adaptación de las plantas a su hábitat. La sensibilidad de los estomas a factores ambientales y fisiológicos les permite

optimizar el equilibrio entre las pérdidas de agua y la toma de CO<sub>2</sub> para la fotosíntesis (Jones, 1983).

El movimiento estomático varía en función de factores genotípicos y ambientales. Genotípicamente, las diferentes especies presentan una amplia variabilidad por lo que respecta a la cantidad y tamaño de los estomas. Las especies de bosque húmedo en general tienen un promedio de menor resistencia estomática al compararlas con especies de clima templado (Jones, 1983). La variabilidad ambiental en el movimiento estomático depende de factores climáticos, de factores relativos a la hoja (posición, edad y condiciones de crecimiento) y de las interacciones entre estos elementos. Para algunos autores (Jones, 1983; Chazdon, 1987), la luz es el factor ambiental con mayor influencia en la apertura de los estomas, ya que el aumento de radiación es aprovechado por las plantas para incrementar sus niveles de fotosíntesis, por lo que la necesidad de entrada de CO<sub>2</sub> aumenta. Para otros autores (Raven, 1981) el factor que más influye en la resistencia estomática es la pérdida de agua, ya que los estomas tienden a cerrarse cuando disminuye el potencial de agua en la hoja. Finalmente, también se consideran otros factores que afectan de forma directa el movimiento estomático, como el aumento de la concentración de CO<sub>2</sub> en los espacios intercelulares (Raven, 1981), la humedad relativa en el ambiente y la temperatura por encima de un ámbito normal (30 a 35 °C). De los factores anteriormente descritos, la escasez de agua no se presenta como el factor determinante del movimiento estomático en los bosques tropicales, mientras que la amplia gama de regímenes lumínicos, que oscilan desde la intensa sombra en el sotobosque hasta la fuerte irradiación en el dosel superior y los grandes claros, ha sido considerado como el principal factor determinante del movimiento estomático en especies de los bosques tropicales (Clark y Clark, 1987).

Entender las respuestas de las plantas a los diferentes ambientes, naturales y manejados, puede ayudar a diseñar mejores estrategias de manejo. En este sentido, los objetivos de este estudio son entender como el uso de la tierra para actividades agrícolas afecta directa e indirectamente los ecosistemas naturales en un paisaje local, generando cambios microclimáticos que pueden afectar las especies naturales; explicar las causas de estos impactos; y ganar experiencia en el uso de métodos útiles para el estudio de ecosistemas naturales.

## Metodología

Realizamos un estudio en la Estación Biológica La Selva de la Organización para Estudios Tropicales (OET), localizada en la confluencia de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, del cantón de Sarapiquí en la provincia de Heredia, Costa Rica (10° 23' N, 84° 59' W). La estación cuenta con una extensión territorial de 1,536 ha (De la Fuente, 1995) y se encuentra dentro de la zona de vida clasificada como bosque húmedo tropical (Holdridge et al., 1971). La estación biológica limita al sur con el Parque Nacional Braulio Carrillo, al norte con la confluencia de los ríos Puerto Viejo y Sarapiquí, y al este y oeste con los ríos Guácimo y Peje respectivamente. La zona presenta una precipitación anual de 4,014 mm, con promedios mensuales que fluctúan entre 156 y 503 mm. La temperatura promedio anual es de 25.4° C (Peralta et al., 1987).

Realizamos la investigación en las plantaciones del proyecto PLAGAS (sendero Tres Ríos y Atajo) y en el bosque natural circundante (sendero Cantarrana y Experimental Sur). La plantación fue establecida en 1993 con plántulas de las especies nativas *Pentaclethra macroloba* (Mimosaceae), *Stryphnodendron microstachyum* (Papilionaceae), *Virola koschnyi* (Myristicaceae), *Vochisia ferruginea* (Vochysiaceae), y *Hyeronima alchornioides* (Euphorbiaceae). La plantación fue diseñada bajo el modelo de bloques discontinuos y se encuentra dividida en dos grandes áreas compuestas por ocho bloques. Cada bloque incluye un tratamiento principal, sembrado en sol y en sombra, y un tratamiento secundario en el que encontramos las cinco especies en un policultivo (Marquis, 1993; Braker, 1998). Los bloques no son contiguos y la distribución de las parcelas se hizo de tal forma que la mitad de cada tratamiento ha sido distribuido de tal forma que la mitad de sus ellos quede al sol y la otra mitad a la sombra.

De las cinco especies sembradas, escogimos la que presentaba mayor sobrevivencia, *P. macroloba*. Este árbol es el más abundante en la mayoría de los bosques lluviosos de la costa Atlántica de Costa Rica (Hartshorn, 1972). Es una especie nodular de la familia de las Mimosaceas con hojas compuestas y bipinnadas, que se caracteriza por movimientos nictinásticos. Estudios demográficos demuestran que es una especie de sucesión tardía, aunque con cierto grado de tolerancia a la radiación (Oberbauer y Strain, 1985).



Nuestro propósito fue determinar la influencia de algunas variables ambientales en el comportamiento de *P. maculosa*, comparando tres microclimas. El diseño de muestreo empleado consistió en dos tratamientos: tipo de siembra (monocultivo, policultivo y bosque) y ambiente (sombra y sol). Cada tratamiento consistió en tres réplicas (parcelas) con doce muestras cada una (cuatro medidas por tres árboles diferentes). Como la resistencia estomática varía con la edad de la hoja y su condición (Jones, 1983), escogimos las hojas de edad intermedia y en buenas condiciones (sin herbivoría, presencia de plagas, etc.).

Consideramos como variables independientes los factores ambientales y como variable dependiente la respuesta de la hoja. Medimos la cantidad de luz recibida a nivel de lámina foliar en Quantum ( $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ ) y la temperatura del ambiente. La temperatura del suelo y el contenido de materia orgánica (hojarasca) se midieron como indicadores de la relación de evapotranspiración de la planta y el aporte al reciclaje de nutrientes. Complementamos los datos cuantitativos con una evaluación cualitativa de la parcela, describiendo algunas características como pendiente, tipo de materia orgánica y cobertura vegetal del suelo (e.g. pastos). Las variables dependientes fueron la resistencia estomática a la difusión ( $\text{s cm}^{-1}$ ), la transpiración ( $\mu\text{g cm}^{-2} \text{s}^{-1}$ ) y la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) de la hoja. Las medidas las tomamos con un autoporómetro LI-COR Inc., modelo LI-1600.

Utilizamos un análisis de varianza de dos vías con réplicas para conocer las respuestas en los niveles de transpiración de *P. maculosa* en los dos tratamientos: tipo de siembra (monocultivo, policultivo y bosque) y tipo de ambiente (sol y sombra). Calculamos una regresión lineal simple entre la transpiración (variable dependiente) y la luz (variable independiente) para identificar con mayor detalle las relaciones entre estas variables.

### Resultados

El diseño experimental se vió ligeramente modificado una vez en el campo. Algunas de las parcelas seleccionadas en el diseño habían sufrido una gran mortalidad, por lo que tuvieron que ser sustituidas por otras con mayor número de individuos. Adicionalmente, la recolección de datos se realizó en dos días. Los datos relativos a la siembra en monocultivo y policultivo fueron

recolectados en un día lluvioso, mientras que los datos relativos al bosque fueron recolectados en un día de luz. Finalmente, la resistencia estomática no fue considerada como variable dependiente por la falta de datos para algunas de las muestras.

Mediante la evaluación cualitativa se observó que en las parcelas de policultivos hubo una gran mortalidad de todas las especies menos *P. maculosa* y *Stryphnodendron microstachyum*, siendo las parcelas de policultivos al sol las que en general sufrieron mayor mortalidad e invasión por gramíneas. Algunas parcelas estaban situadas en terrenos ligeramente inclinados, lo que pudo ser un factor a tener en cuenta en el establecimiento de las especies (Tabla 1).

En las parcelas de policultivos y bosque encontramos mayores niveles de hojarasca en los ambientes de sombra que en los de sol. El bosque al sol presentó el promedio más alto de todos los ambientes, con hojarasca proveniente de árboles de hoja grande y ancha. Con respecto a la totalidad de los ambientes, encontramos los menores niveles de hojarasca en el monocultivo al sol, mientras que en el monocultivo a la sombra encontramos un promedio mayor a los encontrados en el monocultivo al sol y a los policultivos al sol y la sombra (Figura 1).

En cuanto a los datos relativos a la temperatura de la hoja y la temperatura del aire, encontramos resultados similares en las parcelas ubicadas a la sombra y al sol (Figuras 2 y 3, Tabla 1 del Anexo). En promedio, la temperatura del aire fue ligeramente mayor que la temperatura de la hoja en todos los ambientes menos en los de bosque, donde presentaron valores iguales. En los ambientes al sol, los promedios de la temperatura de la hoja y del aire fueron mayores en el bosque que en el monocultivo y el policultivo. En general, la temperatura de la hoja presentó poca variación entre los policultivos y los monocultivos, encontrándose mayor variación en el bosque.

Encontramos variaciones más significativas en la luz que en el resto de variables. El promedio de luz más bajo se encontró en los monocultivos a sol y sombra y en el policultivo a la sombra ( $x=6$ ), los valores intermedios en el bosque a la sombra ( $x=9$ ) y el policultivo al sol ( $x=13$ ), y el valor promedio más alto en el bosque al sol ( $x=26$ , Figura 4). Aunque el monocultivo y el policultivo presentaron valores promedios similares, la

Proceso	Monocultivo en Sol	Monocultivo en Sombra	Policultivo en Sol	Policultivo en Sombra	Bosque al Sol	Bosque a la Sombra
Energía Radiante (mmol/s/m <sup>2</sup> )	Promedio=6 Bajo con respecto a policultivo en sol y bosque al sol	Promedio=6 Bajo con respecto a policultivo en sol y bosque al sol	Promedio = 13 Alta con respecto a monocultivo, policultivo y bosque a la sombra; bajo con respecto al bosque al sol	Promedio = 26 Más alta de todas	Promedio = 9 Bajo con respecto a bosque y policultivo al sol	Promedio = 9 Baja con respecto a bosque y policultivo al sol
Transpiración (mg/cm <sup>2</sup> /s)	Promedio=0.68 Menor que el bosque	Promedio=0.9 Menor que el bosque	Promedio=0.45 Menor que el bosque	Promedio=0.60 Menor que el bosque	Promedio=11.47 Más alta que los demás cultivos y ambientes	Promedio=7.9 Más alta que los demás cultivos y ambientes pero más baja que el bosque al sol
Temperatura de la hoja (°C)	Promedio=25	Promedio=26	Promedio=25.8	Promedio=25.5	Promedio=27	Promedio=26.5
Temperatura de aire (°C)	Promedio=25.5	Promedio=26.5	Promedio=26	Promedio=26	Promedio=27	Promedio=26.5
Reciclaje de Nutrientes	Bajo	Bajo	Intermedio	Intermedio	Alto	Alto
Temperatura de Suelo (°C)	Promedio=22	Promedio=22	Promedio=22	Promedio=22	Promedio=22	Promedio=22
Disponibilidad de Agua	Baja	Baja	Intermedia	Intermedia	Alta	Alta
Evaporación	Alta	Alta	Intermedia	Intermedia	Baja	Baja

Tabla 1. Comparaciones de las Condiciones Microclimáticas y Respuesta Fisiológica de *Pentaclethra macroloba* en Sistemas Forestales y de Bosque en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

variación en los datos fue mayor en el monocultivo. En general, encontramos una menor varianza en el ambiente de bosque que en el resto de los ambientes. También recolectamos datos relativos a la intensidad de la luz en los ambientes de sol y sombra en un día soleado. El monocultivo y el policultivo a la sombra presentaron promedios muy altos en comparación con los datos obtenidos en el día nublado (18 y 32 respectivamente), pero considerablemente menores a los datos obtenidos en las parcelas de sol (84 y 95). Estos datos son también mayores que los obtenidos en las parcelas de bosque (Tabla 2 del Anexo).

En las parcelas de sol y sombra la tasa de transpiración presentó un comportamiento similar. El promedio de transpiración fue más alto en los ambientes de bosque, principalmente en el bosque al sol (Figura 5). El pro-

medio de transpiración más alto que encontramos fue de 11.4 que corresponde a claros en el bosque, mientras que el valor más bajo corresponde al policultivo al sol y fue de 0.47. La varianza en los datos de transpiración fue considerablemente mayor en los ambientes de bosque que en los monocultivos y policultivos.

En el análisis de varianza obtuvimos diferencias en la transpiración en función de los tratamientos y los ambientes ( $p < 0.01$ ;  $g.l. = 2, 198$ ;  $F = 11.2$ ). Mediante la regresión lineal simple encontramos que la relación entre la luz y la transpiración es más alta en el bosque que en el monocultivo y el policultivo, donde al incrementar la luz se reduce la tasa de transpiración (Figura 6). En los sistemas forestales los incrementos de luz tienden a tener poco efecto sobre los niveles de transpiración (Figuras 5 y 6).

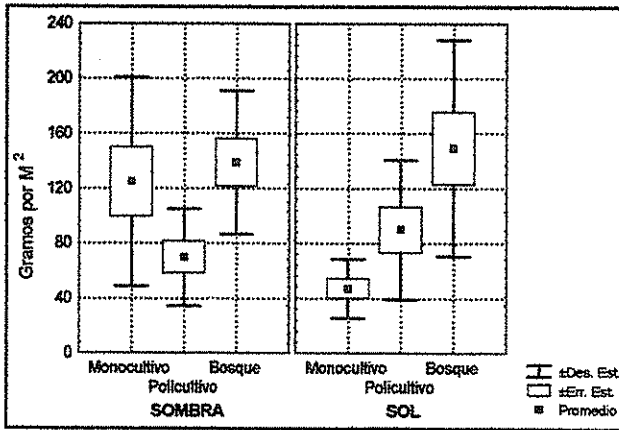


Figura 1. Contenido de Hojarasca en los Diferentes Tipos de Siembra Bajo Distintas Condiciones de Luz y Sombra en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

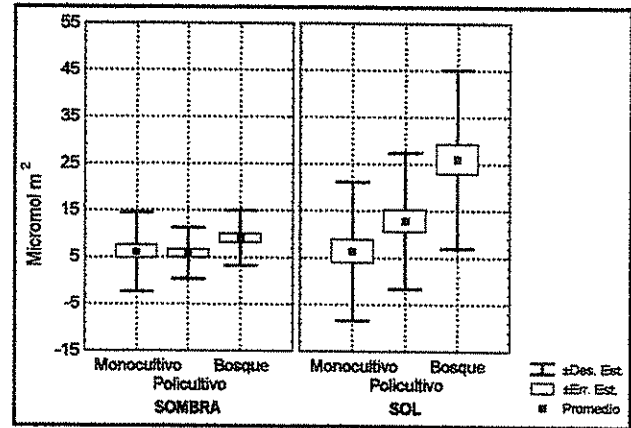


Figura 4. Incidencia de Luz en los Diferentes Tipos de Siembra Bajo Distintas Condiciones de Luz y Sombra en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

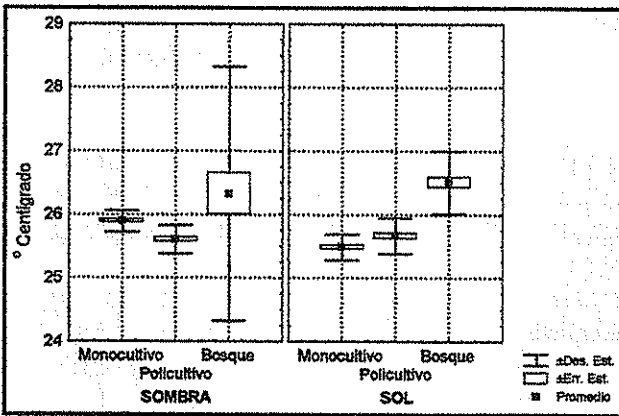


Figura 2. Temperatura de la Hoja en los Diferentes Tipos de Siembra Bajo Distintas Condiciones de Luz y Sombra en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

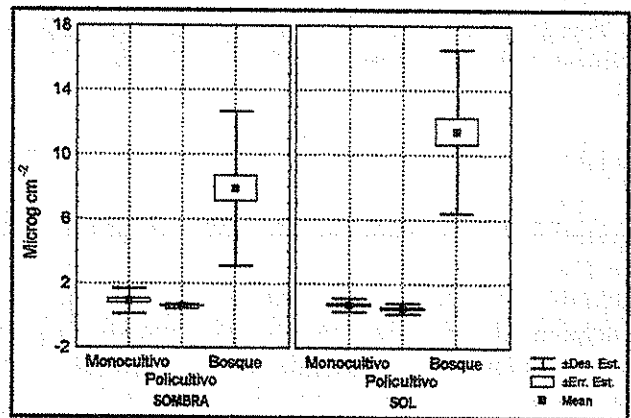


Figura 5. Respuestas de Transpiración en los Diferentes Tipos de Siembra Bajo Distintas Condiciones de Luz y Sombra en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

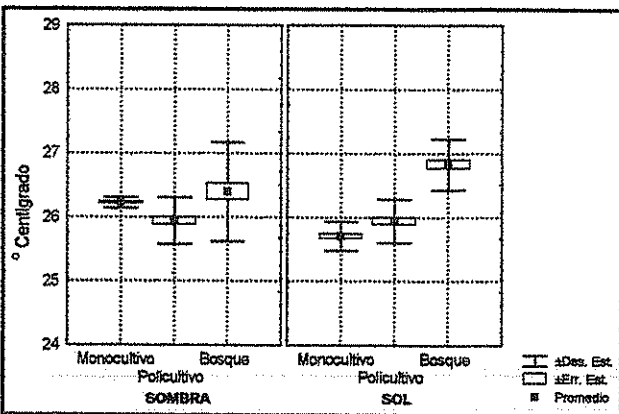
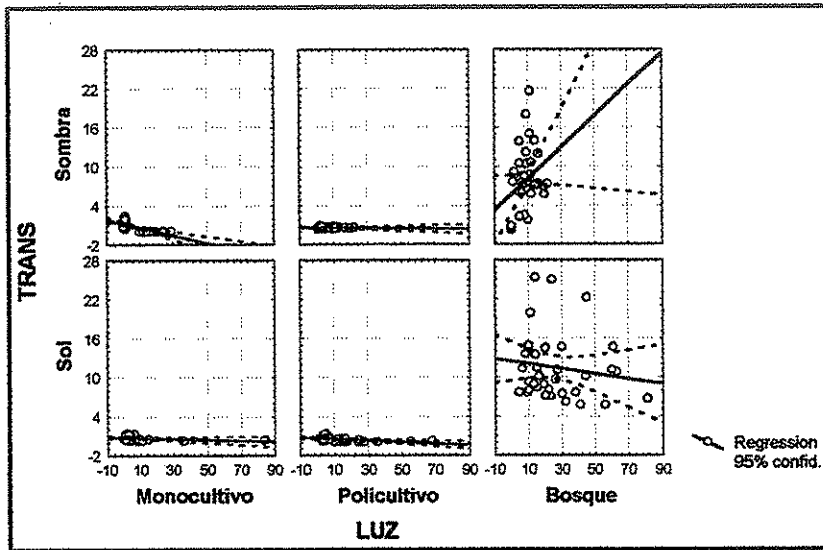


Figura 3. Temperatura del Aire en los Diferentes Tipos de Siembra Bajo Distintas Condiciones de Luz y Sombra en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

## Discusión

En la zona del Atlántico costarricense, *P. macroleoba* puede encontrarse en una gran diversidad de ambientes, tanto alterados como naturales (Hartshorn, 1972; Oberbauer y Strain, 1985). Sin embargo, las respuestas fisiológicas de esta especie en los diferentes ambientes varían. Encontramos que sus tasas de transpiración en los distintos ambientes en que fue evaluada son diferentes, mostrando claramente su capacidad para responder a variaciones microclimáticas. Si bien las distintas estrategias de sobrevivencia desarrolladas por las plantas son generalmente vistas como producto de la adaptación evolutiva de la especie, muchas veces las condiciones impuestas por la limitación de recursos determinan las respuestas de cada individuo (Strauss-



**Figura 6. Comparación de las Distintas Respuestas Funcionales entre Luz y Transpiración en los Diferentes Tipos de Siembra Bajo Distintas Condiciones de Luz y Sombra en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998**

Debenedetti y Bazzaz, 1996).

En el caso de *P. maculoba*, las diferentes respuestas de transpiración entre los distintos ambientes evaluados estuvieron determinadas por los factores específicos de cada sitio, en los que la estructura y funcionalidad de los sistemas manejados o naturales determinaron las interrelaciones con los factores ambientales. En el caso estudiado, los mayores promedios de luz y transpiración en el bosque con respecto a los sistemas forestales pueden atribuirse a las variaciones microclimáticas en los días en los que se colectaron los datos. Estas variaciones se reflejaron en un aumento de la temperatura del aire y de la hoja, y en el consecuente incremento de la transpiración (mediante la apertura de los estomas) lo que conllevaría una mayor captación de dióxido de carbono para la fotosíntesis de *P. maculoba* en el bosque. Presumiblemente en este sistema la alta disponibilidad de agua pudo ser favorecida por un alto contenido de hojarasca en el suelo, que funciona como un amortiguador evitando la evaporación.

Existe una relación directa entre los niveles de transpiración de la planta y la cantidad de agua que absorbe del suelo. Las plantas de sucesión tardía, como *P. maculoba*, al absorber agua, están obteniendo nutrientes y almacenándolos. En el momento en que se crea un claro a su alrededor, ésta puede utilizar los nutrientes de su reservorio para disparar su crecimiento y

eventualmente volverse una especie dominante. Debido a las cambiantes condiciones de luz en el tiempo y el espacio, es difícil clasificar a una planta como de rápido o lento crecimiento, ya que la manifestación de una determinada característica puede estar condicionada por la variabilidad, tanto inter como intra específica de las especies (Clark, 1998). Tal y como demuestran Fetcher et al. (1987), la alta variabilidad de luz es una de las características determinantes dentro de los bosques tropicales, especialmente si se tiene en cuenta que la calidad y cantidad de luz presentan una variación espacial y temporal que influye directamente sobre procesos básicos de las plantas, fotosíntesis y crecimiento.

En los sistemas forestales y especialmente en el monocultivo a sol las tasas de hojarasca fueron menores con respecto a los otros sistemas, presentando un suelo casi completamente descubierto. Las diferencias en el contenido de hojarasca entre el bosque y el monocultivo pueden obedecer a que *P. maculoba* tiene hojas grandes pero con folíolos pequeños, y en muchos casos pierde sus folíolos paulatinamente, aumentando el periodo en el que sucede el proceso de descomposición y dificultando la formación de una capa gruesa en el suelo. Por tanto, en el sistema de monocultivo, la escasez de hojarasca aunado a la entrada de luz ocasionan una alta evaporación y por ende una menor disponibilidad de agua.

La menor cantidad de hojarasca en el policultivo con respecto al bosque se debió a la alta mortalidad de algunas de las especies inicialmente sembradas. Además ésta consistió en hojas de *P. maculoba* y *Stryphnodendron microstachyum*, ambas especies de hojas pequeñas, compuestas, bipinnadas. Todos estos factores, especialmente la menor cantidad de hojarasca presente, tanto en el monocultivo como en el policultivo, sugieren que allí la evaporación puede ocurrir con mayor facilidad. En estos sistemas forestales, las características y abundancia de la hojarasca propician una mayor evaporación, por lo que los estomas tienden a cerrarse, la pérdida de agua disminuye, y en consecuencia la tasa de transpiración es menor.

*P. maculosa* es una especie que presenta movimientos nictinásticos (cierre de las hojas). Esta condición fisiológica le permite reaccionar ante un aumento de la temperatura, ya que al cerrar las hojas reduce la pérdida de agua por transpiración. La respuesta de transpiración de la planta, en función de la cantidad de luz que entra en el sistema, tiene una clara relación con la estructura de cada sistema en particular. En sitios de una incidencia directa del sol (como los sistemas forestales) y posiblemente una menor disponibilidad de agua, la especie mostró una adecuada estrategia de tolerancia al incremento de luz, limitando su tasa de transpiración; mientras que en condiciones donde el agua no era una limitante (como en el bosque), la tasa de transpiración no se vió muy afectada con el incremento de luz. En el bosque la caída de árboles y ramas originan frecuentes claros generando una extrema heterogeneidad de ambientes de luz (Oberbauer y Strain, 1985). Estas condiciones permiten a algunas especies de sucesión tardía, como *P. maculosa*, desarrollar su plasticidad, brindándole una amplia gama de opciones para colonizar con mayor facilidad diferentes tipos de hábitats.

### Conclusión

*P. maculosa* es una especie emergente adaptada a ambientes de luz; sin embargo sus adaptaciones también le permiten sobrevivir en condiciones de sombra. *P. maculosa* presenta mecanismos fisiológicos de respuesta distintos ante condiciones ambientales adversas de luz, temperatura y disponibilidad de agua. La alta capacidad de responder a los distintos tipos de ambientes en que fue evaluada sugiere que *P. maculosa* es una especie con alto potencial para ser manejada en sistemas alterados y para la recuperación de áreas degradadas.

Las distintas respuestas fisiológicas de *P. maculosa* indican que es una especie que posee límites de tolerancia (o plasticidad genotípica) mayores respecto a otras especies. Esta mayor plasticidad es expresada en la utilización de diversas estrategias fisiológicas que permiten su supervivencia bajo condiciones microclimáticas de diferente temperatura, intensidad lumínica, y disponibilidad de agua, entre otras. Podemos considerar que esta plasticidad es el mecanismo que le ha permitido sobrevivir en condiciones microclimáticas tan variadas como las seleccionadas para este estudio.

Las limitaciones en la variabilidad y cantidad de los

datos recogidos en este estudio no permiten llegar a conclusiones terminantes, sin embargo los resultados obtenidos son coincidentes con la literatura revisada sobre el comportamiento de la especie y del bosque tropical. El estudio de la respuesta de *P. maculosa* nos muestra como factores ambientales como la luz, en combinación con las características estructurales de los diversos sistemas, son determinantes en el comportamiento adaptativo de los individuos de una especie. Los distintos ordenamientos espaciales de los sistemas aparecen como factores clave en las respuestas de las plantas a cambios microclimáticos. Las respuestas en el comportamiento fisiológico observadas en la especie *P. maculosa* señalan la importancia de conocer las respuestas de las plantas bajo diferentes condiciones microclimáticas para determinar los distintos rangos de tolerancia en los cuales las especies pueden crecer favorablemente.

El estudio de la respuesta de las plantas a cambios microclimáticos en diferentes ambientes naturales y manejados nos ayuda en el diseño de mejores estrategias de manejo. La eficiencia y éxito de los programas de reforestación con especies nativas depende de la elección de especies con potencial para adaptarse a cambios en las condiciones microclimáticas. Estudios como éste representan una alternativa de base al desarrollo de técnicas silviculturales que puedan adaptarse a las realidades locales.

### Literatura Citada

- Braker, E. 1998. Comunicación personal. La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.
- Chazdon, R. 1987. Aspectos Importantes para el Estudio de los Regímenes de Luz en Bosques Tropicales. En Clark, D.A., R. Dirzo y N. Fetcher (eds), Ecología y Ecofisiología de Plantas en los Bosques Mesoamericanos. *Revista de Biología Tropical* 35 (1):191-200.
- Clark, D. y Clark, D. 1987. Análisis de la Regeneración de Árboles del Dosel en Bosque muy Húmedo Tropical: Aspectos Teóricos y Prácticos. *Revista de Biología Tropical* 35 (1):41-54.
- Clark, D. 1998. Comunicación personal. La Selva, Sarapiquí, Costa Rica.

- De la Fuente, M. A. 1995. *Sources of Variation in the Efficacy of Ant-Tended Extrafloral Nectaries as an Antiherbivore Defense for Stryphnodea dromicrostachyum* Poeppig y Endl. MS.C. Thesis, University of Missouri, Columbia, MO. Pag. 82.
- Fetcher, N., S. Oberbauer, G. Rojas y B. Strain. 1987. Efectos del Régimen de Luz sobre la Fotosíntesis y el Crecimiento en Plántulas de Árboles de un Bosque Lluvioso Tropical de Costa Rica. *Ecología y Ecofisiología de Plantas en los Bosques Mesoamericanos. Revista Biología Tropical* 35 (1):97-110
- Hartshorn. 1972. *The Ecological Life History of Pentaclethra maculosa a Weed Forest Dominant, and Strychnodendron excelsum an Occasional Associate*. Ph.D Thesis, University of Washington, Seattle, WA. 118 pag.
- Holdridge, L.R., W.C. Grenke, W.H. Hatheway, W.H. Liang y J.A. Tosi. 1971. *Forest Environments in Tropical Zones. A Pilot Study*. Pergamon Press, San Francisco, CA. 747 pag.
- Jones, H. 1983. *Plant and Microclimate*. University of Cambridge, New York, NY. Pag 104-130.
- Marquis, R. 1993. *Comportamiento Poblacional de los Depredadores Naturales en Plantaciones de Árboles Nativos de Costa Rica*. Inédito. Pag. 24.
- Oberbauer, S. F. y B. Strain. 1985. Effects of Light Regime on the Growth and Physiology of *Pentaclethra maculosa* Mimosaceae in Costa Rica. *Journal of Tropical Ecology* 1:303-320.
- Peralta, R. 1987. Reseña de Estudios a Largo Plazo sobre Composición Florística y Dinámica Tropical en La Selva, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical* 35 (1):23-29.
- Raven, P. 1981. *Biology of Plants*. Worth Publishers Inc, New York, NY. Pag. 566-9.
- Strauss-Debenedetti, S. y F. Bazzaz. 1996. Photosynthetic Characteristics of Tropical Trees Along Successional Gradients. Pag. 168-186 en S. Mulkey, R. L. Chazdon y A. P. Smith (eds.), *Tropical Forest Plant Ecology*. Chapman y Hall, New York, NY.

Anexo

Sistema	Variable	Promedio	Varianza	Desviación Estándar	Error Estándar
Monocultivo en Sombra	Temperatura de la Hoja (oC)	25.9	0.029	0.2	0.03
	Temperatura del Aire	26.2	0.007	0.1	0.01
	Luz	6.1	70.707	8.4	1.40
	Transpiración	0.9	0.594	0.8	0.13
Monocultivo en Sol	Temperatura de la Hoja (oC)	25.5	0.041	0.2	0.34
	Temperatura del Aire	25.7	0.051	0.2	0.04
	Luz	6.3	218.400	14.8	2.46
	Transpiración	0.7	0.173	0.4	0.07
Policultura en Sombra	Temperatura de la Hoja (oC)	25.6	0.051	0.2	0.04
	Temperatura del Aire	25.9	0.132	0.4	0.06
	Luz	9.8	30.364	5.5	0.92
	Transpiración	0.6	0.017	0.1	0.02
Policultura en Sol	Temperatura de la Hoja (oC)	25.7	0.081	0.3	0.48
	Temperatura del Aire	25.9	0.118	0.3	0.57
	Luz	12.9	212.066	14.6	2.43
	Transpiración	0.5	0.112	0.3	0.06
Bosque a la Sombra	Temperatura de la Hoja (oC)	26.3	4.005	2.0	0.33
	Temperatura del Aire	25.4	0.595	0.8	0.13
	Luz	9.1	34.740	5.9	0.98
	Transpiración	7.9	23.002	5.8	0.80
Bosque al Sol	Temperatura de la Hoja (oC)	0.2	26.508	0.5	0.08
	Temperatura del Aire	0.2	26.828	0.4	0.67
	Luz	26.0	364.256	19.1	3.18
	Transpiración	25.6	11.474	5.1	0.84

Tabla 1. Estadísticas Descriptivas de *Pentaclethra maculosa* en Monocultivo, Policultivo y Bosque Bajo Condiciones de Sombra y Luz, Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

	Monocultivo en Sol	Monocultivo en Sombra	Policultivo en Sol	Policultivo en Sombra
Promedio	18.4	84.2	32.7	95.6
Desviación Estándar	21.5	70.1	16.0	65.1
Varianza	463.3	4,915.0	258.0	4,247.0

Tabla 2. Estadísticas Descriptivas para Luz en Monocultivo y Policultivo Bajo Condiciones de Sol y Sombra en un Día Soleado en la Estación Biológica La Selva, Sarapiquí, Costa Rica, 1998





# Análisis de la Dinámica de la Fauna de Aves y Murciélagos para la Evaluación de las Interrelaciones entre Dos Tipos de Ecosistemas

Yelinda Araujo, Diego Bonilla, Enrique Dalmau, Eligio García, Maltiano Moreta,  
Yolanda Nava, Ruth Rodríguez y Susan Swales

## Resumen

Dado que en los sistemas naturales existe una combinación compleja de interacciones bióticas y disponibilidad de recursos que limitan el nivel de la población, una modificación en el ambiente dada por la apertura de terrenos agrícolas, acarrea consigo alteraciones en la dinámica de las comunidades. En este trabajo estudiamos el papel de la fauna silvestre (aves, murciélagos y pequeños roedores) como posible indicadora de las interacciones que se establecen entre la matriz de vegetación antrópica (bananera) y un fragmento remanente de bosque natural (bosque tropical húmedo). Todo lo anterior se refleja en la abundancia, riqueza y calidad de las especies presentes, así como, sus hábitos alimentarios y el uso de la vegetación circundante. Utilizamos redes de niebla y trampas Sherman en ambos sitios. El mayor número de especies e individuos capturados correspondió al grupo de los quirópteros, con una mayor diversidad en el sistema de bananera ( $H=0.91$ ) que el bosque ( $H=0.74$ ), compartiendo un 50% de sus especies. En el grupo de las aves la tasa de captura fue menor y el índice de similitud de 0, indica que no hubo similitud alguna entre ambas faunas. Los resultados obtenidos sugieren la existencia de algunas interrelaciones de importancia agroecológica entre las comunidades de murciélagos y aves en los sistemas estudiados, dado que la fauna intercambia materia y energía entre los dos sistemas estudiados, así como puede provocar una alteración en el equilibrio natural de las poblaciones.

Apoyo Técnico: José Manuel Mora y Vernon Arias

Palabras Calves: murciélagos, aves, interacción, ecosistema, hábitat

---

---

## Introducción

La alteración y destrucción directa de los ecosistemas implica una reducción en la diversidad de los organismos presentes en una región dada. Sin embargo, la conversión de ecosistemas naturales a agroecosistemas tiene impactos diferentes en la vida silvestre presente en el área y dependerá de los hábitos y requisitos alimentarios de las diferentes especies (Organización para Estudios Tropicales, 1998). Por ejemplo, los cultivos se convierten en fuentes de alimento para los animales generalistas, lo que produce un impacto sobre otras poblaciones de organismos más especializados en términos de sus requisitos alimentarios y de hábitat (Carroll, 1990). Altieri y Letourneau (1984) sugieren que muchas especies de la fauna silvestre mantienen una dinámica de intercambio entre los ecosistemas naturales y los agroecosistemas, actuando como polinizadores, dispersores de semillas o depredadores de insectos, como es el caso de las aves, los murciélagos y los roedores.

En Costa Rica se han encontrado más de 820 especies de aves, de las cuales 600 son residentes permanentes (Stiles, 1995). Las aves cumplen un papel ecológico importante en el control de insectos y roedores, además muchas son agentes dispersores de semillas y son importantes como polinizadores de flores. Así mismo en algunos bosques tropicales, aproximadamente 80% de las especies de árboles y arbustos producen frutos adaptados para ser consumidos y diseminados por vertebrados (Janzen, 1978 citado por López, 1996), así los frutos de varias plantas pioneras son consumidos principalmente por murciélagos y aves (Charles-Dominique, 1986 citado por López, 1996).

El orden Chiróptera representa la mitad de las especies de mamíferos en Costa Rica, con 108 especies distribuidas en nueve familias. Su papel ecológico es muy relevante, ya que existen muchas especies insectívoras, por lo que depredan una gran cantidad de insectos, muchos de los cuales son perjudiciales para el hombre (Mora, en prensa). También existen especies frugívoras

y nectarívoras, las cuales son polinizadoras y dispersoras de una gran cantidad de semillas, contribuyendo no solo a la regeneración natural de los bosques, sino a la restauración de espacios abiertos, donde los murciélagos con frecuencia tienen mayor actividad que las aves (Morton, 1989). Así, la elección alimentaria y la conducta de forrajeo de los murciélagos son críticos para el establecimiento exitoso de muchas plantas arbustivas en la sucesión secundaria de los bosques tropicales (Fleming, 1988 citado por López, 1996).

Por otro lado, los roedores pequeños pueden ser utilizados como especies indicadoras, pues sus poblaciones varían fuertemente, dependiendo de la cobertura vegetal y a menudo también alternan sus fuentes alimentarias (Janzen, 1991). Generalmente se alimentan de semillas durante la época seca y se convierten en insectívoros durante la estación lluviosa o quizás son capaces de adaptarse a una combinación de frutos, retoños, flores y hojas (Timm, et al, 1989 citado por Alonso et al., 1997).

Por todo lo anterior, el conocimiento de algunas comunidades de animales silvestres podría permitirnos entender las consecuencias de las alteraciones en un ecosistema, a través de los efectos sobre los organismos, y extrapolar nuestro entendimiento al sistema en totalidad (Organización para Estudios Tropicales, 1998). Específicamente, nuestra investigación tiene como objetivo principal el estudio de la fauna silvestre (murciélagos, aves y roedores) como indicadora de las interacciones que se establecen entre un fragmento de vegetación antrópica (bananera) y un bosque natural (bosque tropical húmedo), en términos de la abundancia y riqueza de especies de estos grupos, así como la calidad de las especies encontradas, sus hábitos alimentarios y el uso de la vegetación circundante principalmente.

### Metodología

El estudio lo realizamos en una zona de bosque primario (S) y un agroecosistema de banano (B). El sitio S está situado en la Estación Biológica La Selva (EBLS) en el Cantón de Sarapiquí, Heredia (10' E 26' N, 83' E 59' W), entre la confluencia de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo. La altitud dentro de la estación varía entre 35 y 137 msnm. La vegetación de la zona corresponde a bosque tropical húmedo y bosque húmedo premontano (Hartshorn y Hammel, 1994). La reserva consta de

1,536 ha de las cuales el 55% corresponde a bosque primario, 7% a bosque primario de extracción selectiva, 11% bosque secundario joven, 18% pastura sucesional, 8% plantaciones abandonadas y 0.5% de áreas para investigación. La precipitación promedio anual fue de 3,292 mm y la temperatura promedio mensual de 25.8 °C con poca variación entre meses (Sanford et al. 1994). Los suelos son de origen volcánico ricos en nutrientes, aunque con bajo contenido de materia orgánica (McDade y Hartshorn, 1994). El sitio B se encuentra ubicado a dos km de la EBLS, con una extensión de 25 ha. El sitio colinda con el Bosque Protegido El Gavilán, el cual posee 25 ha. El área de cultivo forma parte de la Compañía Bananera Atlántico (COBAL). La historia de uso de B se remite a un bosque natural perturbado por la extracción selectiva de maderas comerciales, el cual fue talado en 1991 para establecer la plantación de banano.

Una vez que ubicamos los sitios de estudio realizamos la captura de aves y murciélagos mediante la colocación de redes de niebla (Kunz et al., 1996). Utilizamos 30 m de red en cada sitio. El muestreo consistió de cuatro jornadas consecutivas, dividido en dos periodos (0600-0830 hr y 1800-2030 hr). Identificamos las aves y los murciélagos a nivel de especie (con una excepción). A cada uno de los murciélagos capturados les determinamos el peso y sexo, así como su estado reproductivo. Para las aves sólo registramos el nombre de la especie. Después de clasificar y medir a los individuos capturados los liberamos en el mismo sitio de captura. También colectamos las heces de algunos murciélagos que defecaron al momento de la captura para obtener alguna información sobre sus hábitos alimentarios.

La presencia de roedores pequeños la evaluamos mediante la captura de individuos con el uso de trampas de captura viva (Sherman). Colocamos 40 trampas en cuatro filas a una distancia de cinco m entre ellas y diez m entre trampas. Como cebo utilizamos semillas de maní y las trampas las mantuvimos activas durante tres noches consecutivas.

La diversidad de especies la evaluamos mediante el Índice de Shannon-Wiener (Krebs, 1989) y contrastamos los resultados por medio de una modificación de la prueba de t (Brower, et al. 1989). La similitud entre las dos comunidades faunísticas estudiadas la determinamos por medio del índice de Sorensen (Krebs,

Especie	No. de Individuos	Sexo		Regimen Alimentario	Hábitat
		Macho	Hembra		
<b>La Selva</b>					
<i>Artibeus jamaicensis</i>	7	5	2	Frugívoro	Areas abiertas
<i>Carollia castanea</i>	6	3	3	Frugívoro	Areas abiertas y bosques
<i>Carollia brevicauda</i>	2	1	1	Frugívoro	Areas abiertas y bosques
<i>Carollia perspicillata</i>	2	2	0	Frugívoro	Areas abiertas y bosques
<i>Glossophaga comissarisi</i>	1	1	0	Nectarívoro	Bosques, plantación de banano y claros
<i>Trachops cirrhosus</i>	5	1	4	Carnívoro	Bosques, cerca de cuerpos de agua
<b>Plantación de Banano</b>					
<i>Carollia castanea</i>	5	1	4	Frugívoro	Areas abiertas y bosques
<i>Carollia brevicauda</i>	3	0	3	Frugívoro	Areas abiertas y bosques
<i>Carollia perspicillata</i>	4	0	4	Frugívoro	Areas abiertas y bosques
<i>Glossophaga soricina</i>	2	1	1	Nectarívoro	Bosques, plantación de banano y claros
<i>Glossophaga comissarisi</i>	2	1	1	Nectarívoro	Bosques, plantación de banano y claros
<i>Phyllostomus discolor</i>	4	1	3	Insectívoro	Bosques, ocasionalmente áreas alteradas
<i>Rhogessa tumida</i>	2	0	2	Insectívoro	Areas abiertas
<i>Stenodermae Spp. 1</i>	3	1	2	Frugívoro	Areas abiertas

Tabla 1. Número de Individuos por Especie de Murciélagos Encontrados en La Selva (S) y Plantación de Banano (B) con su Principal Hábito Alimentario, Sarapiquí, Heredia, 1998

1989). Determinamos el esfuerzo de captura de la fauna de murciélagos tomando el número de metros de red multiplicado por el número de horas por noche ( $m \times hr$ ). Luego dividimos el número de murciélagos capturadas en cada uno de los dos hábitats en estudio entre el esfuerzo de captura para obtener un valor comparativo entre las áreas. La evaluación del potencial del uso de la vegetación presente en el bosque por parte de las especies de aves y murciélagos capturadas, la realizamos con un censo radial y visual a nivel de soto-bosque de 30 m aproximadamente desde el punto medio del sitio de estudio. Para el bananal este censo lo hicimos en el borde del bosque. Además realizamos una revisión de su dosel con binoculares y de algunos frutos encontrados en el suelo.

### Resultados

De los tres grupos de vertebrados seleccionados como posibles indicadores de estas interacciones, los murciélagos dada su abundancia (más del 50% de los mamíferos silvestres de Costa Rica), tuvieron un mayor número de especies e individuos capturados. En el punto S, se capturaron 23 individuos de siete especies, mientras que en B fueron 25 y nueve respectivamente.

La diversidad de especies ( $H'$ ) por sitio fue diferente ( $H'_S=0.74$ ,  $H'_B=0.91$ ;  $t=11.52$ , g.l.=48,  $p<0.05$ ) (Tabla 1). El índice de similitud entre las dos comunidades de murciélagos fue de 0.5, lo que indica que estas comparten un 50% de sus especies. Por otro lado, los hábitos alimentarios de los murciélagos capturados en ambos ambientes fueron variados, en donde los frugívoros representaron el grupo dominante con un 74% en S y un 60% en B (Figura 1, Tabla 2). El esfuerzo de captura de murciélagos en S fue de 0.07 individuos por  $m \times hr$  y en B de 0.08 individuos por  $m$  por  $hr$ . Las hembras capturadas representaron el 67% del total de la muestra.

Capturamos siete especies de aves y encontramos poca diferencia entre el número de individuos y especies entre los dos sitios de estudio (Tabla 1). La diversidad de los dos sitios no fue diferente ( $H'_S=0.27$ ,  $H'_B=0.6$ ,  $t=1.86$ , g.l.=4.09,  $p>0.05$ ). El 75% de las aves capturadas en S son nectarívoras y el 67% en B son insectívoras (Figura 2, Tabla 3). El índice de similitud en este grupo fue igual a cero, lo cual indica que no encontramos ninguna especie en común. Sin embargo, el número de muestras es muy pequeño para hacer cualquier conclusión de valor al respecto.

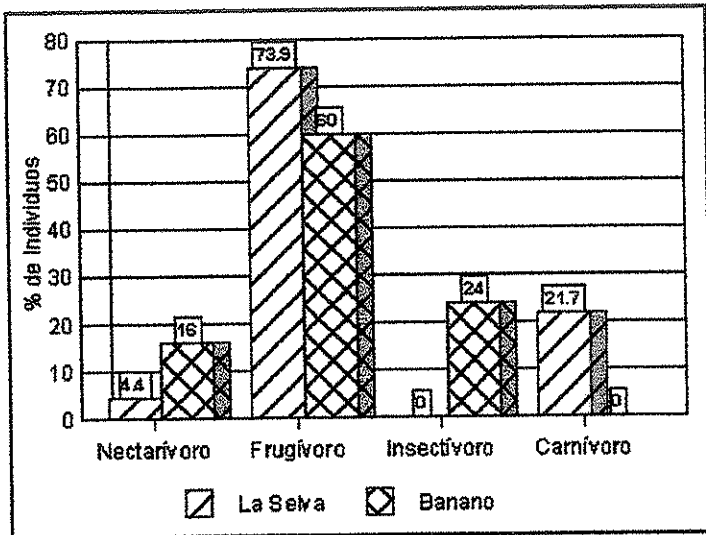


Figura 1. Porcentaje de Individuos por Gremio Alimentario de los Murciélagos Capturados en La Selva y el Bananal, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, 1998

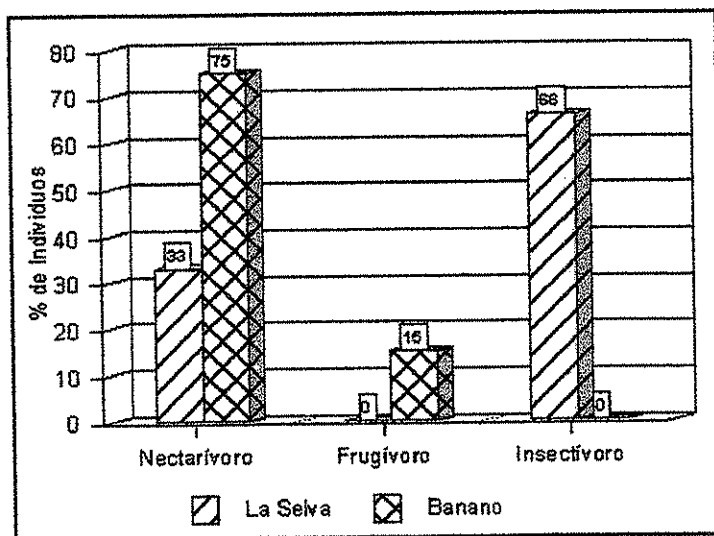


Figura 2. Porcentaje de Individuos por Gremio Alimentario de las Aves Capturadas en La Selva y el Bananal, Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, 1998

En el estudio de la vegetación encontramos que 57.1% de plantas son una fuente de alimento (néctar y polen) para los murciélagos *Glossophaga* e incluso *Phyllostomus* (de hábitos generalistas), así como para las aves del género *Phaethornis*. El restante 42.9% de plantas con frutos podrían ser aprovechados por los murciélagos del género *Carollia* y *Artibeus*. Un 62.5% de plantas observadas en el borde cercano a B producen néctar atractivo para murciélagos de los géneros *Glossophaga* y *Phyllostomus*, y de aves *Amazilia*, *Glaucis* y *Phae-*

*tornis*. De la evaluación visual de la flora circundante a los sitios de estudio, un 37.5% fueron plantas con frutos, asociadas a los hábitos alimentarios de murciélagos del género *Carollia*, y la subfamilia *Stenoderminae*, además de *Turdus grayi* (Orlando Vargas, 1998. com. per.)

Finalmente, en cuanto a la captura de pequeños mamíferos el registro fue muy escaso (sólo un individuo de *Oryzomys bolivaris*), por lo que estos resultados no serán incluidos en la discusión. Finalmente para el caso de los roedores, creemos que algunos factores que pudieron repercutir en la escasez de individuos capturados fueron: los pocos días de muestreo, una menor probabilidad de captura en tierras bajas, el número insuficiente de trampas, una pequeña área de muestreo y una baja densidad poblacional (Mora com pers, 1998.)

### Discusión

Se postula que el arreglo espacial del paisaje es un factor que determina la estructura y la función de las poblaciones de animales y de comunidades. Un paisaje homogéneo crea condiciones de hábitat idénticas en toda el área. Por lo tanto, la probabilidad de encontrar una especie cualquiera debe ser constante en cualquier punto de dicho paisaje (Dobrowoski et al., 1993). La población de individuos debe exhibir características iguales en cuanto a su estructura y densidad, no importa de donde sacamos una muestra de ellos. Las barreras antropogénicas desestabilizan la homogeneidad del paisaje. La heterogeneidad consiste de parches caracterizados por calidades, formas y áreas diferentes (Dobrowoski et al., 1993).

Consecuentemente los parches variables de los paisajes heterogéneos estarán habitados por animales, poblaciones y comunidades diferentes.

Sin embargo los valores de  $H'$  obtenidos en este estudio para los murciélagos (Tabla 4) es un indicativo de la importancia que tienen las áreas perturbadas como zonas de forrajeo para algunos animales. Así, podemos afirmar que los sistemas agrícolas pueden cambiar la historia natural de un área y que estos se convierten en fuentes de alimento para los animales generalistas,

Hábito Alimentario	La Selva (S)		Bananal (B)	
	No. de Individuos	Abundancia Relativa (%)	No. de Individuos	Abundancia Relativa (%)
Nectarívoro	1	4.4	4	16.0
Frugívoro	17	73.9	15	60.0
Insectívoro	0	0.0	6	24.0
Carnívoro	5	21.7	0	0.0
<b>Total</b>	<b>23</b>	<b>100.0</b>	<b>25</b>	<b>100.0</b>

Tabla 2. Clasificación de las Especies de Murciélagos Según sus Hábitos Alimentarios Encontrados en La Selva (S) y Plantación de Banano (B), Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, 1998

Hábito Alimentario	La Selva (S)		Bananal (B)	
	No. de Individuos	Abundancia Relativa (%)	No. de Individuos	Abundancia Relativa (%)
Nectarívoro	2	33.3	3	75.0
Frugívoro	0	0.0	1	15.0
Insectívoro	4	66.6	0	0.0
<b>Total</b>	<b>6</b>	<b>100.0</b>	<b>4</b>	<b>100.0</b>

Tabla 3. Clasificación de las Especies de Aves Según sus Hábitos Alimentarios Encontrados en La Selva (S) y Plantación de Banano (B), Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, 1998

	La Selva (S)		Bananal (B)	
	Murciélagos	Aves	Murciélagos	Aves
No. Total de Individuos	23	6	25	4
No. Total de Especies	7	3	9	4
Índice de Diversidad (H')	0.74	0.27	0.91	0.6

Tabla 4. Valores de los Índices de Diversidad (H') para las Especies de Aves y Murciélagos Encontradas en La Selva (S) y Plantación de Banano (B), Sarapiquí, Heredia, Costa Rica, 1998

produciendo un impacto sobre otras poblaciones de organismos más especializados en términos de sus requisitos de hábitat y alimentación (Carroll, 1990). A pesar de que la comparación de la diversidad de los dos sitios de estudio la estimamos con el H', es pertinente aclarar que el mismo considera la inequidad natural en las poblaciones de las especies raras, como es el caso de *T. cirrhosus*, cuyo hábitat se restringe al bosque primario.

La similitud entre la fauna de los quirópteros (50%) sugiere que alrededor de la mitad de las especies capturadas tienen los mismos hábitos, quizá utilizando el bosque como refugio y las zonas abiertas para forrajeo. Suponemos que la captura de un mayor número de

individuos de las especies *Carollia castanea*, *C. brevicauda*, *C. perspicillata* y *Glossophaga commissarici*, se debe a que estas son las más abundantes en los bosques de Centroamérica (Dalquest y Walton, 1970 citado por Silva, 1979). Además, la evaluación visual de la vegetación indica la abundancia de alimento potencial para estas especies frugívoras y nectarívoras. Otro evidencia es el hecho de haber capturado *Trachops cirrhosus* sólo en el bosque. Esta especie es menos abundante y sus hábitos alimentarios (pequeños vertebrados, especialmente ranas) se restringen a áreas boscosas.

Nuestros resultados muestran una predominancia en el número de hembras (63%) que puede justificarse por la explotación diferencial del nicho alimentario como una vía efectiva para reducir la competencia intersexual (Silva, 1979). Así como esta desigualdad en la proporción de sexos, también puede deberse a que en el sistema de apareamiento en el grupo de los mamíferos (poligamia) es muy común encontrar un número alto de hembras (J.M. Mora, 1998, com. pers.). Tanto las aves como los murciélagos requieren de un gran gasto de energía metabólica; los músculos del vuelo necesitan una gran cantidad de oxígeno.

Debido a lo anterior, la competencia por recursos hace necesario que las estrategias sean eficientes en la búsqueda y obtención de alimento en ambos grupos. El mayor número de hembras capturadas se encontraban en lactancia, por lo que suponemos que al tratar de disminuir el gasto energético buscan zonas abiertas con alto potencial de abundancia de alimento. En relación a la presencia de troquílidos en B, podemos suponer que se debe al uso de rutas despejadas hacia el área de borde, donde encontramos gran cantidad de *Hibiscus rosacinensis* rica en néctar, y abundancia de insectos para su dieta, además de la colecta de telarañas para la fabricación de sus nidos.

La competencia entre especies con similares requeri-

mientos alimentarios tienden a la extinción de aquellas con menor habilidad competitiva. Además, entre más difieran en requerimientos alimentarios mayor será el número de especies que puedan coexistir en dicha área, ya que la competencia es sobre todo intraespecífica (Silva, 1979). Lo anterior puede ocurrir con algunas especies de aves y murciélagos que comparten el mismo régimen alimentario, como en el caso de los géneros de aves *Amazilia*, *Phaethornis*, *Glaucis* y *Turdus*, y los géneros de murciélagos *Glossophaga* y *Carollia* que utilizan las mismas especies de plantas para alimentarse (*Cecropia insignes*, *C. obtusifolia*, *Heliconia integrina* y *Solanum rugosum*, Tabla 4). En éste caso, la competencia puede ser indirecta debido a la diferencia en los horarios de forrajeo.

En términos del papel ecológico que juegan las especies capturadas, estudios anteriores han informado que las aves y los murciélagos principalmente ayudan a mantener la diversidad del bosque y contribuyen a su regeneración en tierras deforestadas. Algunos estudios indican que las semillas dispersadas por los murciélagos pueden conformar casi el 95% del crecimiento de plantas en estas tierras. Por otro lado, algunas plantas de importancia económica dependen directamente de los murciélagos para su polinización y dispersión de semillas. Para este estudio en particular, aunque las variedades convencionales de plátano no requieren ser polinizadas, las variedades ancestrales se cruzan ocasionalmente con las comerciales para combatir enfermedades o mejorar la productividad y estas últimas si dependen de los murciélagos para su polinización. Por lo tanto, los murciélagos continúan jugando un papel importante en el futuro económico de estas plantas, aunque no estén directamente implicados en la producción de la cosecha (Silva, 1979).

En otro contexto, el avance de la frontera agrícola en la región norte del caribe (en la que se incluye nuestra área de estudio) está incrementando la presión sobre los parches remanentes de bosque natural que actualmente sirven de refugio a muchas especies de vida silvestre. Esto podría provocar una mayor competencia por espacio y recursos entre los individuos que ocupan ese nicho ecológico. En base al marco teórico de la teoría de islas (Kalkhoven, 1993), podemos suponer que una reducción en el tamaño efectivo y el aislamiento del fragmento de bosque a causa de la siembra de más hectáreas de banano, por ejemplo como en los últimos ocho años, reducirán las posibilidades de mantener la

diversidad dentro de los parches de bosque en la región. De igual forma, los efectos que produce el aislamiento pueden tener diferentes niveles de impacto sobre la población y los individuos. Así, las especies más móviles pueden desplazarse entre parches cercanos o a través de puentes de hábitat entre islas (Dobrowoski, 1993). Sin embargo, especies que se restringen a áreas boscosas, como el caso de *Trachops cirrhossus* capturado en nuestro estudio, quedan consignados a espacios limitados, incrementando la posibilidad de su extinción local debido a una mayor competencia por espacio y recursos. Es decir, el efecto en la sobrevivencia de las especies dependen de la densidad de la población, del rango de dispersión y de la escala en la cual las especies usan el ambiente (Kalkhoven, 1993).

### Conclusiones

A partir del análisis de la dinámica de la fauna silvestre muestreada, podemos afirmar que las especies comparten tanto los hábitats naturales como los agroecosistemas, lo que comprueba la existencia de interrelaciones entre los dos tipos de paisaje. Observamos como las aves y murciélagos intercambian materia y energía con ambos ecosistemas, desarrollando procesos ecológicos tales como la dispersión.

Aunque las modificaciones en el paisaje natural en función de la implementación agrícola introducen nuevos elementos que pueden incrementar la disponibilidad de recursos como nuevas fuentes alimentarias para algunas especies de la fauna silvestre, debe quedar claro que sólo algunas especies con cierta plasticidad logran adaptarse a estas alteraciones. Este es el caso de algunas aves y murciélagos, dada su alta movilidad y amplio nicho alimentario. Para la gran mayoría de la fauna, la disponibilidad de recursos es limitada a su hábitat natural con la consecuente reducción o desaparición de sus poblaciones. Por otro lado, esta nueva disponibilidad de recursos alimentarios por los agroecosistemas no presenta una estabilidad en el tiempo y las comunidades que de ella dependen no solo se verán afectadas por el futuro incierto de estas producciones, sino que el propio manejo agrícola (plaguicidas, fertilizantes, etc.) repercute en su estabilidad genética. Para una mejor proyección en los planes de desarrollo y/o conservación, se deben tomar en consideración este tipo de estudios, que nos brindan valiosos métodos para evaluar los efectos que ocasionan el uso agrícola de la tierra sobre los ecosistemas naturales.

## Literatura Citada

## Costa Rica.

- Altieri, M. y A.K. LeTurneau. 1984. Vegetation Diversity and Ecological Systems at the Landscape Level. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 27:119-130.
- Alonso, A., A. Bonilla, J.L. Galindo, E. Huntley, E. Meza, E. Nascimento, M. Santana y G. Villamil. 1997. La Fauna Silvestre como Indicadora de Interacciones entre un Area de Bosque Natural y un Agroecosistema. Pps. 61-70 en M.E. Swisher, J.M. Mora y J.C. Rodriguez (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 97-7*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Brower, J.E., J.H. Zar y C.N. von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. c. Brown Publishers, New York. Pps 119-123.
- Carroll, C.R. 1990. The Interface between Natural Areas and Agroecosystems. Pp. 365 en C.R. Carroll, J.V. Vandermeer y P.M. Rosset (eds.), *Agroecology*. McGraw Hill, New York, NY.
- Dobrowolski K., A. Banche, A. Kozakiewicz y M. Kozakiewicz. 1993. Effect of Habitat Barriers on Animal Populations and Communities in Heterogeneous Landscapes. Pps 61 - 70 en R.G.H. Bunce, L. Ryszkowski y M.G. Paoletti (eds.), *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Forman, R.T.T. 1996. Ecologically Sustainable Landscapes: The Role of Spatial Configuration. Pps 261-277 en I.S. Zonneveld y R.T.T. Forman (eds.), *Changing Landscapes: An Ecological Perspective*. Springer-Verlag, New York, NY.
- Hartshorn, G.S. y B.E. Hammel. 1994. Vegetation Types and Floristic Patterns. Pps. 573-589 en L.A. McDade, K.S., Bawa, H.A. Hespenheide y G.S., Hartshorn (eds.), *La selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. The University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Janzen, D.H., D.E. Wilson. 1991. Mamíferos. Pps. 439-450 en D.H. Janzen (ed.), *Historia Natural de Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, San José,
- Kalkhoven, J.T.R. 1993. Survival of Populations and the Scale of the Fragmented Agricultural Landscape. Pps. 83-90 en R.G.H. Bunce, L. Ryszkowski, M.G. Paoletti (eds.), *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Kunz, T.H., D.W. Thomas, G.C. Richards, C.R. Tidemann, E.D. Pierson y P.A. Racey. 1996. Observational Techniques for Bats. Pp 157-162 en D.E. Wilson, F.R. Cole, J.D. Nicols, R. Rudran y M.S. Foster (eds.), *Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Mammals*. Washington and London.
- Krebs, C.J. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, Publishers, New York, NY. Pps. 376-378.
- López, J.E. 1996. Hábitos Alimentarios de Murciélagos Frugívoros y su Participación en la Dispersión de Semillas. *En Bosques Húmedos de Costa Rica*. Tesis de Maestría, Universidad Nacional, Heredia, Costa Rica.
- McDade, L.A. y G.S. Hartshorn. 1994. La Selva Biological Station. Pps. 6-14 en L.A. McDade, K.S., Bawa, H.A., Hespenheide y G.S. Hartshorn (eds.), *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. The University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Mora, J.M. En prensa. *Los Mamíferos Silvestres de Costa Rica*. Editorial Universidad Estatal a Distancia (EUNED), San José, Costa Rica.
- Mora, J.M. 1998. Comunicación personal. Catedrático de la Universidad de Costa Rica.
- Morton, P.A. 1989. Murciélagos Tropicales Americanos. World Wildlife Fund, Washington D.C. Pp. 7.
- Odum, E. 1984. Properties of Agroecosystems. Pps. 5-11 en R. Lowrance, B.R. Stinner y G.J. House (Eds.), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. John Wiley and Sons, New York, NY.
- Organización para Estudios Tropicales. 1998. *Material Introductorio del Módulo 2. Curso de Agroecología 98-7*. Mimeografiado.

- Sanford, R.L., P. Paaby, J.C. Luvall y E. Phillips. 1994. Climate, Geomorphology, and Aquatic Systems. Pps. 19-33 en L.A. McDade, S.K. Bawa, H.A. Hespenheide, y G.S. Hartshorn (eds.), *La Selva: Ecology and Natural History of a Neotropical Rain Forest*. The University of Chicago Press, Chicago, IL.
- Silva, T. 1979. *Murciélagos de Cuba*. Academia de Ciencias, La Habana, Cuba. Pps.420-432.
- Stiles, F.G. 1995. *Guía de Aves de Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad, Heredia, Costa Rica. 686 p.
- Vargas, O. 1998. Comunicación personal. Organización para Estudios Tropicales, Agroecología 98-7. Estación La Selva.
- Wilson, D.E. 1991. Lista de Mamíferos. Pp. 497 en D.H. Janzen, *Historia Natural de Costa Rica*. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.



# La Calidad del Agua como Indicador del Impacto de la Actividad Humana sobre Dos Ecosistemas Lóticos en el Área de Sarapiquí, Costa Rica

Nadiejda Barbera C., María M. Collazo V., Verónica C. Plauchú, Armengol Caballero O., Oscar Sánchez S. y Itavclerh Vargas C.

## Resumen

El propósito del presente trabajo fue estimar como las comunidades de los macroinvertebrados bénticos presentes en las aguas lóaticas cambian según el grado de perturbación del sistema, ocasionado por el uso de tierra para actividades agrícolas y ganaderas. La zona de estudio está ubicada en la región Caribe Norte en la confluencia de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, provincia de Heredia. Elegimos cinco sistemas acuáticos con diferentes tipos de uso de la tierra: bosque primario, bosque secundario con pastizales y plantaciones de banano. Analizamos aspectos físicos-químicos, temperatura, pH, turbidez, alcalinidad total, dureza total y concentraciones de oxígeno disueltos, nitratos y fosfatos. Además realizamos una colecta de macroinvertebrados en los diferentes sitios de muestreo con base en la cual analizamos el cambio en abundancia en grupos funcionales, la biodiversidad de géneros y el bioíndice BMWP. Determinamos que a mayor grado de perturbación se produce un deterioro en la calidad de agua que se refleja fundamentalmente en un aumento de la turbidez, mayor presencia de sedimentos y menor concentración de oxígeno, asociado a una disminución en los órdenes indicadores de buena calidad de agua como Plecóptera y Tricóptera.

Palabras Claves: Calidad de agua, bioindicadores, cuenca hidrográfica, bentos, uso de la tierra

Apoyo Técnico: Mónica Springer y Miqui Swisher

---

## Introducción

La vida en los ríos, lo mismo que en cualquier otro medio terrestre, está sujeta a delicados factores del medio ambiente que el hombre puede variar con funestas consecuencias (Roldan, 1996). En Costa Rica y en la mayoría de los países del Neotrópico, estas alteraciones en las cuencas hidrográficas son provocadas principalmente por el crecimiento demográfico, desarrollo de las industrias y expansión de la frontera agrícola. No se ha dado seguimiento ni estudios detallados sobre la calidad de agua de la gran mayoría de los ríos de Costa Rica, y los poco que se han hecho solo han incluido las variables físicas y químicas, obviándose las biológicas (M. Springer, com. per.).

Contrariamente, en los países desarrollados este incremento en el deterioro de los recursos de agua y la sensibilidad a este problema por parte de organizaciones competentes han hecho que se ponga en marcha programas de control y vigilancia de las aguas. Para ello se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de interpretar la situación real o el grado de alteración de los sistemas acuáticos (Alba-Tercedor y

Sánchez-Ortega, 1988). Algunos de estos métodos se basan en los análisis químicos que en principio son de gran precisión, pero presentan el problema de ser testigos de las condiciones momentáneas de las aguas. En cambio, los índices biológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de tomar la muestra. Este sistema nos permite evaluar rápidamente la calidad del agua con base en la presencia de grupos de organismos de agua dulce, siendo los más recomendados en este tipo de análisis los macroinvertebrados bentónicos como los insectos acuáticos, los moluscos y los crustáceos (Hauer y Lamberti, 1996). El objetivo del presente trabajo es estimar como las comunidades de los macroinvertebrados presentes en las aguas lóaticas cambian según el grado de perturbación del sistema ocasionado por el uso de la tierra.

## Metodología

La zona de estudio está ubicada en la región Caribe Norte, en la confluencia de los ríos Sarapiquí y Puerto Viejo, provincia de Heredia. Realizamos el trabajo en la Estación Biológica La Selva y áreas aledañas ésta tiene un área de 1,536 ha, de las cuales el 55% corres-

ponde a un bosque primario, y el resto se encuentra con cubierta vegetal en diferentes grados de sucesión. El clima de Sarapiquí está clasificado como muy húmedo (Herrera, 1985) y el paisaje de la región se caracteriza por las plantaciones bananeras y la ganadería. Seleccionamos cinco sitios con diferentes niveles de impacto humano y uso de la tierra para los puntos de muestreo. Los sitios se encontraban localizados en cuatro quebradas: (1) quebrada Sábalo en un bosque secundario con pastizales; (2) quebrada El Salto en un bosque primario donde muestreamos dos sitios (puente y cascada); (3) quebrada Lourdes, dentro de una plantación bananera y (4) quebrada Caño Negro, aledaña a plantación bananera en bosque secundario.

Para estudiar las diversas comunidades de macroinvertebrados, aplicamos el método de muestreo sistemático relativo. En cada uno de los ríos seleccionamos una sección de muestreo de 20 m de longitud aproximadamente. Los sitios muestreados presentaban condiciones similares de ancho, profundidad y morfología del fondo de manera que la única variable diferente entre los ríos fuera el grado de perturbación. En cada río tomamos una muestra de agua para su análisis físico-químico. En el campo determinamos la temperatura, el pH, la turbidez, la alcalinidad total y la dureza total. Posteriormente realizamos en el laboratorio las pruebas de nitrato, fosfato y oxígeno. Este último fue fijado en el campo según el método de Winkler.

Para la colecta de los macroinvertebrados, tomamos muestras en tres diferentes microhábitats presentes en el río: piedras, hojarasca y remansos. Tomamos la muestra por colecta directa, utilizando coladores y pinzas. Para uniformizar el muestreo, conformamos tres grupos de trabajo de dos personas cada uno y realizamos la colecta por un lapso de 25 minutos en la hojarasca y en las piedras, respectivamente, y 10 minutos en los remansos. Preservamos los organismos recolectados en el campo en alcohol al 70%. Realizamos la identificación a nivel de género en el laboratorio. Contamos con el apoyo de M. Springer, las claves de G. Roldan (1996) y el manual para la identificación de artrópodos de agua dulce acuáticos de Costa Rica (Springer y Hanson, en prep.). Depositamos los macroinvertebrados en la colección húmeda del Museo de Zoología, Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica.

Para el análisis de la comunidad de los macroinvertebrados acuáticos usamos tres índices. Determinamos

la biodiversidad existente en cada uno de los sitios utilizando el índice de Shannon-Wiener y usamos el índice de Morisita (Brower, Zar y Von Ende, 1989) para establecer similitudes entre la ausencia y presencia de géneros, el número de individuos por unidad taxonómica y géneros en común. Además calculamos el bioíndice BMWP' (Alba-Tercedor, 1996), que asigna valores de tolerancia a la contaminación del uno al diez a diferentes familias de macroinvertebrados. Determinamos este índice sumando los valores para el total de las familias. Cuando estos valores son mayores se considera que hay mayor calidad de agua. Para algunas familias de especies tropicales no incluidas en la bibliografía, asignamos valores según la experiencia de M. Springer y A. Ramírez.

## Resultados

Los sitios estudiados presentaron características físicas muy semejantes en cuanto al sustrato, temperatura, ancho y profundidad (Tabla 1). En los análisis químicos obtuvimos que los únicos parámetros similares para todas las quebradas fueron el pH (entre 6.5 y 7) y la dureza. La turbidez es mayor en las quebradas Caño Negro y Lourdes que en las otras quebradas ubicadas dentro de La Selva. La quebrada El Salto presenta concentraciones altas de oxígeno y casi el doble de alcalinidad con respecto a las otras. En las quebradas Sábalo y Salto las aguas tenían un color claro y olor normal. En cambio, las quebradas Lourdes y Caño Negro tenían color marrón y fuerte olor a pesticidas en Lourdes y a materia orgánica en descomposición en Caño Negro. La turbidez existente en las quebradas ubicadas en las plantaciones bananeras era mayor que en El Salto y Sábalo. Los valores para nitrato fueron altos en todos los sitios muestreados, mientras que el valor para el fósforo fue alto solamente en la quebrada Sábalo.

El índice de Shannon-Wiener presentó una mayor diversidad de géneros en las quebradas Caño Negro ( $H' = 0.82$ ) y Sábalo ( $H' = 0.81$ ) y una menor diversidad en la quebrada Lourdes ( $H' = 0.26$ , Tabla 2). Los dos puntos de muestreo en El Salto fueron intermedios. Coincidentemente, las quebradas que presentaron mayor similitud y mejor calidad de agua son aquellas que se ubican en el área de La Selva. Con el índice de similitud de Morisita determinamos una similitud mayor entre Sábalo-Salto Cascada y Sábalo-Salto Puente; y una menor similitud entre Sábalo-Lourdes y Sábalo-Caño

Observación	Sábalo	Salto Puente	Salto Cascada	Caño Negro	Lourdes
Fecha	26/06/98	27/06/98	28/06/98	28/06/98	28/06/98
Color del agua	Clara	Clara	Clara	Marron	Marron
Localidad	Bosque con pasto	Bosque primario	Bosque primario	Bosque secundario	Bananera
Sustrato	Piedra	Piedra	Piedra	Piedra	Piedra
Olor del sedimento	Normal	Normal	Normal	Materia Orgánica en descomposición	Materia Orgánica en descomposición
Características Físicas					
Ancho (m)	6.5	5.5	5	4	7
Profundidad (cm)	20-30	70	80-100	70	30-60
Características Químicas					
Temperatura (oC)	22.5	22.5	22.5	23	23
pH	6.5	6.5-7	6.5-7	6.5	6.5
Oxígeno disuelto (ppm)	4	5	5.6	2.6	3
Turbidez (JTU)	5	5	10	30	40
Alcalinidad total (ppm CaCO <sub>2</sub> )	30	60	65	35	20
Dureza total (ppm CaCO <sub>2</sub> )	30	25	30	40	36
NO <sub>3</sub> (ppm)	0.88	0.44	1.32	0.44	0.88
PO <sub>4</sub> (ppm)	0.8	0.1	0.1	0.1	0.2

Tabla 1. Descripción y Parámetros Físico-Químicos de las Quebradas Muestreadas, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

Quebrada	Índice de Diversidad (H')
Sábalo	0.81
Salto-Cascada	0.52
Salto-Puente	0.69
Lourdes	0.26
Caño Negro	0.82

Tabla 2. Índices de Diversidad (H') para las Quebradas Muestreadas, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

Comparación	Índice de Similitud (Im)
Sábalo-Salto (Cascada)	0.72
Sábalo-Salto (Puente)	0.77
Sábalo-Lourdes	0.14
Sábalo-Caño Negro	0.20

Tabla 3. Índices de Similitud (Im) para las Quebradas Muestreadas, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

Negro (Tabla 3). Recolectamos 582 macroinvertebrados pertenecientes a 52 géneros de 15 órdenes (Figuras 1 y 2). En la quebrada Sábalo, localizada en el bosque secundario con pastizales, al igual que en el sitio Salto Puente en el bosque primario, recolectamos casi tres veces la cantidad de macroinvertebrados encontrados en las otras dos quebradas con mayor intervención antrópica (Lourdes y Caño Negro). Asimismo, tanto Sábalo como El Salto alcanzaron mayores puntuaciones del índice biótico BMWP<sup>2</sup>, mientras que Caño Negro y Lourdes, ubicadas en áreas bananeras, obtuvieron el índice de dudosa calidad de agua (Tabla 4).

### Discusión

La mayoría de los cambios en la composición de las

comunidades de macroinvertebrados acuáticos pueden estar atribuidas a las variaciones físico-químicas en los diferentes hábitats presentes en un río o en una quebrada (Arthur et al, 1993). El oxígeno disuelto es considerado el factor ambiental más importante para la sobrevivencia, crecimiento y reproducción de los organismos acuáticos. Los niveles de oxígeno en El Sábalo y El Salto, cuatro y cinco ppm, respectivamente, no representan un obstáculo para la sobrevivencia de macroorganismos. Por el contrario, las quebradas Lourdes y Caño Negro presentaron niveles de oxígeno menores a tres ppm. Estos bajos niveles de oxígeno posiblemente fueron provocados por el estancamiento temporal de las aguas, producto de las crecidas del río Sarapiquí y la alta concentración de materia orgánica, incidiendo en la sobrevivencia de los macroinvertebrados allí existentes (Tabla 1).

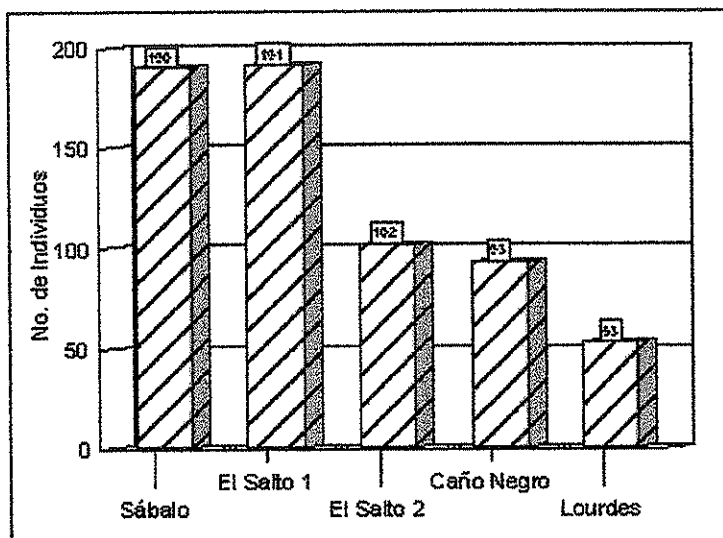


Figura 1. Número de Individuos de Macroinvertebrados Acuáticos en las Quebradas Muestreadas, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

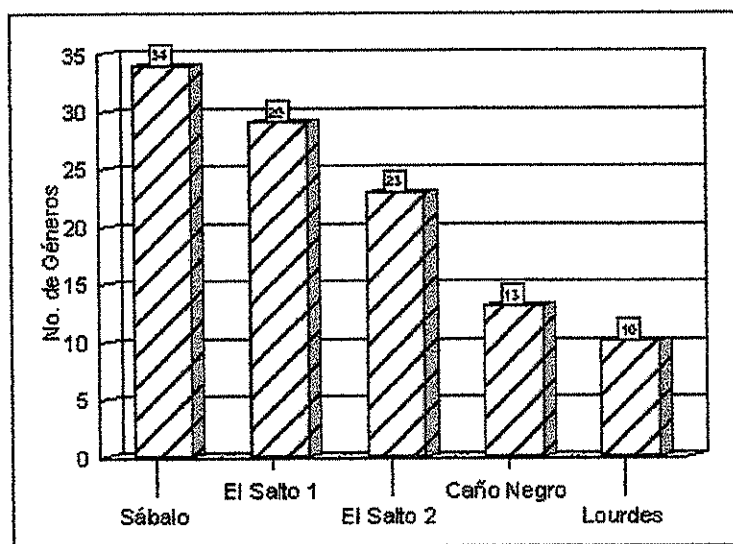


Figura 2. Número de Géneros de Macroinvertebrados Acuáticos en las Quebradas Muestreadas, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

La deposición de sedimentos finos en los ríos puede disminuir la diversidad estructural del hábitat por el estancamiento y deposición de sustratos fuertes (Arthur, 1993). Las quebradas Lourdes y Caño Negro, ubicadas cerca de las plantaciones bananeras, presentaron los mayores niveles de turbidez (Tabla 1). Esta situación es debido a que las plantaciones llegan hasta el borde del río y la falta de cobertura vegetal provoca que la erosión del suelo se incremente y haya un mayor arrastre de sedimentos que escurren hasta el río. Los niveles de

turbidez disminuyen en la medida que la intervención es menor, como ocurre en la quebrada El Salto.

El nitrógeno y el fósforo son nutrientes que se presentan naturalmente en sistemas acuáticos y son requeridos por plantas y animales para crecer y desarrollarse. Los valores óptimos de estos dos nutrientes para el desarrollo de los macroinvertebrados se encuentran dentro de los límites de 0.05 a 0.1 para el fósforo y menores de 0.1 para el nitrógeno (Laidlaw, s.f). El fosfato ha sido catalogado como un factor limitante en el crecimiento de los organismos de los sistemas acuáticos y normalmente los encontramos en concentraciones bastante bajas, menos de 0.1 mg/l (Allen, 1995; Laidlaw, s.f). Sin embargo, en el área de Sarapiquí se presentaron concentraciones altas de fósforo, lo que puede ocurrir debido a las filtraciones geotermales que entran en el sistema. Los aportes geotermales aumentan el contenido iónico y los niveles de nutrientes en las quebradas (Laidlaw, s.f). Pero a pesar de esta característica presente en algunos ríos de la zona, observamos diferencias en la alta concentración de fósforo en la quebrada Sábalo (0.8 ppm) con respecto a las demás.

Esto se explica porque los análisis que realizamos en los otros cuatro sitios, donde obtuvimos concentraciones entre 0.1 y 0.2 ppm, fueron hechos después de la crecida provocada por la intensa lluvia. Esta situación ocasionó una mayor disolución del fósforo existente en las aguas de estas quebradas y por ende una reducción en su concentración (Ramírez, com. per). La concentración de nitratos en las quebradas estudiadas está por encima de los niveles normales para los sistemas no perturbados de Costa Rica, que oscilan entre 0.05 y 0.10 (Laidlaw, s. f). Estas concentraciones en los sitios que han sido perturbados por deforestación pueden tener altos niveles de actividad nitrificadora, de manera tal que cuando llueve los nitritos y nitratos pueden ser lavados y transportados al río (Allen, 1995). En el caso de El Salto, según recientes estudios realizados, sus altos niveles de concentración de nitratos se debe al potencial de nitrificación de sus sedimentos (Triska et al,

Quebrada	Clase	Calidad	Valor	Significado
Sábalo	I	Buena	115	Agua limpia
Salto-Puente	I	Buena	113	Agua limpia
Salto-Cascada	II	Buena	86	Ligeramente contaminada
Caño Negro	III	Dudosa	44	Agua contaminada
Lourdes	III	Dudosa	40	Agua contaminada

Tabla 4. Bioíndice de la Calidad de Agua (BWMP<sup>o</sup>) para las Quebradas Muestreadas, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

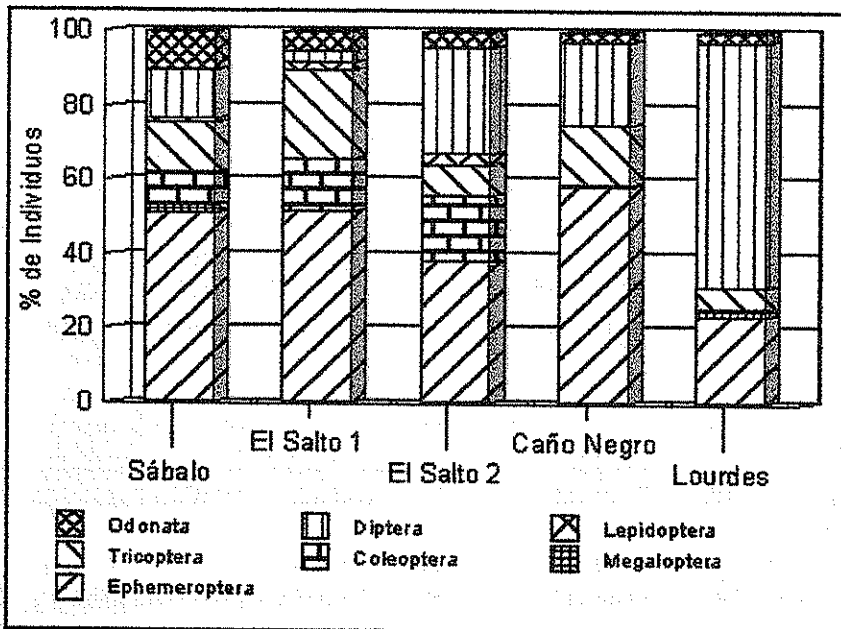


Figura 3. Porcentaje de Individuos de Macroinvertebrados Acuáticos en Siete Órdenes en las Quebradas Muestreadas, Sarapiquí, Costa Rica, 1998

1993). Sin embargo, según Arthur et al (1993) el nitrógeno y el fósforo solamente ejercen efectos indirectos en las comunidades de organismos acuáticos y los factores físico-químicos que ejercen mayores alteraciones en el hábitat de los macroinvertebrados, son la sedimentación y la contaminación directa e indirecta del río por el empleo desmedido de insumos químicos, como es el caso que se presenta en Sarapiquí.

Según Turner (1991) muchos autores plantean que se puede esperar una disminución de la biodiversidad en general con el aumento de la intensidad de las perturbaciones. Contrariamente, otros plantean que la diversidad es mayor en sistemas con perturbaciones poco severas, apoyándose en los estudios de dinámica de parches y en la hipótesis del disturbio intermedio de Correll (Turner, 1991). Los resultados de diversidad obtenidos a partir del Índice de Shannon-Wiener para los sitios estudiados respaldan la hipótesis del disturbio inter-

medio. Pudimos ver que las quebradas que presentaban bordes como Sábalo (bosque-potrero) y Caño Negro (bosque-banano) y un disturbio poco severo, también tenían, según el Índice de Shannon-Wiener, mayor diversidad de géneros (Tabla 2). Basados en la hipótesis anteriormente citada, podemos considerar a las quebradas Caño Negro y Sábalo como lugares de transición en donde se presentan tanto individuos un poco tolerantes como los de la familia Hydropsychidae (orden Tricóptera), como familias muy tolerantes como la Chirinómidae (orden Díptera) (Figura 3).

Sin embargo, una alta diversidad de organismos no se relaciona necesariamente con alta calidad de agua. Escogimos la quebrada Sábalo para relacionarla con las otras quebradas restantes para determinar su similitud. Encontramos mayor similitud entre las quebradas que están dentro del área de La Selva, con respecto a la quebrada Sábalo (Salto-Cascada y Salto-Puente). Por otro parte, las

quebradas encontradas en la zona bananera presentaron menor similitud con respecto a la quebrada Sábalo (Sábalo-Lourdes y Sábalo-Caño Negro, Tabla 3). Esta situación puede deberse a que el mayor grado de contaminación en estas dos quebradas, ha hecho que muchos de los macroinvertebrados poco tolerantes a los disturbios hayan desaparecido. Ejemplos de los anteriores son los géneros Anacronuria del orden Plecóptera y el Baetodes del orden Ephemeroptera que están presentes solamente en las quebradas Salto y Sábalo. Esto hace que hayan diferencias en cuanto a la composición de las comunidades macroinvertebradas ubicadas en las bananeras y en el bosque debido a que presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales (Alba-Tercedor, 1996).

A partir de los índices de calidad de agua, analizamos mediante una escala numérica la degradación ambiental en las corrientes acuáticas. Un organismo es consi-

derado indicador de la calidad de agua cuando éste se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con que comparte el mismo hábitat. Según Alba-Tercedor (1996), los órdenes Efemeróptero, Tricóptera y Plecóptera (ETP) son indicadores biológicos de buena calidad del agua. En nuestro estudio encontramos mayor diversidad en los géneros pertenecientes a estos órdenes en las quebradas ubicadas en el bosque primario (El Salto) y el bosque secundario con pasto (Sábalo, Figuras 1 y 2). Las ninfas de los individuos del orden Efemeróptero presentan adaptaciones morfológicas y de comportamiento para vivir en aguas limpias y bien oxigenadas y pocas son las especies de este orden que resisten cierto grado de contaminación (Roldán, 1980). Dentro de estas pocas especies, en todos los sitios muestreados, encontramos individuos pertenecientes a la familia Baetidae, destacándose por ser la única familia de los efemerópteros presente en las quebradas Lourdes y Caño Negro. Esta familia tiene una fácil adaptación a los diferentes tipos de agua (Rojas et al, 1992) y es tolerante a las condiciones de aguas turbias y con bajos niveles de oxígeno como las encontradas en las quebradas Sábalo y Caño Negro (Tabla 1). Por esas razones se le considera poco representativa para indicar la calidad de agua (Alba-Tercedor, 1996).

Por otro lado, la familia Hydropsychidae es la única del orden Tricóptera encontrada en las aguas perturbadas, ya que algunos géneros de esta familia son tolerantes a ciertos grados de contaminación. El orden Plecóptera, con la única familia existente en Costa Rica (Perlidae), es un indicador de buena calidad de agua. La misma se restringe a la quebrada El Salto, localizada en el bosque primario y que no presenta ningún tipo de alteración. Otras familias como Simuliidae, común en aguas oxigenadas y limpias (Roldán, 1988); Leptohyphidae y Leptophlebiidae, esta última extremadamente intolerable a la contaminación (Alba-Tercedor, 1996), fueron bien representadas en los sitios del bosque primario y en el bosque secundario con pasturas (Figura 3).

Los dípteros tienen un alto rango de tolerancia y fueron encontrados en los cinco sitios muestreados. En ríos y quebradas que están siendo contaminados con materia orgánica, de aguas turbias, con poco oxígeno y eutroficadas, siempre se espera encontrar poblaciones de quironómidos, típicos indicadores de aguas de baja

calidad. Organismos de esta familia fueron más abundantes en las quebradas Lourdes y Caño Negro. En situaciones intermedias, o sea en aguas que comienzan a mostrar síntomas de contaminación, o por el contrario, que comienzan a recuperarse, es común encontrar poblaciones dominantes de turbelarios, hirudíneos, ciertos moluscos (*Lymnaidae* y *Physidae*), *Chironomidae* y oligoquetos, mezclados en menor proporción con ciertos efemerópteros y tricópteros (Roldán, 1992). Por ejemplo, en las quebradas aledañas a las bananeras encontramos *Chironomidae*.

El bioíndice de BMWP' muestra que los sitios Sábalo y Salto Puente pertenecen a la clase I, que indica buena calidad con aguas muy limpias, no contaminadas o no alteradas de modo muy sensible. Mientras tanto, los sitios ubicados en el área bananera están dentro de la clase III, que corresponde a una calidad dudosa, es decir, aguas contaminadas. Mientras que este bioíndice funcionó bien en este estudio, por un lado presenta algunos inconvenientes. Uno de ellos está relacionado con el taxón utilizado para su cálculo, ya que no considera la variabilidad de tolerancia y la sensibilidad de las especies dentro de una misma familia. Esta pudo haber sido la razón por la cual al aplicar el índice de BMWP' nos dió una diferencia entre la calidad de las aguas de los sitios Salto Cascada (calidad aceptable) y Salto Puente (calidad buena), a pesar de que ambos sitios pertenecen a una misma quebrada y que se encuentran a escasos 50 metros de distancia y con características ambientales similares. Otra dificultad es que por haber sido creado este bioíndice de calidad para zonas templadas, necesita ajustarse para ambientes tropicales, pues ciertas familias importantes para esta zona latitudinal no son incluidas para su cálculo. La principal ventaja que presenta este bioíndice es permitirnos determinar la calidad de agua con base en un taxón (familia) que es fácil de identificar al realizar estudios rápidos como el nuestro.

Cuando analizamos en forma conjunta los valores obtenidos en los tres diferentes índices, pudimos ver que los altos valores de diversidad no indican necesariamente buena calidad de agua, ya que tanto Shannon-Wiener como BMWP' miden parámetros distintos. Por otra parte, el mayor valor de similitud presente entre las quebradas Sábalo y Salto (Tabla 3), coincide con la quebrada que presentan la mejor calidad de agua. Esto nos indica que la similitud entre una quebrada y otra está determinada por el grado de disturbio que cada

una de ellas presente.

### Conclusión

En el cantón de Sarapiquí la transformación de tierras forestales en plantaciones bananeras es una situación que ha traído consecuencias negativas desde el punto de vista ambiental. Un claro ejemplo de ello es la contaminación de los ríos de la zona, lo que pudimos determinar mediante análisis físico-químicos y biológicos realizados en los diferentes sitios, los cuales demuestran que las quebradas Lourdes y Caño Negro, ubicadas en las zonas aledañas a las bananeras, el deterioro de sus aguas es una realidad. Principalmente en Lourdes, que no posee ningún tipo de borde de bosque, hay un alto grado de turbidez, gran acumulación de sedimentos y un fuerte olor a agroquímicos, lo cual está ocasionando el desequilibrio del ecosistema lótico. Esto se corrobora por la presencia de macroinvertebrados indicadores de contaminación como quironómidos, abundantes tanto en género como en número de individuos. Pero lo peor aún es que este desequilibrio está limitando el uso de las aguas por parte de los habitantes de la zona, privándoles de un recurso natural vital y exponiéndolos a contaminaciones severas que afectan la salud y la calidad de vida de los mismos. Consideramos pertinente la intervención de las autoridades competentes para que se lleven a cabo programas correctivos a las irracionales prácticas agrícolas actuales. De la misma manera será necesario realizar monitoreos para medir el impacto sobre el medio ambiente.

### Literatura Citada

- Alba-Tercedor, J. y R. Sánchez-Ortega. 1992. *Un Método Rápido y Simple para Evaluar la Calidad Biológica de las Aguas Corrientes Basado en el de Hellawell (1978)*. Departamento de Biología Animal, Ecología y Genética, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España. pág. 51-55.
- Allen J. 1995. *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*. Chapman y Hall, London, UK. Pág. 23-34
- Arthur, J., G. Host y C. Richards. 1993. Identification of Predominant Environmental Factors Structuring Stream Macroinvertebrate Communities within a Large Agricultural Catchment. *Freshwater Biology*
- 29(2):285-294.
- Brower, J.E., J.H. Zar y C.N. von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Third Edition. Wm. C. Brower Publisher, New York, NY. Pág. 46-57.
- De la Rosa, C. 1992. *Introducción a la Biología de Ríos Tropicales*. Borrador de trabajo.
- Deutsch, W. 1996. *Water Quality*. Florida Cooperative Extension Service, University of Florida, Gainesville, FL. 42 pp.
- Herrera, W. 1985. Clima de Costa Rica. Pág. 35-55 en L.D. Gómez (ed.), *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica.
- Hauer, R.F. y G.A. Lamberti. 1996. *Methods in Stream Ecology*. Academy Press, San Diego, CA. Pág. 87-93.
- Laidlaw, T. s.f. *Adopte una Quebrada*. Organización para Estudios Tropicales, Sarapiquí, Costa Rica. 60 pp.
- Roldán Perez, G. 1997. *Macroinvertebrados Acuáticos y su Utilización en Estudios Ambientales*. Bogotá, Colombia. Pág. 78-85.
- Springer, M., A. Ramírez y P. Hanson. En preparación. *Manual para la Identificación de los Artrópodos Dulceacuícolas de Costa Rica*.
- Triska, P., J. Pringle, D. Zellweger, M. Duff y R. Avanzino. 1993. Dissolved Inorganic Nitrogen Composition, Transformation, Retention, and Transport in Naturally Phosphate-Rich and Phosphate Poor Tropical Streams. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 50(3):665-675.





Módulo 3

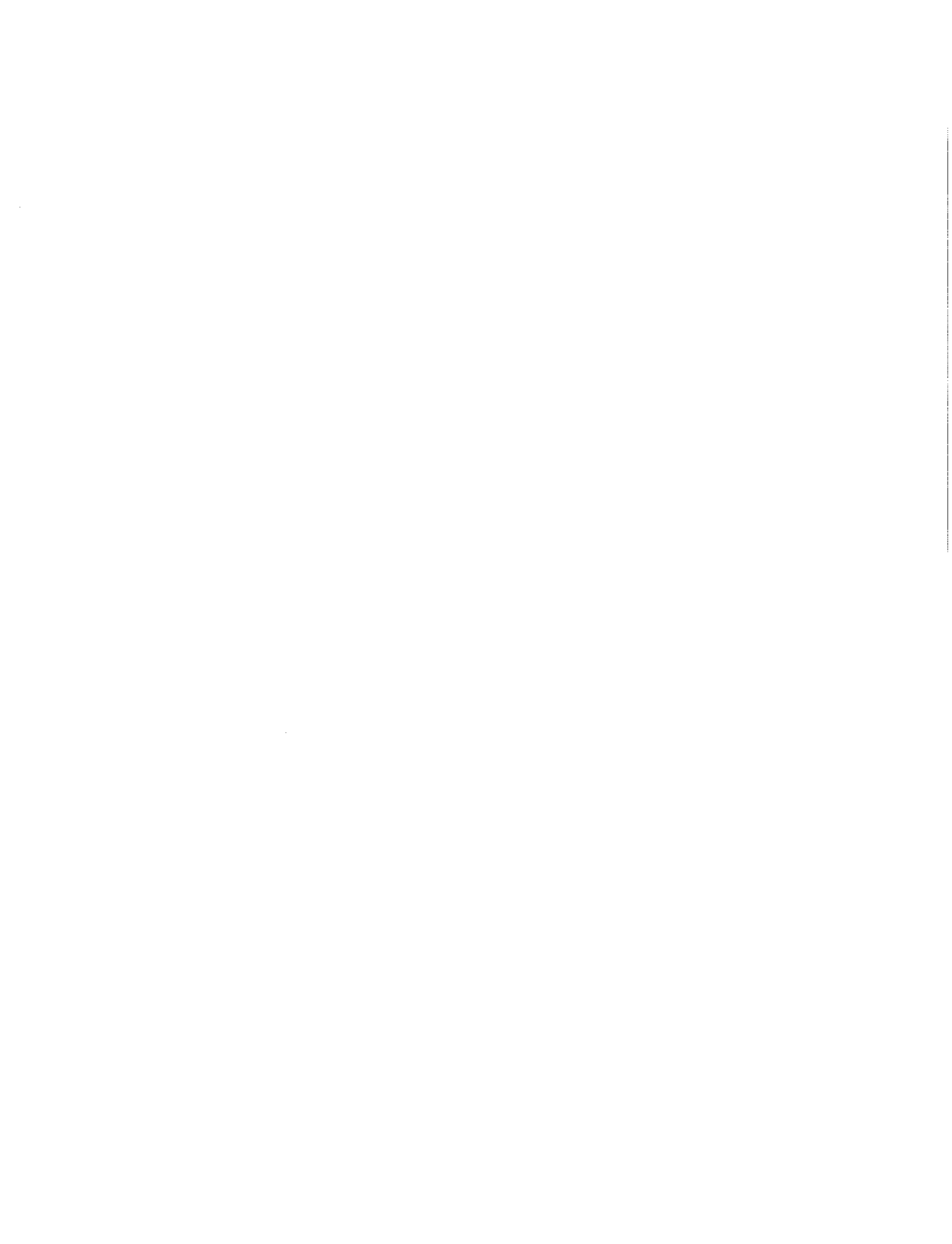
La Dinámica

del Desarrollo

del Agroecosistema

San Carlos

---



# Estudio de la Dinámica del Desarrollo de un Agroecosistema Productivo en el Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, San Carlos, Costa Rica

Nadiejda Barbera, Diego Bonilla, Verónica Cordero Plauchú,  
Erivelio Hernández, Victoria Reyes-García, Susan Swales, Itavclerh Vargas

## Resumen

El paisaje regional, incluyendo agroecosistemas y sistemas naturales, es el resultado tanto de factores ambientales como de la toma de decisiones por los habitantes a través del tiempo. Nuestro objetivo fue entender la dinámica de desarrollo del agroecosistema en el asentamiento Zeta Trece localizado en la Fortuna, San Carlos, Costa Rica. Para esto utilizamos un transecto geográfico y un transecto histórico y analizamos los sistemas de producción en la zona. También determinamos el uso potencial de la tierra. Encontramos que la mayoría de los suelos son de clase V con limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes, por lo cual su uso se restringe al manejo de bosque natural, con requerimientos de medidas intensivas de conservación de suelos. Desde la formación del asentamiento en 1983 la zona ha pasado de la producción agrícola a un predominio de la actividad pecuaria. Este cambio se ha dado de forma paralela a la disminución de los rendimientos en los cultivos, lo que puede ser debido a la baja calidad de los suelos para la producción agrícola y al establecimiento de cultivos no rentables. Actualmente la zona se dedica mayoritariamente a la producción pecuaria. Recientemente la actividad turística ha cobrado mayor importancia como alternativa a la producción agropecuaria. La situación actual nos lleva a recomendar el impulso de políticas dirigidas al desarrollo de bosques y áreas turísticas, dada su cercanía al volcán Arenal y otros atractivos naturales.

Palabras Claves: ganadería, historia, asentamiento, cultivos, cacao, economía

Apoyo Técnico: Miqui Swisher, Julio Arias, Ana Isabel Meza

---

## Introducción

Factores ambientales, como las condiciones climáticas y la textura, profundidad y tipo de suelo, determinan el éxito o fracaso de las actividades productivas, y por tanto influyen en las subsiguientes decisiones por parte de los individuos. Esto puede entenderse como un proceso de adaptación al medio a través del aprendizaje de su dinámica (Moran, 1994). Otros elementos importantes a la hora de entender la toma de decisiones son los precios de los productos en el mercado y las políticas agrícolas, de desarrollo y de conservación promovidas por los organismos estatales (Moran, 1995). La recolección de información sobre estas políticas a lo largo de la historia permite entender mejor las decisiones sobre el uso de la tierra y los resultantes cambios en vegetación, deforestación, erosión y cultivos sembrados. Finalmente, otros elementos que pueden influir en la toma de decisiones, pero que no son objeto de este estudio, son factores internos como la migración e introducción de nuevos valores. Una interpretación que relacione todos estos

factores ayuda a explicar las causas originarias del paisaje actual.

Los patrones de paisaje pueden explicarse como el resultado de factores políticos, económicos y decisiones individuales de agricultores sobre el uso de los recursos naturales. La literatura sobre el tema describe los pobres resultados de la agricultura en áreas tropicales. La baja fertilidad de los suelos, así como la falta de mercados y factores sociales, se han descrito como las principales causas del bajo rendimiento agrícola (Blaikie y Brookfield, 1987). El crecimiento deficiente de un cultivo en un suelo ácido puede correlacionarse directamente con la saturación de aluminio (Al). Frecuentemente, concentraciones de Al en el suelo superiores a una ppm son la causa directa de la reducción de rendimientos (Sánchez, 1976). Esta situación se ha visto agravada por la migración de jóvenes a las ciudades en busca de mejor educación y oportunidades laborales. La pobreza de los resultados agrícolas ha generado, en muchos casos, la sustitución de cultivos por pastos, dando origen a un paisaje agropecuario. En

general las actividades ganaderas se han adoptado como la única opción viable económicamente cuando la agricultura produce pobres resultados, ya que el pasto y el ganado no necesitan mucho trabajo y proporcionan suficientes ingresos (Hecht y Cockburn, 1989).

El propósito de este estudio es entender las dinámicas de desarrollo del agroecosistema en una comunidad rural, Zeta Trece, en la zona norte de Costa Rica. Tres grupos analizaron aspectos diferentes de esta comunidad. Los objetivos generales son analizar la información obtenida de varias fuentes para hacer un perfil de las actividades agropecuarias de la zona; analizar las relaciones entre los tipos de información obtenidos con varias técnicas y a varias escalas; y ganar experiencia en el uso de varias técnicas útiles para entender la dinámica del desarrollo de la zona. Este informe incluye los resultados, discusión y conclusiones formulados por el grupo que estudió los aspectos históricos del desarrollo agropecuario y el uso actual y potencial de la tierra. Un segundo grupo se dedicó a los aspectos sociales, estudiando la historia, estructura familiar y dinámica demográfica de la comunidad. El tercer grupo analizó el conocimiento y perspectivas sobre fauna silvestre en el área.

El asentamiento Zeta Trece está ubicado en las cercanías del Volcán Arenal a 250 msnm, en una zona de vida clasificada como bosque muy húmedo tropical (Herrera, 1986). La precipitación anual es de 3,500-4,000 mm. El relieve es ondulado, con áreas planas y pendientes fuertes, y los suelos son andisoles de origen volcánico. La comunidad Zeta Trece se organizó en 1983 con la llegada de 48 familias a las que el Instituto de Desarrollo Agrario (IDA) asignó tierras para el desarrollo de actividades agrícolas, de conservación y orientadas al desarrollo del ecoturismo. Los bajos rendimientos agrícolas influyeron en la emigración de algunas familias de la comunidad. Actualmente, Zeta Trece está integrada por 24 familias que ocupan 322 ha y se dedican a actividades agropecuarias y al turismo.

### **Metodología**

Para familiarizarnos con la zona de estudio y sus actividades agropecuarias, realizamos una observación general del uso actual de la tierra. La observación se llevó a cabo a lo largo de los márgenes del camino de lastre que conduce a la catarata del río Fortuna. También usamos dos técnicas orientadas a recolectar información sobre la influencia del ambiente biofísico y los procesos históricos

en la toma de decisiones por parte de los habitantes y en los patrones actuales de uso de la tierra, el transecto geográfico y el histórico. Combinamos el transecto histórico con entrevistas semiestructuradas sobre la historia de la zona.

Elaboramos un transecto geográfico de dos km en el margen suroeste del camino antes citado. Mediante observación, recolectamos datos sobre uso actual de la tierra y la vegetación a lo largo del transecto (Swisher, 1998). Para determinar las características físicas de los suelos (pendiente, textura, drenaje, profundidad efectiva y pedregosidad), recolectamos diez muestras con un barreno. Estas muestras fueron tomadas en diez puntos a lo largo del transecto (200 m de separación). Estos datos junto con información secundaria sobre fertilidad y toxicidad del suelo y clima (Corrales, 1998) sirvieron para evaluar el uso potencial e identificar limitaciones y/o oportunidades en cuanto al uso de la tierra (Cubero, 1996).

Seleccionamos tres habitantes con un mínimo de 15 años de residencia en la zona y con propiedades que abarcasen los recursos principales que queríamos incluir en el transecto histórico (Swisher, 1998). Mediante entrevistas semiestructuradas discutimos los eventos históricos significativos en el área y sus impactos en el uso de la tierra y los tipos de cultivo. Cuando fue posible, visitamos el área en discusión con los dueños del terreno para discutir los cambios en función de las condiciones biofísicas de éste (topografía, textura del suelo, etc.).

Representamos la información recolectada en el transecto geográfico en un perfil del uso actual del suelo, en el que incluimos los datos de las muestras de suelo. Para el transecto histórico elaboramos una figura con la evolución diacrónica del uso de la tierra y los cultivos, en la que incluimos los datos sobre las políticas de desarrollo y la organización comunitaria. Combinamos la información de ambos transectos para interpretar las causas que motivaron la toma de decisiones de uso de la tierra y cultivos en la zona.

### **Resultados y Discusión**

Como en otras partes de Costa Rica, los factores externos que más condicionan el desarrollo agrícola en la zona de estudio (Zeta Trece) son las deficiencias de elementos esenciales para la agricultura, la acidez del suelo y las condiciones climáticas (Proyecto Estado de la Nación, 1997). En las zonas tropicales, como en el caso de Zeta

Trece, abundan suelos andisoles, que no presentan un nivel de fertilidad natural que pueda garantizar una producción agrícola económicamente competitiva. Además, el contenido de elementos de los suelos no alcanza los niveles críticos requeridos para el desarrollo de actividades agrícolas (Tabla 1).

Los bajos contenidos de materia orgánica, junto con los altos niveles de Al en el suelo (Tabla 1) tienen implicaciones directas en el crecimiento de las plantas causando su intoxicación. El efecto primario de la toxicidad de Al consiste en un daño directo sobre el sistema radicular, impidiendo la absorción y el traslado de Ca y P a la parte aérea de la planta (Bertsch, 1995). En este sentido, las diez muestras de suelos en el primer transecto geográfico corresponden a la clase V de uso potencial de la tierra y están limitadas por la toxicidad (Figura 1). Los puntos 1 y 9 tienen limitaciones adicionales de pendiente y textura, respectivamente. Nueve de los diez puntos del segundo transecto (Figura 2) corresponden a la clase V de uso potencial del suelo y tienen limitaciones de toxicidad. Adicionalmente, los puntos 1 y de 6 a 10 mostraron problemas de textura. El punto 3, ubicado en la ribera del río, correspondió a la clase VI y a subclases e2 (erosión), s235 (textura, pedregosidad y toxicidad), y d2 (riesgo de inundación) (Cubero, 1991). Todas estas deficiencias, sumadas a factores climáticos, como una humedad relativa del 80%, un promedio de precipitación anual superior a los 4,000 mm, y pocas horas luz efectivas (cuatro a cinco horas por día) reducen aun más el rendimiento de los cultivos en la zona de estudio.

Además de estos factores externos, varios factores antropogénicos, como la deforestación, el mal manejo del suelo y las políticas agrarias, son claves para explicar el actual uso de suelos. Las tierras estudiadas pertenecen a las clases V y VI con limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales, semipermanentes y permanentes, por lo cual su uso se restringe al manejo de bosque natural, con requerimientos de medidas intensivas de conservación de suelos (Sistema de Indicadores sobre el Desarrollo Sostenible, 1997). A pesar de la falta de aptitudes para las actividades productivas de estos suelos, el paisaje de la zona ha estado dominado por actividades agrícolas y ganaderas desde que el bosque primario fue substituido por pastos en la década de 1960.

Podemos entender la importancia de los factores antropogénicos al estudiar la historia del uso del suelo (Figura 3). La zona en la que actualmente se encuentra el asentamiento

Elemento	Suelos en Z-13 (ppm)	Nivel Normal (ppm)
Fósforo (P)	2	10
Potasio (K)	0.01	1
Zinc (Zn)	2	3 a 15
Magnesio (Mg)	5	5 a 15
Cobre (Cu)	2	1.2
Hierro (Fe)	35	5 a 100
Aluminio (Al)	3	1 (máx.)
Calcio (Ca)	0.4	5 a 50

Tabla 1. Análisis de Fertilidad de Suelo en Zeta Trece, San Carlos, Costa Rica, 1998

Zeta Trece estaba formada, antes de 1960, por bosque primario rico en madera de calidad (*Manú, Vitex cooperi*) (Holdridge y Poveda, 1975). En el período de 1960 a 1965, los primeros propietarios de las fincas, que ocupaban una extensión total de 700 ha, practicaron una deforestación intensiva en la parte baja, sustituyendo el bosque por potreros. Para el año de 1965, aproximadamente, el Sr. Zacarías Murillo y sus socios, Eduardo Vargas y Ricardo Valderrama, compraron todos los terrenos del sector y formaron la hacienda La Habana, reemplazando el bosque primario por potreros para cría de ganado. La actividad pecuaria, incentivada en el período 1965-1975 por el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), cambió drásticamente el paisaje de la zona. La deforestación progresiva en busca de madera de calidad, especialmente el manú, afectó directamente tanto a la parte baja como a la alta de la zona. A finales de 1975, consecutivas invasiones a la finca La Habana motivaron a sus propietarios a venderla al Banco Nacional de Costa Rica. Esta entidad expropió 378 ha para la protección del bosque que hoy forman parte del Área de Conservación Arenal, y adquirió las restantes 322 ha por un monto de US \$2,352,341 (US \$7,305 por ha). Estas últimas tierras son las que actualmente conforman el asentamiento Zeta Trece.

En el período de 1975-1980, el Banco Nacional, a través del Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), fraccionó las 322 ha en pequeños predios de aproximadamente tres ha, que fueron vendidos a campesinos recién llegados de otras regiones del país. Los fundadores de este asentamiento emprendieron la siembra de cultivos de yuca (*Manihot esculenta*), ñanpi (*Colocasia esculenta*), maíz (*Zea mays*) y frijol (*Phaseolis vulgaris*), además de pastoreo. En esta época, la producción agrícola estuvo dirigida al consumo familiar y venta en el mercado nacional. La instalación

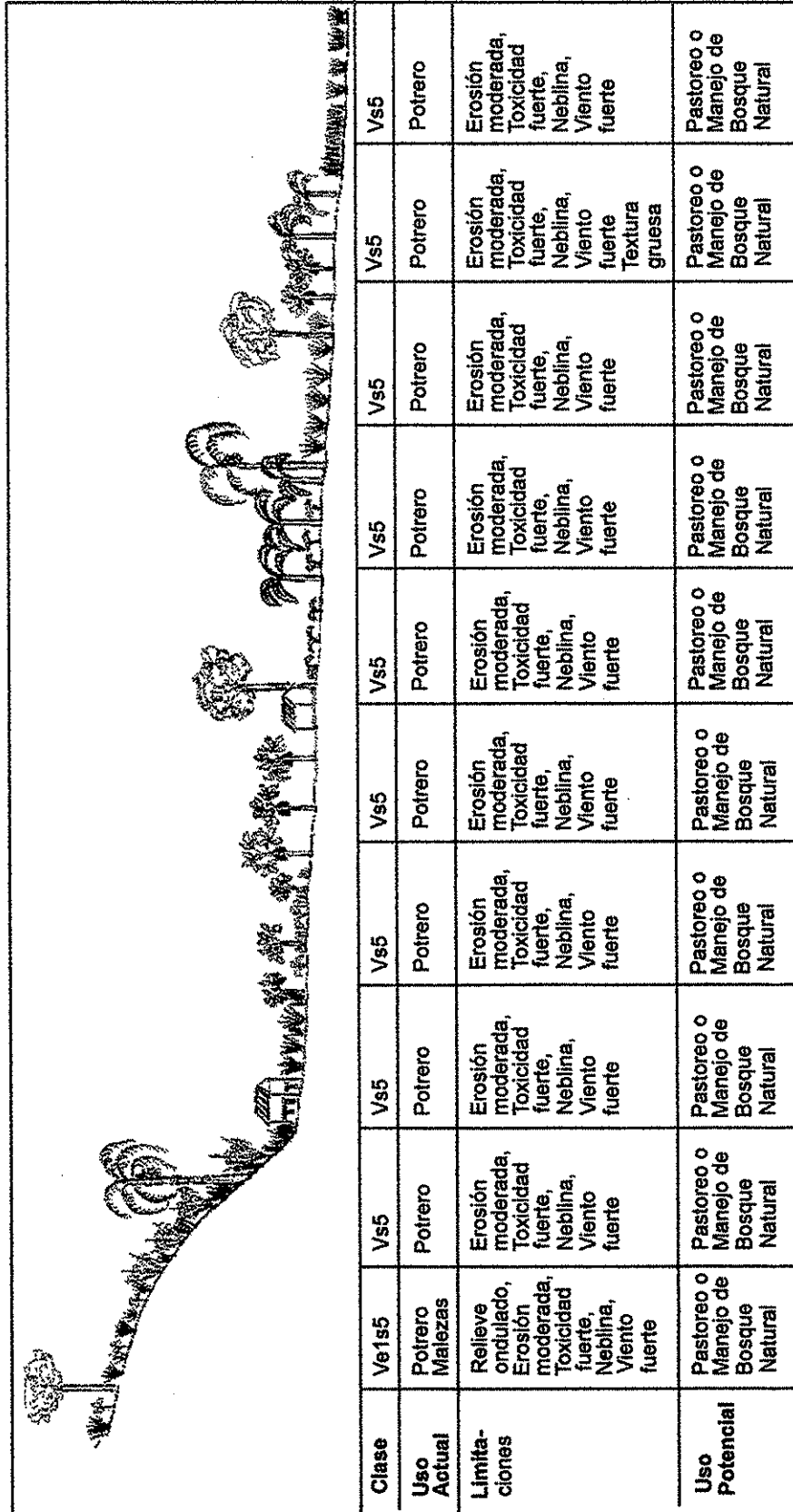


Figura 1. Transecto Geográfico I, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

Clase	Vs23	Vs5	Vs5	Vs5	Vs5	Vs5	Vs5	Vs5	Vs5	Vs5	Vs5
Uso Actual	Escuela	Potrero	Ribera de Río	Potrero	Bosque de Sucesión Secundaria	Frutales	Plantas Ornamentales, Escasos árboles frutales (Albergue)	Potrero	Plantas Ornamentales, Césped (Albergue)	Plantas Ornamentales	
Limitaciones	Erosión moderada, Textura gruesa, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión moderada, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión severa, Suelos poco profundos, Textura gruesa, Fuertemente pedregoso, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte, Riesgo de inundación,	Erosión moderada, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión moderada, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión moderada, Textura muy fina, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión moderada, Textura muy fina, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión moderada, Textura muy fina, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión moderada, Textura gruesa, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	Erosión moderada, Textura gruesa, Toxicidad fuerte, Neblina, Viento fuerte	
Uso Potencial	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Reforestación de Ribera	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural	Potrero o Manejo de Bosque Natural

Figura 2. Transecto Geográfico II, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

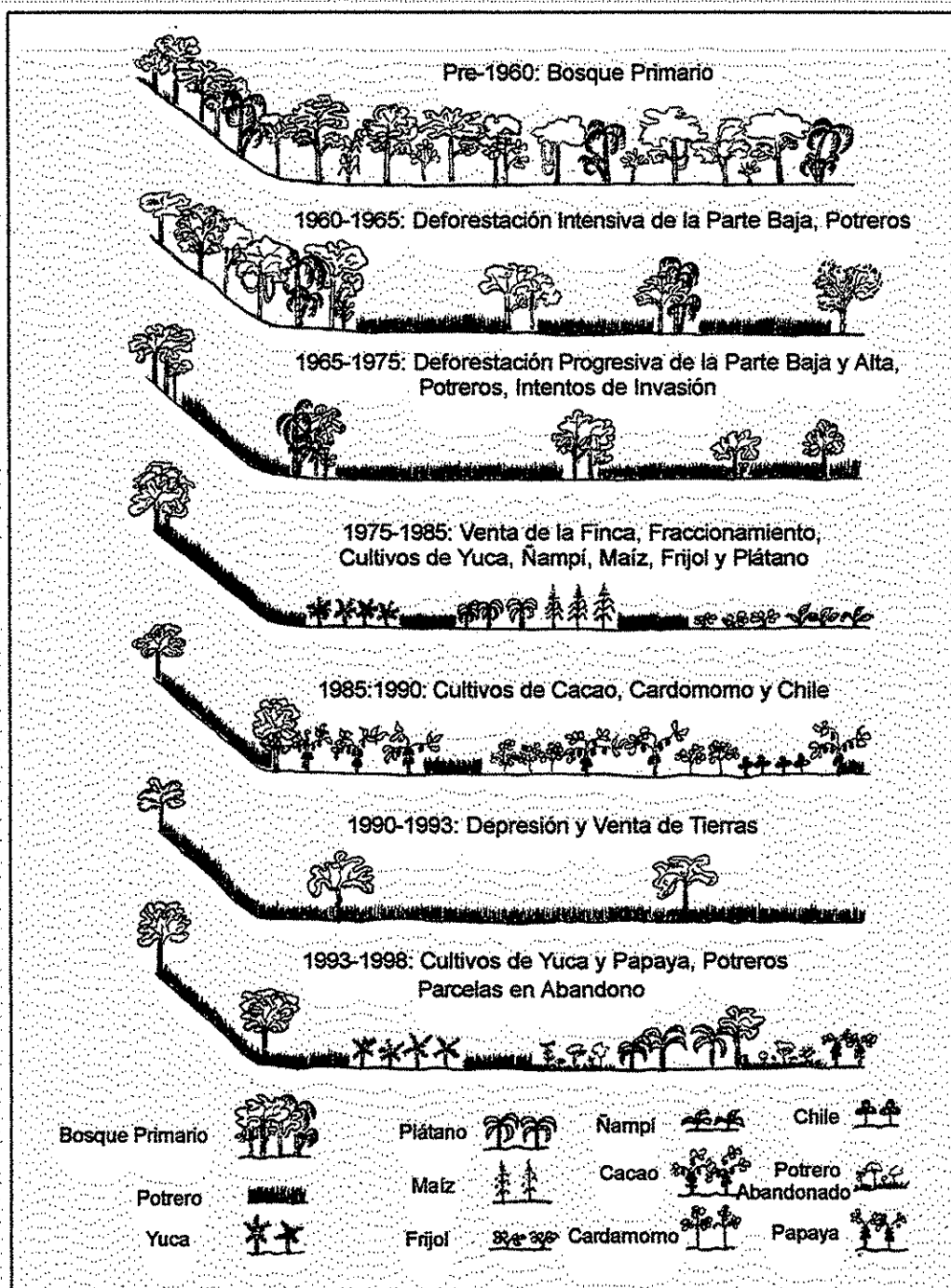


Figura 3. Transecto Hist órico, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998



de actividades productivas en suelos de clase V conllevó el sobreuso de estas tierras, manifestado en el mal aprovechamiento de la aptitud de las mismas.

Luego de este fracaso en las actividades agrícolas, entre 1985-1990, los miembros del asentamiento acogieron las sugerencias por parte del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) de sembrar chile (*Capsicum spp.*), cardamomo (*Elettaria cardamomum*) y principalmente cacao (*Theobroma cacao*). La instalación de estos cultivos dió como resultado un bajo rendimiento, debido a la mala calidad de las semillas y a las limitaciones que tienen los suelos de clase V, agravando la degradación del suelo. El resultado de estas prácticas agrícolas trajo consigo una época de crisis, 1990-1993, en la que muchos agricultores vendieron sus tierras, abandonando el asentamiento. Los agricultores que permanecieron en el asentamiento se dedicaron mayoritariamente a la ganadería lechera, pero también retomaron los cultivos que en el período inicial del asentamiento habían proporcionado buenos rendimientos, tales como la yuca y la papaya (*Carica papaya*).

Toda esta situación se explica parcialmente en el contexto de las políticas nacionales de la década de 1980 y el Programa de Ajuste Estructural (PAE). A nivel nacional, la década de 1980 es un período de crisis económica, que se inscribe dentro de un proceso de decaimiento del orden institucional. El PAE tuvo como objetivo la reforma de la estructura económica heredada del desarrollismo; el fortalecimiento de los sectores orientados al mercado internacional y el debilitamiento de aquellos anteriormente favorecidos por el proteccionismo.

Aunque el PAE no estaba orientado a la transformación del agro, sus efectos en este sector fueron importantes, y algunos de ellos explican parte de la dinámica ocurrida en comunidades rurales como Zeta Trece. En primer lugar, el PAE favoreció al sector agroexportador por la reducción de subvenciones al mercado comercial y particularmente al sector industrial. Sin embargo, esta misma política afectó adversamente la producción de granos básicos como maíz y frijol. A nivel local, estas políticas se concretan en la promoción de cultivos orientados a la exportación (cacao en el caso de Zeta Trece), que sustituyen los cultivos convencionales. En segundo lugar, la reducción del gasto público debilitando al pequeño productor y a los agricultores de frontera, como en el caso del asentamiento Zeta Trece, que requerían la inversión estatal para su rápida vinculación con el mercado nacional e internacional. Finalmente, la elevación de las tasas de interés

y las limitaciones para acceder al crédito redujeron sustancialmente este recurso indispensable para la transformación del sistema productivo existente, dificultando la incorporación del pequeño agricultor en el mercado internacional (Soto y Cazanga, 1993).

Por tanto, el PAE de los ochenta logró el objetivo estratégico de estimular el sistema productivo campesino, favoreciendo una mayor incorporación de su producción en el mercado. Pero, al mismo tiempo debilitó las condiciones de producción del agricultor para el mercado interno. Por el contrario estimuló relativamente la rentabilidad de los agricultores orientados hacia los productos no tradicionales de exportación.

Los resultados de este complejo proceso de transformación se expresan, a nivel nacional, en la tendencia al abandono de la actividad agraria por los pequeños y medianos productores. La caída de la rentabilidad de las parcelas, debido a las situaciones arriba mencionadas, a su dificultad para acceder al crédito, al atractivo del trabajo asalariado, y al fracaso de la exportación de productos no tradicionales, crearon en esos pequeños y medianos agricultores condiciones favorables para el abandono o venta de sus tierras (Soto y Cazanga, 1993). En el caso de Zeta Trece, a todos estos factores, se debe añadir el mal asesoramiento técnico.

Este proceso explica el paisaje actual de la comunidad de Zeta Trece, donde observamos una predominancia de potreros abandonados y algunos potreros activos con ganado de carne y leche. Las especies de pastos predominantes en la zona son los pastos estrella (*Cynodon nlenfluensis*), elefante (*Pennisetum purpureum*), guinea (*Panicum maximum*) y king grass (*Pennisetum sp.*), ninguna de ellas de alta calidad alimentaria. En la casi totalidad de apartos observamos el uso de cercas vivas de poró (*Erythrina sp.*), así como la presencia de árboles remanentes de bosques primarios y secundarios (laurel, *Cordia alliodora* y cecropia (*Cecropia sp.*) y especies frutales tales como piña (*Anona sp.*), guayaba (*Psidium guayaba*), aguacate (*Persea americana*), mango (*Mangifera indica*) y cítricos (*Citrus sp.*). En la zona baja se alternan potreros con algunos campos de cultivos (menos de una ha) de yuca, papaya, ñampi, maíz, frijol y plátano (*Musa sp.*).

El cambio hacia actividades pecuarias en la zona coincide con la situación que se da en otros suelos pobres de los trópicos, como en la región amazónica (Hecht y

Cockburn, 1989). Adicionalmente, la salida de muchos habitantes que venden sus tierras puede indicar el bajo rendimiento de éstas. La mayoría de los propietarios de los pastizales poseen esta unidad de producción como complemento a sus otras fuentes de ingreso, o como bien inmueble.

### Conclusiones

El paisaje actual del área de estudio puede entenderse como el resultado de un conjunto de elementos que incluye factores ambientales, edafológicos, sociales y políticos a través de la historia. La pobreza y toxicidad de los suelos pueden considerarse como los factores más limitantes de las actividades agropecuarias. Los suelos de la zona, clases V y VI, presentan severas limitaciones para el desarrollo de cultivos anuales y semipermanentes, por lo cual su uso se restringe al pastoreo o manejo de bosque natural. Actualmente, en la comunidad de Zeta Trece existe una mala utilización de las tierras de acuerdo a su vocación natural, lo que repercute aún más en los bajos rendimientos.

Esta comunidad requiere de evaluaciones similares a las realizadas en este informe, es decir, un análisis global de factores que determine la dinámica de su desarrollo. Antes de establecer un cultivo no tradicional, es necesario estudiar las condiciones agroedafológicas para conocer la adaptabilidad del cultivo al ambiente. Para esto existe personal capacitado, asignado por las instituciones políticas del Estado. En este caso de estudio, este personal no ha orientado debidamente a la comunidad, conduciendo equivocadamente las inversiones de la población y consecuentemente originando pérdidas en su economía.

De acuerdo con las características y limitaciones de la zona, el uso preferible, es decir, más apropiado, para la clase V de capacidad de uso de la tierra, es el manejo de bosque natural. Los suelos de esta clase además requieren medidas de conservación intensivas. La ubicación de este asentamiento al margen del Volcán Arenal y su adyacencia a zonas de interés natural le adiciona un valor turístico importante por lo que consideramos la adopción secuencial (no radical) dirigida al cambio de aptitud, dado que la agricultura y la ganadería no aportan el valor necesario para mejorar la calidad de vida de los habitantes. Esta decisión debe estar respaldada por políticas que beneficien a la comunidad, pues Costa Rica es un país que valora la reforestación. La actividad de pastoreo requiere de

estudios más concretos para su evaluación productiva, pues existen muchas áreas de pasto de las cuales inferimos bajos rendimientos dadas las condiciones previamente estudiadas.

### Literatura Citada

- Bertsch, F. 1995. *La Fertilidad de los Suelos y Su Manejo*. ACCS, San José, Costa Rica, pag. 58-83.
- Blaikie, P. y H. Brookfield. 1987. Decision-Making in Land Management. En P. Blaikie y H. Brookfield (eds.), *Land Degradation and Society*, Methuen, Londres, pag. 40-62.
- Corrales, A. 1998. Comunicación personal. Zeta Trece, La Fortuna, San Carlos, Costa Rica.
- Cubero, D. (ed). 1996. *Manual del Manejo y Conservación de Suelos y Aguas*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica, pag. 28-49.
- Hecht, S. y A. Cockburn. 1989. *The Fate of the Forest: Developers, Destroyers and Defenders of the Amazon*. Verso, Londres, pag. 126-128.
- Holdridge, L y L. Poveda. 1975. *Arboles de Costa Rica. Vol 1*. Centro Científico Tropical, San José, Costa Rica, pag. 147.
- Hunt, R.C. 1994. Agrarian Data Sets: The Comparativist's View. En Moran, E. (ed.), *The Comparative Analysis of Human Societies: Toward Common Standards for Data Collecting and Reporting*. Lynne Rienner, Boulder, pag. 173-189.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería. 1997. *Planificación Participativa para la Agricultura Conservacionista*. Ministerio de Agricultura y Ganadería y Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación, Roma, pag 70.
- Moran, E. 1995. Rich and Poor Ecosystems of Amazonia: An Approach to Management. En T. Nishizawa y J. Uitto (eds.), *The Fragile Tropics of Latin America*. United Nations University Press, Tokyo, pag. 45-67.
- Proyecto Estado de la Nación. 1996. *Estado de la Nación*

- en Desarrollo Humano Sostenible*. Editormá, San José, Costa Rica, pag. 134.
- Purseglove, J.W. 1968. *Tropical Crops. Dicotyledons*. 2 Vol. John Wiley and Sons, Inc. New York, pag v-vi, ix-xi.
- Sánchez, P. 1976. *Suelos del Trópico*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica, pag 233-234.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. 1998. *Sistema de Indicadores sobre el Desarrollo Sostenible. Principales Indicadores de Costa Rica*. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, San José, Costa Rica, pag. 388.
- Soto, S.R. y J. D. Cazanga. 1993. *Ajuste Estructural en Costa Rica. Sus Principales Efectos en la Pequeña y Mediana Producción Agropecuaria. Conclusiones Generales de Investigación*. Documento Preliminar para el Foro Nacional sobre Ajuste y Sector Campesino. San José, Costa Rica, 28 pags.
- Swisher, M. 1998. Comunicación personal. San Carlos, Costa Rica.



# Percepción Comunitaria de la Conservación de la Vida Silvestre en el Asentamiento Zeta Trece, San Carlos

Yelinda Araujo, Ruth Rodríguez, Óscar Sánchez, Jorge Cruz,  
Cesar Guillén y Maltiano Moreta

## Resumen

El objetivo de nuestro trabajo fue conocer las diferentes actitudes, percepciones y conocimientos relacionados con la vida silvestre y su protección por los pobladores del asentamiento Zeta Trece, el cual se encuentra en el piedemonte del Volcán Arenal, en San Carlos. Para ello aplicamos las técnicas de la escala de diferenciación semántica, la escala de Leikert, entrevistas con inducción visual y entrevistas semi-estructuradas, con la que evaluamos las percepciones y opiniones de la comunidad respecto a la fauna silvestre y su conservación, turismo y agricultura. Encontramos que la actitud y conocimiento de los pobladores no es diferente entre hombres, mujeres y niños. Además, uno de los principales problemas que enfrenta la zona es la cacería furtiva de algunos animales, a pesar de que los habitantes de la región apoyan las áreas protegidas y la conservación de la fauna local para el mantenimiento del turismo, principal actividad económica del asentamiento.

Palabras Claves: vida silvestre, fauna, conservación, parque nacional, asentamiento  
Apoyo Técnico: Miqui Swisher y José Manuel Mora

---

## Introducción

La destrucción creciente de los recursos naturales ha llevado a la humanidad a tomar medidas para su protección. Una de las medidas ejecutadas ha sido la creación de áreas silvestres protegidas. Sin embargo, la creación de parques nacionales y otras áreas de protección en muchos casos ha limitado el acceso a tierras productivas y recursos a las comunidades (por ejemplo, animales de caza). Como resultado, es común encontrar tensión entre pueblos de bajos recursos y las áreas de protección ambiental (Jiménez y col., 1996). Dados estos inconvenientes, la conservación debería hacerse a través de la ordenación de los recursos naturales, proponiendo una planificación ambiental que involucre a las poblaciones locales en el manejo de los recursos (Buley, 1988 citado por Jiménez y col., 1996). En un sentido ecológico, el hombre, la tierra y la vida silvestre están estrechamente entrelazadas y los cambios en uno de los componentes inducen cambios en los otros, por ello la necesidad de conciliar todos los componentes del sistema (Filion, 1987). Otro factor que es necesario tomar en consideración es el turismo que visita estas áreas, para lo cual los pobladores y/o guías deben tener un amplio conocimiento sobre sus animales y plantas, y al mismo tiempo deben ser conscientes del impacto

que provoca el humano en estas áreas naturales.

Para entender los fenómenos sociales involucrados en esta problemática, es necesario examinar la actitud, percepción y conocimiento que los pobladores tienen de su ambiente; la realidad que importa es lo que las personas perciben como importante (Taylor y Bogdan, 1996). Las variadas aplicaciones de las encuestas sociales respecto a la gestión de la vida silvestre pueden ser usadas para el estudio de un amplio espectro de actividades humanas basadas y relacionadas con ella, sus valores y sus características. Las encuestas pueden ayudar a medir las actitudes, preferencias, satisfacciones y motivaciones de los pobladores hacia la fauna local y también pueden ser usadas en los procesos de toma de decisiones o en la resolución de problemas específicos en la región. Además, una información de este tipo puede jugar un papel crucial en la medición de los efectos de la gestión de la vida silvestre (Filion, 1987). Hay que tomar en cuenta que existe un gran segmento del público que está interesado en la vida silvestre. Esto puede ser un interés pasivo, que se manifiesta sólo en la preferencia por observar programas de televisión sobre animales, o puede ser muy activo, como en el caso de los cazadores (Shay, 1987) y los científicos.

Sabemos que Costa Rica es un país ejemplar en el mundo por la cantidad de tierras dedicadas a la conservación. Cerca del 20% del área total del país está dedicada a áreas de protección, entre las cuales los parques nacionales representan el 12% (Rodríguez 1998, com. pers.). No obstante, no todo el territorio mencionado recibe una protección efectiva o corresponde en su totalidad a los criterios biológicos que subyacen la filosofía de la conservación (Gómez, 1986). El Parque Nacional Volcán Arenal fue creado en 1989. En la cercanías de dicho parque existen varios asentamientos promovidos por diferentes instituciones del estado, así como otros poblados. El asentamiento Zeta Trece es una comunidad que se haya en el piedemonte del Volcán Arenal y sus habitantes están directamente relacionados al parque nacional por varias razones.

Debido a lo anterior, quisimos conocer las diferentes actitudes relacionadas a la vida silvestre y su protección por los pobladores de Zeta Trece. Los objetivos que nos planteamos específicamente fueron: (1) estimar la actitud, percepción y el conocimiento de los pobladores del asentamiento Zeta Trece mediante el uso de cuatro técnicas diferentes, (2) analizar si existen diferencias en la actitud y el conocimiento de la vida silvestre por parte de tres grupos demográficos (hombres, mujeres y niños) y (3) analizar las relaciones entre la comunidad, el Parque Nacional Volcán Arenal y la vida silvestre de la región, para de esta forma detectar los principales problemas y las tendencias actuales.

### Metodología

El estudio lo realizamos en el asentamiento Zeta Trece ubicada en el piedemonte del Volcán Arenal, en el distrito La Fortuna, San Carlos, Alajuela. El área se encuentra a 250 msnm, presenta una temperatura y precipitación promedio anual de 28°C y 3500-4000 mm, respectivamente, y un 80 % de humedad relativa. Dicho asentamiento fue establecido en 1983 con 58 parceleros como un proyecto del Banco Nacional de Costa Rica, luego fue tomado por el Instituto de Desarrollo Agrario. Actualmente tiene una extensión de 322 ha en la cual viven 24 familias de las 58 familias fundadoras. La mayoría de los pobladores provienen de Naranjo, San Ramón, Palmares, Cartago, Tilarán y otros lugares de Guanacaste, lo cual puede influir diferencialmente en su conocimiento sobre los animales silvestres de la zona.

Las principales actividades económicas del asenta-

miento en orden decreciente de importancia son el turismo, la ganadería y la agricultura. Aunque la agricultura no es una actividad prioritaria, se cultiva yuca (*Manihot sp.*), gengibre (*Zingiber officinale*), maíz (*Zea mays*), papaya (*Carica papaya*), chile (*Capsicum sp.*), ñampi (*Dioscorea sp.*) y algunos pastos como (*Cynododon nlemfuensis*) (A. Fraire 1998, com. pers.). Una particularidad del asentamiento Zeta Trece es la presencia de ASPROADES (Asociación Proambiente y Desarrollo Sostenible), formada por diez personas de la comunidad y dirigida por la Señora Rosa Bonilla. Esta asociación mantiene un criadero de tepezcuintles (*Agouti paca*) y mariposas, aunque su actividad principal es el Albergue Turístico La Catarata (R. Bonilla, com. pers.)

Para conocer los valores de la vida silvestre en el asentamiento Zeta Trece desde una visión comunitaria, utilizamos una metodología cualitativa y cuantitativa basada en cuatro técnicas diferentes. Con dicha metodología evaluamos las actitudes y las emociones de los habitantes de tres grupos demográficos del asentamiento con relación a la fauna de la zona. La escala de diferencia semántica nos permitió evaluar el grado de emoción positiva o negativa respecto a la fauna silvestre (Bernard, 1994). Con esta técnica medimos la actitud de los pobladores del asentamiento Zeta Trece en relación con la vida silvestre. Para ello, elaboramos una lista de 22 pares de palabras opuestas (Anexo 1) y el entrevistado seleccionó un punto entre estos dos extremos que mejor describía su grado de emoción hacia la vida silvestre.

La escala de Leikert nos permitió medir que tan de acuerdo estaba el entrevistado con una frase propuesta para evaluar sus expectativas (Bernard, 1994). Utilizamos quince pares de frases relacionadas con la fauna local, el turismo y el sector agropecuario, las cuales fueron mezcladas para no tocar el mismo tema en seguida. Se usaron dos frases para relacionar el grado de consistencia de la respuesta del entrevistado. Dicha técnica emplea una escala desde -2 (completamente en desacuerdo) a +2 (completamente de acuerdo) (Anexo 2). Para aplicar esta técnica y la anterior entrevistamos a 14 niños (menores de doce años), 14 hombres adultos y 14 mujeres adultas.

El método de entrevistas con inducción visual nos permitió determinar el nivel de conocimiento que tienen los pobladores de la comunidad de Zeta Trece sobre la

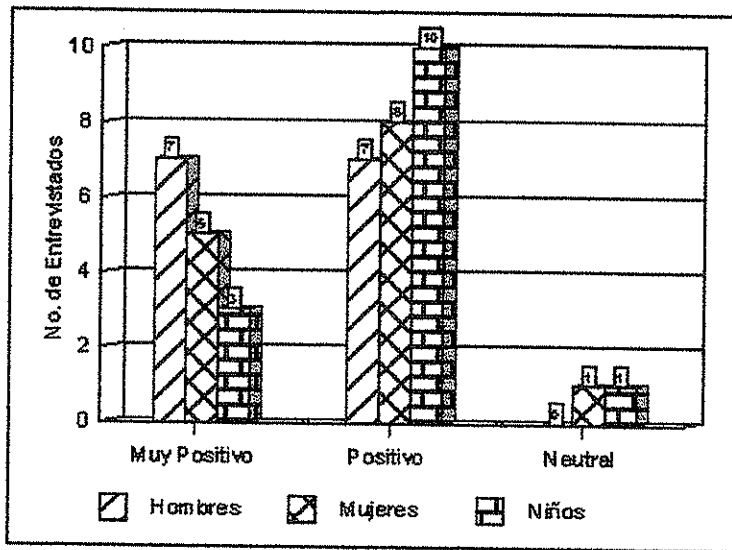


Figura 1. Actitud de los Habitantes con Respecto a la Vida Silvestre según la Escala de Diferencia Semántica, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

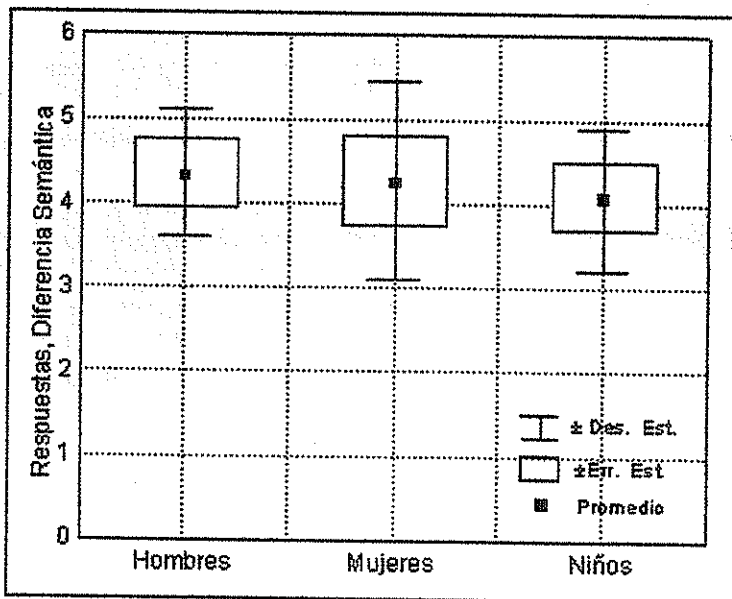


Figura 2. Promedio, Desviación Estándar y Error Estándar para las Respuestas a la Escala de Diferencia Semántica según Grupo Demográfico, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

fauna silvestre. A las personas entrevistadas mostramos un total de 30 imágenes de animales silvestres incluyendo entre ellos algunos que no habitan en la región. Dichos animales fueron incluidos para probar la credibilidad de las respuestas obtenidas. Entrevistamos a diez niños, diez hombres adultos y diez mujeres adultas, con el fin de obtener su conocimiento sobre cada animal, su hábitat, alimentación, los beneficios y problemas

se mostraban tímidas y temerosas a la hora de la entrevista. Sumado a esto, consideramos que también pudo haber influido el propio sistema de medición de actitud. Al aplicar este sistema, observamos que en dos de los casos los pares de palabras utilizados no eran comprendidos, por lo que eliminamos estos dos pares de palabras para el análisis de los resultados.

que causan y si ese animal es objeto de cacería.

Finalmente, las entrevistas semiestructuradas nos permitieron obtener información sobre la percepción, conservación e importancia económica de la vida silvestre de la zona. Para ello, entrevistamos a tres habitantes de la comunidad y a tres funcionarios del Parque Nacional Volcán Arenal, que nos permitió comparar la opinión de ambos grupos sobre los temas mencionados.

Para el análisis de los datos utilizamos la U de Mann-Whitney. Debido a que hicimos comparaciones múltiples bajamos el valor de alfa dividiendo el número de tratamientos entre nuestro alfa original (3/0.05), Prueba de Bonferrini). Así, el valor del nuevo alfa fue de 0.017.

### Resultados y Discusión

La escala de diferencia semántica nos permite evaluar el grado de emoción positiva o negativa hacia un fenómeno. En nuestro caso, esta escala nos permitió observar que los habitantes del asentamiento Zeta Trece tienen una actitud positiva con respecto a la vida silvestre y la conservación del medio ambiente en la zona de estudio (Figura 1). El análisis estadístico no reveló diferencias significativas ( $P < 0.017$ ) entre las respuestas dadas por los diferentes grupos demográficos (hombres, mujeres y niños) con respecto a este tema (Figura 2). La mayor variabilidad de las respuestas se presentó para el caso de las mujeres, siendo menor para hombres y los niños (Figura 2). Esta situación, en parte la podemos atribuir a que la mayoría de las mujeres entrevistadas

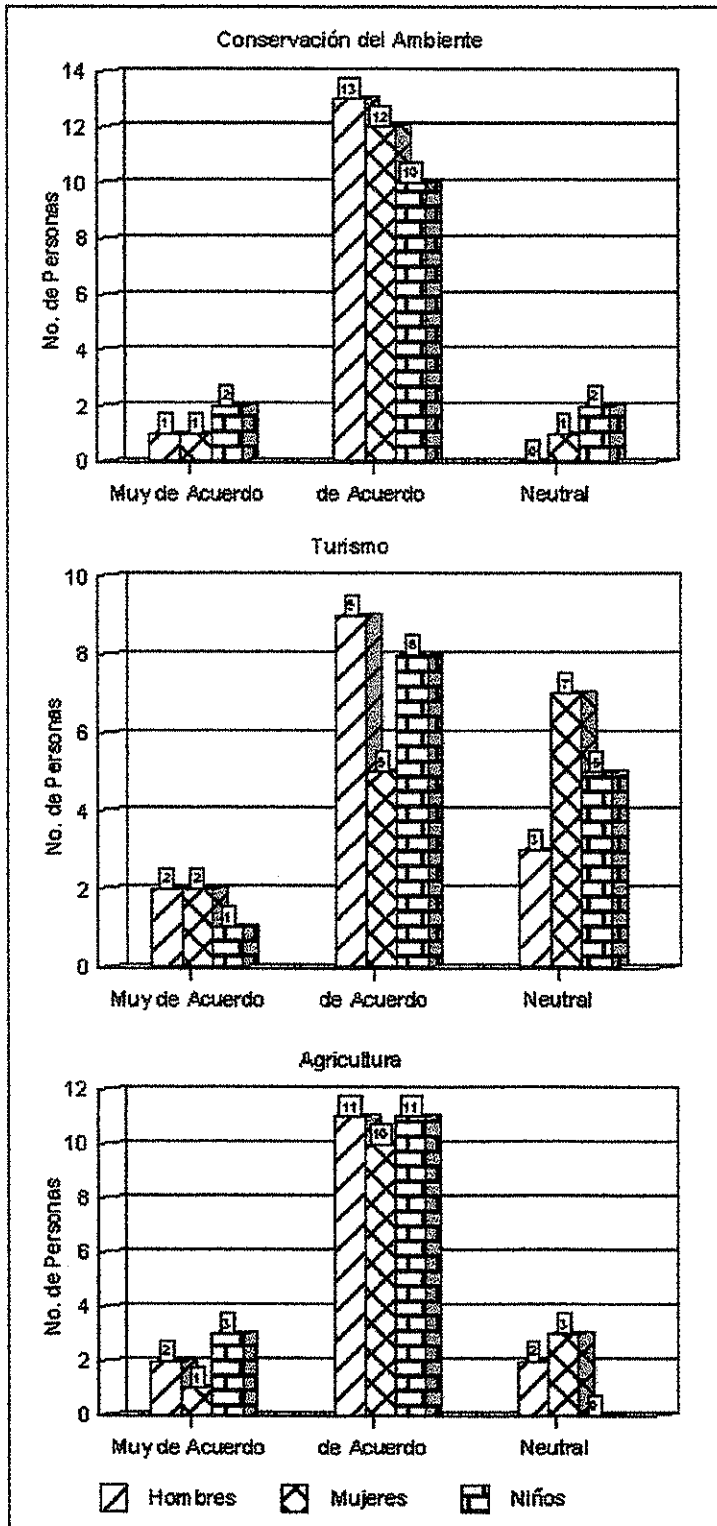


Figura 3. Diferentes Actitudes, Medidas con la Escala de Leikert, de los Entrevistados con Respecto a la Conservación del Ambiente, Turismo y Agricultura, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

La escala de Leikert, que utilizamos con el fin de medir el grado de opinión o acuerdo con respecto a temas como vida silvestre, turismo y agricultura, nos permitió conocer la tendencia general positiva hacia estos temas que presentan los entrevistados (Figuras 3, 4, 5 y 6). Encontramos que no existen diferencias significativas entre grupos demográficos en cuanto a su opinión sobre ninguno de los tres temas ( $p < 0.017$ ). Las respuestas de los niños presentaron más variabilidad al referirse a la vida silvestre. En turismo, ninguno de los tres grupos demográficos presentaron diferencias en cuanto a la fluctuación de las respuestas y para el caso de la agricultura, los niños y las mujeres se comportaron de forma semejante (Figuras 4, 5 y 6).

En la Figura 7, observamos que al agrupar las diferentes categorías demográficas en relación con el tema de interés, no se presentaron diferencias significativas ( $P < 0.017$ ) en las respuestas según la escala de Leikert. Sin embargo, existe una tendencia general de los entrevistados a tener una opinión más negativa sobre la agricultura, al contrario de lo presentado con el turismo y la vida silvestre. Esto se puede explicar en gran parte a que los entrevistados cada día se dedican más a otras actividades como el turismo, dejando de lado a la agricultura.

La opinión a cerca de la vida silvestre, turismo y agricultura, de las tres categorías demográficas (hombres, mujeres y niños) consideradas puede ser variada. El mayor porcentaje de inconsistencia con respecto a la agricultura lo observamos entre los hombres (Figura 8). Esto se puede argumentar debido a que estos no aceptan el cambio de una actividad tradicional de la cual habían dependido por años, a una de cuyo futuro no conocen mucho. Por otro lado, en los hombres y niños el menor porcentaje de inconsistencia lo observamos en el turismo; contrariamente, las mujeres tenían una respuesta más homogénea y convincente sobre este tema. En el caso de la vida silvestre la inconsistencia no varió tanto como en el caso del turismo y la agri-



cultura. Esto se debe a que existe una gran concientización hacia la protección de los recursos naturales de la zona, ya que la preservación la pueden ver como una fuente generadora de recursos para la comunidad.

Con el método de inducción visual pudimos determinar que de un total de 30 especies de animales que presentamos a los pobladores del asentamiento Zeta Trece, los hombres reconocieron a 26 de ellos, es decir, solamente desconocían a uno que vive en la zona *Bassariscus sumichrasti* (cacomixtle), ya que los otros tres animales mostrados y que dijeron desconocer, no existen en la región; chita (*Acinomyx jubatus*), aguililla arpía (*Harpia harpyja*) y mono tití (*Saimiri oertedii*). La mayoría de los hombres expresaron que algunos de estos animales, como el oso hormiguero (*Tamandua tetradactyla*), el congo (*Allouatta palliata*), el zorro balsa (*Caloromys dervianus*) y las serpientes, los habían visto en sus propiedades o en sitios aledaños. Las mujeres nos comentaron que la mayoría de animales reconocidos los habían observado en su infancia, pero no recientemente, como fue el caso del jaguar (*Panthera onca*) y león breñero (*Felis jaguarondi*). Algunos niños comentaron que la mayoría de los animales los conocían por medio de la televisión o en el Zoológico de la Marina de San Carlos. Otro grupo de niños decía haber visto los animales en programas educativos u otras fuentes de información (revistas, libros). Pocos argumentaron que los habían observado en la zona.

En lo referente a la alimentación y hábitat de los animales, nuevamente los hombres demostraron tener un mayor conocimiento. Las mujeres y los niños presentaron un conocimiento similar en cuanto a la alimentación de los animales, mientras que para el hábitat el conocimiento de las mujeres fue mayor que el de los niños (Figura.9).

Este mismo ejercicio nos permitió conocer cuales animales son considerados por los habitantes como los principales objetos de cacería: pava (*Crax rubra*), zaino (*Tayassu tajacu*), gallina de monte (*Tinamus major*) y el oso hormiguero (*Tamandua mejicana*). Esta última especie es cazada por ser considerada un animal dañino.

Hacemos notar que casi todas las personas mencionaron que el tepezcuintle (*Agouti paca*), a pesar de que no fue mostrado en las tarjetas, es uno de los más cazados en la zona. Todos estos animales, con excepción del zaino, están incluidos dentro de la lista de animales en peligro de extinción (Ministerio del Ambiente y Energía,

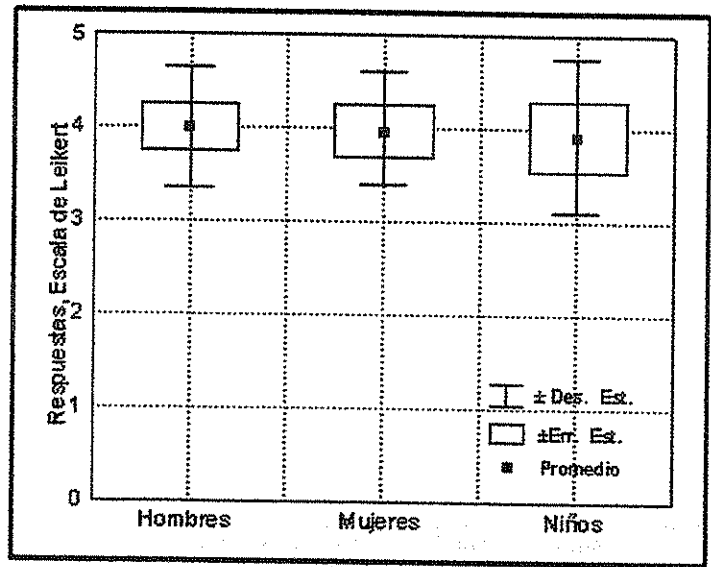


Figura 4. Promedio, Desviación Estándar y Error Estándar para las Respuestas a la Escala de Leikert en Cuanto a la Vida Silvestre, según Grupo Demográfico, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

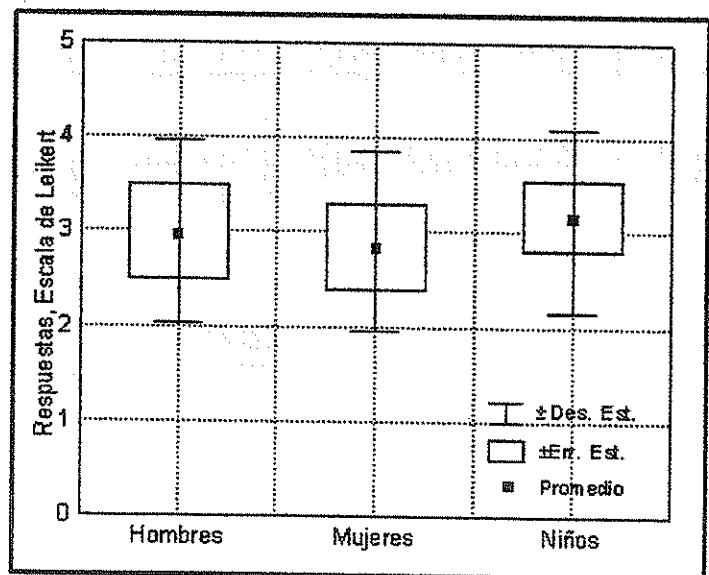


Figura 5. Promedio, Desviación Estándar y Error Estándar para las Respuestas a la Escala de Leikert en Cuanto al Turismo, según Grupo Demográfico, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

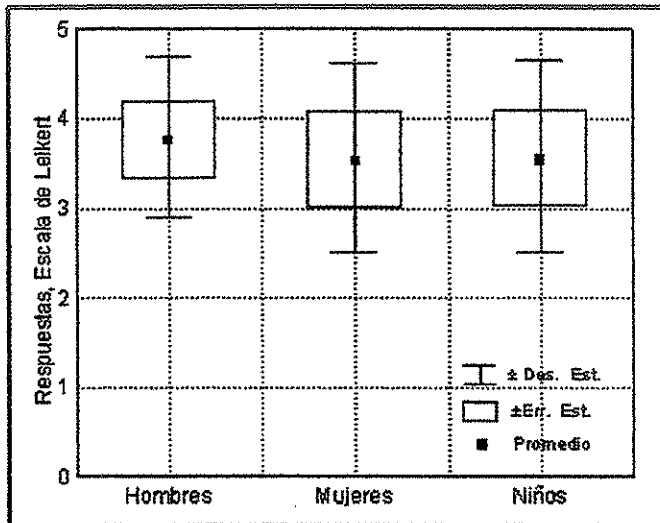


Figura 6. Promedio, Desviación Estándar y Error Estándar para las Respuestas a la Escala de Leikert en Cuanto a la Agricultura, según Grupo Demográfico, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

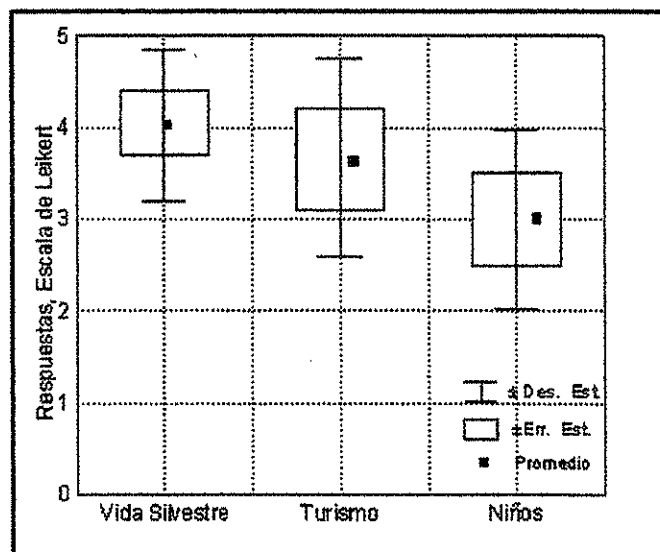


Figura 7. Promedio, Desviación Estándar y Error Estándar para las Respuestas a la Escala de Leikert en Cuanto a la Vida Silvestre, Turismo y Agricultura, según Grupo Demográfico, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

1998).

Dentro de los animales que fueron descritos por los habitantes de Zeta Trece como perjudiciales tenemos al zaino (*Tayassus tajacu*) porque daña cultivos, los felinos (*Felis sp.*) los cuales atacan en algunos de los casos a los animales domésticos, el gavilán (*Spizaetus tyrannus*) porque se alimenta de pollos, la martilla (*Potos flavus*) que se alimenta de huevos, el oso hormiguero (*Taman-*

*dua mejicana*) que ataca los perros, el vampiro (*Desmodus rotundus*) que absorbe la sangre del ganado y las gallinas y la víbora de sangre (*Clelia clelia*) asociada con la serpiente coral (*Micrurus sp.*). Este animal en realidad es el juvenil de la zopilota, una especie depredadora de otras serpientes como la terciopelo (*Bothrops asper*) (Scott, 1991).

Mediante las entrevistas semiestructuradas obtuvimos que tanto los habitantes de Zeta Trece como los funcionarios del Parque Nacional Arenal opinan que el área protegida es muy importante porque garantiza la conservación de la flora y la fauna silvestre de la región, para que éstas sean aprovechadas por las futuras generaciones. Otro aspecto positivo que resaltan todos los entrevistados con respecto al parque es el desarrollo de la actividad turística en la zona, la cual es fuente de empleo y genera divisas para la comunidad. Sin embargo, también reconocieron que el área no está exenta de problemas.

El problema más enfatizado por las personas fue la cacería de animales, incluyendo aquellas en peligro de extinción como el tepezcuintle, las pavas y el zaino. Al respecto, un campesino de 51 años de edad, que ha vivido toda la vida en la zona, opinó que "ojalá fueran más estrictos en vigilar el área y prohibir la caza. Es una injusticia ver como matan a las pavas y a los tepezcuintles sin que uno pueda hacer nada porque no hay suficiente respaldo para denunciar a los cazadores". De acuerdo a El Estado de la Nación (1996), la cacería se practica en el país con dos objetivos: obtener carne y subproductos de los animales (cazadores de zonas rurales, principalmente) y para la recreación.

En este sentido los guardaparques nos hicieron referencia que este problema no sólo se presenta en Arenal, sino también en casi todas las áreas protegidas de Costa Rica. Don René Porras, subdirector de infraestructura del Parque Nacional Arenal, respalda lo anterior señalándonos que "el parque no cuenta con el personal ni el presupuesto suficiente para controlar todo el área, ya que sólo tenemos seis guardaparques para vigilar las 204,000 ha de terreno que cubre el Área de Conservación". Otro aspecto al que hace mención don René es que "las leyes de protección a la vida silvestre son insuficientes y contradictorias. Por ejemplo, para hacer un decomiso y plantear una denuncia necesitamos tres testigos y un fiscal,

lo cual en la montaña es prácticamente imposible. Con esto lo único que se está consiguiendo es proteger al cazador y no a los animales". Cuando les consultamos a los pobladores de Zeta Trece si conocían personas de la comunidad que practicaran la cacería, ellos opinaron que anteriormente sí existían muchos cazadores, pero que ahora casi nadie realizaba dicha actividad. Sin embargo, esta opinión es contraria a lo manifestado por el guardaparques Wilberth Durán, quien nos comentó que "la gente de comunidades cercanas al parque como La Fortuna, El Castillo, Peñas Blancas y Zeta Trece se introducen al área protegida a 'montear' (cazar) principalmente tepezcuintles para hacer el negocio, ya que los 'monteadores' venden cada animal entre 12,000 y 14,000 colones". También nos comentó que "es muy común encontrar personas pescando guapotes con arbaleta en el lago Arenal para luego venderlos a un precio alrededor de los 700 colones por kilogramo".

Además de la pesca y caza indiscriminada, la falta de personal y el escaso presupuesto que tiene el Parque Nacional Volcán Arenal, otro problema que está afectando el área protegida (según los funcionarios del mismo), es el avance de la frontera agropecuaria debido al desarrollo de la ganadería. Sin embargo, este problema no fue considerado, ni percibido por los habitantes de Zeta trece. Al respecto doña Rosita, presidenta de ASPROADES manifestó que no sentía que el área protegida le hubiera restado tierras o fuera un impedimento para el desarrollo de las actividades productivas de la comunidad, ya que esa área no la consideraba apta para ser cultivada, además el asentamiento ya estaba establecido, antes de limitar el área protegida del parque.

La cría en cautiverio y la reintroducción de especies a un área determinada es otra manera de optar por la conservación de la vida silvestre (Estado de la Nación, 1998). En este sentido, debemos reconocer el esfuerzo que realiza la asociación de Zeta Trece en relación al establecimiento de zocraideros de mariposas y tepez-

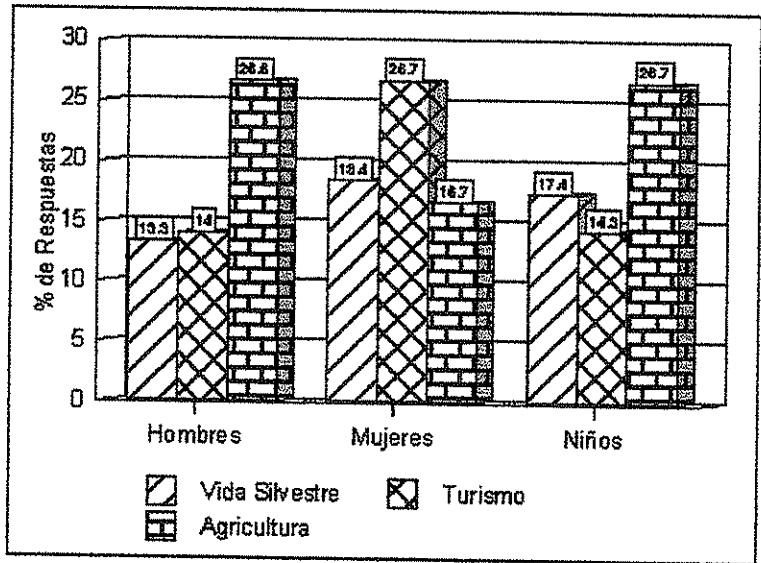


Figura 8. Incertidumbre de las Respuestas (%) de las Categorías Demográficas según Tema, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

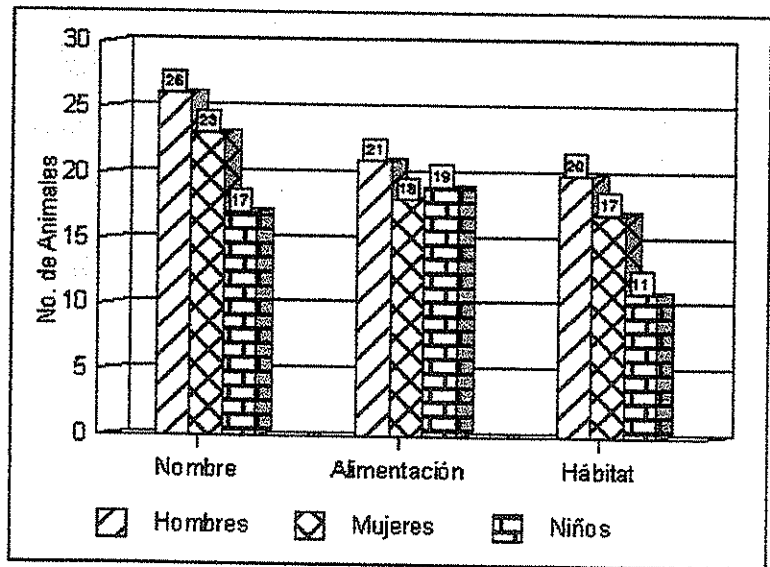


Figura 9. Número de Especies de Animales Presentados a los Entrevistados de los Cuales Conocen su Nombre, Alimentación y Hábitat, Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

cuintles en pro de la conservación de estas especies. Sin embargo, notamos que los funcionarios del parque nacional no tienen mucho conocimiento de cómo se manejan y se llevan a cabo estos proyectos, lo cual evidencia la falta de coordinación y apoyo mutuo entre la comunidad y las entidades estatales.

Con la información recopilada en las entrevistas, nota-

mos que en términos generales tanto los habitantes de Zeta Trece como los funcionarios del parque nacional perciben los mismos problemas. Por otra parte, notamos que no se da una interacción directa entre la comunidad y el área protegida que permita enfrentar los problemas de manera conjunta. Por ejemplo, no se integra a la comunidad en las actividades de vigilancia del parque, ya que el personal voluntario no pertenece a la zona. Además, existe poca relación entre las actividades realizadas en el Albergue Catarata y la Comunidad de Zeta Trece, según algunos miembros de la misma.

### Conclusiones

Las transformaciones sociales y productivas del medio rural han generado nuevas situaciones y actividades de las cuales todavía no existe suficiente información que permita evaluar su impacto a mediano y largo plazo (Estado de la Nación, 1997). Esto lo pudimos notar en la población de Zeta Trece, donde sus habitantes mostraron una actitud menos positiva con respecto a la agricultura en momentos en los cuales se ha dado un incremento de la actividad turística de la zona, de la cual depende gran parte de la población.

La conservación de la vida silvestre es vista por los vecinos de Zeta Trece como un factor importante para la región. Sin embargo, esta opinión es contraria a la actitud de algunos de los pobladores, quienes según los guardaparques acostumbran practicar la cacería furtiva dentro del área protegida con el objetivo de obtener carne, subproductos de animales y en algunos casos con el único fin de divertirse. Además, la cacería ilegal se considera un factor importante en la disminución de las poblaciones de animales silvestres. Esto también se ve afectado por las limitaciones financieras del Parque Nacional Volcán Arenal que dificultan las labores de vigilancia del mismo.

Si bien la población mostró una opinión favorable hacia la conservación, es poco lo que se hace para resolver los problemas existentes. Suponemos que hay una deficiencia en la información y la implementación de programas de educación ambiental a nivel comunal. Por ello recomendamos desarrollar este tipo de programas dirigidos a la población en general, principalmente dirigidos a niños, de quienes depende la conservación futura del medio ambiente.

Por otra parte, de las técnicas empleadas la escala

semántica nos pareció ser la menos aplicable para los niños y las mujeres, mientras que la técnica con uso de referencias visuales fue la que más estimuló la discusión sobre el problema de la fauna silvestre. En este sentido, podemos decir que para tener un entendimiento más real de la dinámica social relacionada con la conservación es recomendable utilizar varias técnicas de entrevista, ya que existen diferencias de conocimiento entre grupos demográficos con respecto a la fauna local.

### Literatura Citada

- Bernard, H. R. 1994. *Research Methods in Anthropology*. 2a. ed. Altamira Press., Altamira, CA. Pág. 304-307.
- Bonilla, R. 1998. Comunicación Personal. Dirigente de la Asociación Proambiente y Desarrollo Sostenible en el asentamiento Zeta 13, San Carlos, Costa Rica.
- Filion, F. L. 1987. Encuestas Humanas en la Gestión de Vida Silvestre. En: R. Rodríguez (ed.), *Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. 5a. ed. World Wildlife Fund, New York, NY. Pág. 463-477.
- Fraire, A. 1998. Comunicación Personal. Director de los Extensionistas Agrícolas en la zona Norte, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica.
- Gómez, L. D. 1986. *Clima y Vegetación de Costa Rica*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pág. 269.
- Janzen, D. H. y Wilson, D. E. 1991. Mamíferos. En: D.H. Janzen (ed.), *Historia Natural de Costa Rica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Pág. 439-462.
- Jimenez, G.; M. Camardelli, S. Jimenez y J.L. Euceda. 1996. Relaciones entre la Población de La Gamba con Areas Protegidas y su Entorno. En: Swisher, M.; Mora, J. M.; Arias, J. y Todd-Bockarie, A. (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 96-7*. Pág. 95-103.
- Ministerio del Ambiente y Energía. 1998. *Lista Oficial de Especies en Peligro de Extinción*. Ministerio del

Ambiente y Energía, San José, Costa Rica. Mimeo-grafiado. s.p.

Proyecto Estado de la Nación. 1997. *Estado de la Nación en Desarrollo Humano Sostenible*. Editorama, San José, Costa Rica. Pág. 120-126

Rodriguez, J. M. 1998. Comunicación Personal. Director del Programa de Educación Ambiental de la Organización de Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.

Scott, N. J. 1991. *Cleia cleia* (Zopilota, musarana). En: D.H. Janzen (ed.), *Historia Natural de Costa Rica*. Editorial de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Pág. 397.

Shay, R. E. 1987. Haciendo que la Gestión de la Vida Silvestre reciba la Aceptación del Público. En: R. Rodríguez, R. (ed.), *Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. 5a. ed. World Wildlife Fund, New York, NY. Pág. 519-522.

Taylor, S. J. y R. Bogdan. 1996. *Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación*. Ediciones Paidós Ibérica, S.A., Barcelona, España. Pág. 15-23.

**Anexo 1. Pares de Palabras Utilizadas para la Definición de la Escala de Diferencia Semántica**

Bonito	Feo
Incorrecto	Correcto
Enfermo	Sano
Valiente	Temeroso
Antipático	Simpático
Dañino	Benéfico
Dulce	Amargo
Fuerte	Débil
Odio	Amor
Verdad	Mentira
Triste	Feliz
Grato	Ingrato
Malo	Bueno
Grande	Pequeño
Limpio	Sucio
Rico	Pobre
Arisco	Cariñoso
Negativo	Positivo
Abierto	Cerrado
Agradable	Desagradable
Oscuro	Claro
Inestable	Estable

**Anexo 2. Pares de frases empleadas en la Escala de Leikert, Zeta 13, San Carlos, 1998**

La asociación ha hecho un excelente trabajo con la conservación de la vida silvestre aquí.  
Estoy feliz de tener una asociación en la comunidad.

Uno vive más tranquilo ahora que hay menos animales en la montaña.  
Es bonito ver los animales en la montaña.

La cría de mariposas es una excelente experiencia para los niños de la comunidad.  
Los niños pierden tiempo cuidando mariposas.

Cuidar el tepezcuintle es bueno para la comunidad.  
No vale la pena cuidar tepezcuintles.

La casería es un problema serio en esta zona.  
Casi nadie caza en esta zona.

Las plantas medicinales son las mejores medicinas.  
Las medicinas del Seguro son las mejores para curar las enfermedades.

Es agradable ver a los turistas visitar a la zona.  
La calidad de vida ha mejorado con el aumento del turismo.

Unas pocas personas se hacen ricas con el turismo.  
El turismo no beneficia a la comunidad.

Es una lástima que la agricultura no tiene mucha importancia en la zona.  
Uno vive como pobre si depende de la agricultura.

Debemos cuidar los animales para que vengan los turistas.  
Si no fuera por los turistas, podríamos aprovechar más los animales.

Los ganaderos viven mejor que los agricultores.  
Es mejor ser agricultor que ganadero.

El progreso de esta comunidad depende del turismo.  
Los turistas dejan muy poca plata.

La asociación nos ha ayudado bastante en el manejo de la tierra.  
La asociación no ofrece mucha ayuda en el manejo de la finca.

El camino aquí es un trillo.  
El camino aquí está pura vida.

La extensión siempre ha ayudado mucho a los agricultores aquí.  
Muchos extensionistas embarcan a los agricultores.

# Perfil de la Situación Socio-Económica de la Comunidad Zeta Trece, San Carlos, Costa Rica

Dora Álvarez, Armengol Caballero, María Collazo, Byron Córdova,  
Enrique Dalmau, Eligio García y Yolanda Nava

## Resumen

Este estudio lo realizamos en la comunidad Zeta Trece del cantón San Carlos, Alajuela, Costa Rica, con el propósito de conocer rasgos históricos y realizar un perfil de la situación socio-económica de la comunidad, identificando las tendencias de la misma. Estudiamos aspectos de la estructura familiar, organización del trabajo y utilización de la fuerza laboral, además de las principales actividades productivas y labores correspondientes. Otro aspecto que consideramos fue el crédito agrícola. Las técnicas que utilizamos fueron observación directa, entrevistas estructuradas y a profundidad. De nuestra evaluación podemos decir que la agricultura no es la principal actividad económica de la comunidad, debido a los continuos fracasos experimentados por los parceleros. Por tanto, la fuerza de trabajo se moviliza hacia el principal centro económico del distrito para vincularse a los sectores de servicios y turismo. Los servicios emplea a un 74.73% de la población económicamente activa analizada, de los cuales el turismo puede llegar a constituir el principal eje económico de la comunidad. Como alternativa a estos problemas existe una organización rural denominada Asociación Proambiente y Desarrollo Sostenible (ASPROADES) con diferentes proyectos vinculados al turismo rural y otras actividades productivas que traen beneficios para la comunidad. Esta asociación promueve la participación de la población, especialmente mujeres.

Palabras Claves: análisis social, agroecosistema, organización rural, economía, historia

Apoyo Técnico: Ana Mesa y Miqui Swisher

---

---

## Introducción

El mundo rural, en él que vive el 56.5% de la población costarricense, se ha transformado rápida y significativamente en la última década (Estado de la Nación, 1996). Las manifestaciones más destacadas de ese fenómeno son la reducción del empleo agrícola, el incremento de la inserción laboral en actividades como el comercio y los servicios, y la expansión de la participación femenina en la población ocupada (Estado de la Nación, 1996). El paisaje regional, incluyendo tanto los ecosistemas naturales como los agroecosistemas, es el resultado de la toma de decisiones por los habitantes. Ellos siempre tienen que buscar como minimizar las limitaciones que el ambiente biofísico y socioeconómico les presenta, y a la vez intentan maximizar las oportunidades ofrecidas (Organización para Estudios Tropicales, 1998). De acuerdo a lo anterior es importante realizar un análisis socioecológico para obtener un perfil de los cambios socioeconómicos ocurridos en un asentamiento como consecuencia de estas presiones

externas.

En nuestro caso, dicho asentamiento corresponde a la comunidad Zeta Trece, constituida por 2,000 habitantes aproximadamente, de los cuales en el presente sólo una pequeña parte se dedica a la agricultura y el resto en otro tipo de actividades (A. Alfaro, com. pers.). Debido a la falta de una política de apoyo que mejore y de continuidad a estas actividades dentro de esta comunidad, existe un grupo organizado cuyo objetivo principal es lograr el mejoramiento de la calidad de vida.

En este contexto, las técnicas de investigación cualitativas y cuantitativas son herramientas útiles para realizar un prediagnóstico de los factores socioeconómicos que afectan el desarrollo de una comunidad. Los métodos cualitativos, tales como la observación participante y la entrevista en profundidad, entre otros, generan datos descriptivos. Además no es excluyente que el investigador pueda elegir tanto métodos cualitativos como cuantitativos en su investigación, (Taylor

y Bogdan, 1996). El objetivo general de nuestro estudio fue describir el perfil socioeconómico de la comunidad Zeta Trece con el propósito de conocer los rasgos históricos e identificar sus tendencias productivas y organizacionales actuales. Los objetivos particulares fueron: (1) conocer la estructura familiar y la distribución de la fuerza de trabajo en la comunidad, (2) determinar en un grupo organizado de la comunidad (ASPROADES) la distribución del trabajo, (3) elaborar su calendario de actividades agrícolas y (4) evaluar las repercusiones del crédito agrícola para la comunidad

La comunidad de Zeta Trece se encuentra a unos 10 km al este del volcán Arenal y a unos tres km de La Fortuna. Se desarrolla en una altura variable que va de los 250 a 350 msnm. Los suelos son volcánicos y la temperatura media es de 28°C. El régimen de lluvia en el lugar es de 3500-4000 mm anuales, conjuntamente con la humedad promedio de 80% y hace que en el sitio exista un clima muy húmedo con pocas horas luz. "Cuando llueve se va ese vapor desagradable que molesta y no deja que la ropa se seque, al contrario, cuando llueve se puede lavar y colgar la ropa que es cuando mejor seca" (María, habitante de la comunidad).

Originalmente el área donde se encuentra Zeta Trece correspondió a una finca ganadera, con 866 ha de extensión. La zona estaba cubierta completamente por pastizales y el principal remanente boscoso se encontraba ubicado en el Cerro Chato y las faldas del volcán Arenal, lo que actualmente es parte de un área de conservación.

Los inicios de colonización se dieron cuando el antiguo propietario inició los procesos de compra y venta, con el Banco Nacional de Costa Rica (BNCR). Las negociaciones se vieron afectadas negativamente cuando algunos vecinos provenientes de La Fortuna, al enterarse de la venta de la finca, invaden los terrenos de la misma. Esta situación demoró los procesos, los cuales se concretaron después de que los invasores fueron desalojados. Luego de que el BNCR compró la finca, ésta fue transferida al Instituto de Desarrollo Agrario (IDA), el que a su vez se encargó de dividir en 24 parcelas (322 ha) la finca y seguidamente vendió estos nuevos predios a vecinos de La Fortuna, particularmente a aquellos que no se vieron inmiscuidos con la invasión.

Posteriormente se fundó el asentamiento Zeta Trece por 58 parceleros en el año 1983, cuyo nombre se debe a que los antiguos propietarios de la finca identificaban a

su ganado con esta marca. La principal actividad a la que se dedicaron los pobladores del área fue la agricultura, en la que se destacaron el cultivo de yuca (*Manihot esculenta*) y tiquisque (*Xantosoma sp.*), como cultivos de importancia comercial. El cultivo de maíz (*Zea mays*) y de hortalizas se realizaron con fines de autoconsumo, dedicándose a la venta de algunos excedentes. Normalmente los productos eran vendidos en la comunidad y los compradores venían de La Fortuna (J. Sandoval, com. pers.).

El primer servicio que se instaló en la comunidad fue el de agua potable, seguido por la instalación de energía eléctrica y más adelante el servicio telefónico. Actualmente la población cuenta con buenas vías de acceso al casco de la comunidad y un excelente funcionamiento de los servicios públicos.

### Metodología

Como primer paso para obtener una visión general sobre la comunidad utilizamos la técnica de observación directa (Taylor y Bogdan, 1996). Para lo anterior efectuamos un recorrido a lo largo del principal camino vecinal. Observamos aquellos elementos del entorno que nos proporcionaran información acerca de una primera aproximación sobre los aspectos sociales y económicos del asentamiento Zeta Trece. Tipificamos a su vez el estado actual de las viviendas; la presencia de servicios (agua, teléfono, electricidad y alcantarillado), así como la existencia de escuelas, centro de salud, y los principales usos del suelo.

La técnica de la encuesta estructurada (Taylor y Bogdan, 1996) la utilizamos con el fin de comprender la estructura familiar, las funciones dentro del hogar y la utilización de la fuerza de trabajo en base a una lista de preguntas concretas que nos dieran más información sobre estos aspectos. Para tal efecto visitamos un total de 23 familias ubicadas a lo largo del camino vecinal comprendido entre la escuela y el albergue "La Catarata". En lo que respecta a la caracterización de la organización social al interior de ASPROADES, utilizamos la técnica de entrevista a profundidad para nueve integrantes de dicha asociación, lo cual nos permitió elaborar el calendario de actividades productivas y la distribución de labores. Dicha técnica consiste en conversar con la gente sin ninguna lista de preguntas preconcebidas, pero apoyados en una serie de temas fundamentales de interés concreto. Entre los entre-



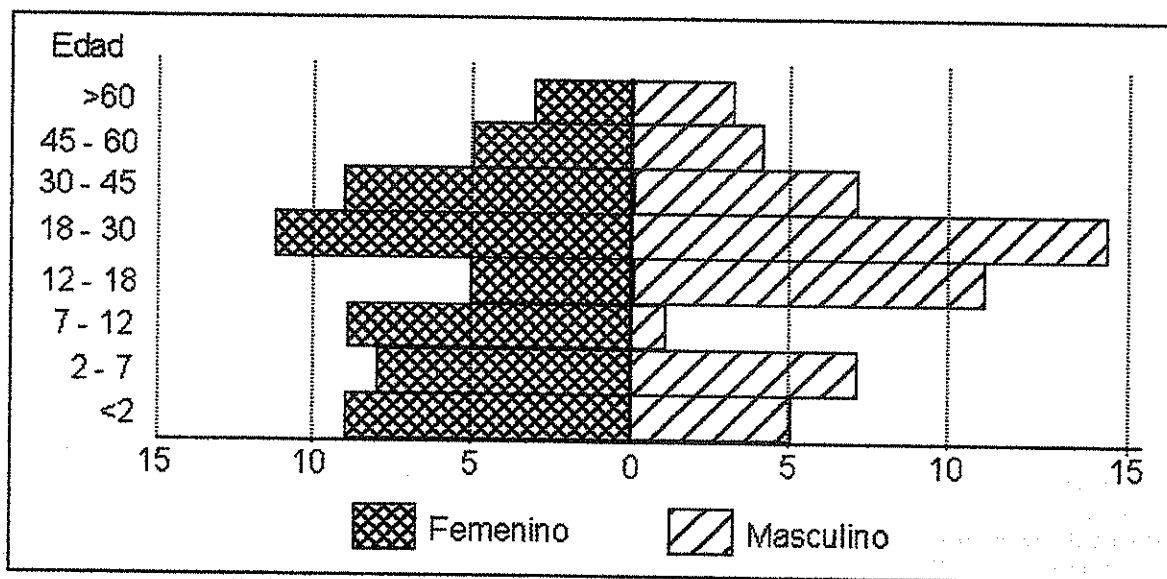


Figura 1. Distribución de Sexos por Grupos Etáreos en el Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

vistados estuvieron la presidenta, la vice-presidenta, el tesorero, la secretaria y la vocal de la asociación.

Finalmente para los aspectos relacionados con el crédito agrícola pretendimos obtener información mediante la aplicación de las técnicas cualitativas de triangulación, que se basa en la confrontación de las opiniones de tres informantes claves: (1) un miembro de la junta directiva del BANCOMUNAL, (2) un extensionista del Ministerio de Agricultura y Ganadería (facilitador) y (3) un usuario del BANCOMUNAL. Dada la falta de un tercer entrevistado, analizamos la información confrontando las dos opiniones disponibles.

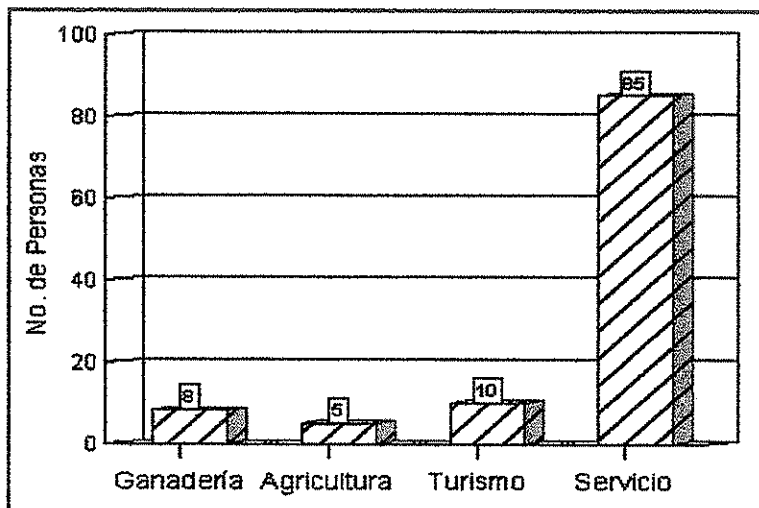
### Resultados y Discusión

De la observación directa en la comunidad pudimos apreciar que cuenta con servicios básicos de electrificación, agua potable, alcantarillado, teléfono, educación, salud y caminos. Las actividades productivas están orientadas principalmente a la ganadería, con pocas tierras destinadas a la agricultura donde los principales cultivos son la yuca (*manihot esculenta*) y la papaya (*Carica papaya*). La calidad de las viviendas la clasificamos según el material predominante en las paredes, el techo y el piso (Sistema de Indicadores para el Desarrollo Sostenible, 1998). Para ello utilizamos tres niveles: (1) buenas - de madera o concreto, con buen mantenimiento, (2) regulares - de madera o concreto y bajo mantenimiento y (3) malas - de madera u

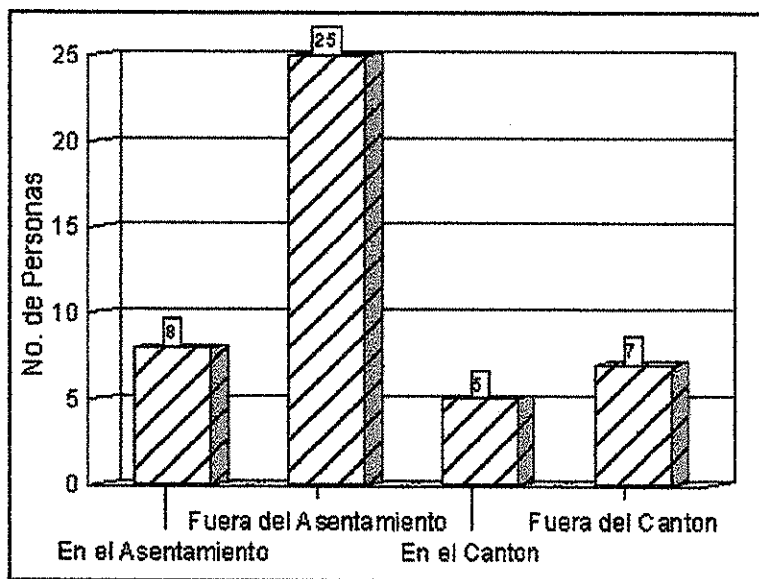
otros materiales excepto concreto, con alto nivel de deterioro.

Entrevistamos a miembros de 23 familias con un total de 119 habitantes, de los cuales existe una mayor proporción de mujeres, 1.11 por cada hombre. Con relación a la distribución de la población por grupos etáreos, los individuos mayores a 60 años corresponden a los menos representado y el grupo mayoritario lo conforman individuos entre los 18 y 30 años (Figura 1). Desde el punto de vista de la dinámica poblacional, se observa una reducción de la base que compone la estructura piramidal, así como un leve ensanchamiento de la parte superior de la misma (Figura 1). Esto coincide con los datos del Sistema de Indicadores para el Desarrollo Sostenible de Costa Rica (1998), lo cual evidencia que el país atraviesa por una etapa intermedia del proceso de transición demográfica caracterizada por niveles de natalidad moderada y mortalidad baja.

En relación a la distribución de la fuerza de trabajo, podemos decir que existe un desplazamiento del sector agropecuario por parte del sector de servicios y turismo (Figura 2). Consideramos que el fracaso de la experiencia agrícola y la poca eficiencia ganadera, unido al auge del turismo y las acciones de conservación de áreas naturales colindantes, han obligado a los habitantes a buscar alternativas seguras y mucho más atractivas dentro del área de los servicios y en particular el turismo. Como lo atestiguan las palabras de dos miembros de la



**Figura 2. Número de Personas Empleadas en las Principales Actividades Productivas en un Muestra de Individuos Mayores de 18 Años en el Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998**



**Figura 3. Localidad del Trabajo de una Muestra de Individuos Mayores de 18 Años en el Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998**

comunidad: “En la agricultura, hubo muy malas experiencias con las proyecciones de mercado y con la asesoría técnica del Centro de Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. Los fracasos con la papaya y el cacao, y la falta de recursos para trabajar la tierra decepcionaron mucho a la gente hasta el punto de preguntarse ¿Valdría la pena seguir con la agricultura?” (Rosa Bonilla, presidenta de ASPROADES). “Fuimos engañados con el cacao. Nos decían, ustedes van a vivir

bien” (Jorge Sandoval, habitante de Zeta Trece).

En estos mismos términos, el Estado de la Nación (1997) reconoce que en el ámbito rural existe un mayor interés de los actores sociales por convertirse en asalariados, perdiendo independencia productiva. La gente racionaliza que es más seguro tener un salario fijo que “jugarsela” de manera independiente. Por su parte Morera et al. (1995) asegura que la llegada masiva de turistas genera en los pueblos cambios importantes en materia de empleo y desarrollo socio-cultural.

Las transformaciones sociales y productivas del medio rural han generado nuevas situaciones y actividades para los habitantes de Zeta Trece, los cuales venden su fuerza de trabajo fuera de su comunidad en empresas particulares empleándose como asalariados (Figura 3). Este comportamiento en la migración no difiere de lo reportado en los índices nacionales para la población rural (Proyecto Estado de la Nación, 1997). Por ejemplo, en relación al turismo en 1996, en 32 de los 48 cantones rurales del país existían cerca de 240 hoteles que empleaban a unas 2,635 personas habitantes de las zonas rurales cercanas a estos (Estado de la Nación, 1997).

Son escasas las iniciativas que permitan revertir la situación de desarraigo rural que hemos observado. Uno de los principales problemas encontrados en la comunidad es su carente organización, además de la falta de créditos que les permitan desarrollar actividades productivas en el rubro del turismo. Sólo existe una organización que agrupa ocho familias, ASPROADES, cuya principal actividad es el fomento del turismo rural y la ejecución de diversos proyectos relacionados con la agricultura y la naturaleza de la zona.

Según sus miembros, ASPROADES se crea con el objetivo de mejorar la calidad de vida y del ambiente en la comunidad. Actualmente su principal proyecto es el albergue “La Catarata”, el cual cuenta con ocho

cabinas con capacidad para 24 personas. Además brinda servicios de restaurante, teléfono, correo y atractivos turísticos (mariposario, orquideario, criadero de tepezcuintles y agricultura orgánica). Tanto el mariposario como el cultivo de plantas medicinales, además de constituir un atractivo turístico, son fuente de ingresos alternos.

En el albergue, los diez integrantes de la asociación participan en los diferentes proyectos. Cuatro de ellos trabajan tiempo completo y una tiempo parcial dentro de las siguientes actividades: administración y contabilidad, mantenimiento de cabinas, servicio de restaurante y plantas medicinales. Además existen otras actividades para las cuales es reglamento de la asociación la participación voluntaria a tiempo parcial de todos sus miembros. Estas incluyen mariposario, cuidado de tepezcuintles, orquideario, mantenimiento de zonas verdes y turnos de guarda.

La evaluación hecha por los miembros de la asociación que entrevistamos es que actualmente el albergue representa la actividad económica más rentable. Tanto el mariposario como las plantas medicinales son proyectos de reciente inicio que les brindarán ganancias a largo plazo. Al respecto, algunos se sienten completamente satisfechos con algunas de estas tareas: "Si me gusta muchísimo trabajar con las orquídeas y no así con otras, que representan una obligación. Trabajo en el mariposario, no por que me guste. Es porque no hay mucha gente. Tengo miedo de los gusanos" (Inés Vargas).

Consideramos que, siendo el turismo la principal fuente de ingresos a través de los servicios de cabinas y restaurante, aún es reducida la cantidad de personas que atienden a tiempo completo las actividades del albergue. Ello se debe a la falta de recursos económicos para sustentar más salarios. Por tanto, es una necesidad fomentar y mantener actividades de atracción turística como el criadero de tepezcuintles y el cultivo de orquídeas, aunque éstas no generen ingresos actualmente. Por otra parte, la organización de la asociación equilibra las responsabilidades de los trabajos mediante una distribución equitativa de los mismos entre todos los miembros por medio de los trabajos parciales voluntarios.

Por otra parte, dado que la mayoría de los proyectos han sido iniciados principalmente por la misma persona, esto ha generado que los demás miembros la

consideren como la única que posee el conocimiento detallado de todos los proyectos: "Cuando llegan los turistas, nosotros llamamos a Rosita para que ella los atienda ya que está empapada de todos los proyectos y los inició" (Inés Vargas). Al respecto consideramos que se está creando dependencia alrededor de una sola persona, lo que traería como consecuencia la falta de desarrollo de liderazgo alternativo para la toma de decisiones y ejecución de nuevos proyectos. Lo anterior puede fundamentarse en la baja preparación académica de los otros miembros de ASPROADES. Ellos se sienten como simples empleados, inseguros de sí mismos, lo cual les impide una mayor participación en los procesos de toma de decisiones.

En forma general las impresiones individuales sobre las ventajas y desventajas de pertenecer a la asociación señalan que es importante la capacitación y los ingresos que reciben para su familia. "Me gusta por que me relaciono con otras personas, ya que por estar metida en casa no podría" (Inés Vargas). "Aporto dinero durante las temporadas altas y he recibido cursos de cocina" (Marina Moreno). "Aporto dinero a la casa, puedo trabajar y estar con mis niñas y además si el trabajo fuera en otro lugar mi esposo no me lo permitiría" (Ana Zamora). Sin embargo algunos consideran desventajoso el trabajar a tiempo completo por que no pueden dedicarse a sus hijos y familiares: "Estoy muy comprometida y no tengo suficiente tiempo para dedicárselo a mi familia, pero uno siempre se acostumbra" (Inés Vargas).

El proyecto de las plantas medicinales representa el segundo en importancia para la asociación. Contempla más de 40 especies, distribuidas en varios espacios que rodean la instalación turística. EL cultivo de jengibre es el que más destaca por su volumen de producción y comercialización. Con él se experimenta una interesante estrategia de mercado. Se ha variado su ciclo normal de cultivo, la siembra la realizan en enero para cosecharlo, secarlo y comercializarlo en octubre, cuando la competencia en el mercado es menor (Tabla 1). Para potenciar este proyecto recién se ha adquirido un moderno molino, ello permitirá procesar más eficientemente la producción. Paralelamente este molino traerá grandes ventajas a toda la comunidad, ya que no se cuenta con ningún otro en todos los alrededores, por lo que se calcula que la asociación obtendrá importantes ganancias en su alquiler.

Actividad	Ene	Feb	Mar	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agos	Sep	Oct
Preparación del suelo	■									
Elaboración de bocache	■		■							
Aplicación de bocache	■		■							
Siembra	■									
Aporque			■		■		■	■		
Limpia			■		■		■	■		
Fumigación orgánica			■		■					
Cosecha										■
Secado										■
Empaquetado										■

Tabla 1. Calendario de Actividades del Ciclo Agrícola del Cultivo de Jengibre en el Proyecto de Plantas Medicinales de ASPROADES en el Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

Actividad	Tiempo
<b>Actividades en el Invernadero</b>	
Alimentación	Todos los días, requiere 3-4 horas
Recolección	Todos los días, requiere 3-4 horas
Mantenimiento	Cada 15 días
<b>Colecta en Campo</b>	Cada 2 meses, requiere 8 horas
<b>Actividades de Laboratorio</b>	
Alimentar larvas	Todos los días, requiere 3-4 horas
Buscar crisálidas	Todos los días, requiere 3-4 horas
Empaque de pupas	Depende del tiempo que dure el ciclo de vida de cada especie

Tabla 2. Calendario de Actividades que se Realizan en el Mariposario de ASPROADES en el Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, Costa Rica, 1998

En orden de importancia, el mariposario es la tercera actividad productiva de ASPROADES. El objetivo de este proyecto es exportar pupas y adultos de diez especies de mariposas a España, Canadá y Estados Unidos. En este proyecto participan ocho personas de las cuales tres son socios fundadores y cinco socios adscritos. Las actividades principales se distribuyen en labores de invernadero, de laboratorio y de colecta en campo. El proyecto fue financiado con fondos canadienses que permitieron el montaje de la infraestructura y el pago inicial de salarios. Actualmente el trabajo es voluntario (no remunerado) y requiere de al menos tres a cuatro horas diarias de labores, distribuidas equitativamente entre colaboradores (Tabla 2).

La producción de cada pupa varía entre ocho y quince

días, de acuerdo a la temporada y las especies de mariposa. En temporada alta, se alcanza una producción de diez pupas por día y en temporada baja sólo llega a cuatro pupas por día (González, com. pers.). Este proyecto puede constituirse en una importante fuente de ingresos para la Asociación. Sin embargo, por el tipo de manejo que se está dando, solamente captura de mariposas, la población de éstas puede verse seriamente afectada. Consideramos necesario realizar trabajos sobre la dinámica poblacional de esas especies, incorporando monitoreos a largo plazo. Alternativamente a la producción de pupas y mariposas, en las mismas instalaciones la asociación cuenta con diferentes especies de orquídeas de donde piensan obtener el germoplasma necesario para la producción de orquídeas *en vitro*. “Esta actividad es importante para que lleguen más turistas y esto pueda crecer” (González, com. pers.).

Consideramos que si bien la propuesta de ASPROADES genera una alternativa a los problemas del sector rural en esta comunidad, aún son pocas las personas que se benefician directamente de ella. Aunque la asociación tiene como meta involucrar cada vez más a la población, experiencias anteriores han demostrado que este tipo de sociedad, una vez consolidada, abre pocos espacios a la participación colectiva (Bunch, 1995). Sin embargo Rosa Bonilla presidenta de ASPROADES ex-

presa, "Mi deseo es comprarle a la comunidad la comida que le vendo a los turistas, así le doy más participación en el proyecto. El problema es que en el asentamiento no se garantiza una estabilidad productiva, no produce lo que necesitamos." Pensamos que pese a sus limitantes, ASPROADES como institución civil puede seguir delegando beneficios a la comunidad en su conjunto, dado que cuenta con personería jurídica requisito indispensable para tramites legales. En este contexto este grupo minoritario ha logrado desarrollar niveles de participación al interior de su comunidad que les han permitido adquirir experiencia en la elaboración, planificación y manejo de proyectos productivos, dado que sus proyectos están acorde a la dinámica histórica, tensiones y tendencias actuales de su comunidad.

Algunas instituciones, como la Fundación Unión y Desarrollo de las Comunidades Campesinas (FUNDECOCA) y la Fundación Integral Campesina (FINCA), están promoviendo la constitución de instancias crediticias comunales, denominadas Bancos Comunales. Los Bancomunales tienen el propósito de impulsar las actividades agropecuarias y unir a las familias de las comunidades. A diferencia de los otros bancos, estos fueron concebidos para que sean los mismos usuarios de los créditos los que gestionen y administren los recursos financieros (R. Sandoval, com. pers.).

En 1990 sólo cinco pobladores de la comunidad Zeta Trece iniciaron la formación del Bancomunal. Debido a que eran pocos, FINCA no podía asesorarlos, por lo que tuvieron que invitar a más socios de otras comunidades, principalmente de Jaurí (asentamiento vecino). Según Félix Vargas (1998), el Ministerio de Agricultura y Ganadería fue otro de los organizadores e impulsores del Bancomunal, ya que personal de esta institución pasaba casa por casa para explicarles en que consistía el Bancomunal. En esta comunidad el Bancomunal fue creado el 11 de mayo de 1998, bajo el nombre de "Arenal Banc. S.A." con sede en el albergue La Catarata. Entre sus objetivos están: (1) fortalecer el desarrollo de la comunidad de La Fortuna y circunvecinos, (2) incrementar el patrimonio del Bancomunal a través de un capital social sólido, (3) financiar actividades que busquen la armonía con la naturaleza, (4) obtener las utilidades necesarias que garanticen la inversión en capital social y (5) apoyar programas sociales para niños de las comunidades y para que desarrollen el hábito del ahorro y se conviertan en futuros socios de Bancomunal, (6) canalizar ayuda de asistencia técnica, financiera y

administrativa de organizaciones gubernamentales e internacionales, (7) orientar programas para que la mujer participe activamente en el desarrollo de la empresa y (8) brindar servicio de crédito ágil, rápido y oportuno (Acta Constitutiva de Bancomunal, 1998).

Actualmente el Bancomunal cuenta con 34 socios y 33 acciones vendidas. En esta organización participan hombres y mujeres de ambas comunidades. No cuentan con "capital semilla" por lo que tienen que apoyarse de FINCA que es una institución privada. Cuenta con reglamentos internos, donde se establecen las funciones y responsabilidades de los miembros de la directiva, los requisitos para la admisión de socios y para otorgar créditos. Entre los requisitos para acceder a un crédito están los siguientes: (1) tener dos años de residencia en la comunidad, (2) tener acciones en el Bancomunal y (3) dedicarse a la producción agropecuaria. Entre otras condiciones se ha establecido que los socios no pueden tener más de seis acciones. La afiliación es de 1,000 colones y cada acción tiene un valor de 5,000 colones. Por cada acción se otorga un crédito de 30,000 colones. Las personas que necesitan un préstamo tienen que hacer una solicitud al Comité de Crédito. La tasa de interés es de 25% y hasta el momento sólo se han auto-rizado dos préstamos.

La gente de la comunidad comenta que Bancomunal es una buena opción ya que les permite, en algún momento, contar con prestamos para realizar actividades productivas. El presidente de la asociación, Félix Vargas, comenta que la organización permite promover más la agricultura, ya que la mayoría de los habitantes se dedican a las actividades turísticas y menciona que, "Aquí agricultores más bien han desaparecido; ya no hay muchos". Normalmente los pequeños agricultores no tienen acceso a los créditos del sistema bancario nacional, por lo que deben recurrir a otras fuentes de financiamiento (López-Pereira et al., 1989).

En los últimos años, mucho se ha escrito en favor de la institucionalización rural. De hecho, el establecimiento de instituciones en las aldeas es de suma importancia por múltiples razones. Muchos de los problemas que enfrentan las comunidades locales, pueden ser resueltos a través de la organización. El crédito otorgado a través del Bancomunal puede ser un mecanismo para la formación de capital campesino mientras que el impulso de nuevas actividades económicas puede brindar la oportunidad de que los problemas sociales que enfrenta

la comunidad puedan ser resueltos en alguna medida. Las organizaciones campesinas también pueden servir como intermediarias entre la gente campesina y las instituciones grandes. La asociación puede ayudar a que los agricultores vendan sus productos y proyectar nuevas alternativas productivas, así como apoyar a los jóvenes y demás sectores de la población a que encuentren nuevas alternativas económicas, reduciendo el fenómeno de migración laboral, además de contribuir en el desarrollo de la actividad turística. De acuerdo con Bunch (1995), la organización es un vehículo a través del cual la población campesina puede acceder a un espacio, el que le permitiría tener mejores oportunidades de negociación y de resolución de problemas

### Conclusiones

La comunidad Zeta Trece está enfrentando un fenómeno de descampesinización debido a los continuos fracasos en el terreno agropecuario y al incremento de ofertas de empleo relacionadas con el sector servicios, en particular el turismo. Por otro lado su dinámica poblacional no corresponde a la descrita para las zonas rurales del país, puesto que se observa una reducción en la base que compone la pirámide poblacional, lo que podría ser un problema debido a la reducción de la fuerza de trabajo en las próximas generaciones.

La participación campesina puede traer ventajas a un programa de desarrollo, respetando los valores culturales de la gente y asegurando que el programa esté continuamente enfocado hacia las necesidades de la comunidad, orientando el desarrollo a partir de la participación social de sus actores, quienes deben identificar sus proyectos y proveer beneficios para los agricultores. A través de su propia experiencia la gente aprende a planificar, encontrar soluciones a sus problemas, enseñar a otros y organizarse para trabajar en grupo. La población campesina por medio de su participación puede ganar confianza en sí misma, orgullo y satisfacción por los logros alcanzados. La débil respuesta estatal a los desafíos que presenta el mundo rural ha provocado, no obstante, interesantes respuestas en la organización de los campesinos, obligándolos a buscar alternativas productivas más rentables a través de la organización comunal. La experiencia de Zeta Trece es un claro ejemplo de la importancia que tiene la participación comunal en la planificación de las políticas de desarrollo rural y la conservación de recursos naturales. Es evidente que

gracias a este tipo de iniciativas el gobierno y las agencias de desarrollo han comenzado a reorientar sus estrategias de planificación a través de un esquema más participativo de las comunidades rurales.

Finalmente, el asentamiento Zeta Trece se encuentra en una zona estratégica para el desarrollo de la actividad turística, especialmente bajo la modalidad de turismo rural. Sin embargo, este último depende de su principal atractivo el volcán "Arenal", por lo que la impredecible actividad volcánica puede resultar un riesgo que disminuiría o pondría fin a la afluencia de turismo a la región. Debido a lo anterior, sugerimos que los proyectos y estrategias de desarrollo que se promuevan en esta comunidad deberían ir orientados a incrementar las alternativas asociadas al uso de la tierra en función de la producción agrícola, pecuaria o forestal bajo un prisma ecológico.

### Literatura Citada

- Bancomunal. 1998. *Acta Constitutiva de Bancomunal*. Asentamiento Zeta Trece, La Fortuna, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.
- Bunch, R. 1995. *Dos Mazorcas de Maíz: Una Guía para el Mejoramiento Agrícola Orientado Hacia la Gente*. Vecinos Mundiales, Oklahoma City, OK. Pp 27-28 y 227-228.
- Lopez-Pereira, M.A., J.H. Sanders, T.G. Baker y D.H. Meckenstock. 1989. *Farming Systems and Adoption of New Agricultural Technologies: An Economic Evaluation of a New Sorghum Cultivar in Southern Honduras*. Paper presented at the Ninth Annual Farming Systems Research y Extension Symposium, Oct. 9-12, Fayetteville, Arkansas. Pp 6.
- Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica. 1998. *Principales Indicadores de Costa Rica, Area de Análisis del Desarrollo*. Ministerio de Planificación Nacional y Política Económica, San José, Costa Rica. Pp 99.
- Morera, C. 1997. *Diagnóstico del Impacto del Turismo en las Zonas Litorales: El Caso de Montezuma, Puntarenas*. Pp 27-28 en: Proyecto Estado de la Nación, *Estado de la Nación. Desarrollo Humano Sostenible: Un Análisis Amplio y Objetivo sobre*

*la Costa Rica que Tenemos, a partir de los Indicadores Más Actuales.* Proyecto Estado de la Nación, San José, Costa Rica.

Proyecto Estado de la Nación. 1997. *Estado de la Nación. Desarrollo Humano Sostenible: Un Análisis Amplio y Objetivo sobre la Costa Rica que Tenemos, a partir de los Indicadores Más Actuales.* Proyecto Estado de la Nación, San José, Costa Rica. Pp. 42-45, 68 y 219.

Sandoval, J. 1998. Comunicación Personal. San Carlos, Costa Rica.

Soto, W.R. 1990. *Los Campesinos Frente a la Nueva Década: Ajuste Estructural y Pequeña Producción Agropecuaria en Costa Rica.* Editorial Porvenir, San José, Costa Rica. Pp 36-41.

Taylor, S.J. y Bogdan, R. 1996. *Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación.* Paidós, Barcelona, España. Ppp 37.

Ulfelder, H.W., S. Poats, J. Recharte y L.B. Dugelby. 1997. *La Conservación Participativa: Lecciones del Estudio PALOMAP en la Reserva Ecológica Cayambe-Coca, Ecuador.* The Nature Conservancy, Arlington, VA. Pp. 44.

**Anexo**

**Listado de informantes clave entrevistados, miembros de ASPROADES en el asentamiento Zeta Trece, San Carlos, Alajuela, Costa Rica.**

Inés Vargas  
Marina Moreno  
Julio González  
Ana G. Zamora  
Ronaldo Bastos  
Juan Rojas  
Carolina González  
Rosa Bonilla

**Junta Directiva del Bancomunal, electa en 1996, Asentamiento Zeta Trece, San Carlos, Alajuela, Costa Rica**

Presidente: Félix Vargas Quiroz  
Secretario: Fernando Rojas Bejarane  
Tesorero: Miguel Angel Alaya Cruz  
Vocal 1: Ines Vargas Quiroz  
Vocal 2: Alejandro Solano Villegas  
Fiscal: Alejos Rámirez Castro



Estudios

Independientes

Jardín Botánico

Wilson

---



# Análisis de los Cambios Históricos y Espaciales Ocurredos en el Paisaje de Dos Microcuencas Ubicadas en el Distrito de Agua Buena, Coto Brus, Costa Rica

Óscar Sánchez Soto

## Resumen

El distrito de Agua Buena de Coto Brus constituye una de las tantas áreas de Costa Rica que en los últimos 50 años ha sufrido una dramática transformación en su paisaje debido al avance de la frontera agrícola impulsada por las políticas gubernamentales. Dicha área ha pasado de tener grandes extensiones de bosque virgen a usos antropogénicos de la tierra. Dentro de estos usos, la cafcultura fue la que tuvo mayor aceptación debido a que se ajustaba mejor a las características geográficas de la zona y a las necesidades socioeconómicas de los pobladores. Cuando se han presentado crisis en los precios del café, muchos agricultores han cortado o abandonado las plantaciones y han intentado diversificar la agricultura, pero no han tenido el éxito deseado. Para determinar el uso actual de la tierra, realicé transectos en los diferentes niveles de dos microcuencas (superior, medio e inferior). Este estudio reflejó que además del café, la zona posee un paisaje articulado con remanentes de usos anteriores como los fragmentos de bosques en la parte superior de las microcuencas y en las riberas de las quebradas, los pastos y los cultivos anuales, entre otros. Los valores de dominancia fueron altos para cada uno de los transectos de las dos microcuencas, lo que indica que en cada transecto hay dominancia de uno o dos tipos de uso de la tierra. Asimismo, los valores de contagio muestran que los sectores medios e inferiores de ambas microcuencas presentan altos niveles de contagio, lo que indica que en estos sectores los usos de la tierra están agrupados. También pude constatar que conforme se desciende sobre la cuenca, el uso de la tierra se va haciendo más intensivo y se van disminuyendo las áreas de bosque.

Palabras Claves: microcuenca, transecto, paisaje, uso de la tierra, geografía, historia, economía

Apoyo Técnico: Miqui Swisher y José Manuel Mora

---

---

## Introducción

Un paisaje puede revelar la historia social y económica de una región (Vargas, 1992). El paisaje, al igual que otras unidades de estudio ecológico, es dinámico en estructura, función y cambios espaciales (Forman, 1990). Dichos cambios se refieren a la alteración en la estructura del mosaico ecológico a través del tiempo en relación al tamaño, forma, número, clases y configuración de los componentes (Turner y Gardner, 1991) atribuidos a la combinación de fuerzas tanto ambientales como humanas (Forman, 1990). Esta combinación de fuerzas influyen de tal manera que los cambios en un paisaje puedan darse por parches (Dunn et al., 1990) y a su vez, dentro de este paisaje particular, estos parches pueden experimentar cambios a través del tiempo. Así mismo, el paisaje también puede variar espacialmente a través de una misma región (Fuentes, 1989). Al ser la cuenca hidrográfica una región natural, esta puede ser utilizada como base para los análisis de los cambios

históricos y espaciales.

Las investigaciones de los cambios en el paisaje generalmente establecen algún punto de partida, uno de estos puntos es que los paisajes culturales presentan vestigios de usos anteriores, que se combinan con los usos actuales (Dunn et al., 1990). Para medir estos cambios, se requiere un sistema de clasificación que pueda ser aplicado uniformemente (Dunn et al., 1990). Además, la utilización de índices resulta importante para el análisis e interpretación de los patrones del paisaje (Turner y Gardner, 1991). Estos patrones pueden corresponder a varios tipos, entre ellos tenemos paisajes con redes caracterizados por muchas interacciones entre corredores y paisajes articulados que se caracterizan por la presencia de dos o más elementos como por ejemplo, pasto y bosque o pasto y café (Swisher, s.f).

Con base en los estudios efectuados por Fuentes (1989), Dunn et al. (1990), Turner y Gardner (1990), O'Neill

et al. (1988) y otros en torno a los cambios históricos y espaciales ocurridos en el paisaje, presento las siguientes dos hipótesis de trabajo (a) el paisaje actual refleja remanentes de los diferentes usos de la tierra que han tenido las microcuencas a través del tiempo; (b) a medida que se desciende en las microcuencas, el uso de la tierra se hace más intensivo y disminuye el área boscosa.

### Metodología

El cantón de Coto Brus, que está ubicado al sur del país (08° 54' 04" N y 82° 52' 58" W), en las estribaciones de la Fila Brunqueña, posee un área de 933,91 km<sup>2</sup>. Dentro de las características físicas, la temperatura promedio es de 22,5 C, los suelos son derivados de cenizas volcánicas, clasificados como andisoles, y la topografía es muy ondulada (Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, 1990). La precipitación promedio anual de la zona fue de 3,600 mm y la altitud oscila entre 1,000 y 1,200 metros. La zona de vida según la clasificación de Holdridge es bosque húmedo premontano (Gómez, 1986) e hidrográficamente el sistema fluvial de la zona corresponde a la vertiente pacífica (Laurent, 1992).

Para el análisis histórico del uso de la tierra apliqué entrevistas semiestructuradas a pobladores que tuvieran más de 20 años de residir en la región, y así, por medio de su conocimiento, pude reconstruir el paisaje y las transformaciones ocurridas en él a través del tiempo.

Para el análisis de uso actual de la tierra, seleccioné dos microcuencas que incluyeran diferentes tipos de usos de la tierra y parches que variaran en cuanto al número, tamaño y tipo; tales como campos agrícolas, pastos, bosques y cercas vivas, entre otros. En ambas microcuencas, localizadas entre los 1,000 y 1,200 msnm, realicé cuatro transectos geográficos, uno en la parte superior, dos en la parte media y uno en la parte inferior. La longitud de cada transecto varió dependiendo de la distancia que había entre las dos divisorias de agua de la microcuenca. Mediante el trabajo en el campo determiné el tipo y la longitud en metros de cada uso actual de la tierra en todos los transectos.

Para los análisis cuantitativos del uso actual de la tierra en ambas microcuencas calculé dos índices. El primer fue el índice de dominancia:

$$D_1 = \ln n + \sum_{i=1}^m P_i \ln P_i$$

donde  $P_i$  es la proporción del paisaje en uso de la tierra  $i$  y  $n$  es el número total de tipos de uso de la tierra en un paisaje particular. El término  $\ln n$  representa el máximo que podría tener un determinado uso de la tierra suponiendo que estos usos se distribuyeran sobre el paisaje en igual proporción (O'Neill et al., 1988). Los valores de este índice miden si uno o varios usos de la tierra dominan el paisaje (O'Neill et al., 1988). El segundo índice fue el índice de contagio:

$$D_2 = 2 \ln n + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n P_{ij} \ln P_{ij}$$

donde  $P_{ij}$  es la probabilidad que tiene el uso de la tierra  $i$  de estar adyacente al uso de la tierra  $j$ . El término  $2 \ln n$  representa el máximo en que todas las probabilidades de adyacencia sean iguales (O'Neill et al., 1988). Los valores de este índice miden si los usos de la tierra en un paisaje están agrupados (O'Neill et al., 1988).

Calculé el coeficiente de correlación de Kendall Tau (Burt, y Barber, 1996) para determinar la relación existente entre tres usos de la tierra de las dos cuencas (bosque, pasto y café) con los valores de dominancia y contagio. Seleccioné el coeficiente de Kendall Tau porque toma en cuenta no sólo el rango de los datos, sino también el orden de los mismos, lo cual es muy importante en los análisis espaciales.

Utilicé el análisis temporal (Turner y Gardner, 1990; Dunn et al., 1990) modificado para analizar unidades espaciales (metros) y no unidades temporales (año, mes, día). Los valores obtenidos fueron extrapolados y suavizados para ser posteriormente graficados. Para realizar los gráficos, generé los siguientes códigos:

#### Uso Natural:

- 11 Agua
- 12 Bosque Primario
- 13 Bosque Secundario
- 14 Tacotal

#### Uso Antropogénico:

- 21 Cerca Viva: 21
- 22 Pasto: 22
- 23 Plantación Forestal: 23
- 24 Cultivos Perennes: 24
- 25 Cultivos Anuales: 25
- 26 Infraestructura: 26

## Resultados

Con el transecto histórico del uso de la tierra, pude definir cuatro períodos (Figura 1).

**I. Antes de 1950: Pre-colonización.** Esta área fue ocupada desde tiempos precolombinos por indígenas del grupo Brunca, principalmente de la tribu Coctos (Leier, 1992). La primera persona no aborigen que entró a la zona fue Don Perafán de Rivera en 1571 (Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, 1990). A principios del presente siglo, la "Guerra de Coto," conflicto fronterizo entre Costa Rica y Panamá en 1921, provocó el inicio de un proceso migratorio hacia la región. Sin embargo, se estima que en 1950 solamente 2,000 personas habitaban Coto Brus. El paisaje que dominaba era el bosque primario virgen con algunas abras propiedad de los pobladores de la zona (D. Cole, com. pers.).

**II. 1950-1957: Colonización Pionera.** En 1951, el gobierno de Costa Rica y la Sociedad Italiana de Colonización Agrícola (SICA) llegaron a un acuerdo para la adquisición y el subsecuente desarrollo de una gran parte del área de Coto Brus (Leier, 1992). Dicho acuerdo se basaba en que un mínimo de 300 colonizadores, 20% de los cuales deberían ser costarricenses, se establecieran en Coto Brus por 10 años para impulsar la agricultura de cereales, la cría de ganado y la introducción del café y la caña de azúcar en la zona. Así mismo, los colonizadores deberían desarrollar infraestructura como la escuela, la iglesia, un centro médico y un mercado. La contribución del gobierno de Costa Rica a la nueva colonia sería proveerles de tierra para la construcción de caminos de acceso a los mercados (Leier, 1992).

Paralelo a esta colonización, otras personas (nacionales y extranjeros) también migraron hacia Coto Brus con el fin de desarrollar actividades en esta zona de frontera agrícola. En el caso específico del actual distrito de Agua Buena, en esa misma década de 1950 se inicia el proceso de ocupación por parte de agricultores pioneros como Darryl Cole, Francisco Cedeno y Ernesto Araya, entre otros, cuyo objetivo era establecerse en la zona y preparar terrenos para cultivar. En aquel tiempo, esta región era percibida por los colonos desde dos puntos de vista: había tierra y había bosque. En la tierra podrían construirse casas, crecerían comunidades, el aislamiento y la soledad serían desvanecidos por la apertura de espacios. La tierra proveería comida e ingresos. Por

otra parte, el bosque restringía, encerraba, casi que sofocaba cada vez más conforme pasaban las semanas y los meses dentro de él (Cole, 1997).

Otra razón por la que el bosque fue destruido casi totalmente era la necesidad que tenían muchos colonos de sentirse dueños de esas tierras y la credencial más evidente de propiedad de los terrenos durante esos primeros años de ocupación fue la tala del bosque. Una vez que el colono cortaba el bosque, demostraba que él y su familia eran los dueños de esa tierra y de esa forma, no sería fácil para nadie más disputarla o reclamarla aunque no tuvieran título de propiedad, pues prevalecía la actitud de que "la tierra es de aquellos que la trabajan" (Cole, 1997). Para llevar a cabo la posterior limpieza de las áreas taladas, Darryl Cole relató que "en un primer momento pensamos utilizar maquinaria, pero la fuerte pendiente y la gran cantidad de troncos que yacían sobre el terreno impidieron ese tipo de prácticas culturales. Tuvimos que esperar algún tiempo hasta que desaparecieran algunas ramas y troncos para poder empezar a sembrar".

Una vez preparados los terrenos, sus propietarios tuvieron dos opciones: cultivar pastos o cultivar café (*Coffea arabica*). Este último fue el que tuvo más aceptación. Sin embargo, las variedades utilizadas como el Arábico Típico y el Híbrido Tico tardaban cinco años desde su siembra hasta sus primeras cosechas. Para Darryl Cole "esos cinco años fueron difíciles para mantener el sustento de nuestras familias, pero lo más trágico de todo fue que cuando empezamos a recoger las primeras cosechas, se desplomó el precio del café en los mercados internacionales, lo que ocasionó una fuerte depresión en el cantón de Coto Brus".

**III. 1957-1974: Depresión.** La época de crisis en los precios del café fue aproximadamente de 17 años. Esta crisis se reflejaba tanto en el paisaje agrícola de la región como en la situación económica de sus habitantes. Según Darryl Cole (com. pers.), "Al caminar uno por los caminos, podía ver cafetales abandonados y llenos de ojo de gallo (*Mycena citricolum*). No se veían casas en buen estado, la mayoría de las familias vivían en ranchos de palma con 'piso de suelo', los niños andaban semidesnudos y enfermos de parásitos porque no había agua potable ni existía ningún centro médico cercano a donde llevarlos. Los agricultores sembraban cultivos como tiquisque (*Xanthosoma sp.*), maíz (*Zea mays*) y frijoles (*Phaseolus vulgaris*) para mantener el sustento

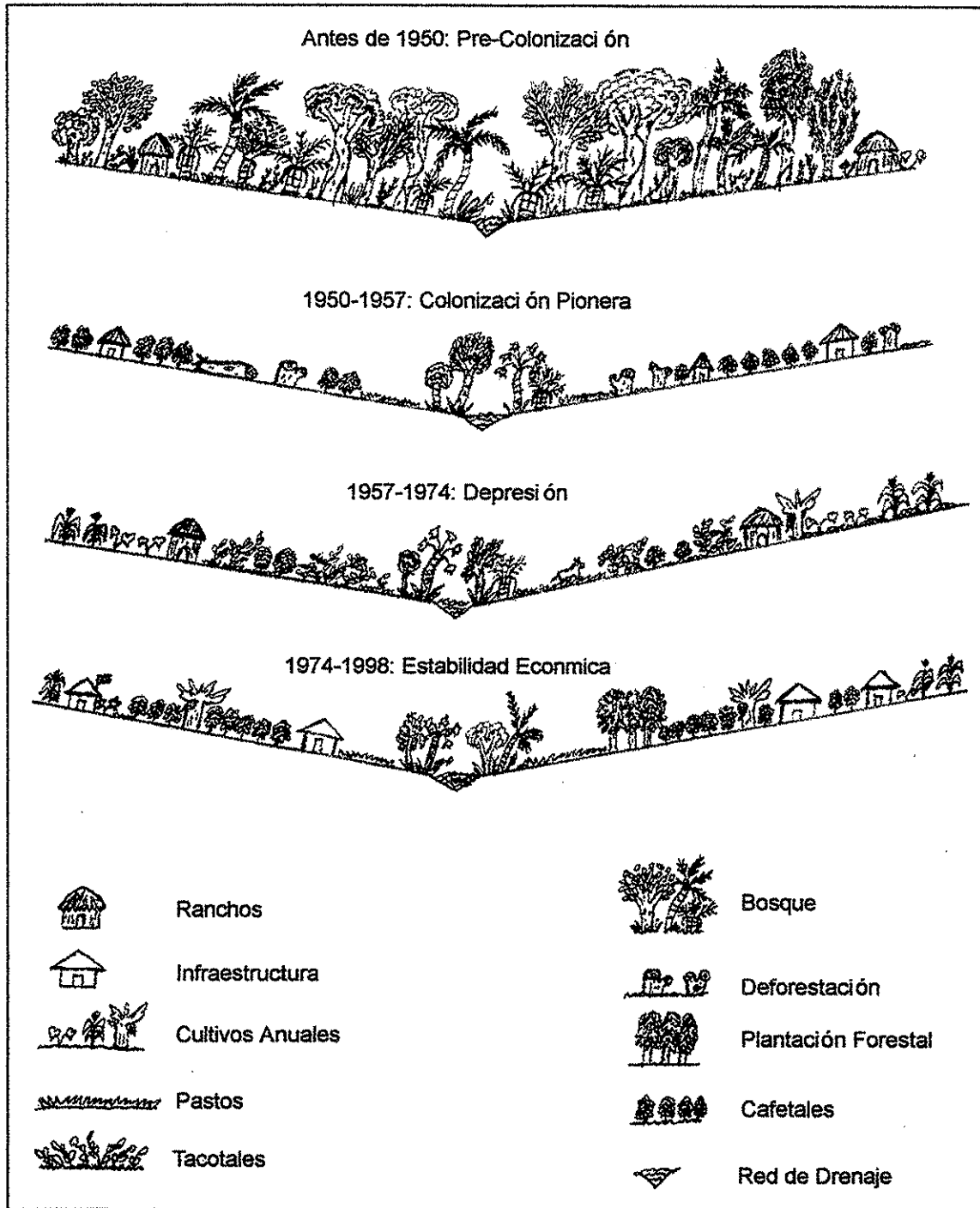


Figura 1. Transecto Hist órico de la Comunidad de Agua Buena, Coto Brus (1950-1998)

Uso de la Tierra	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4
Bosque Primario	86	0	0	0
Bosque Secundario	57	32	36	24
Tacotal	0	65	0	0
Agua	1	2	2	4
Plantación Forestal	0	0	118	0
Pasto	5	98	97	153
Cerca Viva	0	2	3	6
Café con Sombra	0	47	12	70
Café al Sol	0	30	0	22
Macadamia	0	4	0	0
Maíz	0	4	0	17
Yuca	0	0	0	8
Caña de Azúcar	0	0	0	5
Infraestructura	0	17	0	10
<b>Total</b>	<b>149</b>	<b>301</b>	<b>268</b>	<b>319</b>

Tabla 1. Longitud (m) de los Tipos de Uso de la Tierra en la Microcuenca 1, Agua Buena de Coto Brus, 1998

Transecto	D1	Usos Dominantes (%)
Superior	2.79	Bosque Primario 58%
Medio 1	1.61	Pasto 33%; Tacotal 22%
Medio 2	2.57	Plantación Forestal 44%; Pasto 36%
Inferior	1.85	Pasto 48%; Café con Sombra 22%

Tabla 2. Valores de Dominancia para Cada Uno de los Transectos en la Microcuenca 1, Agua Buena de Coto Brus, 1998

de sus familias y con la intención de diversificar la agricultura comercial, pero no tuvieron éxito debido al difícil acceso hacia los mercados. Este aspecto de pobreza y fracaso aplacó el ánimo de muchos pobladores que decidieron abandonar sus tierras porque pensaban que esa situación jamás iba a cambiar”.

**IV. 1974-1998: Estabilidad Económica.** A mediados de la década de los 70 hubo “heladas” en Brasil (mayor productor mundial de café) que afectaron grandemente las plantaciones de café. Esta situación provocó que los precios del café en el mercado internacional se elevaran rápidamente (A. Torres, com. per). Por ejemplo, los precios que tenía el café en 1974 se duplicaron en 1975 y se triplicaron en 1976 (A. Torres com. pers.). Cuando se empieza a dar este auge económico, muchos pioneros de la región ya habían vendido o abandonado sus propiedades (D. Cole, com. pers.). Al mismo tiempo, esta prosperidad motivó un nuevo proceso de inmigración por parte de familias provenientes de lugares con tierras muy degradadas como Guanacaste y de la región del Valle Central Occidental (San Ramón, Naranjo, Palmares) donde la frontera agrícola estaba

agotada y la presión sobre la tierra se hacía cada vez mayor (Laurent, 1992). Eladio Méndez y Salomón Herrera, agricultores oriundos de Nandayure, Guanacaste y con 23 años de habitar en la zona, relataron que “cuando llegamos aquí lo más que había eran tacotales, unas que otras plantaciones de café con plátano pero muy abandonadas. Prácticamente no había ‘montaña’ (bosque primario), solamente en algunas fincas y a orillas de las quebradas quedaban áreas con árboles”. Según estos agricultores, la mayoría de los nuevos colonos

dedicaron esas tierras de tacotales al cultivo de café, dejando algunos lotes de su finca para sembrar maíz, frijoles, verduras y hortalizas para el consumo propio.

Este período de recuperación económica, al igual que el anterior, también se reflejó en el paisaje y en la actitud de los habitantes de Agua Buena. Desaparecen los ranchos para dar lugar a las casas de madera y de concreto, mejores caminos, escuelas, colegios, servicios médicos, cafetales bien asistidos y en general, la comunidad mostraba un espíritu más progresista y optimista hacia el futuro (D. Cole, com. pers.). Desde entonces hasta la actualidad, también ha habido reducciones en los precios del café, como las ocurridas en los años 1980-1983, 1986 y 1992 (A. Torres, com. pers.), pero su impacto no ha sido tan grave en la zona porque tanto la comunidad como los servicios básicos (luz, agua, caminos, escuela, medicina) existentes están bien consolidados (D. Cole, com. pers.).

Mediante los transectos geográficos determiné que en la microcuenca 1 se presentaron 14 tipos de usos de la tierra (Tabla 1). El ámbito posible para los valores de dominancia osciló entre 0.0 y 4.11 (Tabla 2). Por su parte, en la microcuenca 2 hubo ocho diferentes tipos de uso de la tierra (Tabla 3) y el ámbito posible para los valores de dominancia fue de 0.0 a 3.8 (Tabla 4). Estos valores de dominancia, según el ámbito de oscilación, fueron altos para cada uno de los transectos de las dos microcuencas, lo que indica que en cada transecto hay dominancia de uno o dos tipos de uso. Asimismo, los valores de contagio muestran que los sectores medios e

Uso de la Tierra	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3	Transecto 4
Bosque Primario	100	0	0	0
Bosque Secundario	23	76	30	0
Agua	2	4	2	4
Pasto	17	117	53	73
Cerca Viva	0	3	2	4
Café con Sombra	0	102	116	111
Café al Sol	0	62	0	0
Infraestructura	0	0	0	9
<b>Total</b>	<b>142</b>	<b>364</b>	<b>203</b>	<b>201</b>

Tabla 3. Longitud (m) de los Tipos de Uso de la Tierra en la Microcuenca 2, Agua Buena de Coto Brus, 1998

Transecto	D1	Usos Dominantes (%)
Superior	2.71	Bosque Primario 70%
Medio 1	2.67	Pasto 32%; Café con Sombra 28%
Medio 2	2.57	Café con Sombra 57%
Inferior	2.45	Pasto 36%; Café con Sombra 34%

Tabla 4. Valores de Dominancia para Cada Uno de los Transectos en la Microcuenca 2, Agua Buena de Coto Brus, 1998

Transecto	Microcuenca 1	Microcuenca 2
Superior	33.83	20.64
Medio 1	340.69	87.25
Medio 2	82.51	44.98
Inferior	340.85	45.04

Tabla 5. Valores de Contagio para Cada Uno de los Transectos en las Microcuencas 1 y 2, Agua Buena de Coto Brus, 1998

Correlación	Valor de		
	Kendall Tau	z	p
Bosque x Dominancia	0.69	2.39	0.02
Bosque x Contagio	-0.50	-1.73	0.08
Pasto x Dominancia	-0.56	-1.96	0.05
Pasto x Contagio	0.59	2.05	0.04
Café x Dominancia	-0.22	-0.77	0.44
Café x Contagio	0.18	0.63	0.53

Tabla 6. Coeficientes de Correlación de Kendall Tau, Proporción de la Tierra en Tres Usos y los Valores de Dominancia (D1) y de Contagio (D2) para las Microcuencas 1 y 2, Agua Buena de Coto Brus, 1998

inferiores de ambas microcuencas presentan altos niveles de contagio y las partes superiores presentan los valores más bajos (Tabla 5).

Con el análisis temporal modificado no obtuve perio-

dicidad; es decir, no hubo patrones de uso de la tierra que se repitieran en un mismo transecto (Figuras 2 y 3). Este análisis mostró que conforme se desciende en la microcuenca, el uso de la tierra se hace más intensivo y se reduce las áreas boscosas.

Para ambas microcuencas, las únicas correlaciones con tendencia positiva que obtuve fueron entre el bosque y los valores de

dominancia, así como entre los pastos y los valores de contagio. Por su parte, determiné una baja correlación entre café y los valores de contagio, exceptuando la baja correlación resultante entre café y los valores de contagio, las demás correlaciones dieron resultados negativos (Tabla 6).

## Discusión

Para comprender mejor todo este proceso de transformación ocurrido a través del tiempo y que ha dado como resultado paisajes culturales que presentan una combinación de los remanentes de los usos pasados con los usos actuales de la tierra (Dunn et al., 1992), debemos tener en consideración la escala en la que estoy trabajando. A pesar de ser una escala local de apenas cientos de metros (dos microcuencas de tercer orden), existen relaciones entre los elementos de este pequeño paisaje local con los elementos hallados en paisajes a escalas regionales de hasta cientos de kilómetros (Kalkhoven, 1993). Es por ello que la información obtenida en las micro-cuencas me pueden dar una idea general del estado actual del paisaje total de la región de Coto Brus.

En las microcuencas estudiadas obtuve que en esta región, a pesar de que la principal actividad económica es el monocultivo del café, existen junto a estas plantaciones otros tipos de usos de la tierra que son remanentes del pasado. Por ejemplo, la presencia de parches de bosque primario en las partes superiores de la cuenca son remanentes de las extensas áreas de bosque virgen que predominaban en la zona antes del inicio de la colonización agrícola en la década de 1950. Los cultivos de subsistencia como el maíz (*Zea mays*) la yuca (*Manihot esculenta*) y los no tradicionales como la macadamia (*Macadamia sp.*) representan el intento por diversificar la agricultura de Coto Brus durante los años



de depresión.

La actividad pecuaria (principalmente la ganadería lechera) también fue vista como una alternativa. Sin embargo, el difícil acceso a los mercados hizo que la ganadería nunca tuviera suficiente importancia económica para la comunidad de Agua Buena (A. Torres, com. pers.). La mayoría de los potreros existentes reflejan como muchas veces los precios internacionales del café o las limitantes físico-químicas de los suelos (fuerte pendiente, baja fertilidad), han obligado a los agricultores a abandonar o cortar los cafetales para dar paso a áreas de pastizales (Leier, 1992). Si no hubiera sido por estos periodos de crisis cafetalera, posiblemente el paisaje actual de la región sería más homogéneo, dominado casi en su totalidad por el monocultivo del café, lo que hubiese provocado menores interacciones entre los ecosistemas existentes en la zona.

Por esas razones es importante que los agricultores permitan la regeneración de tacotales y el bosque secundario en aquellas áreas de sus fincas que están siendo ocupadas por pastos y que son agrícolamente improductivas. Si bien en algunas fincas pude observar la presencia de cercas vivas, principalmente de especies como el poró (*Erythrina sp.*), la llama del bosque (*Espatodea campanulata*) y la caña india (*Dracaena fragans*) que son utilizadas para la división de parcelas de cultivos, desde el punto de vista ecológico, estas cercas no ejercen una verdadera importancia como corredores, ya que existe mucha distancia entre los árboles. Además, la gran mayoría de estos corredores estaban asociados con cercas de alambre de púas y en general no presentaban conexiones entre los pocos parches de bosques existentes.

Los altos valores D1 que obtuve en todos los transectos de las dos microcuencas (Tablas 2 y 4) indican la dominancia de uno o pocos usos de la tierra. Según O'Neill et al. (1988), estos altos valores de dominancia están asociados ya sea con áreas de uso intensivo, como se presenta en los transectos medios e inferiores, donde dominan las actividades antropogénicas (cafetales, pastos, plantaciones forestales) o con áreas boscosas como las que se presentan en los transectos superiores de las microcuencas, donde domina el bosque primario (Tablas 2 y 4). Los gráficos obtenidos del análisis temporal de los datos refuerzan esta afirmación. Estos gráficos muestran que a medida que se desciende en las microcuencas, el uso de la tierra se va haciendo más

intensivo con cultivos anuales (yuca, maíz), cultivos perennes (café, macadamia) y pastos, y van disminuyendo las áreas de uso natural como el bosque (Figuras 2 y 3). Sin embargo, en ninguno de los transectos analizados encontré un verdadero patrón espacial en el uso de la tierra.

Según O'Neill et al. (1988), los altos valores de contagio (D2) están asociados a paisajes que tienen muchos tipos de usos de la tierra. Esta situación se presentó en las partes medias e inferiores de ambas microcuencas, en donde hay varios tipos de uso como pastos, café, maíz, yuca, plantaciones forestales, bosque secundario y tacotales entre otros (Tabla 5). Por otra parte, los bajos valores de contagio pueden presentarse en paisajes donde prácticamente no hay presencia de desarrollo humano, como es el caso de las partes superiores de las micro-cuencas, donde predomina el bosque primario (Tabla 5). Con base en los valores de contagio y en la observación en el campo, pude determinar que ambas microcuencas presentan paisajes articulados que se caracterizan por la presencia de dos o más elementos como pasto y café o pasto y bosque, donde generalmente existen muchas interacciones entre los ecosistemas (Swisher, s.f). Sin embargo, este tipo de paisaje articulado se puede considerar que está truncado, ya que el bosque se limita a las partes altas de las microcuencas y a las orillas de las quebradas y no presenta muchas interacciones con los demás usos de la tierra.

Los valores obtenidos mediante la aplicación de estos índices permiten establecer la distribución geográfica de los patrones del paisaje en un área determinada (O'Neill et al., 1988). Sin embargo, ni los valores de dominancia, ni los de contagio presentaron un verdadero patrón de distribución a través de las microcuencas (Tablas 2, 4 y 5). En el caso de dominancia, se presentaron altos valores de dominancia de uno o dos usos de la tierra en todos los transectos, indiferentemente de donde estuvieran ubicados dentro de las microcuencas (parte superior, media o inferior, Tablas 2 y 4). Los valores de contagio, a pesar de que indicaron un menor índice de contagio en los transectos superiores de ambas microcuencas, realmente no presentan un patrón geo-gráfico en cuanto a la distribución de esos valores, ya que no se da un aumento paulatino conforme se desciende a través de la cuenca, sino que esos altos valores de contagio se distribuyen indiferentemente en los transectos medios e inferiores de las microcuencas (Tabla 5).

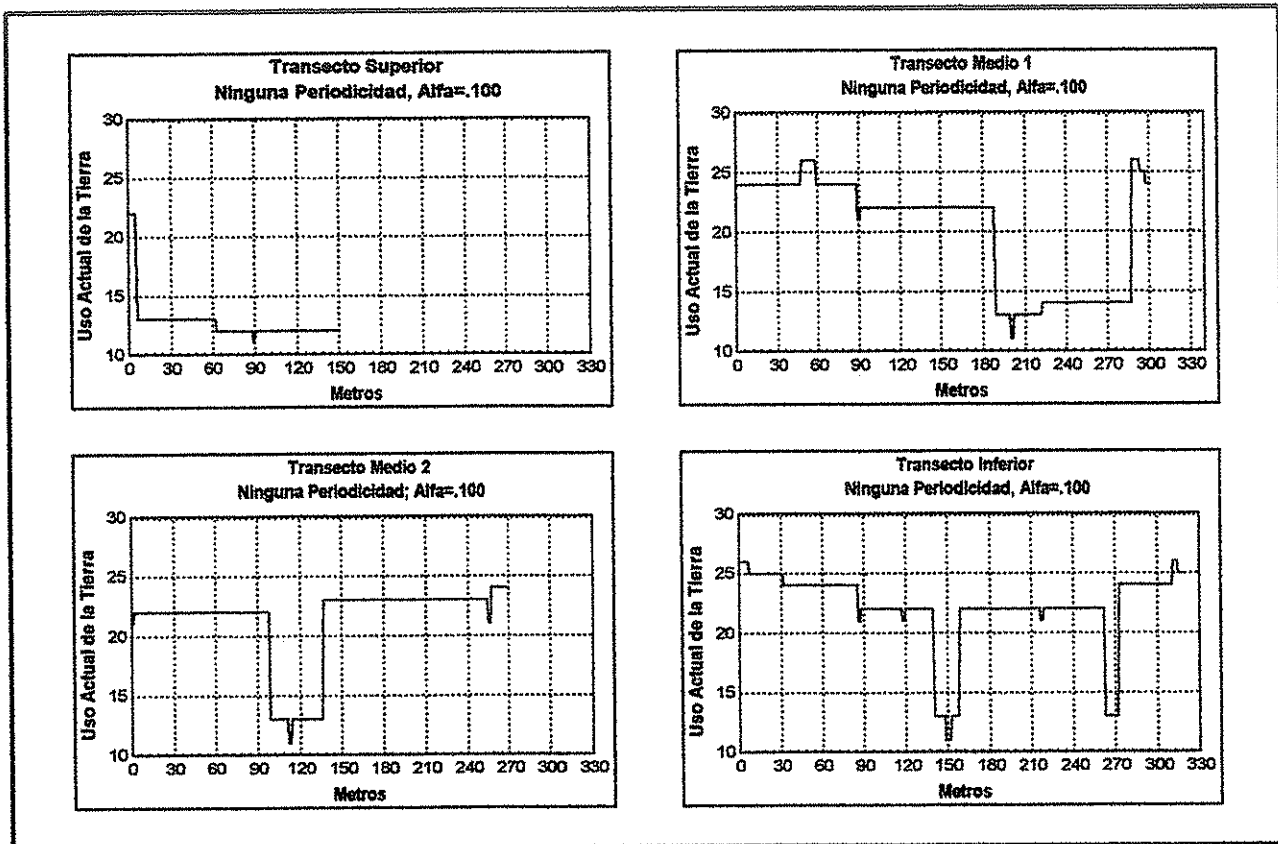


Figura 2. Patrones Espaciales del Uso de la Tierra y Resultados de Analisis Temporal para los Cuatro Transectos en Microcuenca 1, Agua Buena de Coto Brus, 1998

Según O'Neill et al. (1988), la tendencia a una alta correlación entre bosque primario y dominancia (Tabla 6), indica que generalmente los paisajes que están siendo dominados por un único uso de la tierra, tienden a ser de bosque. Esta situación se ejemplifica muy bien en las microcuencas estudiadas, ya que en las partes superiores es donde domina un único uso de la tierra y ese uso es precisamente el bosque primario (Tabla 2). Asimismo, aunque la tendencia a una alta correlación entre bosque primario y contagio no es muy fuerte (Tabla 6), existe la probabilidad de que en aquellas áreas donde hay pastos, haya también un mayor nivel de contagio. Esto se comprueba cuando observamos las Tablas 2, 4 y 5, ya que en aquellos transectos donde un alto porcentaje de su uso es pasto, como es el caso del transecto inferior de la microcuenca 1 (48%), también se presentan altos valores de contagio (340.8). Por otra parte, las correlaciones negativas entre pasto con dominancia y café con dominancia indican que los paisajes en donde hay pasto o café, no está ampliamente dominado por uno de ellos, sino que también comparten el

paisaje con otros muchos usos. Esta situación se demuestra en las Tablas 1 y 3, donde observamos que en los transectos donde dominan el pasto o el café, hay otros tipos de usos como los cultivos anuales, las cercas vivas, la infraestructura y el bosque secundario entre otros.

### Conclusión

El cambio es algo característico en los paisajes, pero este cambio muchas veces es manejado por factores sociales, políticos y económicos. La historia del cantón de Coto Brus es un ejemplo de ello, pues desde el inicio de la colonización, debido a las necesidades socio-económicas y productivas de los pioneros, el bosque virgen predominante en la región fue talado para dar paso a las plantaciones cafetaleras.

Es así como el café se constituyó en el producto del cual depende un alto porcentaje de la población de Coto Brus. Como este cultivo ha pasado por diferentes tipos de vicisitudes a lo largo de los años (bajos precios del

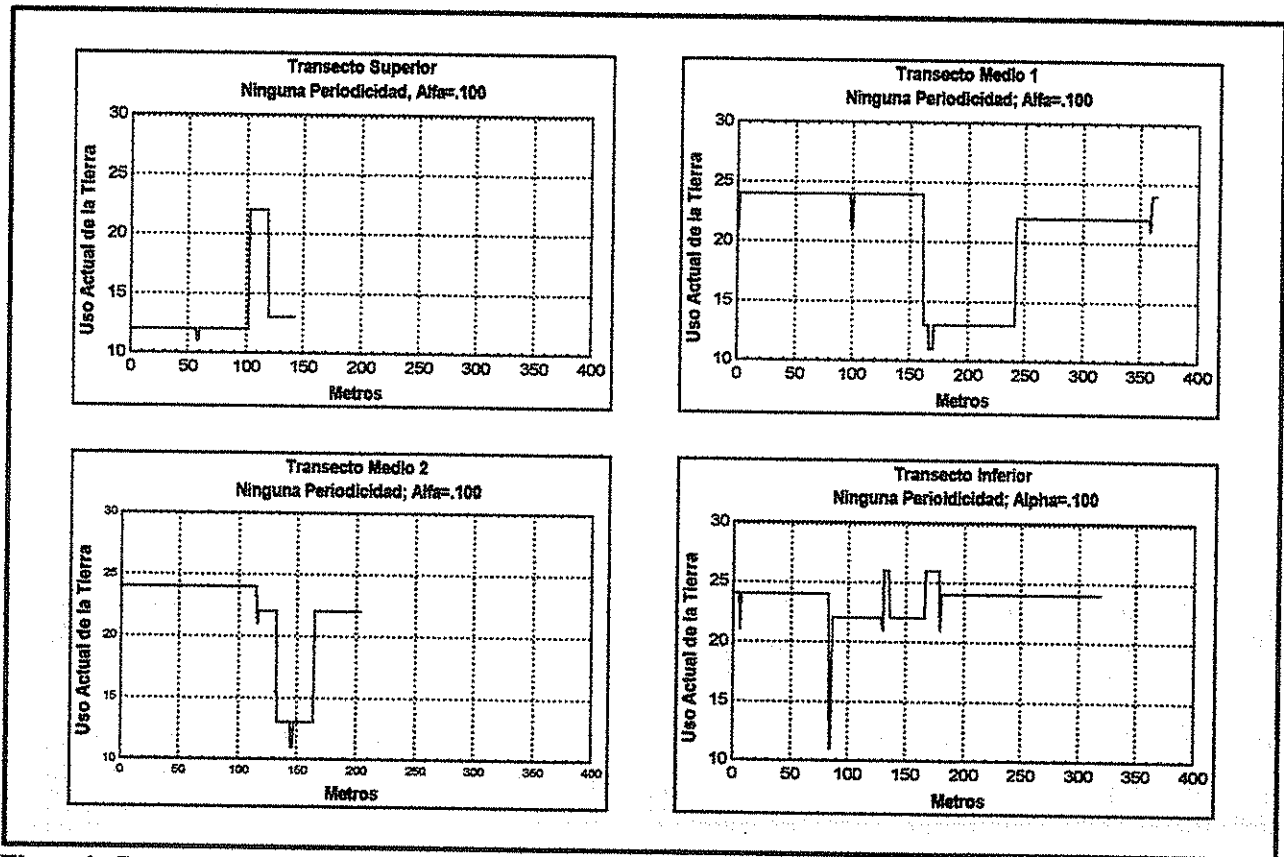


Figura 3. Patrones Espaciales del Uso de la Tierra y Resultados de Analisis Temporal para los Cuatro Transectos en Microcuenca 2, Agua Buena de Coto Brus, 1998

mercado, problemas de producción debido a plagas y enfermedades, disminución en las cosechas debido a la pérdida de fertilidad de los suelos, entre otros), los pobladores han hecho intentos por diversificar la agricultura introduciendo nuevos cultivos como las hortalizas, la macadamia, los cítricos y la ganadería para mejorar su situación económica en los períodos de crisis; pero ninguno de ellos ha sido lo suficientemente exitoso. Sin embargo, en la actualidad podemos observar en el paisaje de la región remanentes de esos usos de la tierra iniciados en el pasado. Uno de estos remanentes lo constituyen las áreas de pasto, las cuales por lo general no tienen uso productivo y pueden convertirse en áreas de regeneración natural de bosque secundario. Dicho bosque traería beneficios tanto ecológicos como económicos a los dueños de las fincas, ya que podrían incluir esos bosques dentro del régimen forestal actual y recibir dinero por su conservación.

Todas estas limitantes de tipo biofísico y socioeconómico que han tenido que enfrentar los pobladores de esta región del sur de Costa Rica han ocasionado que, a

diferencia del Valle Central en donde hay un dominio del monocultivo del café, en Coto Brus no se hayan establecido patrones espaciales bien definidos en cuanto al uso de la tierra. Estos y otros aspectos significativos del paisaje los pude capturar mediante la utilización de índices, así como información que puede servir como apoyo para dar un mejor uso y manejo a los ecosistemas actuales y no se vuelvan a cometer los errores que se cometieron en el pasado. Con los valores obtenidos pude diferenciar los tipos de usos de la tierra, su distribución geográfica dentro de las microcuencas, así como la determinación de la existencia o no de patrones de uso. Por ejemplo, si se diera un seguimiento constante del paisaje de Coto Brus, un incremento o una disminución de los valores de dominancia o contagio a través del tiempo pueden indicar el grado en que las actividades humanas están transformando los patrones del paisaje. Considero que sería un gran aporte al estudio de los agroecosistemas la implementación de este tipo de estudios en donde se puedan involucrar tanto la observación en el campo y el saber popular, con la tecnología como es el uso de fotografías aéreas, sistemas

de información geográfica y otras técnicas que permitan caracterizar y cuantificar las transformaciones ocurridas en el paisaje tanto a través del tiempo como del espacio.

### Literatura Citada

- Burt, J. y G. Barber. 1996. *Elementary Statistics for Geographers*. The Guilford Press, New York, NY. Pp. 394-397.
- Cole, Darryl. 1998. Comunicación personal, Finca Loma Linda, Agua Buena, Coto Brus, Costa Rica.
- Cole, Darryl. 1997. *A Place in the Rain Forest: Settling the Costa Rican Frontier*. University of Texas Press, Austin, TX. Pp. 1-25 y 67-101
- Dunn, C., D. Sharpe, G. Gutespergen, F. Stearns, y Z. Yang. 1990. Methods for Analyzing Changes in Landscape Patterns. Pp. 173-178 en M.G. Turner y R. Gardner (eds.), *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Springer Verlag, New York, NY.
- Forman, R.T.T. 1990. Ecologically Sustainable Landscapes: The Role of Spatial Configuration. Pp. 26-278 en I.S. Zonneveld y R.T.T. Forman (eds.), *Changing Landscapes: An Ecological Perspective*. Springer Verlag, New York, NY.
- Fuentes, E.R. 1989. Landscape Change in Mediterranean-Type Habitats of Chile: Patterns and Processes. Pp. 16-189 en I.S. Zonneveld y R.T.T. Forman (eds.), *Changing Landscapes: An Ecological Perspective*. Springer Verlag, New York, NY.
- Gómez, L.D. 1986. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Vol. 1. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pp. 67-100.
- Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. 1990. *Información Básica de la Municipalidad de Coto Brus*. Imprenta Nacional, San José, Costa Rica. Pp. 1-18.
- Kalkhoven, J.T. 1993. Survival of Populations and the Scale of the Fragmented, Agricultural Landscape. Pp. 83-91 en R. Bunce, L. Ryszowski y M.G. Paoletti (eds.), *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
- Laurent, R. 1992. *Interacción Sistema Natural - Asentamiento Humano: El Caso de Coto Brus*. Proyecto de Graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil. Universidad de Costa Rica, San Pedro, Costa Rica. Pp. 1-30.
- Leier, D. 1992. Perspective on the Educational Programs and Policies Underlying Natural Resources Development in the Canton of Coto Brus: A Case Study of Rural Costa Rican Community. Pp. 77-92 en H. Steen y R. Tucker (eds.), *Changing Tropical Forests*. Forest History Society, Washington D.C.
- O'Neill, R.V, J.R. Krummel y R.H. Gardner. 1988. Indices of Landscape Pattern. *Landscape Ecology* 1(3):153-162.
- Swisher, M. Sin fecha. *Gula al Diagnóstico con un Enfoque Agroecológico*. Universidad de Florida, Gainesville, FL. Pp. 1-17.
- Torres, Angel. 1998. Comunicación personal. Ingeniero Agrónomo de Coopa Buena R.L, Agua Buena de Coto Brus, Costa Rica.
- Turner, M. y R. Gardner. 1990. Quantitative Methods in Landscape Ecology: An Introduction. Pp. 3-14 en M. Turner y R. Gardner (eds.), *Quantitative Methods in Landscape Ecology*. Springer Verlag, New York, NY.
- Vargas, G. 1992. Estudio del Uso Actual y Capacidad de Uso de la Tierra en América Central. *Anuario de Estudios Centroamericanos* 18(2):7-23.

# La Cobertura Vegetal como Factor Mitigador de la Erosión Hídrica y su Percepción por parte de los Agricultores del Cantón Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica

Viki Reyes-García

## Resumen

La erosión es una de las mayores amenazas a la calidad de los suelos, además de provocar serias pérdidas económicas, especialmente en países con un fuerte sector agrícola como Costa Rica. La erosión puede ser considerada un proceso natural de desgaste de la superficie terrestre, pero su estudio en agroecosistemas, además de los factores naturales, debe tener en cuenta las prácticas de manejo que pueden reducirla o agravarla. Debido a las condiciones climáticas y topográficas, así como a las prácticas agropecuarias, el Cantón Coto Brus está fuertemente afectado por la erosión hídrica. El objetivo de esta investigación es medir los niveles de erosión hídrica en parcelas con diferentes tipos de coberturas, y comparar estas mediciones con las percepciones de los agricultores sobre la pérdida de suelo. En este estudio medí los niveles de erosión y los factores que la originan en terrenos con diferentes coberturas y realicé entrevistas estructuradas tipo rankings con agricultores de la zona. Las pérdidas de suelo fueron considerablemente mayores en los terrenos sin cobertura, especialmente los días de intensa lluvia. Las parcelas en pasto y bosque perdieron tanto suelo como materia orgánica. Los resultados obtenidos apuntan a la falta de cobertura vegetal como un elemento clave en la erosión de un terreno, aunque los agricultores de la zona mencionan como factores más importantes la lluvia y la pendiente. En consecuencia, a pesar de la importancia de los factores manejables en el proceso de erosión, los agricultores parecen percibir los factores naturales como más importantes, lo que podría justificar una actitud de impotencia frente al problema de la erosión.

Palabras Claves: erosión hídrica, cobertura vegetal, percepción, uso de la tierra

Apoyo Técnico: Lyn Carpenter, Byron Córdoba, Jorge Cruz, Oscar Méndez, José Manuel Mora, Juan Carlos Rodríguez, Miki Swisher

---

---

## Introducción

La erosión es una de las amenazas más serias a la calidad de los suelos y del agua ya que el suelo es el enlace básico entre la geosfera, la hidrosfera, la biosfera y la atmósfera (Lafren et al., 1997). Pimentel et al. estimaron en 1995 que los costos económicos mundiales debidos a la erosión del suelo se acercaban a cuatrocientos mil millones de dólares al año. Además, la erosión es responsable del 55% de los 2 mil millones de hectáreas de suelos degradados, según cálculos de El-Swaify (citados en Lafren et al., 1997). La pérdida y/o degradación de suelos por erosión es también responsable del aumento de las tasas de deforestación en los trópicos, al disminuir la cantidad de tierras disponible para la agricultura y provocar el aumento de la frontera agrícola (Brown, 1994).

La erosión puede ser considerada un proceso natural de

desgaste de la superficie terrestre que se produce por la acción conjunta del clima, el suelo, la pendiente y la cubierta vegetal (Lafren, 1997). Elementos climáticos como el agua y el viento son los principales agentes erosionadores; factores como la textura del suelo y su tasa de infiltración hacen unos lugares más susceptibles de erosión que otros; finalmente la topografía y la falta de cobertura vegetal agravan los efectos de los factores erosionadores. El estudio de la erosión de suelos en agroecosistemas, además de los factores naturales, debe tener en cuenta las prácticas de manejo que pueden reducir o agravar las tasas de erosión. La deforestación, el sobrepastoreo y ciertas prácticas agrícolas se han identificado como prácticas de manejo causantes de erosión (Brown, 1994).

Los mayores problemas de erosión de suelo son ocasionados por la erosión hídrica y son especialmente importantes en aquellas regiones de los trópicos

Característica	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Pendiente (grados)	30	30	17	15	15	17
Largo pendiente (m)	1.4	1.2	1.5	1	3	3
Area (m <sup>2</sup> )	1.2	0.7	1.1	1	1.5	1
Textura suelo	Arenosa franco	Arenoso	Franco arcillosa	Franco arcillo limosa	Franco arenosa	Arcillosa
Cobertura vegetal (%)	0	0	100	100	85	85
Tasa de infiltración (m <sup>2</sup> )	0	0	1	0.6	<33	3

**Tabla 1. Características Descriptivas de las Parcelas de Erosión, Finca de Lyn Carpenter, Coto Brus, Puntarenas, 1998**

húmedos con pendientes superiores al 20% que reciben más de 1200 mm de precipitación al año (Logan, 1987). La erosión hídrica se define como la acción de desprendimiento de las partículas de suelo y/o agregados, su transporte por el agua que se escurre sobre el terreno y finalmente su deposición en las partes más bajas (International Society for Soil Science, 1996). Diferentes factores influyen en cada una de estas acciones. El desprendimiento depende de la intensidad de la lluvia, la textura de suelo y su cobertura vegetal. La pendiente y la cobertura vegetal son importantes para el transporte de las partículas y agregados. La deposición está principalmente determinada por la forma de la pendiente, la tasa de infiltración y de nuevo la cobertura vegetal.

La economía de Costa Rica depende básicamente del sector agrícola, tanto para mercado de exportación (café y banano) como para el interior (hortalizas, maíz, arroz, caña de azúcar y otros), por lo que las pérdidas de suelo debidas a la erosión pueden tener considerables impactos en este sector. El cantón Coto Brus, en la provincia de Puntarenas al sur de Costa Rica, es un cantón eminentemente agrícola. En el censo de 1984, Coto Brus tenía el 44% de sus suelos orientados a la producción agropecuaria, principalmente el café y la ganadería (Leier, 1992), actividades todavía predominantes en la zona. Este cantón, geográficamente ubicado en las estribaciones de la fila Brunqueña, abarca un área de 935.52 km<sup>2</sup> y en él habitan 45.000 personas. La zona tiene una temperatura que varía entre los 18 y los 36 °C y una precipitación que oscila entre los 2500 y 3500 mm anuales distribuidos en nueve meses (Murillo, 1997). La zona de vida en la clasificación de Holdridge es bosque húmedo premontano (Gómez, 1986). La topografía de la zona es quebrada, con predominancia de pendientes entre el 30 y 60%. Las prácticas agropecuarias del cantón, y las condiciones climáticas y topográficas de la zona hacen que la erosión hídrica

sea uno de los principales problemas de la zona.

Los objetivos de esta investigación son: (1) medir los niveles de erosión hídrica en parcelas con tres tipos de cobertura (bosque, pasto y tierra descubierta); (2) analizar las percepciones de los agricultores de la zona sobre las causas de erosión, los tipos de manejo que la agravan y la controlan y los indicadores comúnmente usados para reconocer la pérdida de suelo y (3) comparar ambos resultados. La hipótesis del estudio es que el tipo de cobertura de los suelos es un factor determinante en los niveles de erosión de la zona, aunque no es reconocido como tal por los agricultores.

### Metodología

Ubiqué mis parcelas de muestreo en la finca de Lyn Carpenter, Campo Dos y Medio, Cantón Coto Brus, Puntarenas. Esta finca de 32 hectáreas, que incluye uno de los pocos bosques de más de 30 años de la zona, se encuentra bajo un programa de reforestación desde 1992 (Carpenter, com. pers., 1998). Escogí tres lugares con un tipo diferente de cobertura para instalar en cada uno de ellos dos parcelas de estudio distantes dos metros entre sí. Ubiqué la parcela 1 (P1) y la 2 (P2) en una zona sin cobertura vegetal, las parcelas 3 (P3) y 4 (P4) en una zona de pasto que está siendo reforestada (100% de cobertura vegetal en la superficie del suelo), y las parcelas 5 (P5) y 6 (P6) en el borde superior del bosque natural (85% de cobertura vegetal en la superficie del suelo). Seleccioné la ubicación de los seis puntos de muestreo controlando los factores de precipitación (cercanía de las parcelas), porcentaje de la pendiente (entre 15 y 30 grados), largo de la pendiente (entre 1 m y 3 m), y área de la parcela (1m<sup>2</sup> ± 0.5m) (Tabla 1). Para cada parcela, determiné la textura de la capa superficial de suelo al tacto y medí la tasa de infiltración de los suelos (Anderson et al., 1993). También medí la

Precipitación	mm	mm/hora
16-VII-98	26.6	18.4
17-VII-98	4.2	0.6
18-VII-98	1.3	1.3
19-VII-98	0.0	0.0
20-VII-98	8.0	9.6
21-VII-98	1.2	7.2
22-VII-98	35.0	70.0

Tabla 2. Precipitación e Intensidad de Lluvias Recolectadas en la Finca de Lyn Carpenter, Coto Brus, Puntarenas, 1998

cantidad de lluvia en la zona usando un pluviómetro y su intensidad con un pluviógrafo.

Para evaluar la erosión en las parcelas de estudio utilicé técnicas cualitativas y cuantitativas. En el campo, mediante observación, determiné la presencia (o ausencia) y dimensiones de pedestales, raíces desnudas, canaliculos, terracetos, surcos, cárcavas, deslizamientos, remoción de masas, acumulación de sedimentos en el pie de pendientes y vías de desagüe (Cubero, 1996). Cuantifiqué el volumen de tierra arrasada por el agua recolectando sedimentos de cada parcela (Cortes, s/f) en intervalos de 24 horas durante 7 días. Para recolectar la erosión ocurrida en una superficie de dimensiones conocidas, delimité la parcela con surcos, previniendo así la entrada de partículas provenientes del exterior de la parcela de estudio. Coloqué un balde recolector en el desagüe de la parcela y lo cubrí con un plato plástico para evitar la entrada de agua de lluvia. En el laboratorio, filtré los sedimentos recolectados y, tras secarlos, los pesé en una balanza analítica.

Para estudiar la percepción de la gente sobre las causas de erosión y los impactos del tipo de manejo en ésta, realicé entrevistas estructuradas tipo rankings (Bernard, 1994) con los seis trabajadores de las parcelas estudiadas y con otros seis habitantes de la comunidad Campo Dos y Medio. Los rankings consistieron en preguntas abiertas, que debían ser contestadas por orden de importancia, sobre las causas de erosión, los tipos de manejo que la agravan y ayudan a evitarla, y los indicadores para reconocer la pérdida de suelo.

Los datos fueron analizados de forma cualitativa. Analicé los resultados de erosión explicando las diferencias de pérdidas de suelo entre parcelas como consecuencia de sus características individuales. Para analizar las entrevistas, asigné diferentes pesos a las

respuestas obtenidas en los rankings, según la importancia asignada por el entrevistado. Elaboré una jerarquía general de las percepciones de los habitantes de la zona sobre las diferentes cuestiones. Contrasté esta jerarquía con los resultados de pérdida de suelo en las diferentes parcelas.

## Resultados

De los siete días en los que realicé observaciones, sólo en dos registré una precipitación superior a los diez mm. Durante cinco días, en ningún momento la lluvia alcanzó una intensidad de diez mm/h., un día registré una intensidad promedio de 18.4 mm/h y otro día registré una intensidad promedio de 70 mm/h (con 35 mm ocurridos en 30 minutos) (Tabla 2). La determinación de la textura de los suelos en las parcelas varió desde las gruesas (P2) hasta las muy finas (P6). P3 y P4 presentaron texturas moderadamente finas (Tabla 1). La tasa de infiltración fue de 0 en P1 y P2, de 0.6 en P4, de uno en P3 y de tres en P6. Por motivos de tiempo, no pude calcular la tasa de infiltración en P5, aunque tras una hora de experimentación, ésta era superior a 33 (Tabla 1 y Figura 1).

En la evaluación cualitativa, encontré que P1 y P2, las parcelas sin cobertura vegetal, presentan la mayor parte de indicadores de erosión: raíces desnudas, canaliculos, terracetos, surcos, deslizamientos, sedimentos a pie de pendiente y vías de desagüe. Las parcelas que muestran menos signos visuales de estar erosionadas son las de bosque (P5 y P6) en las que sólo observé un surco que también funciona como vía de desagüe. P3 y P4, las parcelas en pasto, muestran terracetos, surcos y vías de desagüe (Tabla 3).

Las parcelas que mayor tasa de erosión presentaron fueron P1 y P2, en las que reporté pérdidas de suelo incluso en los días con una precipitación cercana a un mm. Las pérdidas de suelo fueron mayores los días con mayor volumen e intensidad de lluvias, especialmente el último día en el que registré más de un kg/m<sup>2</sup> de suelo perdido en P1. En P3 y P4 sólo recolecté muestras los días de mayor intensidad de lluvias. En P5 y P6 hubo pérdidas de suelo 4 días, aunque sólo en un día en cantidades superiores a un gr/m<sup>2</sup> (Tabla 4). Las muestras que recolecté en P1 y P2 estaban formadas únicamente por tierra, mientras que en las muestras del resto de parcelas el suelo se encontraba mezclado con material orgánico.

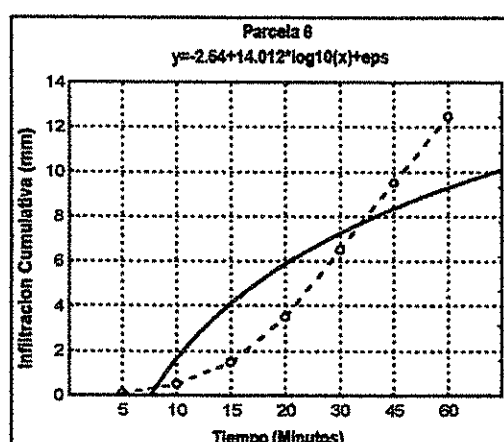
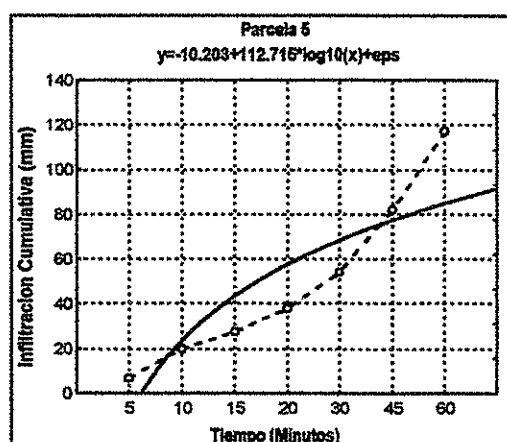
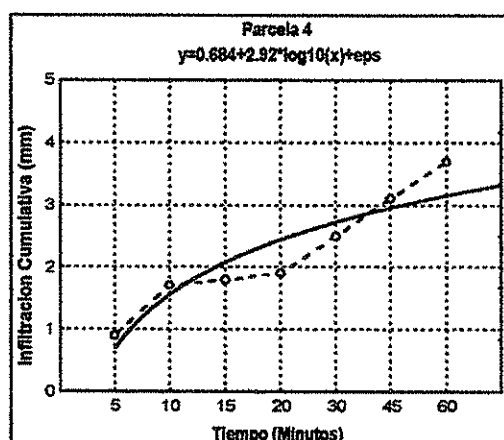
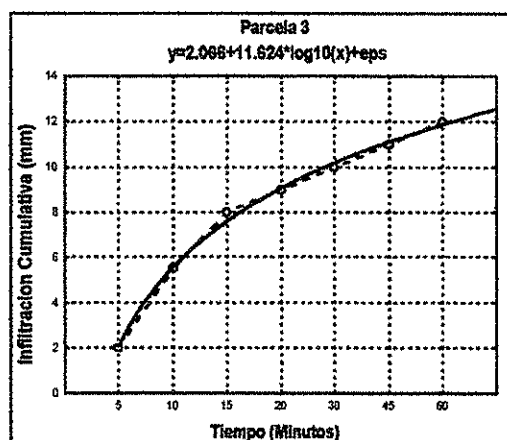
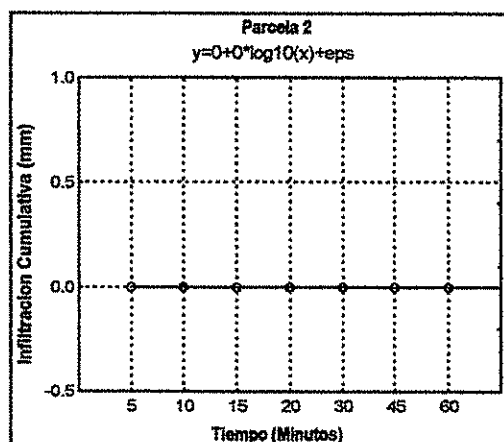
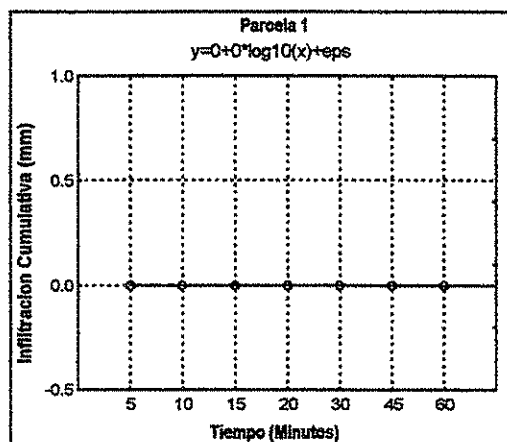


Figura 1. Infiltración en las Seis Parcelas de Erosión (Transformación Logarítmica), Finca de Lyn Carpenter, Coto Brus, Puntarenas, 1998



Señal de Erosión	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Pedestales	Mucho	Mucho	Ausente	Ausente	Ausente	Poco
Raíces desnudas	Mucho	Poco	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Canaliculos	Bastante (2)	Bastante (3)	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Terracetos	Mucho (3)	Ausente	Bastante (2)	Bastante (2)	Ausente	Bastante (3)
Surcos	Bastante (1)	Mucho (1)	Ausente	Bastante (2)	Mucho (1)	Mucho (1)
Cárcavas	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Deslizamientos	Bastante	Mucho	Poco	Ausente	Ausente	Ausente
Remoción de masas	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Sedimentos a pie de pendiente	Poco	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
Vías de desagüe	Bastante (1)	Bastante (1)	Bastante (1)	Poco (2)	Bastante (1)	Bastante (1)

Tabla 3. Indicadores Cualitativos de Erosión en las Parcelas Ubicadas en la Finca de Lyn Carpenter, Coto Brus, Puntarenas, 1998

Peso Suelo (g)	P1	P2	P3	P4	P5	P6
16-VII-98	7.00	4.60	0.01	0.03	0.05	0.10
17-VII-98	0.10	0.40	0.01	0.00	0.01	0.00
18-VII-98	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.02
19-VII-98	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
20-VII-98	44.00	17.20	0.48	0.78	0.75	0.25
21-VII-98	0.11	0.00	0.12	0.00	0.00	0.30
22-VII-98	1140.00	186.00	1.99	2.78	1.74	1.13

Tabla 4. Pérdidas de Suelo (por m<sup>2</sup>) Ocurridas en Seis Parcelas Ubicadas en la Finca de Lyn Carpenter, Coto Brus, Puntarenas, 1998

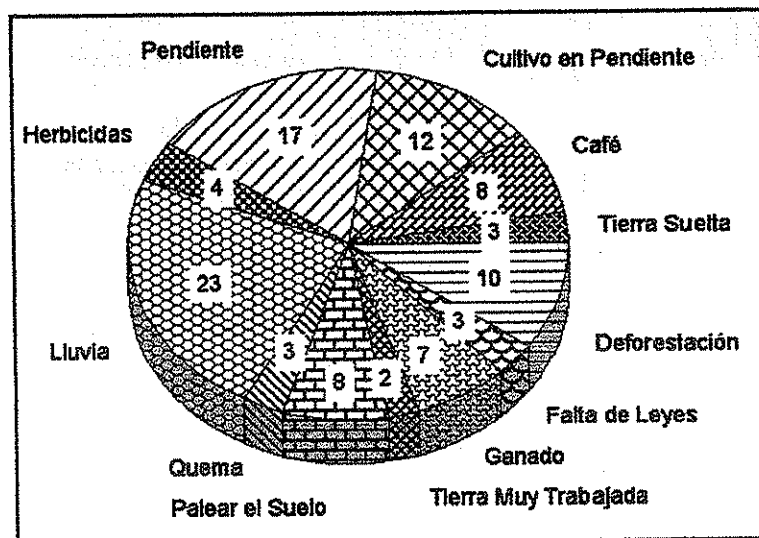


Figura 2. Causas de Pérdida de Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Porcentaje de Respuestas, Coto Brus, Puntarenas, 1998

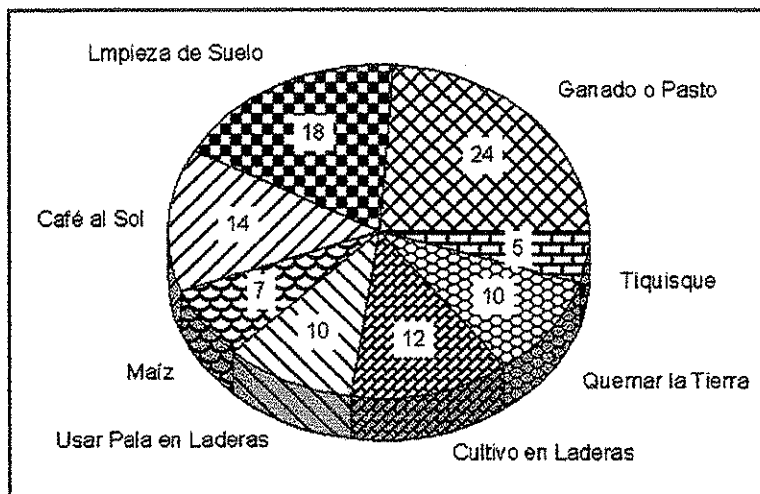
Los resultados de los rankings señalan que los agricultores consideran los factores naturales, especialmente la lluvia y las pendientes pronunciadas, como los prin-

cipales causantes de erosión en la zona de estudio. Tras los naturales, los factores antropogénicos causantes de erosión citados son el cultivo en pendiente, la deforestación y el cultivo de café (Figura 2, Tabla 5 en el Anexo). La ganadería es considerada la práctica que ocasiona mayores pérdidas de suelo, seguida de prácticas que implican la pérdida de cobertura vegetal, como el uso de herbicidas, el cultivo del café al sol y la quema de terrenos (Figura 3, Tabla 6 en el Anexo). El cultivo en zanjias a nivel y la siembra de árboles de guaba (*Inga sp.*) y poró (*Erythrina sp.*) son consideradas por todos los entrevistados las prácticas que más ayudan a la conservación de suelo (Figura 4, Tabla 7 en el Anexo). Finalmente, el rendimiento de los cultivos, la observación de la capa superior de suelo y el tiempo de uso agropecuario de un suelo son los criterios principales que los entrevistados usan para determinar si un suelo está erosionado o no (Figura 5, Tabla 8 en el Anexo).

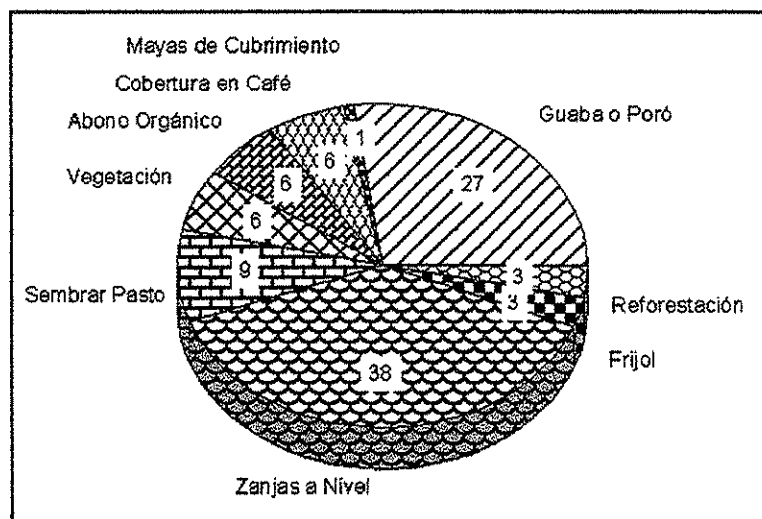
### Discusión

El principal objetivo de esta investigación fue medir los niveles de erosión en parcelas con diferentes tipos de coberturas, y comparar estas mediciones con las percepciones de los agricultores sobre la pérdida de suelo debido a los efectos de prácticas agropecuarias.

Los resultados obtenidos apuntan a la cobertura como un elemento clave en la erosión de un terreno, aunque los agricultores de la zona mencionan como factores



**Figura 3. Tipos de Manejo que Ocasianan Pérdidas de Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Porcentaje de Respuestas, Coto Brus, Puntarenas, 1998**



**Figura 4. Tipos de Manejo que Ayudan a la Conservación del Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Porcentaje de Respuestas, Coto Brus, Puntarenas, 1998**

más importantes la lluvia y la pendiente.

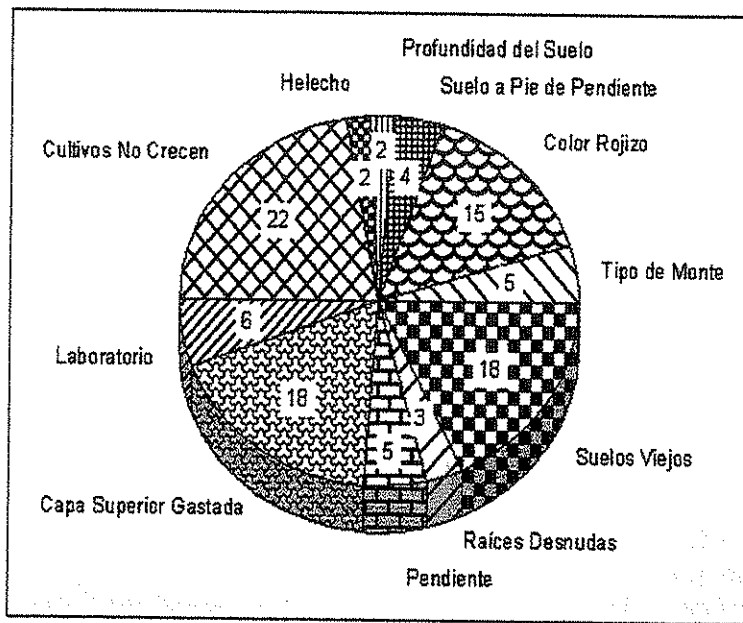
Las parcelas sin ninguna cobertura vegetal (P1 y P2) no sólo presentaron las mayores pérdidas de suelo, sino que perdieron suelo incluso en días con lluvias poco intensas. Tres factores interrelacionados, la falta de cobertura vegetal, la textura del suelo y la tasa de infiltración, pueden explicar la alta erosionabilidad de estas parcelas en relación con parcelas expuestas a la misma lluvia y con pendientes similares. En primer lugar, la falta de cobertura vegetal hace que el impacto de las gotas de lluvia sea mayor y ocasione un rápido despren-

dimiento (International Society for Soil Science, 1996). En segundo lugar, la textura de P1 y P2 es gruesa (suelos arenosos) y sin ninguna materia orgánica, lo que incrementa su erosionabilidad ya que las partículas de suelo están más disgregadas (Brown *et al.*, 1994). Finalmente, la tasa de infiltración en estas dos parcelas es nula, lo que indica que, una vez saturado el suelo, cualquier lluvia, incluso las breves y/o poco intensas, va a ocasionar un escurrimiento superficial que arrastrará las partículas, provocando así erosión. Con excepción de un día, P1 experimentó mayores pérdidas de suelo que P2. Estas diferencias pueden ser explicadas por la cercanía de P2 a un área de maleza, y por tanto, su suelo podría estar más sujeto por la presencia de raíces. La evaluación cualitativa de P1 y P2 confirma el grave problema de erosión que sufren estos terrenos así como su alta erosionabilidad. La presencia de surcos y cárcavas en estas parcelas puede explicarse como consecuencia de la escorrentía, que acelera el desprendimiento de los agregados del suelo (Cubero, 1996).

La pérdida de suelo en el resto de parcelas fue considerablemente menor que en P1 y P2 a pesar de estar expuestas a las mismas condiciones de lluvia y pendientes similares. Las parcelas con pasto, P3 y P4, sólo perdieron suelo los días de lluvias abundantes y/o intensas. La existencia de una cobertura vegetal que cubría prácticamente el 100% del terreno y el alto contenido de materia orgánica en los suelos de estas parcelas pueden explicar sus bajas pérdidas de suelo.

La presencia de materia orgánica es un estabilizador de los agregados de suelo reduciendo su dispersión por el agua (Logan, 1987). Adicionalmente, la cobertura vegetal protege al suelo contra el impacto de las gotas de lluvia y el desplazamiento de las partículas (Brown *et al.*, 1994), reduciendo así las pérdidas de suelo en los días de lluvias intensas.

Los resultados de pérdidas de suelos que obtuve en las parcelas de bosque (P5 y P6) son similares, aunque ligeramente inferiores, a los que obtuve en las parcelas de pasto, a pesar de que se encuentran en condiciones



**Figura 5. Indicadores de Erosión del Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Porcentaje de Respuestas, Coto Brus, Puntarenas, 1998**

diferentes. Mientras que en P3 y P4 la cobertura vegetal de la superficie alcanza el 100%, en P5 y P6 es sólo del 85% y menos homogénea. A pesar de esta diferencia en la cobertura superficial, en el caso del bosque debe considerarse la presencia del dosel de plantas que protege contra el impacto de las gotas especialmente en el caso de lluvias muy intensas (International Society for Soil Science, 1996). Adicionalmente, la abundancia de hojarasca y otra materia orgánica ayudan a explicar la baja pérdida de elementos en estos suelos, ya que la materia orgánica tiene gran capacidad de absorción y retención de agua, y ayuda a la formación de agregados estables (Brown et al., 1994). Los resultados de las parcelas de bosque apuntan en la dirección de estudios de erosión en bosques naturales que han demostrado que la erosión bajo vegetación natural es insignificante, ya que la pérdida de suelo no excede la tasa de formación natural de los suelos (Cubero, 1997).

Las parcelas ubicadas en el bosque no mostraron un comportamiento homogéneo. Las diferencias entre estas parcelas se pueden explicar debido a la variación en la textura y tasa de infiltración de estos suelos. En P5 se recogió mayor cantidad de suelos en los días de muy intensa precipitación, ya que los días de pocas lluvias o baja intensidad, el agua puede ser totalmente absorbida por el suelo debido a la alta tasa de infiltración en P5.

Las pérdidas de suelo en P6 se explican por su composición arcillosa y su baja infiltración, factores ambos que la hacen susceptible de erosión en caso de aguaceros fuertes. El bosque, por tanto, debe considerarse como un ambiente heterogéneo, en el que las diferentes condiciones pueden llevar a diferentes situaciones.

Además de las diferencias en las cantidades de suelo perdidas en cada parcela, existen también diferencias en los materiales perdidos. Mientras que las parcelas descubiertas (P1 y P2) perdieron exclusivamente suelo, el resto de las parcelas perdió principalmente materia orgánica. La materia orgánica también debe considerarse, por tanto, como un material susceptible de erosionarse. La falta de materia orgánica en P1 y P2 evidencia que el proceso de formación de suelo se ha detenido, y las condiciones de las parcelas hacen que sea

muy difícil de reinicializar. Contrariamente, las bajas pérdidas de suelo en P5 y P6 junto con el hecho de que estas parcelas pierden más materia orgánica que suelo, pueden apuntar al hecho que, a pesar de estas pérdidas, el suelo no se está erosionando, ya que la tasa de formación del suelo podría ser cercana o superior a la de erosión.

Los datos obtenidos indican que, aún bajo condiciones similares de pendiente y pluviosidad, las pérdidas de suelo varían considerablemente en función de otros factores como son la textura del suelo y sobretodo la cobertura vegetal. Según Cubero (1996) la vegetación natural en el trópico húmedo tiene un tremendo efecto en la formación de suelo, y su presencia hace que las pérdidas de suelo sean mínimas incluso en pendientes muy inclinadas y bajo lluvias muy erosivas. Los estudios de erosión de suelo, por tanto, deben tomar en cuenta que la aptitud del suelo para erosionarse, o sea la erosionabilidad, puede variar con el tipo de manejo del suelo.

A pesar de la importancia del tipo de manejo en las pérdidas de suelo, la percepción de los habitantes de la región de Coto Brus parece apuntar a factores climáticos como los principales elementos erosionadores. En las encuestas realizadas, los factores naturales, especialmente la alta precipitación y las pendientes pronun-

ciadas, son considerados los principales causantes de erosión en la zona de estudio. Es decir, los entrevistados dan un mayor peso a los factores naturales, por naturaleza imperturbables, que a factores manejables, como la cobertura vegetal que en realidad parecen ser determinantes en la pérdida de suelos.

Desde mediados de siglo, el cantón de Coto Brus ha sufrido un proceso de deforestación para el establecimiento de cultivos (especialmente café) y ganadería (Murillo, 1997). Precisamente son estas dos prácticas las consideradas como principales causantes de erosión por los entrevistados. Según un estudio de Diógenes Cubero (Swisher, *com pers*, 1998), el cultivo de café ocasiona más pérdidas de suelo en la región que la ganadería debido al largo tiempo de exposición de los suelos hasta que la planta crece y cubre el suelo, sin embargo los entrevistados consideran que las pérdidas por ganadería son mayores. Paradójicamente, a pesar de que la ganadería se considera la principal causa de pérdida de suelo, los entrevistados proponen el cultivo en zanjas a nivel y la siembra de árboles de guaba y poró como las prácticas que más podían ayudar a detener las pérdidas de suelo. Por tanto, parece que aunque los entrevistados perciben el problema de la erosión, sus propuestas de manejo no están enfocadas a las causas del problema.

Finalmente, parece que entre los entrevistados existe una identificación de los problemas de erosión y fertilidad. Al preguntar sobre criterios para reconocer la erosión, los entrevistados dieron el mayor peso a criterios que pueden ser tomados como indicadores de fertilidad tales como el crecimiento de los cultivos, el aspecto de la capa superior del suelo, y el tiempo de producción de los suelos. Contrariamente, indicadores de la erosión como suelo a pie de pendiente y presencia de raíces desnudas fueron citados por menos entrevistados y recibieron un menor peso. Tal y como hemos visto, la erosión afecta principalmente la capa superficial del suelo, es decir, la parte del suelo arable del que depende la fertilidad. Aunque erosión y fertilidad están relacionadas, son diferentes ya que mientras la erosión se refiere a la pérdida de suelo, la fertilidad se refiere a los nutrientes presentes en el suelo.

Los resultados de este estudio confirman la hipótesis formulada, ya que aunque el tipo de cobertura de los suelos se presentó como un factor determinante en la erosionabilidad de las parcelas estudiadas, otros factores

fueron considerados más importantes por los agricultores entrevistados en la zona.

## Conclusiones

Aunque factores naturales como la precipitación y la pendiente son claves en los procesos erosivos, la erosionabilidad de un terreno también depende en gran medida de factores que pueden ser manejados, como la cobertura vegetal. Los factores naturales pueden ser contrarrestados con prácticas de manejo adecuadas para mitigar su impacto. Por ejemplo, aunque, debido al impacto de las gotas, la lluvia fuerte sea una de las mayores causas de erosión de suelos, ésta se puede prevenir con la protección de la superficie del suelo mediante una cobertura vegetal.

A pesar de la importancia de factores controlables como la cobertura vegetal en el manejo de la erosión, los agricultores de la zona parecen considerar como más importantes los factores naturales, lo que podría justificar una actitud de impotencia frente al problema de la erosión. La implementación de prácticas de manejo orientadas a mitigar la erosión en la zona debe estar basada primero en un análisis de las causas generadoras del problema, y segundo en sus aspectos manejables.

## Literatura Citada

- Anderson, J.M. y J.S. Ingram. 1993. *Tropical Soil Biology and Fertility. A Handbook of Methods*. CAB International, Oxon, UK. Pág 100-101.
- Bernard, R. 1994. *Research Methods in Anthropology. Qualitative and Quantitative Approaches*. Altamira Press, Walnut Creek, CA. Págs 252-253.
- Brown, S, J.M. Anderson, P.L. Woormer, M.J. Swift y E. Barrios. 1994. Soil Biological Processes in Tropical Ecosystems. Pág. 15-46 en P.L. Woormer y M.J. Swift (eds.), *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Wiley-Sayce, New York, NY.
- Carpenter, L. 1998. Comunicación personal. Campo Dos y Medio, Puntarenas, Costa Rica.
- Cortes, V.M. S/f. *Aplicación de una Metodología para el Estudio de la Erosión Hídrica en Suelos derivados de Cenizas Volcánicas, Flanco Occidental del Volcán Irazu, Costa Rica*. Departamento de

- Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. 30 pags.
- Cubero, D. 1996. *Manual de Manejo y Conservación de Suelos y Agua*. Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. Pag. 28-49.
- Gómez, L.D. 1986. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Vol 1. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pag 323.
- International Land Development Consultants. 1981. *Agricultural Compendium for Rural Development in the Tropics and Subtropics*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, Neth. Pag 60-67.
- International Society for Soil Science. 1996. *Terminology for Soil Erosion and Conservation*. International Society for Soil Science, The Hague, The Netherlands. 313 pags.
- Lafren, J.M. y E. Roose. 1997. Methodologies for Assessment of Soil Degradation Due to Water Erosion. Pag. 31-55 en R. Lal, W.H. Blum, C. Valentine y B.A. Stewart (eds), *Methods for Assessment of Soil Degradation*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Leier, R., 1992. Perspectives on the Educational Programs and Policies Underlying Natural Resources Development in the Canton of Coto Brus: A Case Study of a Rural Costa Rican Community. Pag. 77-92 en K. Steen y R. Tucker. *Changing Tropical Forests*. Forest History Society, Washington D.C., USA.
- Logan, T.J. y L. Cooperband. 1987. Soil Erosion on Cultivated Steepland of the Humid Tropics and Subtropics. Pag. 21-38 en D.D. Southgate, y J.F. Disinger (eds.), *Sustainable Resource Development in the Third World*. Westview Press, Boulder, CO.
- Murillo, L. 1997. *El Diálogo Ambiental en Tiempos de la Participación. Caso de Coto Brus*. En María Trivelato Barrantes (coord), *Diálogo Ambiental en Comunidades Rurales: Experiencias Participativas de la OET*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. Pág 37-57.
- Swisher, M., 1998. Comunicación personal. Las Cruces, Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica.

Anexo

Factor Mencionado	No. de Respuestas
Café	10
Cultivo en pendiente	16
Deforestación	13
Falta de leyes	4
Ganado	9
Herbicidas	5
Lluvia	31
Quema	4
Tierra muy trabajada	2
Palear el suelo	10
Pendiente	22
Tierra suelta	4

Tabla 5. Causas de Pérdida de Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Coto Brus, Puntarenas, 1998

Manejo Mencionado	No. de Respuestas
Ganado/Pasto	32
Limpieza de suelo/herbicidas	24
Café al sol	19
Cultivo en laderas	16
Quemar la tierra	13
Usar pala en laderas	13
Maíz	9
Tiquisque	7

Tabla 6. Tipos de Manejo que Ocasionan Pérdidas de Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Coto Brus,

Manejo Mencionado	No. de Respuestas
Abono orgánico	8
Cobertura en el café	9
Frijol	4
Guaba/poró	38
Mayas de cubrimiento	2
Zanjas a nivel	55
Reforestación	5
Sembrar variedades de pastos	13
Vegetación en suelo	8
Pisadas de vaca	1

Tabla 7. Tipos de Manejo que Ayudan a la Conservación del Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Coto Brus, Puntarenas, 1998

Indicador Mencionado	No. de Respuestas
Color rojizo	19
Cultivos no crecen	30
Helecho	3
Laboratorio	8
Observación capa superior	23
Pendiente	6
Profundidad del suelo	3
Raíces desnudas	4
Suelo a pie de pendiente	5
Suelos viejos	23
Tipo de monte	7

Tabla 8. Indicadores de Erosión del Suelo Según los Agricultores de Campo Dos y Medio, Coto Brus, Puntarenas, 1998

# Presencia de Pastos en Bosques Secundarios de Diferentes Edades Regenerados a Partir de Potreros en San Vito de Coto Brus, Costa Rica

Diego Bonilla U

## Resumen

La homogeneización o pérdida de la diversidad del paisaje resulta de la destrucción y modificación del hábitat por disturbios antrópicos, la zona de San Vito de Coto Brus no es una excepción. La transformación de su paisaje se ha debido principalmente a los diferentes usos del suelo, como es el establecimiento de gramas. Sin embargo, actualmente se pueden encontrar bosques secundarios de diferentes tiempos de regeneración a partir de potreros, los cuales han logrado desarrollarse, recuperando en cierta forma la heterogeneidad o diversidad del paisaje local. En este sentido, formulé la hipótesis que la densidad de los pastos es igual en los bosques secundarios de diferentes tiempos de regeneración a partir de potreros. Los resultados rechazan esta hipótesis, sugiriendo que la variación del porcentaje de penetración de la luz natural, factor íntimamente relacionado con el tiempo de regeneración del bosque, es un limitante de la presencia o ausencia de pastos en los bosques de mayor tiempo de regeneración. Así, de los tres bosques, de diferentes tiempos de regeneración (6, 17 y 36 años) estudiados, el sistema de más edad presentó una baja abundancia de pasto en los bordes en relación a los bosques de menor edad. Caso similar sucede en los claros de los tres bosques. Diferencias significativas también se observan en el desarrollo (altura en m<sup>2</sup>) de las especies encontradas en estos sistemas, donde los pastos del bosque secundario más joven tienen una mayor altura comparados con los bosques de mayor tiempo de regeneración. Estos resultados sugieren que la abundancia de pastos está limitada por la penetración de la luz, la cual depende de la edad de regeneración de un bosque a partir de potreros, como es el caso de los bosques secundarios de mayor edad en mi estudio.

Palabras Claves: bosque, pasto, ecología de paisajes, regeneración, deforestación

Apoyo Técnico: Bruce Haines, Walter Marín, José Manuel Mora, Juan Carlos Rodríguez y Miqui Swisher

---

## Introducción

La alteración y destrucción de áreas naturales en Costa Rica como en el resto del mundo ha sido progresiva a lo largo del tiempo. Grandes extensiones de bosque son deforestadas para el establecimiento de potreros y otros agroecosistemas. Por ejemplo, en los últimos 50 años, la cobertura boscosa natural disminuyó de 80% a 25% (Quesada, 1990, citado por K. Holl, 1997) donde según Holl (1997), la mayoría de la tierra deforestada pasó a ser pasto. Esta conversión del bosque a otros usos de la tierra ha provocado la reducción de la diversidad (Brown y Lugo, 1990), cambios de las condiciones del suelo y degradación de los ciclos hidrológicos (Roth, 1997).

En el caso de los bosques tropicales, el establecimiento de pastos ha ocasionado la transformación del paisaje (Laurance, 1991). Estos tipos de sistemas han provocado el cambio de la historia natural de un área, produciendo impacto sobre las poblaciones de organismos

más especializados en términos de requisitos de hábitat y alimentación (Carroll, 1990).

Según Holl (1997), la restauración de tierras degradadas es una manera de mitigar estas pérdidas. En Costa Rica existen pocos estudios que dan información sobre los factores que limitan la recuperación del bosque tropical húmedo en tierras degradadas. Solamente en los últimos diez años se han iniciado estudios sobre este tema (Butterfield y Fisher, 1994; Bonilla y Barrantes, 1995; Peterson y Haines, 1998). En este sentido, la recuperación de bosques en San Vito de Coto Brus (Puntarenas, Costa Rica), específicamente en la Finca Loma Linda propiedad del Sr. Darryl Cole, aparentemente ha dado un buen resultado. La regeneración de varios bosques secundarios a partir de potreros han permitido restablecer parcialmente el sistema, que todavía presenta remanentes de pastos en el borde e interior de los bosques (D. Cole, com. pers.).

No existen estudios en cuanto a la regeneración de vege-

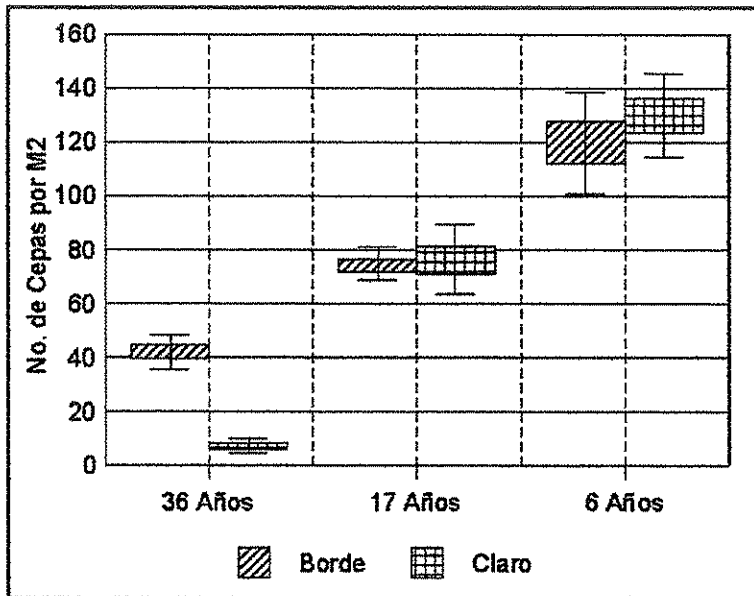


Figura 1. Promedio, Desviación Estándar y Error Estándar para los Tres Bosques, Número de Cepas o Tallos de Pasto por m<sup>2</sup>, Finca Loma Linda, Agua Buena, Costa Rica, 1998

tación tropical que incluyan la persistencia de pastos en el bosque. Sin embargo, los datos disponibles sugieren que el gradiente de riqueza de pastos en bosque es más evidente en bordes y claros donde la intensidad lumínica puede afectar determinantemente la presencia o ausencia de pastos, (W. Marín, com. pers.). Según Peterson y Haines (1998), la regeneración de bosques a partir de potreros depende, entre otros factores, de la capacidad de los árboles de desplazar a las gramas, luego de haber conseguido superar el estrato herbáceo, proceso que aparentemente se consolida con el aumento paulatino del dosel de bosque, factor íntimamente ligado con la maduración del sistema (Peterson y Haines, 1998). En este marco, la hipótesis de mi estudio fue que la densidad de los pastos es igual en los bosques secundarios de diferentes tiempos de regeneración a partir de potreros. En este caso específico las edades de los tres bosques estudiados fueron de 36, 17 y 6 años.

### Metodología

El área de estudio se encuentra en la provincia de Puntarenas, cantón Coto Brus (8°53'4"N y 82°54'58"W, Herrera, 1985) específicamente en la Finca Loma Linda. La temperatura promedio es de 22°C y el valor de la precipitación se encuentra entre 3,500-5,000 mm. Los suelos son derivados de cenizas volcánicas, y la topografía es muy ondulada. La zona de vida en la

clasificación de Holdridge es bosque húmedo premontano (Gómez, 1986).

Evalué tres parches de bosque secundario de diferentes edades y diferentes historias de uso (D. Cole, com. pers.). El bosque Amarillones (A), de 36 años de edad, se encuentra ubicado al Noroeste de la propiedad y tiene una extensión de una ha. En 1957 fue talado para el establecimiento de potreros. En el año de 1962 la actividad de pastura fue suspendida, permitiendo la regeneración natural del bosque. El bosque Norte (B) de 17 años de edad limita con A al Oeste y tiene una extensión aproximada de 0.8 ha. Su historia se remite a la tala del bosque primario en 1955 para el establecimiento de potreros. A partir de 1981 se permite la regeneración natural del bosque, fecha en la que se suspendió totalmente la actividad de pastura.

El bosque Cenizo (C) de seis años de edad, está ubicado al Sureste de la propiedad y tiene una extensión de 0.5 ha aproximadamente. La historia de uso de C es la más diversificada, y se remite a la tala del bosque primario en 1956 para el establecimiento de cultivos de café. En 1982 estos cultivos fueron sustituidos por plantaciones de frijol tapado y éstos a su vez por maíz en el año de 1983. Posteriormente, en 1991, se retomó el cultivo de frijol tapado. A partir de 1992 el potrero entró en transición a bosque secundario.

Tomé seis muestras en el borde y seis muestras en claros en cada parche de bosque, obteniendo diversos valores de error, todos menos que 0.10 con la excepción del claros para Bosque B donde el error del muestreo fue 0.15 (Figura 1). La recolección de datos se basó en el método por transecto (Brower, et al., 1989), a través de un muestreo sistemático al azar. Como sistema de control de mi estudio, sugiriendo que en condiciones de baja luminosidad el crecimiento y la reproducción de los pastos es inhibido, tomé seis muestras bajo el dosel (sin encontrar pasto). Realicé el conteo de cepas-tallos de pastos, además de calcular su altura promedio en las áreas de muestreo. Utilicé un densímetro para estimar el porcentaje de entrada de luz en bordes y claros de los bosques.

Los datos de las muestras obtenidos en bordes y claros de los bosques los analicé estadísticamente mediante la



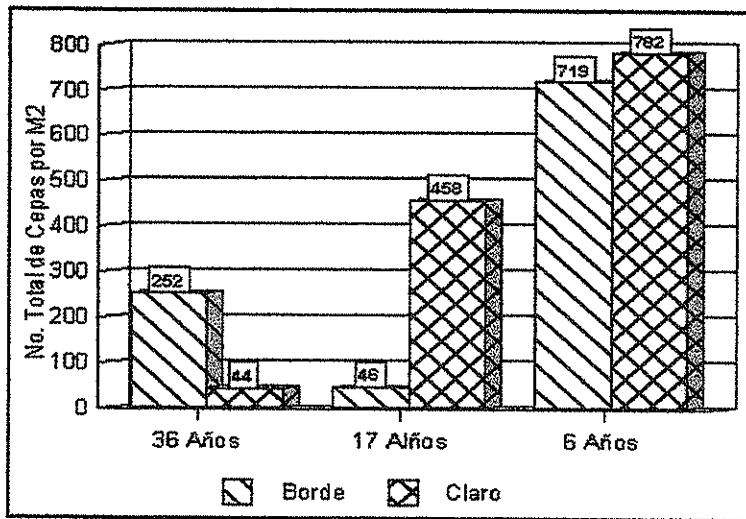


Figura 2. Abundancia de Pastos en Bordos y Claros de Tres Bosques de Diferentes Tiempos de Regeneración, Número de Cepas y Tallos por m<sup>2</sup>, Finca Loma Linda, Agua Buena, Costa Rica, 1998

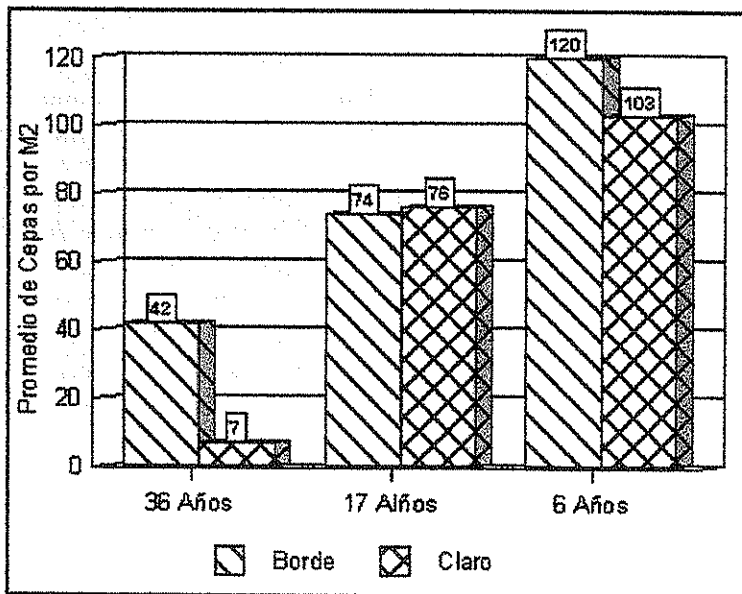


Figura 3. Densidad de Pastos en Bordos y Claros de Tres Bosques de Diferentes Tiempos de Regeneración, Promedio de Cepas y Tallos por m<sup>2</sup>, Finca Loma Linda, Agua Buena, Costa Rica, 1998

prueba de Chi-cuadrado, con la finalidad de detectar la diferencia en la presencia de los pastos en los bordes y claros entre los tres bosques y la presencia de pastos en bordes y claros dentro de cada bosque.

de 174 cm en los bordes y 163 cm en los claros. Las plantas colonizadoras, comunes para los tres bosques que observé en bordes y claros fueron piperáceas, heliconias, palmas y helechos.

es menor a la que presentan los bordes de B y ésta, a su vez, menor a la cantidad en C (Figuras 1 y 2). La presencia es diferente entre estos bordes ( $X^2=233$ ,  $p<0.001$ ). Caso similar sucede con la cantidad de pasto en los claros de A, B y C (Figuras 1 y 2), cuya distribución es diferente ( $X^2=656$ ,  $p<0.001$ ).

En cuanto a la cantidad de pasto entre bordes y claros en cada bosque (Figuras 1 y 2), A tiene mayor cantidad en los bordes y su distribución es diferente ( $X^2=145$ ,  $p<0.001$ ). Para B la cantidad de pastos en bordes es levemente menor a la de claros y su distribución es similar ( $X^2=0.16$ ,  $p=0.31$ ), al igual que para C ( $X^2=2.6$ ,  $p=0.16$ ).

La densidad promedio del pasto en los bordes de A, B y C fue de 42/m<sup>2</sup>, 74.3/m<sup>2</sup>, y 119.3/m<sup>2</sup> respectivamente (Figuras 1 y 3). En los claros la densidad promedio fue de 7.3/m<sup>2</sup> para A, 76.3/m<sup>2</sup> para B, y 130.3/m<sup>2</sup> para C (Figuras 1 y Figura 3). Por otro lado, el porcentaje de luminosidad (entrada de luz) en bordes y claros (Figura 4) en A es menor que en B, y está a su vez es menor que C.

El promedio de altura de las tres especies de pastos encontrados en los bordes y claros de los bosques estudiados es (Tabla 1): en bordes de A *Ichmanthus sp.* 10 cm y *Paspalum sp.* 42 cm, este último es considerado agresivo (L. Gómez, com. pers.); en los claros *Ichmanthus sp.* 7 cm. En los bordes de B *Ichmanthus sp.* y *Paspalum sp.* con 15 y 52 cm respectivamente; en los claros *Ichmanthus sp.* 12 cm y *Paspalum sp.* 68 cm. En C encontré solo a una especie de pasto (especie 3, sin identificar) que predomina en toda la zona, con una altura

## Resultados

## Discusión

La cantidad de cepas-tallos de pasto en los bordes de A La menor abundancia de pasto en bordes y claros del

Bosque	Años	Borde		Claro	
		<i>Ichnanthus sp.</i>	<i>Paspalum sp.</i>	<i>Ichnanthus sp.</i>	<i>Paspalum sp.</i>
A	36	10	42	0	7
B	17	15	52	12	68
C	6	<i>Sin Identificar</i>		<i>Sin Identificar</i>	163

Tabla 1. Promedio de Altura de las Tres Especies de Pastos Encontrados en Bordes y Claros de Tres Bosques de Diferentes Tiempos de Regeneración, Finca Loma Linda, Agua Buena, Costa Rica, 1998

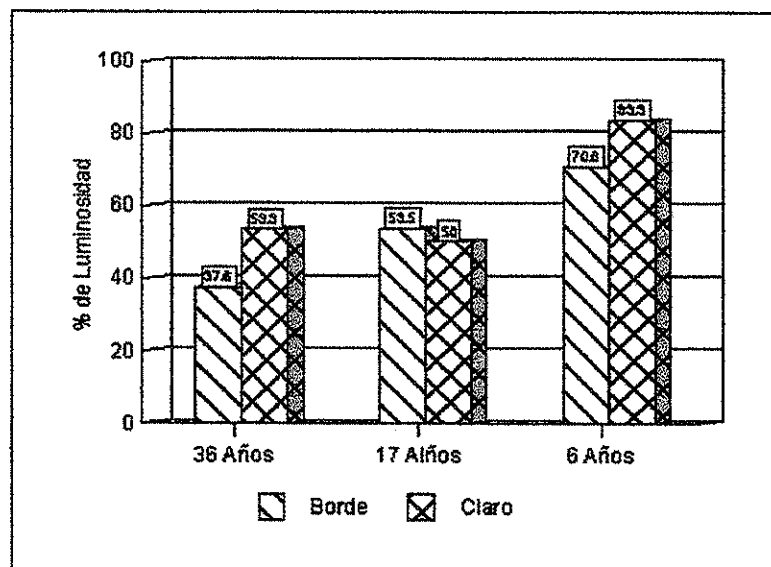


Figura 4. Porcentaje de Luminosidad en Bordes y Claros de Tres Bosques de Diferentes Tiempos de Regeneración, Finca Loma Linda, Agua Buena, Costa Rica, 1998

sencia y desarrollo de los pastos en este sistema, aumentando su densidad (Figura 3) y por ende la biomasa vegetal de la grama. Esto confiere al pasto una alta tasa de permanencia en condiciones de alta luminosidad (Figura 4), que permite competir por espacio en los bordes y claros mientras persiste la luz.

Los pastos, por encontrarse dentro de la ruta fisiológica C4, tienden a disminuir su tamaño con la reducción de la intensidad lumínica, como en el caso de los bordes y claros de A, ya que se fija un nivel insuficiente de carbono para balancear su respiración (Smith, 1987).

Los resultados son consistentes con la sugerencia que la abundancia de pastos está limitada por la cobertura del dosel, factor que condiciona la entrada de luz. Así, un bosque secundario de mayor edad, como en el caso de A, tendrá un mayor desarrollo del dosel y por ende una baja penetración de luz. Lo anterior provee una explicación potencial para la reducción de pastos en bosques con más tiempo de regeneración. Sin embargo es probable que los sitios de estudio también hayan diferido en sus características edáficas, por lo que la discusión debe tomarse con cautela. Además,

bosque de mayor tiempo de regeneración (A= 36 años) a partir de potreros (Figura 2), puede sugerir que el régimen lumínico de un sitio, factor íntimamente relacionado con el tiempo de maduración del sistema (Peterson y Haines, 1998), influye directamente en la presencia de la grama. Las variaciones en el porcentaje de entrada de luz fueron determinantes en la densidad de los pastos en cada sitio de estudio, donde evidentemente la abundancia y densidad de pastos en bordes y claros es mayor en el bosque de menor tiempo de regeneración (Figuras 1, 2, y 3). Estos resultados están íntimamente relacionados con la mayor altura que tienen los pastos encontrados en C (Tabla 1), donde el aumento de la biomasa es evidente, comparado con el poco desarrollo de las gramas de B y A. Esto sugiere que la variación en la luminosidad en bordes y la formación de claros por caída de árboles o la falta de maduración del bosque a partir de potreros pueden favorecer la pre-

estos suelos se caracterizan por haber tenido, a lo largo de su historia, un adecuado manejo. El uso de rompe vientos, terrazas, labranza mínima, entre otras prácticas agrícolas, han contribuido a mantener la riqueza edáfica, factor que al perderse, como en otros sistemas aledaños, podría impedir la regeneración del ecosistema.

Según Holl (1997), un factor que puede limitar la regeneración de un bosque a partir de potreros es el aumento de la temperatura cerca del suelo por la ocurrencia de pasto, lo que provoca un cambio drástico en las condiciones microclimáticas, inhibiendo el crecimiento de algunas especies de bosque. Aún más problemática es la falta de fuentes de semillas a causa de la fragmentación del paisaje o la tala de los bosques. La deforestación de un sitio para el establecimiento de potreros, según Fournier (1997), afecta la diversidad tanto microclimática como edáfica. Esto repercute en todo

el ecosistema, eliminando comunidades bióticas que tienen una identidad fisonómica, estructural, fenológica y biológica propia (Fournier, 1997). La riqueza florística de estos dos sitios (potreros y bosques) que contrastan climáticamente, es una muestra de cómo se afecta la diversidad biológica de un sitio al eliminar el bosque.

Según Fournier (1997), la recuperación del bosque mediante la sucesión secundaria es una forma de regeneración natural, que aprovecha el potencial que tiene la naturaleza de restablecer en cada sitio las condiciones originales, que prevalecían antes de la intervención del ser humano. En Costa Rica y en general en los países tropicales húmedos, la sucesión tiende, en la mayoría de los casos, a restablecer el bosque (Fournier, 1997), como por ejemplo el sitio de mi estudio. En las primeras etapas de la sucesión forestal, los cambios en la composición florística, la fisonomía y la estructura de la vegetación tienen lugar con cierta rapidez (Budowski, 1965, citado por Fournier, 1997), pero después de cierto número de años, el bosque alcanza cierto grado de estabilidad, que se manifiesta en un menor cambio en sus características. El tiempo que tarda el proceso de sucesión secundaria en lograr esta relativa estabilidad dinámica del bosque es dependiente del grado de alteración que haya sufrido el suelo, de las condiciones climáticas, de la disponibilidad de árboles semilleros y de los medios y agentes de dispersión.

Los bosques en la Finca Loma Linda pueden ser muy significativos como banco de semillas para la regeneración de nuevos bosques a partir de potrero, contribuyendo en cierta forma a la recuperación de la heterogeneidad o diversidad del paisaje local. Por tal motivo, la protección y conservación de estos sistemas es eminentemente necesaria.

### Conclusiones

Las variaciones en el porcentaje de luz fueron indicadores importantes en la presencia de pastos en los bosques regenerados a partir de potreros, lo que demuestra que el tiempo de regeneración de un bosque es un factor muy importante en la consecución de la heterogeneidad o recuperación de la diversidad del sistema. El uso del suelo en áreas accidentadas y escabrosas, que dan como resultado la degradación de las tierras debido al proceso de pérdida del suelo como la zona de San Vito de Coto Brus, deberían encaminarse en la recuperación del paisaje, teniendo implicaciones

significativas en las estrategias de restauración, por parte de los organismos de conservación.

Los resultados de mi estudio apoyan explícitamente que la regeneración de un bosque húmedo premontano a partir de potreros es factible. La regeneración determinaría la ausencia o presencia de pastos que habrían formado, en algún momento de la historia de uso del suelo, parte de un ambiente homogéneo en suelos inapropiados para su establecimiento. Los patrones de regeneración a partir de potreros serían importantes, puesto que ellos podrían determinar la composición florística del remanente (Laurence, et al., 1997). La restauración del paisaje puede ser una estrategia efectiva para la conservación de la biodiversidad.

### Literatura Citada

- Bonilla A. y P. Barrantes. 1995. *Estudio de Adaptabilidad Preliminar de 15 Especies de Altura en la Zona Sur de Costa Rica*. Tesis de Bachiller, Instituto Tecnológico de Costa Rica, Cartago, Costa Rica.
- Brower, J.E.; J.H. Zar y C.N. Von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. C. Brown Publishers, Dubuque, IA. Pags. 81-98.
- Brown, S. y A.E. Lugo. 1990. Tropical Secondary Forests. *Journal of Tropical Ecology* 6:1-32
- Butterfield, R.P. y R.F. Fisher. 1994. Untapped Potential for Native Species Reforestation. *Journal of Forestry* 92:37-40.
- Carroll, C.R. 1990. The Interface between Natural Areas and Agroecosystems. Pg. 365 en C.R. Carroll, J.V. Vandermeer y P.M. Rosset (eds.), *Agroecology*. Mc. Graw Hill, New York, NY.
- Cole, Darryl. 1998. Comunicación personal. Propietario de la Finca Loma Linda, Agua Buena, Costa Rica.
- Fournier, L.H. 1997. Recursos Forestales: Uso y Conservación. Pp. 77-94 en Academia Nacional de Ciencias (eds.), *Desarrollo Sostenible, la Opción para Costa Rica*. Academia Nacional de Ciencias, San José, Costa Rica.

- Gómez, L.D. 1986. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Vol. 1. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pag. 323.
- \_\_\_\_\_ 1998. Comunicación personal. Director del Jardín Botánico Robert y Catherine Wilson, Las Cruces, San Vito, Costa Rica.
- Herrera, J. 1985. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Vol. 2. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pg. 323.
- Holl, H. 1997. *La Regeneración del Bosque Tropical Húmedo en Potreros Abandonados en el Sur de Costa Rica*. En resumen, proyecto personal.
- Laurence, W.F. 1991. Predicting the Impacts of Edge in Fragmented Habitats. *Biological Conservation* 55:77-92.
- Laurence, W.F. 1998. Effects of Forest Fragmentation on Recruitment Patterns in Amazonian Tree Communities. *Conservation Biology* 12:460-464.
- Marín, W. 1998. Comunicación personal. Catedrático de la Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Peterson, C.J. y B.L. Haines. 1998. *Processes Governing Forest Regeneration During Tropical Pasture Succession, and Implications for Diversity and Sustainable Land Use*. Mimiografiado.
- Roth, N.E., J.D. Allan y D.L. Erickson. 1996. Landscape Influences on Stream Biotic Integrity Assessed at Multiple Spatial Scales. *Landscape Ecology* 11:141-156.
- Smith, A.P. 1987. Respuesta de Hierbas de Sotobosque Tropical a Claros Disponibles por la Caída de Árboles. Pp. 111-118 en D.A. Clark, R. Dirzo y N. Fetcher (eds.), *Ecología y Ecofisiología de Plantas en los Bosques Mesoamericanos*. *Revista de Biología Tropical*, Suplemento No. 1.

# Estudio Comparativo Sobre el Nivel de Conocimiento de Algunos Recursos Naturales entre una Comunidad Rural y una Urbana en el Cantón de Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica

Yolanda Gpe. Nava Cruz

## Resumen

Es obvia la enorme importancia que tiene la cultura en la relación del hombre con la naturaleza, así como el carácter cultural de la mayoría de las demandas que actualmente amenazan la conservación de los recursos y el desarrollo sostenible de la humanidad. En éste trabajo analicé las diferencias en el nivel de conocimiento acerca de algunos recursos naturales comunes (plantas y animales), por parte de individuos de una población rural y una urbana del cantón de Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica. La metodología que utilicé fueron encuestas con preguntas cerradas sobre el uso, importancia y nicho ecológico de los recursos naturales seleccionados. Evalué el nivel de conocimiento con una escala binaria con base en el número total de aciertos. La comunidad rural mostró en promedio un mayor nivel de conocimiento respecto a la urbana. Por género, las mujeres tuvieron un nivel mayor, y por grupos etáreos los individuos de más de 60 años. En términos generales la discusión se centra en la importancia que tiene la vinculación del hombre con el medio, para la valoración de los recursos naturales en el contexto de su conservación.

Palabras Claves: Conocimiento, cultura, flujo informacional, ambiente, desarrollo sostenible, género

Apoyo Técnico: Ana Meza, José Manuel Mora y Miqui Swisher

---

## Introducción

En un sentido ecológico, la gente, la tierra y los recursos naturales están estrechamente entrelazados, los cambios en uno de los componentes inducen cambios en los otros dos. La preservación de los recursos naturales resulta, invariablemente, en el interés humano. Esto implica la necesidad de que los gestores tengan cierta comprensión sobre las interacciones gente-recursos naturales. Las agencias gubernamentales que trabajan en la gestión del ambiente deben tener algún conocimiento sobre los valores, necesidades, percepciones y acciones del público (Filion 1980). Una forma de incrementar la comprensión del público y sus relaciones con el ambiente natural por parte del gobierno es la conducción de encuestas sociales que permitan una planificación más acorde de los programas de educación ambiental.

La pérdida de conocimiento del ambiente se da a partir de la desvinculación del proceso productivo de los alimentos básicos, la obtención directa de los satisfactores provenientes del bosque, así como el desarraigo a la tierra. El proceso de urbanización rompe con la relación humanos-bosque, propiciando una subvaloración

de los bienes y servicios que los recursos naturales le brindan. Es decir, mientras las necesidades básicas de la población rural dependen de la producción agrícola y los subproductos que obtienen del bosque, la población urbana resuelve sus necesidades a través de la venta de su fuerza de trabajo por un salario que le permite proveerse de alimentos, bienes y servicios, sin aparente relación con los recursos del bosque.

Por otra parte, la grave crisis agrícola y el proceso de descampesinización ha derivado en una desmotivación real de las nuevas generaciones en la población rural por la reivindicación del trabajo campesino en la producción de la tierra. Además, la aculturación influenciada por los medios de comunicación ha sumado adeptos para que los hijos de los campesinos vivan con la aspiración de migrar a las ciudades en busca de un "mejor nivel de vida". Todo esto en conjunto, aunado a la diferencia de intereses intrageneracionales permite que se coarte el flujo de conocimiento entre padres e hijos, dado que las actuales generaciones están dependiendo cada vez menos de la relación estrecha entre ellos y el bosque.

Al parecer no se puede alcanzar un equilibrio entre las necesidades sociales y las áreas naturales (Fonseca, 1997). Integrar a las comunidades al ámbito de la conservación de los recursos, depende en gran medida del grado de conocimiento que la gente tiene de su medio. En la medida en que las personas conozcan los beneficios en términos de los bienes y servicios que el bosque le brinda, serán cada vez menos los esfuerzos que deberán invertirse en las campañas y políticas ambientalistas de conservación.

El objetivo de este estudio fue evaluar si existen diferencias en el nivel de conocimiento respecto a algunos de los recursos naturales más comunes con valor de uso como especies de plantas de importancia económica, alimentaria, ornamental y medicinal; así como algunas especies comunes de aves, reptiles y mamíferos entre la comunidad rural de Cañas Gordas y la urbana de San Vito ambas del Cantón de Coto Brus, Provincia de Puntarenas, Costa Rica. Todo lo anterior es parte del proceso de la pérdida de dependencia directa del campo en las comunidades urbanizadas. Respecto a los objetivos específicos evalué el nivel de conocimiento que la comunidad rural de Cañas Gordas y la urbana de San Vito tienen con relación a: (1) el uso, la procedencia (lugar donde crecen o se cultivan) y el ciclo de cultivo o recolección en el caso de las plantas silvestres y cultivadas y (2) la importancia ecológica (que hacen en el bosque), procedencia (lugar donde habita) y si tiene algún uso, en el caso de la fauna seleccionada (ver Anexo). La hipótesis fue que por ser San Vito una comunidad urbano-rural de reciente colonización en medio de un entorno rural, esperaríamos que no hubiesen diferencias en el conocimiento de algunos de los recursos naturales más comunes con valor de uso en la zona en relación a la comunidad rural de Cañas Gordas.

Los sitios de estudios estuvieron ubicados en la comunidad rural de Cañas Gordas distrito de Agua Buena y la urbana en San Vito ambas pertenecientes al cantón de Coto Brus y la provincia de Puntarenas. El Cantón de Coto Brus se ubica en la zona suroeste de Costa Rica entre los 8°50'9" N y 82°45'83" W. Posee una área de 935.52 km<sup>2</sup> con 45,000 habitantes. La temperatura varía entre los 18 y 26 centígrados. Su precipitación está entre los 2,500 y los 3,500 mm anuales distribuidos en 9 meses. La altitud varía entre los 800 y los 1,200 msnm con topografía quebrada, y que evidencia los efectos de la fuerte deforestación que se inició a mediados del

siglo para el establecimiento de cultivos (especialmente café) y ganadería.

En la primera mitad del siglo XX, la región de Coto Brus fue poblada por unos pocos inmigrantes del Valle Central y Panamá. A partir de 1940 varios factores a nivel nacional e internacional se combinaron para estimular la colonización agrícola de la zona. A finales del decenio de 1940, llegaron los primeros inmigrantes de Europa, recién devastados por la guerra mundial. En 1951 la Sociedad Italiana de Colonización Agrícola firmó un acuerdo con Costa Rica para llevar pobladores a San Vito y a partir de 1954 se establecieron alrededor de 120 familias.

La ubicación del Cantón está en los límites de áreas boscosas protegidas con el predominio de sistemas de producción de subsistencia en tierras poco aptas y de proyectos concebidos por técnicos, para campesinos que no garantizan el beneficio esperado. Actualmente en el Cantón, la ausencia de autogestión local y la poca adopción de las propuestas técnicas mantienen al productor local con márgenes bajos de ganancias y un creciente deterioro de su medio ambiente. (Trivelato et al 1997).

### Metodología

Para este estudio seleccioné una comunidad rural y una urbana de reciente asentamiento (1950 aproximadamente.) pertenecientes al cantón de Coto Brus. Para evaluar el nivel de conocimiento acerca de los productos del bosque, realicé una encuesta con preguntas cerradas sobre el uso, procedencia (lugar donde crecen o se cultivan) y ciclo de cultivo o recolección en el caso de las plantas silvestres y cultivadas. Las preguntas sobre fauna fueron la importancia ecológica (que hacen en el bosque), procedencia (lugar donde habita) y uso. Utilicé una escala binaria de cero y uno, con un valor de cero si el entrevistado desconoce la información solicitada y un valor de uno si la conoce (Russell, 1994).

El diseño de muestreo consistió en un muestreo sistemático al azar, para lo cual elegí el punto de inicio en dos calles principales transversales entre si en cada una de las dos comunidades. Las viviendas a encuestar las seleccioné por un número al azar entre uno y cinco, a fin de poder contar con un mayor número de posibles viviendas visitadas. Las variables independientes fueron el tipo de comunidad de procedencia (rural o urbana), la edad (12-18, 30-45 y 60 años, correspondientes a

	Promedio	Desviación Estándar	Número de Entrevistados	Error Muestral
<b>Urbana</b>				
Total	27.6	10.9	58	0.05
Femenino	25.3	8.8	45	0.06
Masculino	32.4	12.4	28	0.05
12-18 Años	20.6	7.3	68	0.09
30-45 Años	29.3	9.9	36	0.07
>60 Años	34.4	9.0	35	0.07
Ciudadino	22.2	10.1	83	0.06
<b>Rural</b>				
Total	35.4	8.4	22	0.03
Femenino	29.9	8.7	64	0.07
Masculino	38.4	7.3	13	0.03
12-18 Años	31.1	7.9	25	0.06
30-45 Años	34.9	8.5	24	0.05
>60 Años	40.4	5.1	6	0.03
Campeño	35.5	8.2	21	0.03

Tabla 1. Estadísticas Descriptivas para Cada Grupo de Entrevistados, Coto Brus, Costa Rica, 1998

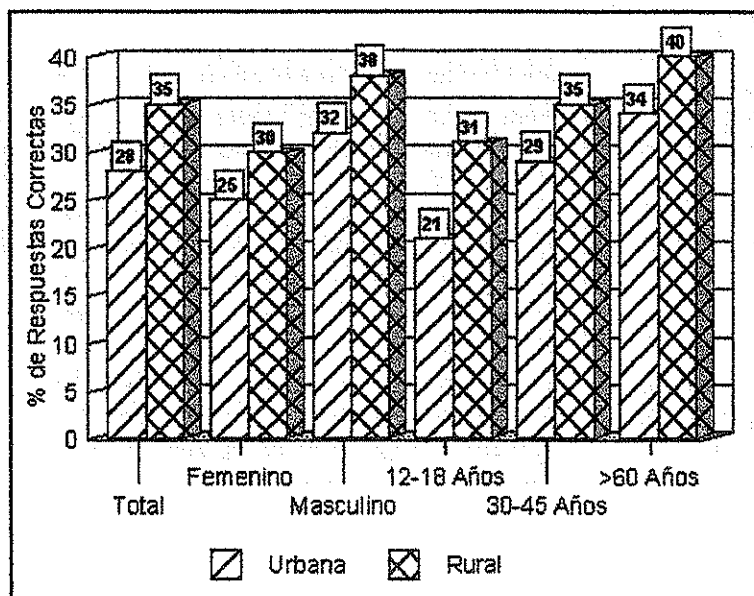


Figura 1. Porcentaje de Respuestas Correctas a las Preguntas en Cuanto a la Vida Silvestre por Diferentes Grupos de Entrevistados, Coto Brus, Costa Rica, 1998

hijos, padres y abuelos), el sexo, el nivel de escolaridad (analfabetas, solo lee, primaria, secundaria, colegio y universidad) y su origen (ciudadino si siempre ha vivido en la ciudad o campesino si siempre ha vivido en un ambiente rural). La variable dependiente fue el nivel de conocimiento medido a través de una escala binaria de cero y uno en donde la suma de aciertos correspondió al nivel de conocimiento evaluada para cada persona encuestada.

por parte del grupo de jóvenes entre los 12-18 años. Sin embargo, es importante resaltar el hecho de que la diferencia entre grupos etáreos es mayor en U (Tabla 1, Figura 1). Obtuve diferencias significativas en prácticamente todas las categorías evaluadas 0.03 y 0.07 (Tablas 1 y 2).

Debido a que de las personas encuestadas y categorizadas como pertenecientes a la comunidad urbana, había

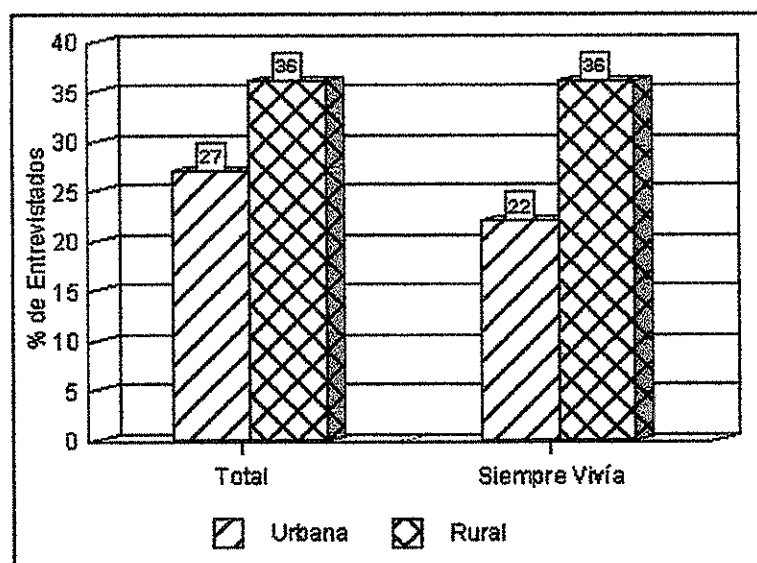
La selección de los recursos que utilicé en las encuestas la realicé en base a la abundancia, importancia económica, alimentaria, ornamental y medicinal en el caso de las plantas. Es importante aclarar que la selección incluyó plantas cultivadas y plantas silvestres comunes que se obtienen por recolección en el campo. En cuanto a la fauna, también estuvo representada por aquellos animales (reptiles, aves y mamíferos) más comunes de la zona, algunos de ellos con valor de uso. Las categorías de edad las elegí con el objetivo de encuestar a un número equitativo de personas de tres generaciones (abuelos, padres e hijos), a fin de poder discutir los resultados de mi estudio en el terreno del flujo de conocimiento intrageneracional. Dado que la escala que utilicé para medir el nivel de conocimiento correspondió al número de aciertos obtenidos por cada persona encuestada, los resultados los analicé con una prueba de  $X^2$ , además de calcular los valores de las estadísticas descriptivas promedio, desviación estándar y el error muestral (Sokal y Rolfe, 1981).

## Resultados

Entrevisté a diez personas por grupo etéreo de cada sexo con un total de 120 personas encuestadas. Por tipo de comunidad observé un mayor nivel de conocimiento de los recursos naturales seleccionados por parte de los habitantes de la comunidad rural en contraste con la comunidad urbana, y por sexo un nivel más alto en los individuos femeninos. En relación al nivel de conocimiento por grupos etáreos, en ambos casos, el grupo de más de 60 años superó a los dos restantes con un menor nivel

Categorías Comparadas	Valor de F (Calculado)	Valor de F (Tabular)
Urbana x Rural	11.24	2.71
Masculino x Femenino	3.84	2.71
Urbana x Rural, Femenino	1.18	2.71
Urbana x Rural, Masculino	12.70	2.71
Urbana x Rural, 12-18 Años	8.06	2.71
Urbana x Rural, 30-45 Años	2.14	2.71
Urbana x Rural, >60 Años	10.60	2.71
Urbana x Rural, Fuente de Experiencia	31.50	2.71
Urbana x Rural, Nivel de Escolaridad	6.47	2.71

**Tabla 2. Valores de Chi-Cuadrado para Varias Comparaciones entre Grupos de Entrevistados, Coto Brus, Costa Rica, 1998**



**Figura 2. Porcentaje de Respuestas Correctas a las Preguntas en Cuanto a la Vida Silvestre por el Grupo Total de Entrevistados Viviendo Actualmente en la Comunidad Urbana y la Comunidad Rural, por el Grupo Ciudadino (Siempre Ha Vivido en una Comunidad Urbana) y por el Grupo Campesino (Siempre Ha Vivido en un Ambiente Rural), Coto Brus, Costa Rica, 1998**

algunas de ellas que habían vivido por varios años en el campo, reste al valor total de este grupo del grupo urbana total a fin de obtener una información más estricta a cerca del nivel de conocimiento de individuos con "formación" urbana. Este procedimiento lo ejecuté para ambas poblaciones, es decir, resté también a la comunidad rural aquellas personas que habían vivido por varios años en la ciudad. El resultado que obtuve por éste tratamiento redujo el valor neto de conocimiento en la comunidad urbana, mientras que el nivel de rural se mantuvo (Figura 2). La evaluación del nivel de conocimiento por género sobre las plantas seleccionadas revela un promedio más alto para las mujeres rurales seguidas por las mujeres ciudadinas (Figura 3).

El nivel de escolaridad en términos generales fue mayor en la comunidad urbana, aunque el comportamiento en la distribución de frecuencias por nivel escolar es un mayor número de los individuos rurales en los primeros niveles: analfabetas, sabe leer y primaria. En contraste, la proporción de urbanos es mayor en los niveles más altos: secundaria, colegio y universitario (Figura 4).

Los resultados sobre la fuente de obtención del conocimiento revelan en secuencia descendente, una mayor proporción (1) mediante la experiencia personal, (2) a través de la familia, (3) los medios de comunicación con énfasis en la televisión y (4) por último la enseñanza formal en la escuela (Figura 5).

### Discusión

En términos generales se puede decir que la satisfacción de las necesidades básicas depende en las comunidades rurales del trabajo diario en el campo, así como de la recolección y la casa de plantas y animales respectivamente, que pueden sustraer del medio natural en donde se desarrollan (Fasser y Paulson 1997). Por tanto, la vinculación directa con su medio deriva de la necesidad de proveerse de los recursos necesarios y en general, de la garantía de su subsistencia. Así, es lógico suponer que en las comunidades urbanas donde un mayor número de personas dependen de un salario que ganan a través del trabajo de oficina, produce la des-

aparición del vínculo directo en la dependencia del uso de los recursos naturales y por tanto del interés de su conocimiento.

En mi estudio encontré diferencias estadísticamente significativas en el nivel de conocimiento acerca de algunos recursos naturales que tiene la comunidad urbana de San Vito en relación a la rural de Cañas Gordas (Figura 1, Tablas 1 y 2). Sin embargo, las diferencias no son tan grandes debido quizá a que la Ciudad de San Vito podría considerarse como una comunidad urbano-rural de reciente asentamiento, según su historia. Aunado a esto San Vito es relativamente pequeña y aún recibe mucha influencia de las zonas rurales que la rodean,



además de que en ella habitan un porcentaje considerable de personas dueñas de fincas que aunque tienen sus viviendas en la ciudad, pasan la mayor parte del día trabajando en el campo.

La suposición de que la vinculación directa con el medio a través del trabajo y la convivencia diaria con los recursos permite un mayor conocimiento del entorno está avalada por los resultados que obtuve cuando resté del valor total del conocimiento en la ciudad, el valor obtenido por aquellos individuos que aunque viven en San Vito eran de origen campesino. Dado que estos últimos habían pasado algunos años en el campo, lo que les permitió un mayor conocimiento derivado de su experiencia propia.

En la realidad cotidiana, se pueden observar algunos hechos que nos indican como es la relación entre el género y los recursos naturales. En primer lugar la división tradicional del trabajo entre hombres y mujeres motiva a que las mujeres estén más involucradas en la subsistencia de la familia. En el ámbito rural: recolección de leña, agua, recolección y preparación de alimentos y medicinas naturales, tintes y materia prima para artesanía, entre otros (Fasser y Paulson, 1997). Mientras tanto en las ciudades aunque aún se mantiene la división tradicional del trabajo en cuanto al cuidado de la alimentación, salud y educación de la familia por parte de la mujer, su incursión en el ámbito laboral de asalariadas o comerciantes, está repercutiendo en su nivel de conocimiento sobre algunos de los recursos útiles en estos rubros, pero es todavía mayor al de los hombres (Figura 1, Tablas 1 y 2). La mujer en la ciudad a diferencia de la rural, depende cada vez menos de la medicina tradicional, los vegetales y condimentos naturales en la preparación de los alimentos a razón del consumo de comidas elaboradas e instantáneas en los mercados de autoservicio.

Como comentario adicional puedo decir aquí que la diferencia por género pudo deberse también al hecho de que las plantas seleccionadas tuvieron en su mayoría valor de uso, por lo que era de esperarse un mayor cono-

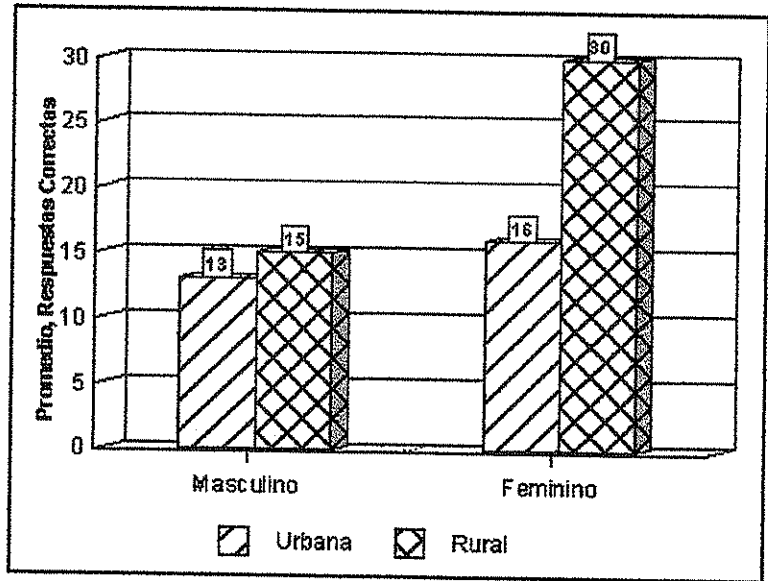


Figura 3. Porcentaje de Respuestas Correctas a las Preguntas en Cuanto a las Plantas Según Comunidad y Sexo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

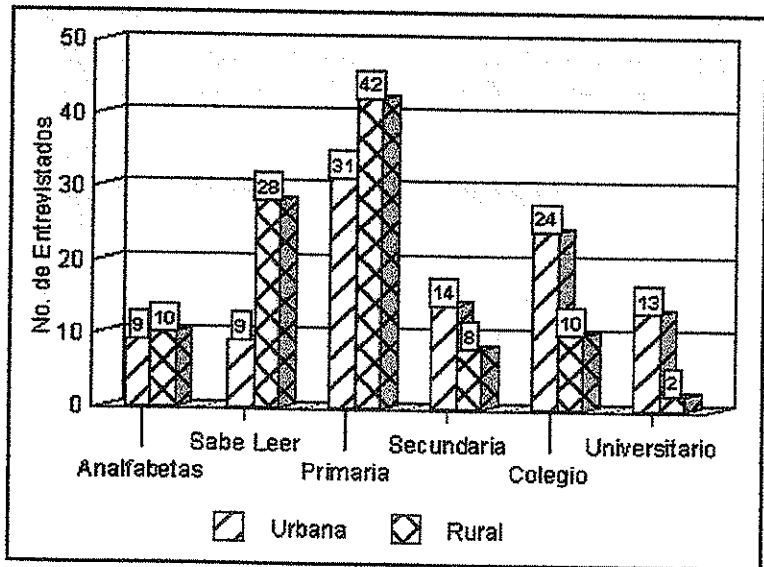


Figura 4. Nivel de Escolaridad, Número de Entrevistados en la Comunidad Urbana y la Comunidad Rural, Coto Brus, Costa Rica, 1998

cimiento por parte de las mujeres dado su papel histórico social en los cuidados de la familia. En contraste fueron pocas las plantas de interés comercial que pudieron estar ligadas al conocimiento del hombre, debido a que generalmente es él quien se dedica a las labores productivas (Figura 3).

En relación al flujo de conocimiento intrageneracional, en ambas comunidades los individuos mayores de 60

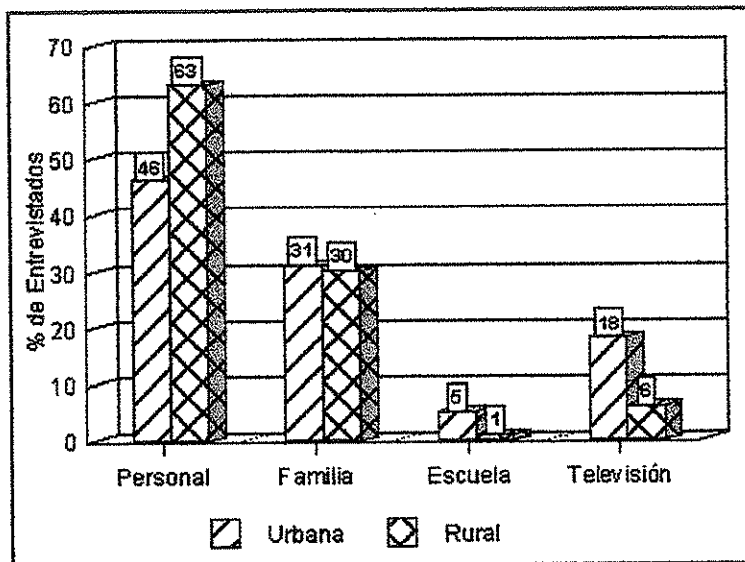


Figura 5. Fuente de Conocimiento de la Vida Silvestre, Porcentaje de los Entrevistados en la Comunidad Urbana y la Comunidad Rural, Coto Brus, Costa Rica, 1998

años mostraron un mayor nivel de conocimiento a través de su experiencia personal. Por su parte los jóvenes obtuvieron los menores índices y la fuente de su conocimiento tuvo una mayor influencia de la televisión (Figuras 1 y 5). Lo anterior confirma la idea de que la cultura se transmite de generación en generación, por imitación y enseñanza de los valores, creencias, conocimientos, usos y costumbres en todos los niveles del aprendizaje. La cultura se adquiere desde el hogar pasando por el ámbito de lo social general, hasta la educación formal en los centros educativos (Ham, 1992; Pacheco et al., 1996).

Dado que la cultura desempeña la función de naturaleza agregada para casi todos los comportamientos, con excepción a los ligados a las funciones biológicas (Sobrado, 1997), resulta de gran importancia reforzar el papel que la educación en el seno familiar representa, en las tareas de concientización sobre la conservación y el uso racional de los recursos (Figura 1). Mi estudio muestra que a reserva de la experiencia personal, el flujo de información de padres a hijos es una forma eficiente de preservar el conocimiento acumulado por generaciones sobre algunos de los recursos naturales con valor de uso. Éste último es generado a través de la experimentación y almacenado en el conocimiento tradicional de las comunidades básicamente rurales.

Un aspecto que vale la pena resaltar es que la incorpo-

ración de las madres de familia al proceso productivo en la comunidad urbana favorece la desintegración familiar reduciendo los tiempos compartidos entre padres e hijos y por tanto la posibilidad de intercambio de conocimiento y experiencias (Moran, 1994). Aunado a esto, los jóvenes en general tanto en las zonas rurales como urbanas, han desarrollado cierta descalificación por las labores del campo y han centrado sus aspiraciones y modelos de vida a los de las grandes urbes donde la principal actividades están desvinculadas del ambiente natural.

La cultura acumulada actúa como una segunda naturaleza condicionante de la mayor parte de los comportamientos, y como el canal o forma a través del cual se expresa toda la actividad humana. Debido a lo anterior, el desarrollo social de un país, región o sector debe considerar como variable el ambiente (Asher y Robert, 1990).

Para llevar a la práctica éste esquema se debe considerar la dimensión ecológica, es decir, el ambiente natural y la dimensión cultural (Vargas, s.f.; Sobrado, 1997). Si bien es evidente la necesidad de una concientización de los pobladores del Cantón de Coto Brus entre otras cosas por su cercanía a la Reserva de la Biosfera La Amistad, los resultados de mi trabajo evidencian la necesidad de incrementar la efectividad de los programas de educación ambiental desde los centros educativos hasta las campañas de las instituciones vinculadas con la protección al ambiente, como es el caso del Ministerio del ambiente y energía local (Figura 4). En contraste los medios de comunicación masiva como la televisión, según mi encuesta, han tenido mayor influencia en el ámbito de la enseñanza sobre los recursos naturales (Figura 5).

Finalmente quiero recalcar que la falta de comunicación en el seno familiar como entre las generaciones coexistentes, deriva en una pérdida paulatina del conocimiento generado por el hombre a través de los años. Por otro lado, desde mi óptica personal, creo que los esfuerzos en las campañas de educación ambiental deben enfocarse no solo a aquellas comunidades cercanas a las zonas de conservación, sino a las poblaciones urbanas, las cuales están ejerciendo mayor presión indirecta sobre los recursos naturales. Dado que aunque ellos no talen directamente el bosque ni apliquen agroquímicos en el campo, su nivel de consumo pre-

siona para que estas actividades se lleven a cabo. En éste sentido, un mayor nivel de conocimiento sobre nuestro mundo, nos llevará con un poco de suerte a un uso racional de los recursos que aún tenemos.

### Conclusiones

La adquisición del conocimiento ocurre generalmente mediante procesos de imitación ayudado por la reproducción social. Pero si un determinado comportamiento se considera importante para la esfera pública de lo social, el poder político puede intentar convertirlo en imperativo mediante el establecimiento de leyes o mandatos y castigos a su inobservancia. De esta manera, cualquier propósito de cambio cultural, sea de modificación o de creación de nuevas conductas, requiere actuar sobre sus fuentes de transmisión o creación de prácticas y valores culturales y no de la mera jurisdicción.

Este estudio revela la importancia que tiene el flujo informacional a través de las generaciones coexistentes, es decir, de abuelos a padres y a su vez a hijos en cualquiera de los ámbitos sociales de que se trate. En este mismo contexto puedo decir, que la tecnología por medio de los medios de comunicación masiva está de alguna manera respaldando la falta de interacción directa con el medio en la comunidad urbana, a través de documentales o programas informativos; aunque los documentales aún son muy pocos en relación a otros programas como los de entretenimiento. Además, al parecer los planes y programas de la educación formal en las escuelas y los programas de educación ambiental, no están cumpliendo con sus objetivos en el terreno de la ecología y la conservación, por lo que habría que revisarlos y/o reforzarlos.

Por otra parte, tomemos en cuenta que San Vito es una comunidad de reciente formación (45 años aproximadamente) e inmersa además en un entorno rural. Pese a dicha influencia el conocimiento acerca de su entorno está experimentando una reducción en las nuevas generaciones. El resultado de mi evaluación sugiere que las expectativas para una ciudad más grande y compleja podrían ser aún peores. Tal es el caso de San José por ejemplo, la cual es una ciudad con muchos años de haberse fundado, con un grado mayor de desvinculación y aislamiento del campo y una estructura y dinámica social mucho más compleja. En consecuencia la búsqueda de programas de educación

eficientes que puedan contrarrestar tal déficit reviste gran importancia para la conservación, debido al acelerado incremento de la población urbana por los procesos de migración y descampesinización de las comunidades rurales.

En resumen, es obvia la enorme importancia que tiene la cultura en la relación del hombre con la naturaleza, así como el carácter cultural de la mayoría de las demandas que actualmente amenazan la ecología de la Tierra y el desarrollo sostenible de la humanidad. El enfoque cultural debe estar por tanto, presente de manera central en la discusión y planeación de las políticas de desarrollo y conservación de nuestro mundo. El conocimiento que el ser humano pueda tener de la biodiversidad hará posible el paradigma de usar sin destruir.

### Literatura Citada

- Asher, W. y R. Robert. 1990. *Natural Resource Policymaking in Developing Countries. Environment, Growth, and Income Distribution*. Duke University Press, Durham, NC. Pp 32-39.
- Fasser, C. y S. Paulson, 1997. Nuevos Enfoques, Nuevos Métodos: Género y Recursos Naturales. *Perspectivas Rurales* 1(2):23-30.
- Filion, F. 1980. Encuestas Humanas en la Gestión de la Vida Silvestre. Pp 463 En R. Rodriguez (ed.), *Manual de Técnicas de investigación de Vida Silvestre*. World Wildlife Fund, Washington D.C.
- Ham, S. H. 1992. *Interpretación Ambiental, una Guía Práctica para Gente con Grandes Ideas y Presupuestos Pequeños*. North American Press, Washington D.C. Pp 228-230.
- Moran, E. (Ed.) 1994. *The Comparative Analysis of Human Societies. Toward Common Standards for Data Collection and Reporting*. Lynne Rienner Publishers, Boulder, CO. Pp. 185.
- Pacheco, L. y P. Rojas. 1996. La Percepción del Habitante Urbano Frente a la Conservación de la Vida Silvestre en Bolivia. *Vida Silvestre Neotropical* 1(5):1-85.
- Russell, H. 1994. *Reserch Methods in Anthropology*. Altamira Press, New York, NY. Pp 256-309.

Sobrado, J. J. 1997. *Desarrollo Sostenible, la Opción para Costa Rica*. Academia Nacional de Ciencias, San José, Costa Rica. Pp 185.

Sokal, R. R. y F. J. Rolf. 1981. *Biometry. The Principles and Practice of Statistics in Biological Research*. W. H. Freeman and Company, New York, NY. Pp. 701-705.

Trivelato, M; L. F. Murillo, G. Barbosa y A. Cordero. 1997. *Diálogos Ambientales en Comunidades*

*Rurales. Experiencias Participativas de la Organización para Estudios Tropicales*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. Pp. 35-56.

Vargas, G. s.f. *La Protección de los Recursos Naturales en un País Subtedarrollado: Caso de Costa Rica*. Sin publicar.

# Estudio Comparativo de la Percepción Ambiental con Relación a los Murciélagos en Dos Comunidades del Cantón de Coto Brus, Costa Rica

Enrique J. Dalmau Hevia

## Resumen

En el presente estudio tuve como objetivo principal evaluar la percepción ambiental de la población de dos comunidades, una urbana (San Vito) y otra rural (Cañas Gordas) con relación a los murciélagos. Los sitios seleccionados pertenecen al Cantón de Coto Brus, provincia de Puntarenas. El motivo de hacer esta comparación es el de interpretar como es percibido un singular y polémico elemento de la fauna silvestre con el que se relaciona de forma diferente ambas comunidades. Para ello, utilicé una técnica motivadora de inducción visual la cual me facilitó la aplicación de la escala semántica y la escala de Leikert, técnicas con las que comparé las actitudes y expectativas de las personas. Con relación a la escala Leikert consideré tres aspectos a dilucidar, el conocimiento, el grado de amenaza y el reconocimiento del papel ecológico e importancia de este relevante mamífero de la fauna costarricense. Los resultados obtenidos me permiten afirmar que existe un generalizado rechazo hacia este animal, existiendo diferencias no solo en la percepción entre ambas comunidades, sino que también hallé diferencias significativas entre sexos y grupos etáreos, tanto en la población del área rural y la urbana, como entre estas. En el análisis de la variable asociada al nivel educacional no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la percepción de la población de ambas comunidades con relación a los murciélagos.

Palabras claves: murciélagos, percepción ambiental, vida silvestre, conservación

Apoyo técnico: Miki Swisher, José Manuel Mora y Juan Carlos Rodríguez

---

---

## Introducción

En un sentido ecológico, el hombre, la tierra y la vida silvestre están estrechamente entrelazados (Filion, 1987). Sin embargo, el reconocimiento público de esta interacción no alcanza los niveles básicos que se necesitan para frenar el avance de la crisis ambiental. La fauna silvestre está cada vez más amenazada por múltiples factores; se destruyen sus hábitats, cambia el clima, aumenta la contaminación, se le desconoce en su inmensa mayoría y por tanto no se les valora ni se respeta. Uno de los grupos más representativos de este fenómeno son los murciélagos. Ellos son afectados seriamente por estas transformaciones e interpretaciones del ambiente y es escaso o nulo el conocimiento público sobre sus hábitos y vida en general.

A través de la historia de la humanidad, los habitantes del planeta han venerado, temido o rechazado a diversos elementos de la fauna silvestre. Los murciélagos han sido animales muy polémicos en cuanto a su aceptación por parte de los habitantes del planeta. Estos mamíferos siempre han fascinado a los humanos, debido a su capacidad de volar y al hecho de ser nocturnos (Mora,

1998, en prensa). Ellos ocupan sin lugar a dudas un lugar poco envidiable en nuestras fábulas míticas; todavía es frecuente que sean asociados con los "vampiros". Sin embargo, solamente existen tres especies hematófagas de las más de 900 que pueblan el mundo, pero solo una constituye un problema para los ganaderos. Por el contrario, la mayoría de las especies de quirópteros son voraces insectívoros y constituyen preciosos aliados en la lucha biológica contra los insectos, mucho de los cuales son perjudiciales para el hombre. Se reconoce que la polinización de más de 500 especies de plantas en los trópicos depende total o parcialmente de los Murciélagos (Kricher, 1997). Estas plantas proporcionan más de 450 productos de importancia económica relacionados con la alimentación de los humanos, medicinas, taninos, aceites, y muchos otros productos más, los cuales se valoran en miles de millones de dólares.

Para Costa Rica el orden Chiróptera representa la mitad de sus mamíferos, con 108 especies distribuidas en 9 familias (Mora, 1998 en prensa). Si tomamos en consideración estos datos, además del papel determinante de estos mamíferos en la regeneración

natural de los bosques y en la restauración de espacios abiertos (Morton, 1989), podremos tener una idea de su importancia en la dinámica forestal de la nación costarricense. Conociendo que se ha deforestado un 30% del territorio nacional en los últimos 45 años (Fournier, 1997), resultando en una reducción considerable del hábitat disponible para los murciélagos. También se considera que el papel de los murciélagos es decisivo en el establecimiento exitoso de muchas plantas arbustivas en la sucesión secundaria de los bosques tropicales (Fleming, 1988 citado por López, 1996).

Si bien en Costa Rica se han realizado diversos estudios de percepción ambiental de la población con relación a la vida silvestre, no existen referencias de ejemplos de este tipo relacionados con los quirópteros (Mora, 1998, com. pers.). Estos revisten gran importancia si se quieren entender los fenómenos sociales involucrados en esta problemática. Para ello es imprescindible examinar la actitud, percepción y conocimiento que los pobladores tienen de su ambiente (Taylor y Bogdan, 1996).

Las variadas aplicaciones de las encuestas sociales respecto a la gestión de la vida silvestre pueden ser usadas para el estudio de un amplio espectro de actividades humanas basadas y relacionadas con ella, sus valores y sus características. Las encuestas pueden ayudar a medir las actitudes, preferencias, satisfacciones y motivaciones de los pobladores hacia la fauna local y también pueden ser usadas en los procesos de toma de decisiones o en la resolución de problemas específicos en la región. Además, una información de este tipo puede jugar un papel crucial en la medición de los efectos de la gestión de la vida silvestre (Filion, 1987). Factores como el género, la cultura y las presiones y necesidades económicas, son factores que pueden determinar tanto el tipo de percepción como las prácticas concretas de las personas hacia los recursos naturales (Fonseca, 1997).

Tomando en consideración el misticismo y la escasa divulgación que sobre su papel ecológico siempre ha existido con relación a los murciélagos, mis hipótesis en este estudio son: (1) Existen diferencias de actitud entre la población de una comunidad urbana y la de una rural en cuanto a la percepción sobre este elemento de la fauna silvestre y la necesidad e importancia de conservarlos y (2) existe en estas comunidades la misma percepción con relación a los murciélagos indepen-

Valor en la Escala	No. de Respuestas (Promedio)	
	Rural	Urbana
-2	6.1	5.6
-1	4.6	3.3
0	0.7	2.0
1	3.1	3.2
2	1.0	2.0

Tabla 1. Promedio de Respuestas, Según Valores de la Escala de la Diferencia Semántica, por Comunidad, Coto Brus, Costa Rica, 1998

dientemente de la edad, el sexo y el nivel educacional de las personas".

### Metodología

El área de estudio se encuentra en la provincia de Puntarenas, cantón de Coto Brus, zona suroeste de Costa Rica entre los 8° 50' 9" N y los 82° 45' 83" W. El cantón está dividido en cinco distritos y tiene un área total de 935.52 km<sup>2</sup>, en la cual se encuentran establecidas 42,331 personas para una densidad poblacional de 45.33 habitantes por km<sup>2</sup>. La temperatura varía entre los 18 y 26 °C, y las precipitaciones se encuentran entre 2,500-3,500 mm anual. La altitud varía entre los 800 y 1,200 msnm (Murillo, 1997).

Para la realización del estudio seleccioné las comunidades de Cañas Gordas (rural) y San Vito (urbana), las cuales se ajustaban a los criterios del estudio. En este caso utilicé la técnica de la observación directa para comprender mis escenarios y por tanto decidir las áreas donde desarrollé mi muestreo. El trabajo de campo lo realicé entre los días 16 y 18 de julio de 1998. Para la recolección de los datos, utilicé diferentes técnicas. Empleé como método cualitativo la entrevista no estructurada en función de obtener elementos generales del cantón e información en particular de los murciélagos. Entrevisté a tres personas con responsabilidades en las áreas del medio ambiente, la salud y la educación.

Otra técnica que empleé fue la inducción visual, la que me permitió ubicar y concentrar al entrevistado en el objeto de la conversación, así como conocer la fuente de conocimiento con relación a los murciélagos. Para el empleo de esta técnica utilicé un juego de diez postales a color donde aparecían diferentes especies de murciélagos. Con las entrevistas semi estructuradas obtuve

información demográfica, incluyendo la edad, el sexo y el nivel educacional del entrevistado. Con el cuestionario como base obtuve respuestas a la escala de diferencia semántica para medir actitud mediante pares de adjetivos antagónicos. Utilicé la escala de Leikert (Bernard, 1994), con pares de frases contrarias o similares pero muy sesgadas, para medir expectativas (Anexo). Elaboré los pares de frases para la escala Leikert de forma tal que pudiera obtener información con relación a la identidad de los murciélagos (pares 1, 5 y 10), su posible amenaza para el ser humano (pares 3, 4, 6 y 7), así como su papel ecológico e importancia (pares 2, 8 y 9).

Estas técnicas se las apliqué a un total de 96 personas seleccionadas al azar, 48 en cada comunidad, tomando en consideración las variables independientes que me propuse evaluar. Por tanto seleccioné a personas que cumplieran los requisitos de edad (10-18, 18-50 y >50 años) y sexo que preestablecí. De esta forma mi muestra incluyó a ocho personas por cada uno de los seis grupos que conformé. El error muestral fue 0.14 para la comunidad rural y 0.25 para la comunidad urbana en cuanto a la escala de diferencia semántica. Para la escala de Leikert, el error fue 0.02 para ambas comunidades. Para el análisis de mis datos apliqué las pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis y Mann-Whitney. Las variables independientes incluyeron tipo de comunidad (rural o urbana), sexo, edad y nivel escolar. La variable dependiente varió según la respuestas de los entrevistados a las preguntas sobre actitud y expectativa con relación a los murciélagos.

### Resultados

Las personas entrevistadas respondieron de forma positiva a la inducción visual. No sólo identificaron en las postales mostradas el objeto de la entrevista, sino que en su gran mayoría buscaron concentración en las imágenes de forma natural o inducidas, lo cual facilitó la aplicación de los otros instrumentos. La fuente de conocimiento principal fue la experiencia individual dada por el contacto directo con los murciélagos. En segundo orden se reconoce la televisión como fuente de información sistemática que aborda el tema de los quirópteros, no así la escuela u otros medios de comunicación masiva.

Las respuestas obtenidas me permiten afirmar que existe un rechazo generalizado hacia los murciélagos en la

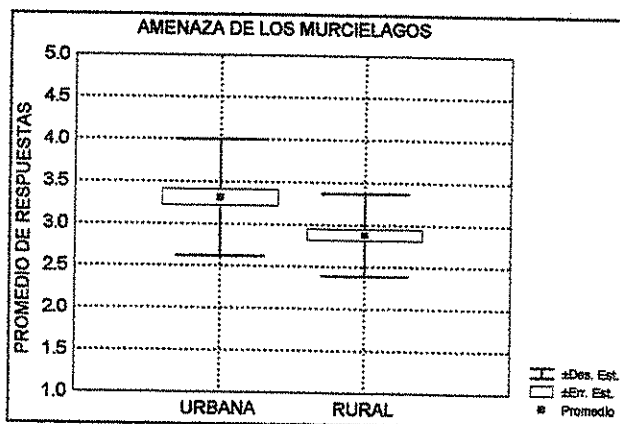


Figura 1. Percepción de la Población Urbana y Rural en Cuanto a la Amenaza de los Murciélagos, Coto Brus, Costa Rica, 1998

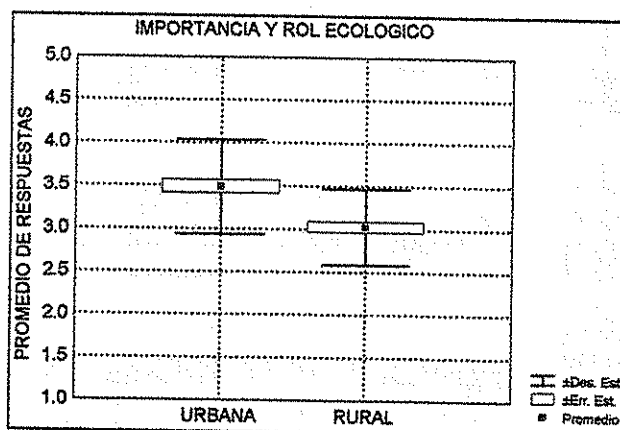


Figura 2. Percepción de la Población Urbana y Rural en Cuanto a la Importancia y Papel Ecológico de los Murciélagos, Coto Brus, Costa Rica, 1998

población. Los valores relacionados con la actitud y la percepción reflejan diferencias en actitud y percepción entre la comunidad urbana y la rural (Tabla 1). Al aplicar la prueba de Mann-Whitney a los resultados de la escala semántica, el resultado fue significativo a  $p=0.07$ , indicando una diferencia marcada entre las dos poblaciones. Los valores resultantes de la aplicación de la prueba estadística de Kruskal-Wallis a los datos obtenidos con la escala de Leikert corroboran la percepción diferente de ambas comunidades. La respuestas a las agrupaciones de frases tuvieron diferencias significativas en cuanto a las expectativas de la población con relación a la posible amenaza de estos animales ( $p<0.001$ , Figura 1), su importancia y papel ecológico ( $p=0.008$ , Figura 2), así como lo relacionado con el conocimiento elemental del animal ( $p=0.04$ ) (Figura 3). En la correlación de estos datos, hallé comportamientos más negativos y homogéneos en la comunidad rural con

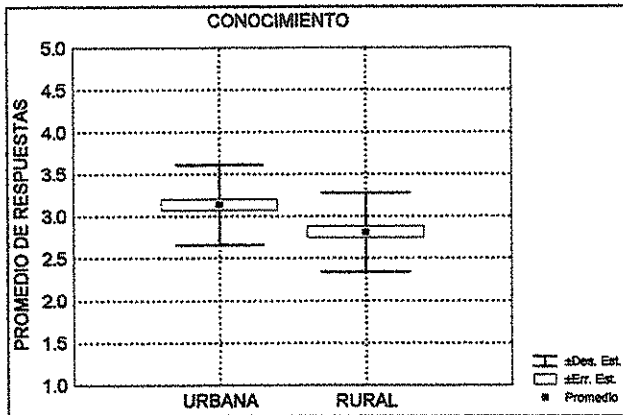


Figura 3. Conocimiento de la Población Urbana y Rural en Cuanto a los Murciélagos, Coto Brus, Costa

relación a la urbana (Figuras 4 y 5).

Encontré diferencias en cuanto a la actitud y las expectativas en los diferentes sexos y edades analizadas para ambas comunidades (Figura 5 y 6). Los resultados estadísticos de la variable sexo con relación a los datos de la escala semántica indican que existe una diferencia tendente a ser significativa ( $p=0.10$ ; Figura 5). De forma general, las mujeres mostraron mayor rechazo a los murciélagos, pero la respuesta fue mucho más homogénea en la comunidad urbana con relación a la rural considerando los valores obtenidos por sexo. En la comunidad urbana la diferencia entre los sexos tendió a ser significativa ( $p=0.15$ ). La mayor diferencia estuvo

señalada en la actitud de los hombres, siendo considerablemente mayor el rechazo en la comunidad rural con relación a la urbana. Por otra parte, sólo fue significativo el grado de percepción por sexo con relación a la importancia y papel ecológico de los murciélagos ( $p=0.007$ , Figura 6). Los otros resultados asociados a la escala de Leikert no mostraron diferencias significativas, ni en cuanto a la percepción de posibles amenazas, ni en relación al conocimiento sobre los quirópteros.

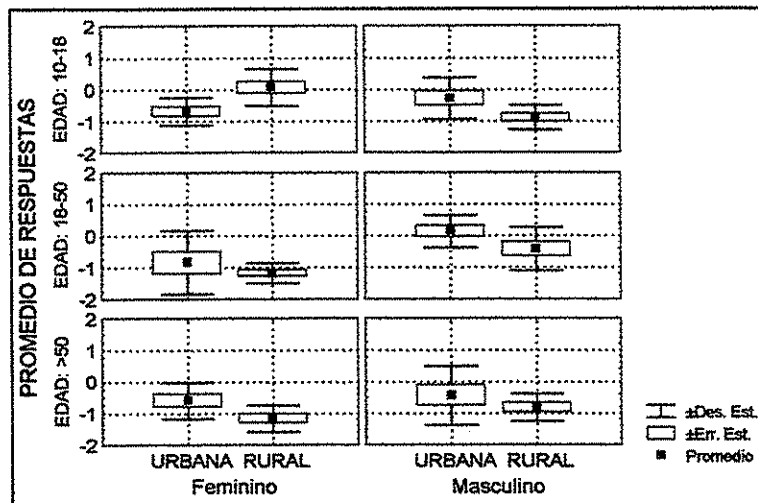


Figura 4. Actitud de la Población Urbana y Rural Hacia los Murciélagos, Según Sexo y Edad, Coto Brus, Costa Rica, 1998

La variable edad también mostró diferencias en cuanto a la actitud por grupos etáreos con relación a los Murciélagos (Figura 5). En los resultados de la escala semántica se observa una actitud menos negativa y homogénea por grupos etáreos en la comunidad urbana comparativamente con la rural, donde fue más negativa la actitud en general pero el rechazo disminuye a medida que descendemos en la escala de edades, siendo inclusive más favorable la respuesta en el grupo de 10 a 18 años que su homólogo de la comunidad urbana (Figura 5). La diferencia de actitud entre los grupos etáreos de la comunidad rural tendió a ser significativa, con un valor de  $p=0.11$ .

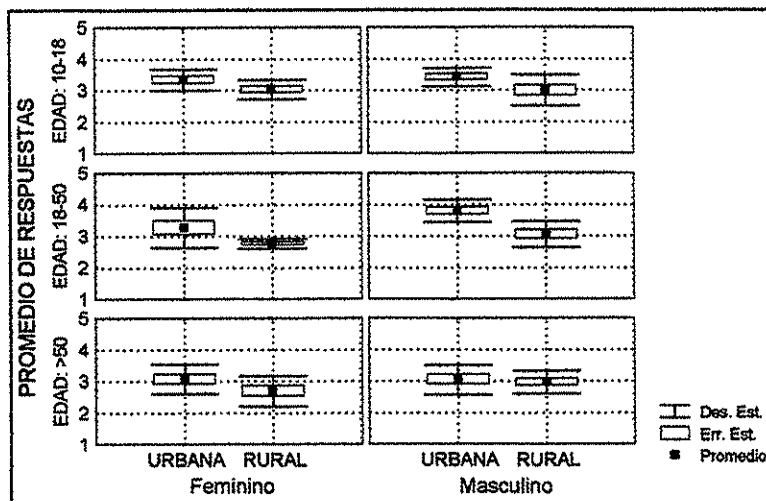


Figura 5. Percepción de la Población Urbana y Rural de los Murciélagos, Según Sexo y Edad, Coto Brus, Costa Rica, 1998

El análisis de las agrupaciones de frases en la escala Leikert indican para la variable edad diferencias significativas con relación a la percepción de la población en cuanto a lo que es un murciélago ( $p=0.08$ ;



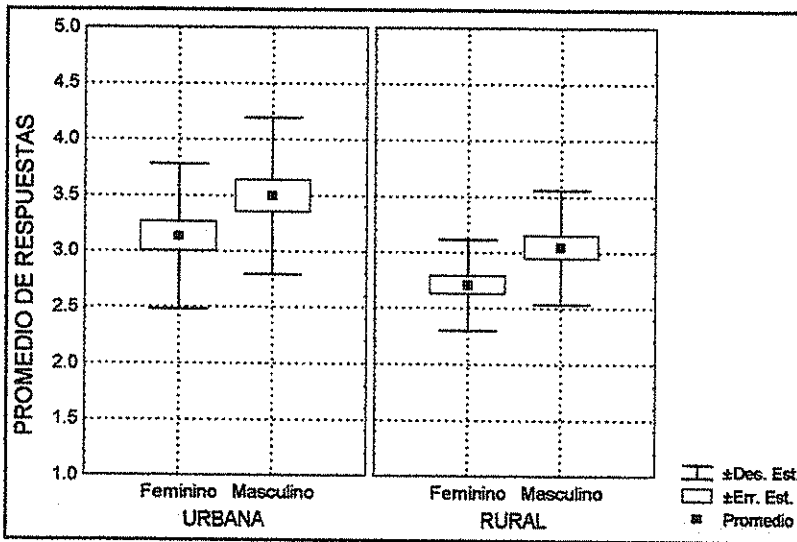


Figura 6. Percepción de la Importancia y Papel Ecológica de los Murciélagos en Cada Una de las Comunidades, Según Sexo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

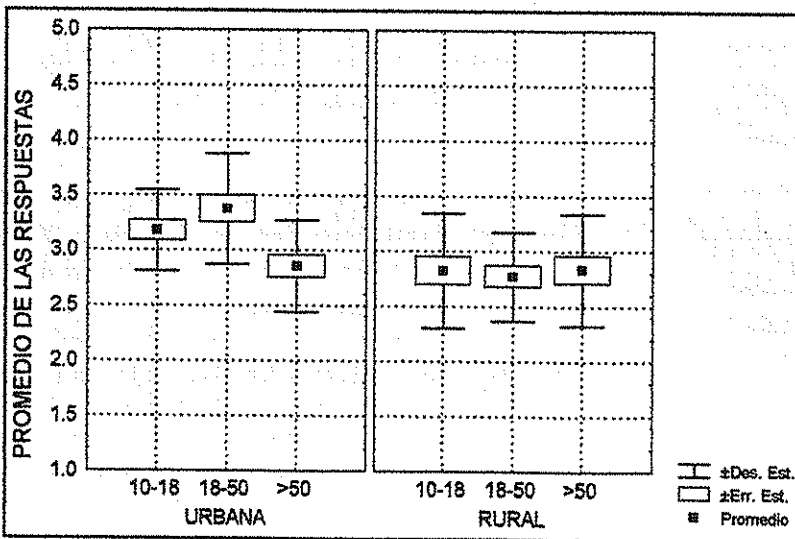


Figura 7. Conocimiento de los Murciélagos en Cada Una de las Comunidades, Según Grupo Etéreo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Figura 7) y el grado de amenaza de estos con relación a los humanos ( $p=0.07$ ; Figura 8). La percepción por edades en el sexo femenino en la comunidad rural tuvo diferencias altamente significativas ( $p=0.002$ ; Figura 9). Fueron menos negativos los valores en el grupo de edad de 10-18 años con relación a los demás por lo que se evidencia un resultado de la educación en este sector rural en lo que a vida silvestre se refiere. De igual forma para el sexo femenino en la comunidad urbana, hallé valores con diferencias significativas de percepción según los grupos etéreos ( $p=0.14$ ; Figura 10). Con

relación a las diferencias de percepción en el sexo masculino, no encontré diferencias en la comunidad rural y si observé una diferencia significativa en la comunidad urbana ( $p=0.14$ ; Figura 11). En cuanto al nivel educacional, no encontré diferencias significativas en los resultados obtenidos.

## Discusión

Los resultados de las entrevistas en profundidad indican que en el cantón de Coto Brus no se ha realizado estudios de percepción ambiental con relación a elementos de la fauna silvestre. Sólo fue realizado hace dos años un diagnóstico que permitiera orientar los programas de educación ambiental del Ministerio del Ambiente y la Energía (MINAE) vinculados a las zonas de amortiguamiento y comunidades con alta incidencia en la Reserva Biológica de La Amistad, los cuales en particular van dirigidos a las vías formales. Por otra parte desde hace años se vienen realizando varios proyectos de educación para la salud, pero el murciélago no ha sido ni preocupación, ni prioridad para las autoridades médicas. Ello se debe a que en el país hay un silencio epidemiológico de 10 años en cuanto a la rabia y por tanto no existen grandes problemas de salud pública y conflictos ambientales con relación a los quirópteros. Se me comunicó que existen varias cavernas y bosques cercanos a San Vito, ellos piensan que esto evita que los murciélagos se alojen en las

casas. Estas informaciones me hicieron pensar que posiblemente no hallaría como resultado un marcado rechazo con relación a los murciélagos en las comunidades seleccionadas. Sin embargo los datos fueron significativos con relación a la actitud negativa que percibí en la población entrevistada.

Los resultados obtenidos de la aplicación de ambas técnicas me permiten aceptar mi hipótesis referente a las diferencias entre una comunidad urbana y otra rural en lo que se refiere a la percepción de la población con

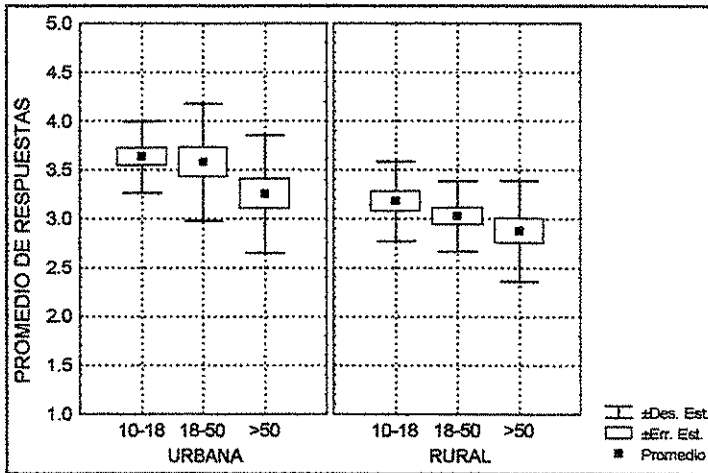


Figura 8. Percepción de la Amenaza de los Murciélagos en Cada Una de las Comunidades, Según Grupo Etéreo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

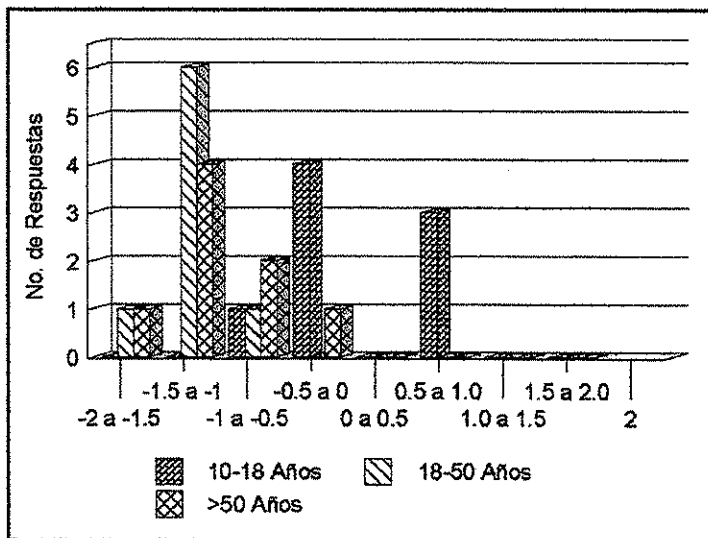


Figura 9. Percepción de los Murciélagos por Parte de las Mujeres en la Comunidad Rural, Según Grupo Etéreo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

relación a los murciélagos (Tabla 1). Este criterio es afianzado por los resultados estadísticos, los que para mis datos de la escala semántica indican una marcada diferencia entre las dos poblaciones ( $p=0.07$ ). No siendo significativas en este caso, debido a que las respuestas de la población de ambas comunidades mostraban un generalizado sentimiento de rechazo, con diferentes escalas de valor. Por otra parte, con la escala de Leikert si obtuve valores significativos de diferencia entre las dos comunidades con relación a todos los grupos de pares de frases analizadas (amenaza,  $p<0.001$ ; importancia,  $p=0.008$ ; conocimiento,  $p=0.04$ ; Figuras

1, 2 y 3), ello se debe a que esta técnica mide expectativas y de hecho la gran mayoría de las personas dejaron a un lado sus sentimientos y respondió según sus conocimientos. De hay las diferencias que encontré, las cuales fueron muy interesantes ya que la población de la comunidad rural, que a su vez es la que tiene un contacto más directo y sistemático con los murciélagos, es a su vez quien menos lo conoce, quien más le teme y la que menos reconoce su importancia y papel ecológico.

Los comportamientos diferenciados que determiné en la población en ambas comunidades con relación a la actitud y expectativas, tanto por sexo, como por cada uno de los grupos etéreos, también validan mi primera hipótesis, al existir diferencias entre ambas comunidades. Por lo contrario estos resultados hacen que rechace mi hipótesis en cuanto a la no existencia de diferencias entre estos grupos seleccionados por cada una de las comunidades, con relación a la percepción hacia los murciélagos.

De forma general, al analizar la variable sexo, vemos que las mujeres tuvieron actitudes y expectativas más negativas que los hombres. El grupo que mostró mayor rechazo fue el de las mujeres rurales, contrastando en este la actitud de las niñas y jóvenes (10-18 años), que resultó ser el de respuesta más positiva de todos los analizados. La percepción más favorable por sexo y comunidad, manifestada por los hombres de la comunidad urbana, considero que se debe a múltiples factores. Estos pueden ser el no experimentar algunos de los daños que determinadas especies producen en el medio rural, u otros conflictos apreciados por este sector más

bien asociados a leyendas y mitos, o una mejor internalización de los mensajes ambientales de los medios de comunicación masiva. Tampoco debemos obviar los fenómenos cognoscitivos y culturales asociados a enfoques de géneros. Por tanto estos resultados indican que debemos tomar en consideración los elementos sociales, y en particular los de género, a la hora de implementar proyectos ambientales, particularmente los relacionados a la fauna silvestre. Una de las limitaciones más serias en Costa Rica, para el desarrollo de este tipo de proyectos ha sido la escisión entre la problemática de género y la del ambiente (González, 1997).

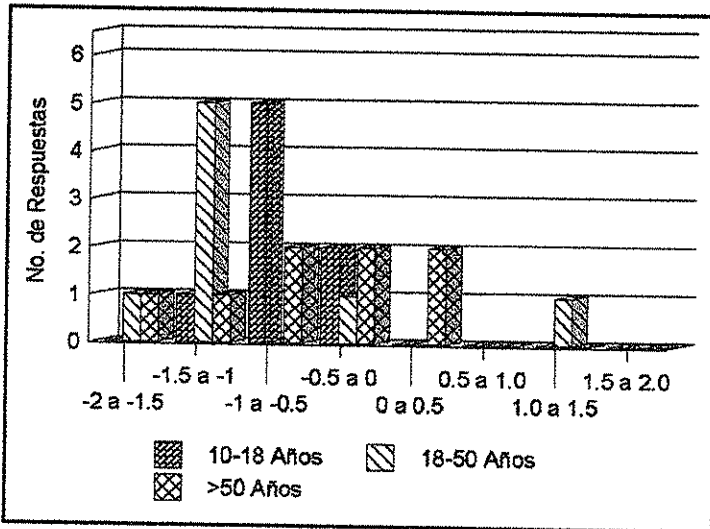


Figura 10. Percepción de los Murciélagos por Parte de las Mujeres en la Comunidad Urbana, Según Grupo Etáreo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

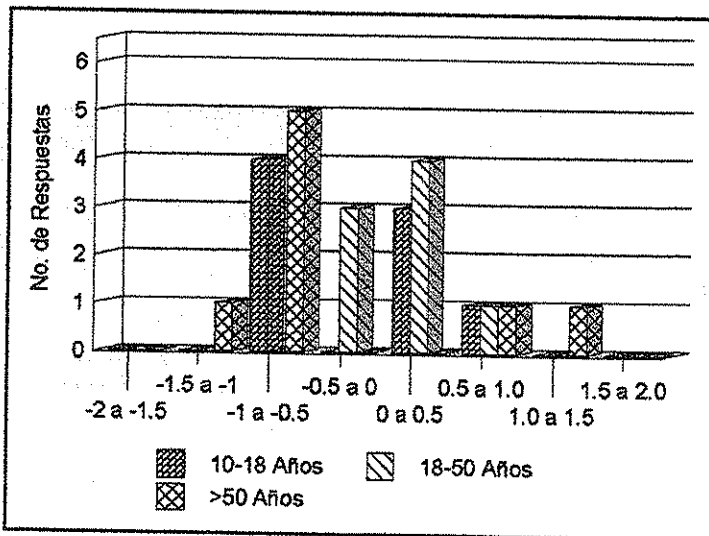


Figura 11. Percepción de los Murciélagos por Parte de los Hombres en la Comunidad Urbana, Según Grupo Etáreo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Otros elementos que contribuyen a los resultados obtenidos son el contacto más frecuente y directo con los murciélagos de los habitantes de Cañas Gordas, ya sea por sus visitas frecuentes a los hogares, o por las afectaciones al ganado y frutales caseros, manifestándose por ende un rechazo al animal. Ello se traduce en tendencias a la eliminación sin importar la especie, en juegos que maltratan al animal y en leyendas negativas que se transmiten de generación en generación. Por otra parte en la comunidad urbana de San Vito, si bien la mayoría de las personas que la habitan provienen

del sector rural, se denota una degeneración de las creencias ancestrales más negativas, mayor cultura, y una influencia de los programas de conservación y educación ambiental que el país desarrolla. Por tanto es menos desfavorable el nivel de aceptación de este elemento de la fauna silvestre. Con relación a este proceso González (1997) considera que entre los opuestos máximos humanidad y naturaleza, el elemento mediador es la cultura. Así como que el pensamiento mítico procede de la toma de conciencia de ciertas oposiciones y por tanto tiende a su mediación progresiva.

Los resultados obtenidos con relación al nivel educacional y su incidencia en la percepción hacia los murciélagos refleja el generalizado desconocimiento de ambas comunidades y grupos seleccionados con relación a estos animales. De igual manera los resultados me indican que tan arraigados están estos mitos y falsos conceptos que rodean a este útil y necesario animal. Bastaría solo una frase de una de mis entrevistadas en la comunidad de San Vito para comprender cuanto nos falta por alcanzar en largo camino de la dignificación de los murciélagos. "No me imagino que a alguien se le ocurra hacer algo en este mundo para proteger a esos bichos de Satanás" (Doña Violeta).

Por tanto compartimos los criterios de Gámez (1997), con relación a que "la generación de conocimiento sobre la biodiversidad de Costa Rica debe ser por principio una obligación y responsabilidad del país. La información sobre la biodiversidad debe jugar un papel fundamental en la estimulación intelectual y en la identificación cultural de nuestra sociedad en general, pero en particular de nuestras comunidades rurales que son quienes están más cercanas y en contacto con la naturaleza y con nuestras áreas protegidas. Deben aprender a apreciarla y valorarla, al igual que se valora la escuela, la biblioteca pública, la iglesia o el mercado

Si consideramos el impacto que la población del cantón de Coto Brus tiene sobre múltiples recursos naturales y varias áreas de conservación, deberá ser una prioridad el implementar programas más holísticos de educación ambiental, con énfasis en la vida silvestre. En particular con relación a los murciélagos, dada su alta

incidencia con las principales actividades económicas del cantón (agricultura, forestal y ganadería), se debe hacer un esfuerzo por revertir el difícil y complejo panorama que será el modificar estas conductas. Para ello es necesario aprovechar todas las fortalezas con que cuentan, como son la excelente organización comunal en la mayoría de los núcleos poblacionales, así como las 102 escuelas y seis colegios del cantón.

### Conclusiones

Para Costa Rica, que se propone un enfoque de la conservación de la biodiversidad basado en la facilitación de su uso, estrategia fundamentada en los principios de salvar, conocer y utilizar, este tipo de estudios aporta elementos de gran utilidad. En tal sentido, reconoce que no es posible para una sociedad tener una verdadera apreciación del valor inherente de las especies y ecosistemas, si esta sociedad no tiene un conocimiento real de la biodiversidad que posee, nos permite impulsar experiencias similares que contribuyan al diseño de efectivos programas de educación ambiental.

En particular sería interesante conocer como otras comunidades perciben un elemento tan significativo de la fauna silvestre costarricense como son los murciélagos. Por otra parte la Reserva de la Biosfera de La Amistad, pudiera hacer uso de los modestos resultados obtenidos, en función de una gestión más eficiente de la vida silvestre. También recomendamos ampliar esta investigación a grupos metas más diversos, en particular a personas vinculadas a sectores productivos, educacional, de salud y conservación; de forma tal que se pueda corroborar los resultados obtenidos. Considero que sería de gran utilidad la realización de estudios similares para elementos singulares y polémicos de la fauna costarricense, como son los ofidios y las rapaces, tanto diurnas como nocturnas.

### Literatura Citada

Bernard, R.H. 1994. *Research Methods in Anthropology. Qualitative and Quantitative Approaches*. AltaMira Press, Walnut Creek, CA. Pág. 307.

Borrás, M.F. 1997. Estudio Comparativo de las Actitudes y Expectativas sobre el Medio Ambiente y la Conservación de los Pobladores de las Comunidades de Sabalito, La Lucha y Mellizas, Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica. En: M.E. Swisher, J.M.

Mora y J.C. Rodríguez, *Memorias del Curso de Agroecología-97*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.

Filion, F.L. 1987. Encuestas Humanas en la Gestión de Vida Silvestre. Pág. 463-477 en R. Rodríguez (ed.), *Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. 5a. ed. World Wildlife Fund, Bethesda, MD. Pág. 463-477.

Fournier, L.A. 1997. Recursos Forestales: Uso y Conservación. Pág. 80 en Academia Nacional de Ciencias, *Desarrollo Sostenible: La opción para Costa Rica*. Academia Nacional de Ciencias, San José, Costa Rica.

Gámez, R. 1997. La Biodiversidad Costarricense y su Papel en el Desarrollo del País. Pág. 67-76 en Academia Nacional de Ciencias, *Desarrollo Sostenible: La opción para Costa Rica*. Academia Nacional de Ciencias, San José, Costa Rica.

González, M.S. 1997. La Participación de las Mujeres en el Desarrollo Sostenible. Pág. 201 en Academia Nacional de Ciencias, *Desarrollo Sostenible: La opción para Costa Rica*. Academia Nacional de Ciencias, San José, Costa Rica.

Kricher, J. 1997. *A Neotropical Companion. An introduction to the Animals, Plants and Ecosystems of the New World Tropics*. Princeton University Press, New Brunswick, NJ. Pág. 129.

Mora, J.M. 1998. *Mamíferos Silvestres de Costa Rica*. EUNED. En prensa.

Mora, J.M. 1998. Comunicación personal. Catedrático de la Universidad Nacional de Costa Rica.

Murillo, L.F. 1997. El Dialogo Ambiental en Tiempos de la Participación. Pág. 37 En Organización para Estudios Tropicales, *Diálogo Ambiental en Comunidades Rurales. Experiencias Participativas de la OET*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.

Taylor, S.J. y R. Bogdan. 1996. *Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación*. Ediciones Pacidos Ibérica, Barcelona, España. Pág. 15-23.

## Anexo

### Pares de Frases, Escala de la Diferencia Semántica

Agradable	Desagradable
Dañino	Benéfico
Bueno	Malo
Odio	Amor
Necesario	Inecesario
Cruel	Amable
Oscuro	Claro
Lindo	Feo
Antipático	Simpático
Positivo	Negativo
Débil	Fuerte
Tonto	Sabio
Verdad	Mentira
Sucio	Limpio
Valioso	Inservible
Arisco	Cariñoso

### Frases Utilizadas en la Escala de Leikert

Los murciélagos son ratones voladores

Muchas plantas son polinizadas por los murciélagos

Los murciélagos causan enfermedades en hombres y animales.

Es necesario eliminar a los murciélagos.

Los murciélagos atraen malos espíritus al hogar.

Los murciélagos son muy peligrosos.

Mucha gente muere de rabia por culpa de los murciélagos.

Los murciélagos son especies de pájaros nocturnos.

La mayoría de los murciélagos son útiles.

Los agricultores tienen pérdidas por los murciélagos.

Se ven más murciélagos desde que la Reserva Biosfera La Amistad se creó.

Los murciélagos solo chupan sangre de los animales.

Todos los murciélagos son dañinos.

Los perros son mayores transmisores de rabia que los murciélagos.

Deberían existir programas para la protección de los murciélagos.

Los murciélagos destruyen las flores.

Los murciélagos son malos espíritus.

No se deben tocar los murciélagos.

Los murciélagos son útiles porque eliminan plagas dañinas.

La Reserva Biosfera La Amistad protegé a los murciélagos.

# Influencia del Tipo de Borde en la Depredación Potencial de Plagas por Aves en un Cultivo en Coto Brus, Costa Rica

Susan Swales

## Resumen

Algunos insectos plantean grandes problemas para los agricultores y por eso muchos de ellos recurren al uso de pesticidas para controlar estas plagas. El crecimiento de la consciencia de conservación del medio ambiente causa que muchas personas busque alternativas al uso de pesticidas. Los depredadores naturales de insectos como las aves son una alternativa. Los paisajes agrícolas son fragmentados y el hábitat para las aves y otras animales benéficos se perdió. Sin embargo, los bordes que existen cerca de las parcelas agrícolas suministrará hábitat para las aves. En este estudio examiné las relaciones entre los bordes y la distancia a este en seis parcelas para medir la depredación potencial de las aves en plagas del maíz. Usé plagas falsas en plantas de maíz para examinar los diferencias entre distancia del borde y entre bordes. Las líneas con las plagas falsas situado más lejos del borde tienen menor depredación que las líneas más cercanas. También las parcelas con los bordes de bosque tienen mayor depredación que las parcelas con borde de cerca viva. Estos resultados indican que distancia del borde y tipo de borde son factores importantes en la habilidad de las aves para depredar las plagas.

Palabras Claves: depredación, ecología de paisaje, bordes, aves, manejo de plagas

Apoyo Técnico: José Manuel Mora, Mickie Swisher, Juan Carlos Rodríguez

---

## Introducción

Los agroecosistemas son ecosistemas dominados por el hombre, intermedios entre los ecosistemas naturales y aquellos completamente artificiales tales como las ciudades (Odum, 1984). Los mismos flujos de energía y nutrientes que ocurren en los ecosistemas naturales continúan, pero más controlados y manejados, y el agricultor juega el papel de los herbívoros, depredadores y plagas en muchos agroecosistemas (Hart et al., 1989). Por lo tanto, los agroecosistemas tienen todas las propiedades de los ecosistemas naturales y se puede considerarlos como ecosistemas naturales simplificados y manejados por los seres humanos para sus propios fines.

La agroecología pretende analizar y mejorar los agroecosistemas por medio de un mejor entendimiento del funcionamiento de su ecología, combinando métodos de investigación y teorías de la ciencias agrícolas y naturales (Gleissman, 1989). Sin embargo, aunque los agroecosistemas son más simples que los ecosistemas naturales, las grandes complejidades de los factores naturales y sociales integrados en el agroecosistema se hacen difíciles de manejar en los estudios ecológicos (Gleissman, 1989).

La ecología del paisaje es un enfoque que combina las teorías de la ecología con varias medidas de la forma paisaje, función y estructura del paisaje para mejor comprender las interrelaciones entre su arreglo espacial y los flujos de materia y energía en el sistema (Forman, 1991). En general, podemos considerar que un paisaje incluye tres elementos claves. La matriz es el uso predominante en una región determinada. Dentro de la matriz en los paisajes alterados por las actividades humanas, casi siempre se encuentran islas o parches de usos que difieren de la matriz. Parches remanentes de bosque dentro de un paisaje dominado por uso agrícola son un ejemplo. Comúnmente corredores conectan las islas. Las cercas vivas, por ejemplo pueden conectar islas de bosque que permanecen en una zona dominados por pastos u otras tierras agrícolas. Por esto, los métodos y la teoría de la ecología de paisajes pueden ser útiles en el estudio de los agroecosistemas.

En general, se postula que el arreglo espacial del paisaje es un factor que determina la estructura y la función de las poblaciones de animales y de comunidades. Un paisaje homogéneo crea condiciones de hábitat idénticas para todo el área. Por lo tanto, en un paisaje homogéneo la población de individuos debe exhibir características iguales en cuanto a su estructura y densidad, y

la probabilidad de encontrar una especie cualquiera debe ser constante en cualquier punto en este, no importa de donde se saca una muestra (Dobrowolski et al., 1993). Las barreras desbaratan la homogeneidad del paisaje, lo cual pueda producir una heterogeneidad en el paisaje. Esta heterogeneidad consiste en parches caracterizados por calidades, formas y áreas diferentes (Dobrowolski et al., 1993). Por lo tanto, lo que debe proceder es que los parches variados de los paisajes heterogéneos estarán habitados por animales, poblaciones y comunidades diferentes. En un paisaje con muchos parches esparcidos, la distancia entre los parches afecta las poblaciones de flora y fauna y por lo tanto la biodiversidad en general. También el tamaño de la unidad del paisaje afecta la composición del ecosistema y las poblaciones de especies generalistas tiendan a crecer en paisajes con unidades finas (pequeñas), mientras que las poblaciones de las especies especialistas disminuyen (Forman, 1991). Sin embargo, a una escala mayor, los efectos locales de las unidades finas pueden desaparecer, dejando un paisaje a la escala más grande que es efectivamente homogéneo en términos de la totalidad de las poblaciones de organismos que se sostienen.

Las áreas naturales tienen efectos directos e indirectos en los agroecosistemas (Carroll, 1990). Los efectos pueden ser positivos, tales como la protección del agua, un mejor microclima, un aumento del reciclamiento de nutrientes y un aumento en las hábitats para animales que pueden ayudar en el control de los insectos en los agroecosistemas (Ryszkowski, 1976; Carroll, 1990). Las características de las áreas naturales son basadas en la forma y el tamaño de sus unidades. Por ejemplo, las áreas circulares tienen una mayor proporción de área interior a bordes que las áreas cuadradas (Forman, 1990). Adicionalmente, la biodiversidad es mayor en los bordes de áreas naturales. Este efecto de bordes es basado en la complejidad y la estructura de los hábitats accesibles (Forman, 1990).

Estas áreas naturales encubren una alta biodiversidad de insectos y aves que pueden invadir el agroecosistema y convertirse en plagas (Ryszkowski, 1976). Algunos estudios en los Estados Unidos indican que la depredación de las aves sobre las especies plagas es mayor que el daño a los cultivos causado por las aves (Kirk et al., 1990). Dichos estudios con tordo sargento (*Agelaius phoeniceus*) muestran que la proporción de depredación en los agroecosistemas disminuye con la distancia de la

Distancia del Borde	No. de Picoteos por Parcela						Total
	Bosque Primario		Bosque Secundario		Cerca Viva		
	1	2	3	4	5	6	
12 metros	21	34	26	27	27	18	153
36 metros	20	26	21	31	26	15	139
60 metros	27	15	9	25	18	17	111
<b>Total</b>	<b>68</b>	<b>75</b>	<b>56</b>	<b>83</b>	<b>71</b>	<b>50</b>	<b>403</b>

Tabla 1. Frecuencia de Picoteos por Aves sobre Gusanos en Seis Parcelas de Maíz con Bordes Diferentes y a Tres Distancias del Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

percha. Así mismo, dichos estudios muestran la proporción de plagas aumenta con distancia de la percha (Kirk et al., 1990). Pocas aves usan las parcelas agrícolas para nidos ya que los bosques, los parches y las cercas vivas son mejores hábitats. Las aves están limitadas en cuanto a la distancia que ellas pueden volar en la búsqueda de alimento, especialmente durante la época de cría, cuando los polluelos requieren alimentos y cuando su territorio debe ser protegido (Kirk, et al., 1990).

En este estudio, combiné los enfoques de la agroecología y la ecología de paisajes para examinar las interacciones entre aves depredadores y fuentes de alimentación en paisajes fragmentados, enfatizando la tasa de depredación por aves. El estudio incluye varias parcelas de maíz rodeadas por diferentes tipos de bordes, bosque primario, bosque secundario y cerca viva, para evaluar la interacción entre tipo de borde, distancia del borde y tasa de depredación por aves. El objetivo principal del estudio es conocer la dinámica de depredación de aves sobre especies plagas en parcelas que tienen bordes diferentes y a varias distancias del borde. La hipótesis nula es que la proporción de depredación será la misma en todas las parcelas y será la misma indiferentemente de las distancias desde los bordes y las cercas.

### Metodología

Seleccioné seis parcelas de maíz en tres series con bordes similares. Dos parcelas tenían bordes con cerca viva como caña india (*Dracaena fragans*), Itabo (*Yucca elephantipes*), y plátano (*Musa sp.*) (Parcelas 5 y 6). Dos parcelas tenían borde de bosque secundario (Parcelas 3 y 4), y las otras dos parcelas tenían borde de bosque primario (Parcelas 1 y 2). Todas las parcelas están situadas en el área de Coto Brus, Costa Rica. Las parcelas incluidas en este estudio tienen un policultura de maíz y café, aunque una de las parcelas tiene con



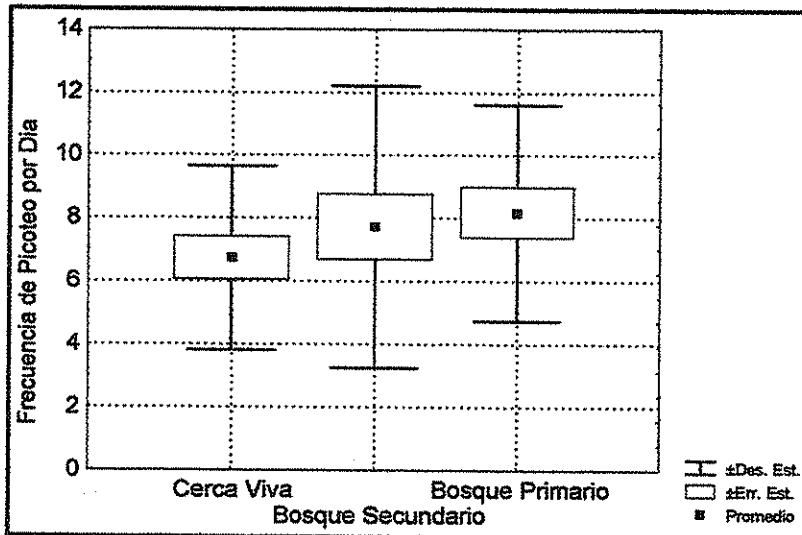


Figura 1. Frecuencia de Picoteo por Día en Parcelas con Tres Tipos de Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

monocultivo de maíz (Parcela 2). El café tiene menos de un metro de altura en todas las parcelas. Tracé transectos de faja en las parcelas con dimensiones de dos m de largo y diez m de longitud, con 24 m entre cada transecto (Krebs, 1989). Elaboré plagas falsas (gusanos) hechas de plasticina y con la apariencia de *Spodoptera sp.*, que es una plaga común en maíz en Costa Rica (King y Saunders, 1984). Los gusanos los pegué encima de las hojas con pegamento "crazy glue". Usé hojas con daño de gusanos (huecos) para imitar condiciones naturales que pudo atraer a las aves. Cuando una ave intentó comer el gusano, no pudo removerlo y dejó una impresión del pico en la plasticina. Este método fue desarrollado por Daniella Rode en un estudio similar sobre la depredación de las aves en parcelas con monocultivos y policultivos en la misma región de mi estudio (Rode, 1997). Hubo un número igual de gusanos en cada parcela (90) y la densidad de gusanos por planta de maíz también fue igual (tres por planta).

Revisé los transectos y conté el número de gusanos que los aves intentaron comer durante tres días consecutivos. El total de marcas indicaron la proporción de depredación en la parcela. La proporción de marcas la conté según la distancia del borde para determinar la distancia que las aves viajan por alimento en éstas parcelas agrícolas. Conté el número total de gusanos con picoteos para cada parcela y para cada serie, y calculé la proporción de depredación en relación al tipo de borde y distancia del borde.

Analiqué la proporción de depredación en cada parcela, mediante pruebas de t-student y chi-cuadrado para determinar la importancia de distancia del borde. También hice una comparación de la depredación entre las series de las parcelas para determinar la importancia de los diferentes bordes. Además, hice un censo de las aves en el borde de cada parcela en dos días para determinar los tipos de aves que pueden visitar las parcelas (Brower et al., 1977). En los censos registré las especies de aves, el número de individuos el tipo de hábitat y el tipo de la alimento más frecuente.

## Resultados

En general hubo una depredación significativa sobre las falsas plagas en todas las parcelas (Tabla 1). La Parcela 4 (borde de bosque secundario) tiene más picoteos que las otras parcelas, y la Parcela 6 (borde de cerca viva) fue la que tuvo menos. La Parcela 2 fue cortada durante el segundo día de investigación y perdí tres plantas. Debido a lo anterior es posible que el número de picoteos en la Parcela 2 pudo haber sido a mayor que aquí informado.

La frecuencia total de depredación en las parcelas con bordes de bosque primario fue de 143. Por otro lado, la depredación en las parcelas adyacentes al bosque secundario fue 139, y en aquellas adyacentes cercas vivas fue 121 (Figura 1). La frecuencia de depredación fue similar en las parcelas tomando en cuenta los tres tipos de bordes ( $X^2=1.93$ ,  $p=0.38$ ). Sin embargo, al combinar los dos tipos de borde boscoso (bosque primario y bosque secundario) en una sola categoría, se manifiesta una tendencia a ser diferente por tipo de borde ( $X^2=1.82$ ,  $p=0.18$ ), en donde el nivel más alto de depredación se dio en parcelas con borde de bosque en relación a las parcelas con borde de cerca viva.

La frecuencia de picoteo fue significativamente diferente con distancia del borde ( $X^2=6.40$ ,  $p=0.04$ ), siendo mayor a 12 m ( $p=0.08$ ) y a 36 m ( $p=0.09$ ) que a 69 m (Figura 2). Hubo una excepción; en una parcela, una percha (un árbol) fue accesible a las aves y por esto hubo una mayor frecuencia en esta parcela aunque tenía borde de cerca viva. Sin embargo, esta excepción no afectó significativamente la relación entre distancia del

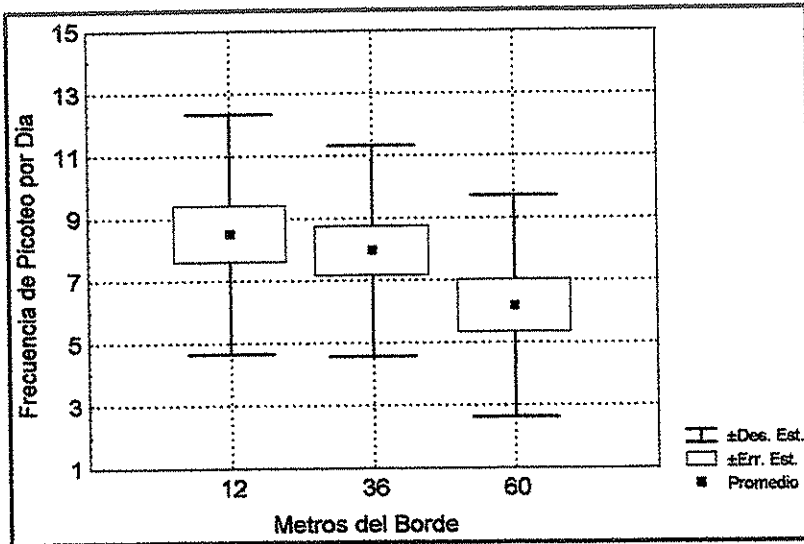


Figura 2. Frecuencia de Picoteo por Día Según Distancia del Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

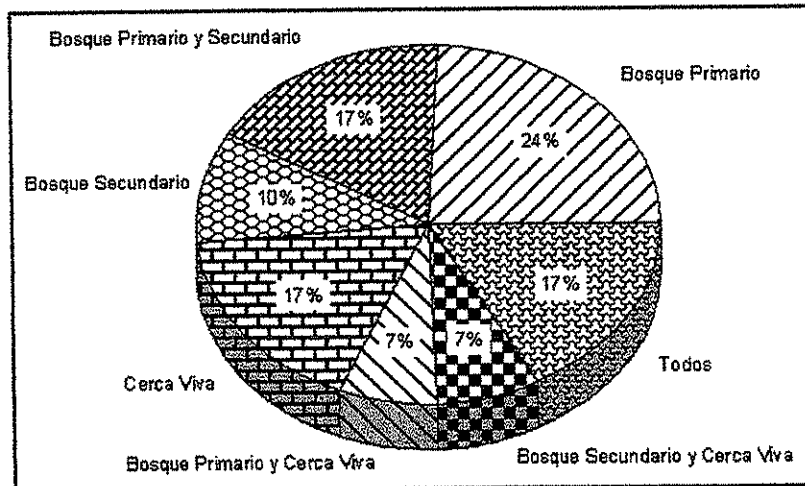


Figura 3. Porcentaje de Especies Observadas en Seis Parcelas de Maíz con Diferentes Tipos de Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

	Bosque Primario		Bosque Secundario		Cerca Viva	
	1	2	3	4	5	6
No. de Especies	12	3	9	11	11	8
No. de Individuos	25	6	22	33	21	20

Tabla 2. Número de Especies y Número de Individuos Observados en Parcelas con Tres Tipos de Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

borde y frecuencia de depredación.

Durante el censo de aves encontré un número diferente de especies y número de individuos en las varias parcelas (Tabla 2). Encontré 20 especies en bosque secundario,

15 especies en el bosque primario y 19 especies en las parcelas con cerca vivas. Del total de 29 especies observadas en los dos días del censo, 13 especies aparecieron en parcelas con diferentes tipos de borde (Figura 3). De las 29 especies observadas, solamente cinco se restringieron al hábitat de cerca viva. Las otras 24 utilizaron el hábitat del bosque (primario, secundario o los dos). Los datos obtenidos durante los censos los incluyo en el Anexo A. En total, 61% de las aves prefiere áreas abiertas, 35% utilizan tanto áreas abiertas como áreas boscosas y 4% fueron aves aérea (vuelan alto y se encuentran donde sea, independientemente del hábitat) (Figura 4). Los alimentos de las especies observada varían (Tabla 3), pero las especies de insectívoros y granívoros representan 62% de las especies observadas (Figura 5). Es notoria la observación de dos individuos de *Cloropinae pliautus*, una especie frutívora, que comieron una larva grande cada uno.

### Discusión

Varias formas, tamaños y tipos de parches existen en el paisaje fragmentado en Coto Brus, Costa Rica. La mayor parte de las fincas en Costa Rica tienen algún tipo de cerca, sobre todo cercas vivas. Unas cuantas fincas tienen bordes con bosque secundario y muy raramente con bosque primario. Aunque este estudio indica que la frecuencia de depredación es más alta en parcelas con borde de bosque primario, seguida por bosque secundario y finalmente por borde de cerca viva, el tipo del bosque puede no ser importante. En realidad ambos bosques, primario y secundario, suministran hábitats ideales para las aves, las cuales usan el bosque para protección y para perchas cuando ellos buscan alimentos (Kirk et al., 1996).

Los bordes de cercas vivas tienen una frecuencia baja de depredación, aunque ellos suministran una percha suficiente por las aves para forrajear en las parcelas cercanas (Kirk et al., 1996). Las cercas vivas no sumi-

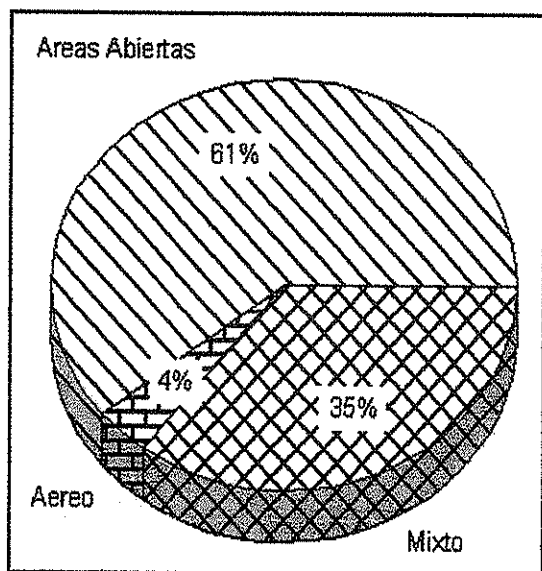


Figura 4. Hábitat Común de las Especies de Aves Observadas en Seis Parcelas de Maíz con Diferentes Tipos de Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

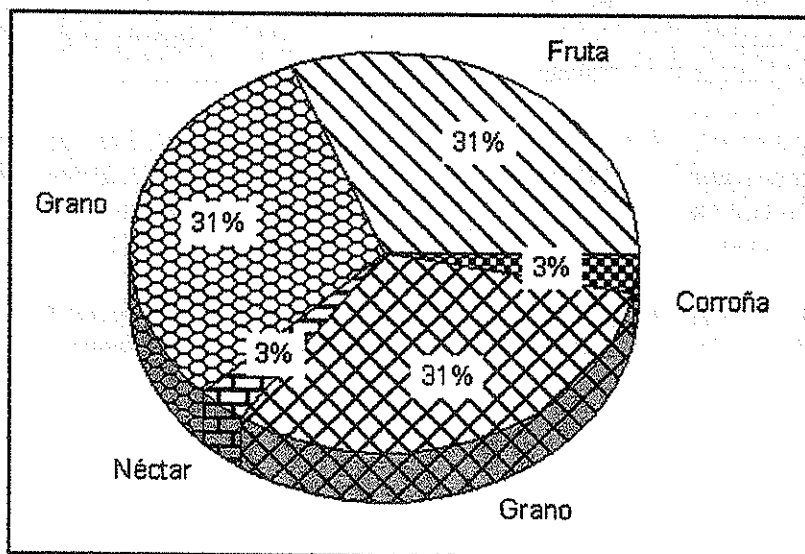


Figura 5. Tipo de Alimento Preferido por las Especies de Aves Observadas en Seis Parcelas de Maíz con Diferentes Tipos de Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Tipo de Borde	No. de Especies, Según Tipo de Alimento					Total
	Fruta	Grano	Insecto	Carroña	Néctar	
Bosque Primario	7	4	3	1	1	15
Bosque Secundario	9	4	6	1	0	20
Cerca Viva	5	8	5	1	0	19

Tabla 3. Tipo de Alimento Consumido por las Especies de Aves Observadas en Seis Parcelas de Maíz, Coto Brus, Costa Rica, 1998

nistran un hábitat suficiente para funciones primordiales como nidación. Por lo tanto, los bosques son muy importantes en el suministro de hábitat para las aves independientemente de donde forrajeen las aves (Ryszkowski, 1976).

El censo de las aves mostró que la mayor parte de aves encontradas comen frutas (Figura 3). El bosque secundario tiene un número mayor de especies y de individuos que el bosque primario. Las aves en el borde de las cercas vivas usan las cercas como perchas y tal vez para alimento, pero ellas probablemente vivan en otro lugar. Los agricultores dicen que hay menos aves en esta época, lo cual es cierto ya que no hay especies migratorias todavía. También, algunos agricultores creen que las aves son responsables para muchos daños en los cultivos.

La segunda pregunta planteada fue referente a las diferencias en la distancia del borde en las parcelas. La frecuencia de depredación disminuye con mayor distancia de una percha, como se revela en los resultados de número total de picoteos según distancia del borde. Las aves usan los bordes activamente, utilizando las cercas como perchas mientras buscan alimentos. Entre más cerca a la presa está la percha, es más probable que una ave intente comerla porque las aves son limitados en cuanto a la distancia que pueden volar para la búsqueda de alimentos. Por tanto, la frecuencia de depredación disminuye con distancia del borde. Además, la distancia del borde debe ser el factor más importante entre ellos considerados en este estudio.

Según los resultados de varios estudios, el tamaño de la unidad de paisaje tiende a ser un factor importante para aves. Farina (1996) encontró que las aves emigran por el paisaje usando varios recursos durante las diferentes épocas. Además, la po-

blación de aves en una región se mantiene relativamente constante mientras que el número de aves encontradas en un área específico fluctúa. Los flujos de recursos accesibles determinan las actividades de las aves (Farina, 1996). Lo mismo se encontró en este estudio; las aves depredaban un mayor número de gusanos falsos en las líneas de maíz más cercano a sus perchas. Es decir, las aves presentes en una parcela se concentran en áreas específicas de la parcela caracterizadas por la alta disponibilidad de recursos. Así mismo, la disponibilidad de recursos críticos a un nivel mayor que la parcela juega un papel determinante en la utilización de tierras agrícolas por las aves. Sin una disponibilidad adecuada de los recursos que les proveen protección y perchas, por ejemplo, las aves no podrían aprovechar los recursos disponibles dentro de una parcela. Sea como sea, si no hay un hábitat apropiado, las aves no estarán presentes.

### Conclusión

Medir el total de depredación de plagas agrícolas es difícil. Sin embargo, se conoce muy bien el papel de las aves en el manejo de las plagas agrícolas. El factor más importante y la mayor limitación en cuanto a la depredación en este estudio fue la distancia del borde. Así mismo, en los paisajes fragmentados los bosques son críticos porque proveen un hábitat saludable para las poblaciones de aves que usan las parcelas cercanas y que puedan reducir las plagas agrícolas. Tanto los bordes como los bosques influyen la diversidad biológica y la abundancia de animales, los cuales pueden beneficiar o dañar la agricultura. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que la distancia entre el borde y el recurso alimenticio es el factor de mayor importancia en la frecuencia de depredación en parcelas agrícolas por las aves.

### Literatura Citada

Brower, J. E., J.H. Zar y C.N. von Ende. 1977. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Wm. Brown Publishing, Dubuque, Iowa. Pgs. 87 - 88.

Carroll, C.R. 1990. The Interface between Natural Areas and Agroecosystems. Pgs. 365-370 en C.R. Carroll, J. Vandermeer y P. Rosset (eds.), *Agroecology*. McGraw Hill, New York, NY.

Dobrowolski, K., A. Banch, A. Kozakiewicz y M. Kozakiewicz. 1993. Effect of Habitat Barriers on Animal Populations and Communities in Heterogeneous Landscapes. Pgs. 61-70 en R.G.H. Bunce, L. Ryszkowski y M.G. Paoletti (eds.), *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Farina, A. 1993. Bird Fauna in the Changing Agricultural Landscape. Pgs. 159-167 en R.G.H. Bunce, L. Ryszkowski y M.G. Paoletti (eds.), *Landscape Ecology and Agroecosystems*. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.

Forman, R.T.T. 1990. Ecologically Sustainable Landscapes: The role of Spatial Configuration. Pgs. 261-277 en I.S. Zonneveld y R.T.T. Forman (eds.), *Changing Landscapes: An Ecological Perspective*. Springer-Verlag, New York, NY.

Gleissman, S.R. 1989. Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture. Pgs. 3-10 en S.R. Gleissman (ed.), *Agroecology*. Springer-Verlag, New York, NY.

Hart, R. 1989. Agroecosystem Determinants. Pgs 105-119 en R. Lowrance, R.R. Stinner y G.J. House (eds.), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. John Wiley and Sons, New York, NY.

King, A.B.S. y J.L. Saunders. 1984. *The Invertebrate Pests of Annual Food Crops in Central America*. Centro Agronomico Tropical de Investigacion y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Kirk, D.A., M.A. Evenden y P. Mineau. 1996. Past and Current Attempts to Evaluate the Role of Birds as Predators of Insect Pests in Temperate Agriculture. *Current Ornithology* 13:175-269.

Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper and Row Publishers, New York, NY. Pg. 113-122.

Odum, E. 1984. Properties of Agroecosystems. Pgs. 5 - 11 en R. Lowrance, R.R. Stinner y G.J. House (eds.), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. John Wiley and Sons, New York, NY.

Rode, D. 1997. El Papel de la Comunidad de Aves en el Control de Plagas de Invertebrados en Agroeco-

sistemas con Diferente Grado de Diversificación Florística y Estructural. Pgs. 123-127 en M. E. Swisher, J.M. Mora y J. C. Rodríguez (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 97*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.

Ryszkowski, J. y I. Karg. 1976. The Role of Shelterbelts in Agricultural Landscapes. Pgs. 305-309 En R. Lowrance, R.R. Stinner y G.J. House (eds.), *Agricultural Ecosystems: Unifying Concepts*. John Wiley and Sons, New York, NY.

Anexo

Lista de Especies de Aves Observadas en las Seis Parcelas con su Hábitat Principal y Tipo de Alimento Preferido, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Especie	Hábitat Principal	Alimento	No. de Individuos por Parcela						Total	
			Bosque		Bosque		Cerca Viva			
			Primario	Secundario	Primario	Secundario	1	2		
1	2	3	4	5	6					
<i>Arremonopi conirostris</i>	Areas Abiertas	Granos		1		1		1		3
<i>Cathartes aura</i>	Aereo	Carroñas		2					1	3
<i>Clorophanes spita</i>	Mixto	Frutas						4		4
<i>Clorospingus pileatus</i>	Mixto	Frutas						5		5
<i>Coereba flaucoala</i>	Mixto	Néctar				1				1
<i>Columbina talpacoti</i>	Areas Abiertas	Granos		2						2
<i>Dacnis venusta</i>	Mixto	Frutas	2					1		3
<i>Elaenia chiriguensis</i>	Mixto	Insectos				1		1		2
<i>Elaenia flavogaster</i>	Areas Abiertas	Insectos	1							1
<i>Empidonax flaviventris</i>	Areas Abiertas	Insectos							3	3
<i>Leptotilcus verreauxi</i>	Areas Abiertas	Granos				1		1		2
<i>Melanerpes auricapillus</i>	Mixto	Insectos		1	1					2
<i>Molothrus aeneus</i>	Areas Abiertas	Granos	3							3
<i>Pitangus sulphuratus</i>	Areas Abiertas	Insectos	1							1
<i>Ptilopus plumbeus</i>	Mixto	Insectos						2		2
<i>Ramphocelus passerinii</i>	Areas Abiertas	Frutas	3		4	2		1		10
<i>Saltator maximus</i>	Mixto	Frutas	1	2	1	3		1		8
<i>Sporophila nigricollis</i>	Areas Abiertas	Granos		2	3					5
<i>Sporophila aurita</i>	Areas Abiertas	Granos	3							3
<i>Tangara icterocephala</i>	Mixto	Frutas						1		1
<i>Tangara larvata</i>	Mixto	Frutas			1	1				2
<i>Thraupis episcopus</i>	Areas Abiertas	Frutas	4			6				10
<i>Triaris olivacea</i>	Areas Abiertas	Granos		9	2			2	2	15
<i>Troglodytes aedon</i>	Areas Abiertas	Insectos	1		5	11				17
<i>Trypanis melancholicus</i>	Areas Abiertas	Insectos	1		4					5
<i>Turdus grayi</i>	Areas Abiertas	Frutas	1		1	3		5		10
<i>Volatinia jacarina</i>	Areas Abiertas	Granos	1							1
<i>Zimmerius vellisimus</i>	Mixto	Insectos				3				3
<i>Zonotrichia capensis</i>	Areas Abiertas	Granos		1						1
<b>Total</b>			<b>22</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>33</b>	<b>20</b>	<b>6</b>		<b>123</b>

# Estudio Comparativo de Tres Sistemas de Cultivo Utilizando Algunos Aspectos de Ecología de Suelos como Posibles Indicadores de Sostenibilidad en San Vito, Coto Brus

Ruth Rodríguez

## Resumen

Realicé el presente estudio la Finca Loma Linda, ubicada en Cañas Gordas, región de San Vito, Coto Brus, Costa Rica. Mi objetivo fue comparar tres diferentes cultivos en cuanto a seis factores experimentales relacionados a la ecología del suelo y analizar las interrelaciones entre estos factores. Seleccioné tres sistemas, todos dentro de la misma finca, para el estudio: (1) *Mucuna sp.*, (2) pasto king grass y (3) mixto (pasto + mucuna + otras plantas). En cada sistema evalué seis variables principales: (1) emisiones de CO<sub>2</sub>/día/m<sup>2</sup>, (2) población de macroartrópodos y (3) resistencia del suelo a la penetración, (4) biomasa aérea total del cultivo, (5) biomasa de raíces y (6) biomasa de mantillo. Los resultados de biomasa de raíces revelaron promedios mayores para todos los cultivos acumuladas entre los 0 y 10 cm de profundidad. La cantidad de CO<sub>2</sub> emitido fue mayor para el cultivo mixto y la resistencia a la penetración presentó una variación paralela a las emisiones de CO<sub>2</sub>. En general las condiciones de cultivo mixto (mucuna + pasto + otras) ofrecen características más favorables en términos de diversidad biológica que el monocultivo de mucuna o pasto.

Palabras Claves: ecología de suelo, respiración, macrofauna, leguminosa, pasto

Apoyo Técnico: Miki Swisher, Darryl Cole, José Manuel Mora, Monika Springer

---

---

## Introducción

Estudiar la sostenibilidad de un agroecosistema implica desarrollar métodos que nos permitan determinar su capacidad de automantenimiento a mediano y largo plazo. En este sentido, el estudio del suelo como un ente dinámico interactuante con los demás componentes del agroecosistema es de gran relevancia. Por medio de un mejor entendimiento de las interrelaciones entre factores tales como la población de macrofauna del suelo, el reciclaje de nutrientes y diferentes tipos de manejo, podemos contribuir al diseño de agroecosistemas con mayor capacidad de automantenimiento. Sin embargo, en los estudios de los agroecosistemas los aspectos biológicos del suelo son dejados de lado muchas veces y se les da mayor importancia a los aspectos físico-químicos del mismo. Este estudio es enfocado hacia los aspectos biológicos del suelo.

Según Parr et al. (1994), la agricultura moderna debe hacer énfasis en la preservación de la biodiversidad vegetal y animal, pues de ella depende su posibilidad de uso futuro. En el agroecosistema la biodiversidad interviene en el reciclaje de nutrientes del suelo, ayuda a controlar el microclima y regula los procesos hidro-

lógicos (Gómez, 1998). En un suelo normal y no perturbado, hay muchas especies, con pocos individuos por especie, porque existe una gran presión interespecífica. La autorregulación que presentan las comunidades naturales se pierde cuando el hombre las modifica mediante la destrucción del frágil equilibrio de sus interacciones (Gómez, 1998). En suelos con condiciones extremas, hay pocas especies y muchos individuos de cada una porque la presión interespecífica es débil. La simplificación de la biodiversidad alcanza su punto extremo en los monocultivos agrícolas.

Cerca de un 15% de la biomasa total del suelo está compuesta por fauna; artrópodos, protozoarios, nematodos y lombrices (Jeffrey, 1987). La diversidad de los organismos presentes en el suelo está ligada a la cantidad de materia orgánica en descomposición (Gómez, 1998). Persson (1980) nota que la importancia de los invertebrados en la población de descomponedores es variable, pero este autor indica que los invertebrados pueden ser de 1 a 30% de la comunidad de descomponedores. Otros autores, como Seastedt (1984) y Anderson (1988), opinan que hasta un 68% de los descomponedores pueden ser invertebrados. En pruebas de simulación se ha encontrado una relación importante de la fauna del

suelo con los procesos del mismo. Se ha encontrado que la presencia de comunidades animales diversas, independiente de la estructura del suelo, aumentan la tasa de descomposición en comparación con tratamientos que contenían sólo descomponedores microbianos (Casanova, 1994). La funcionalidad antes y después de disturbarse es altamente gobernado por la dinámica microbiana del suelo y la fauna microbiana juega un papel importante en la descomposición de tejido y en el reciclamiento de nutrientes (Smith y Paul, 1989).

Las funciones de los macroinvertebrados del suelo depende de sus hábitos alimentarios y de su distribución vertical en el suelo (Lavelle, 1988). A su vez, las funciones de los macroinvertebrados del suelo dependen de sus hábitos alimentarios y de su distribución vertical en el suelo, aunque todas las poblaciones decrecen con mayor profundidad (Turco et al., 1994). Según Lavelle (1988), las termitas y las lombrices deben ser consideradas en las prácticas del manejo del suelo debido a su importancia. Las termitas pueden ingerir una cantidad importante de la producción, de hasta un 70% en algunos casos (Lavelle, 1988). Se cree que las lombrices son las más efectivas mejoradores del suelo. Aparte de remover el suelo, las lombrices poseen glándulas calcíferas que neutralizan el ambiente. Como resultado, sus excrementos son ricos en calcio.

Las lombrices y muchos otros organismos o grupos de organismos son usados como indicadores ecológicos. También se puede usar los organismos del suelo para identificar suelos disturbados o contaminados porque las prácticas de manejo del suelo influyen en la actividad microbiana y de los macroinvertebrados. Por ejemplo, las lombrices son sensibles a pH bajos (Bersch, 1995). Además, se han encontrado una relación entre los animales que habitan un cierto tipo de suelo y sus condiciones edafológicas. Un ejemplo de ello es que a medida que el suelo empeora en sus condiciones físicas y químicas, la relación ácaros-colémbolos disminuye (Primavesi, 1980). La diversidad microbiana del suelo declina como resultado del estrés ambiental. Así las mediciones de biomasa microbiana son utilizadas para estimar el estado biológico del suelo en general (Turco et al., 1994).

Variable	Grados de Libertad	Valor de F	Valor de p
Biomasa de Mantillo	2	20.5	<0.01
Emisión de CO <sub>2</sub>	2	13.1	<0.01
Resistencia a Penetración	2	113.5	<0.01
Biomasa de Raíces, 0-10 cm	2	10	<0.01
Biomasa de Raíces, 10-20 cm	2	2.8	0.08
No. de Géneros, Mantillo	2	5.2	0.01
No. de Géneros, 0-10 cm	2	0.6	0.54
No. de Géneros, 10-20 cm	2	2.3	0.12
No. de Individuos, Mantillo	2	4.5	0.02
No. de Individuos, 0-10 cm	2	0.2	0.80
No. de Individuos, 10-20 cm	2	1.7	0.20

**Tabla 1. Resultados de Análisis de Varianza para las Doce Variables Dependientes y los Tres Tratamientos, Coto Brus, Costa Rica, 1998**

Para proveer un mejor entendimiento de la microbiología del suelo y la calidad del mismo, es necesario conocer tanto la biomasa como el estado y la función de la fauna presente. La macrofauna se puede contar y identificar según su papel ecológico. Estimar la biomasa y estado de la fauna microbiana es más difícil. Medición de la cantidad de CO<sub>2</sub> puede proveer un método para relacionar ambos, tamaño y actividad de la biomasa microbiana. Esto permite hacer una estimación de los efectos de los cambios ambientales sobre las poblaciones de organismos (Anderson y Domsch, 1990). La cantidad de CO<sub>2</sub> puede ser un fuerte indicador de los efectos del medio ambiente en la población microbiana y es un indicador sensible a los sistemas de cultivo (monocultivo versus policultivo) y regímenes de temperatura (Turco et al., 1994).

Los objetivos del presente trabajo son: (1) evaluar algunos parámetros de ecología del suelo como indicadores de sostenibilidad en tres sistemas de cultivo diferentes, (2) comparar tres tipos de agroecosistemas en cuanto a diferentes factores que se encuentran relacionados entre si y (c) evaluar la utilidad de estos factores como posibles indicadores de la estabilidad, productividad y capacidad de automantenimiento del agroecosistema. Mi hipótesis fue que los sistemas de policultivo con leguminosas asociadas presentarán mejores características de suelo y mayor cantidad y diversidad de organismos que los sistemas no asociados.

### Metodología

Realicé la investigación en Finca Loma Linda, ubicada en el Distrito de Cañas Gordas, Cantón de Coto Brus,



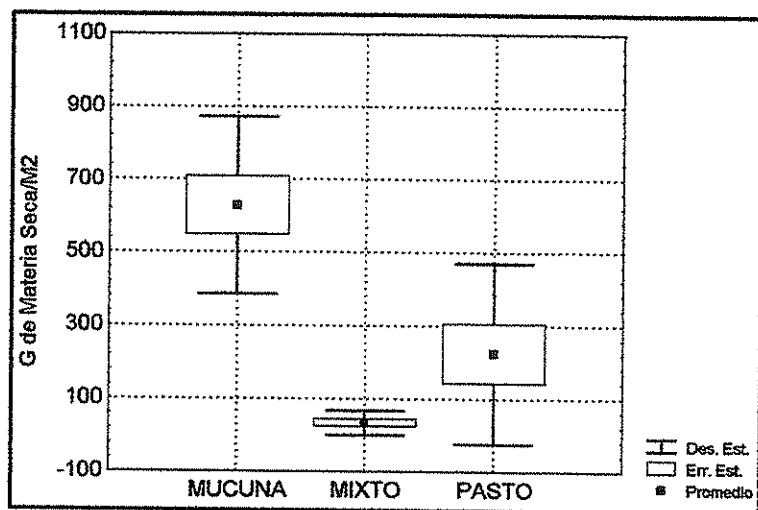


Figura 1. Mantillo Acumulado en los Tres Tratamientos, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Costa Rica, a 08° 50' N y 82° 59' W. El Cantón de Coto Brus está dividido en cuatro distritos y su cabecera es San Vito, la cual cuenta con un área de 933.9 km<sup>2</sup> y una población de 42,331 habitantes (Chinchilla, 1987). La temperatura promedio anual del lugar es de 22.5 °C (Herrera, 1985). La precipitación promedio anual es de 3,600 mm y la latitud es de 1,200 msnm. La zona de vida según la clasificación de Holdridge corresponde a Bosque Húmedo Premontano (Gómez, 1986). Los suelos son moderadamente fértiles Andisoles (Bertsch, 1995).

Seleccioné tres sistemas diferentes de cultivo para este estudio: (1) un monocultivo de *Mucuna* sp., (2) un monocultivo de *Pennisetum purpureum* var. king grass y (3) un policultivo (*Mucuna* + king grass + otras plantas). Dentro de cada sistema (tratamiento) hubo tres repeticiones. Realicé un muestreo sistemático al azar para determinar los puntos de muestreo para las variables dependientes, ubicando tres puntos equidistantes de muestreo para cada repetición. Utilicé análisis de varianza con tres tratamientos y tres repeticiones para detectar diferencias entre promedios (Steel y Torrie, 1988). Utilicé la prueba de Duncan para determinar cuales tratamientos eran diferentes cuando encontré diferencias significativas entre las medias de los tratamientos. Las variables dependientes que evalué fueron: (1) resistencia del suelo a la penetración; (2) emisión de CO<sub>2</sub>; número de géneros de macrofauna del suelo en (3) el mantillo, (4) de 0 a 10 cm y (5) de 10 a 20 cm; número de individuos de macrofauna del suelo en (6) el mantillo, (7) de 0 a 10 cm y (8) de 10 a 20

cm); (9) biomasa de mantillo, (10) biomasa aérea y biomasa de raíces en profundidades de (11) 0-10 y (12) 10-20 cm.

Utilicé un marco de 0.25 m x 0.25 m x 0.10 m para determinar la biomasa aérea de las plantas y la biomasa de mantillo. Luego sequé las muestras al horno a 65 °C hasta obtener un peso constante para determinar su peso seco. Para medir la biomasa de raíces, saqué un bloque de suelo de 12.5 x 12.5 cm en dos profundidades, 0-10 y 10-20 cm. Luego separé las raíces del suelo por medio de un tamiz, las lavé y las sequé en estufa hasta peso constante. Recolecté la macrofauna presente en las muestras del suelo y identifiqué los individuos a nivel de orden. Determiné la resistencia a la penetración del suelo en cada punto de muestreo. Para

estimar las emisiones de CO<sub>2</sub>, utilicé el método de sistema cerrado (Stotzky, 1965). Para esto, coloqué envases plásticos en el campo con un atrapante de CO<sub>2</sub> (30 ml de NaOH 0.2 N), introduciendo los envases aproximadamente a cinco cm del suelo. Tapé los envases con un balde invertido por un período de 24 hr, según la metodología de Szott (1997).

## Resultados

Hubo diferencias significativas entre tratamientos ( $p < 0.10$ ) en cuanto a todas las variables independientes con las excepciones del (1) número de géneros de macrofauna del suelo en la profundidad de 0 a 10 cm, (2) número de individuos de macrofauna del suelo en la profundidad de 0 a 10 cm y (3) número de individuos de macrofauna del suelo en la profundidad de 10 a 20 cm (Tabla 1). En general, las diferencias fueron altamente significativas. Excepto para una variable, en todos los casos donde las diferencias fueron significativas el valor de  $p$  fue menos de 0.05. Para la variable de biomasa de raíces a una profundidad de 10 a 20 cm, el valor de  $p$  fue 0.08.

En cuanto al mantillo acumulado, mucuna sola presentó la mayor cantidad de mantillo acumulado, 628.1 g M.S./m<sup>2</sup> (Figura 1). Este fue significativamente superior al mantillo producido en el sistema mixto, 33.9 g M.S./m<sup>2</sup> ( $p < 0.01$ ), y al producido por el pasto sólo, 223.2 g M.S./m<sup>2</sup> ( $p < 0.01$ ). Aunque las diferencias en mantillo acumulado en el sistema mixto y el pasto no fueron tan

	Biomasa de Mantillo	Emisión de CO <sub>2</sub>	Resistencia	Biomasa Aérea	Biomasa de Raíces, 0-10 cm	Biomasa de Raíces, 10-20 cm
Mucuna	628.1 a	0.1 a	0.36 a	103.4 a	281.7 a	70.5 a
Mixto	33.9 b	0.2 a	1.56 b	152.0 a	261.8 a	74.7 a
Pasto	223.2 c	0.0 b	2.92 c	64.3 b	1271.0 b	139.0 b

Tabla 2. Resultados de la Prueba de Duncan, Promedio por Tratamiento y Diferencias entre Tratamientos para las Variables de Biomasa de Mantillo, Emisión de CO<sub>2</sub>, Resistencia a Penetración, Biomasa Aérea y Biomasa de Raíces, Coto Brus, Costa Rica, 1998

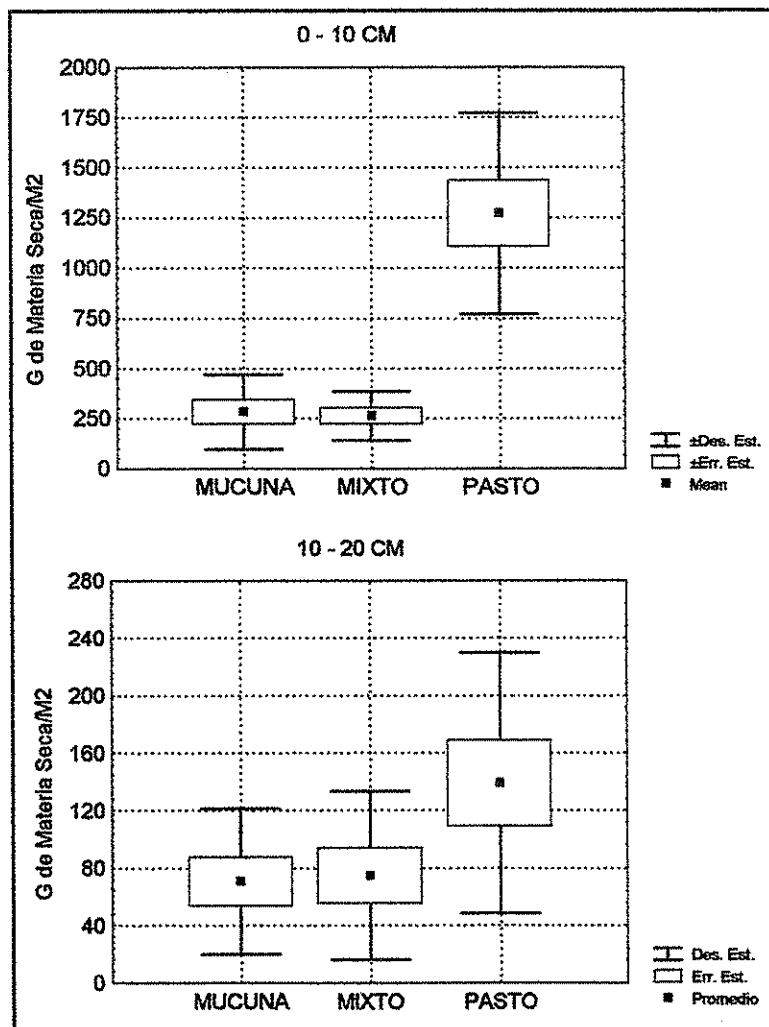


Figura 2. Biomasa de Raíces, 0-10 cm y 10-20 cm, para los Tres Tratamientos, Coto Brus, Costa Rica, 1998

marcadas, estas también fueron significativas a un valor de p de 0.06 (Tabla 2).

La biomasa radical fue superior para el tratamiento de pasto, tanto en la profundidad de 0 a 10 cm como en la profundidad de 10 a 20 cm, con respecto a los otros dos tratamientos (Figura 2 y Tabla 2). Para la profundidad de 0 a 10 cm, la biomasa radical para pasto fue

mucho más grande (1,271 g M.S./m<sup>2</sup>) que aquellas para el sistema mixto (261.8 g M.S./m<sup>2</sup>) o para el sistema de mucuna (281.7 g M.S./m<sup>2</sup>). Para la profundidad de 10 a 20 cm, las cantidades de biomasa radical fueron menos diferentes (139.0 g M.S./m<sup>2</sup>, 74.7 g M.S./m<sup>2</sup> y 70.5 g M.S./m<sup>2</sup> para pasto, mixto y mucuna, respectivamente). La diferencia estadística fue más marcada en el caso de 0 a 10 cm (p<0.01) que en el caso de 10 a 20 cm (p=0.06). No hubo diferencias significativas en biomasa radical entre los tratamientos de mucuna y el sistema mixto.

Al contrario, la biomasa aérea fue menor para el pasto (64.3 g M.S./m<sup>2</sup>) que para el sistema mixto (152 g M.S./m<sup>2</sup>) o para la mucuna (103.4 g M.S./m<sup>2</sup>). La diferencia entre pasto y mucuna no fue significativa (p=0.37), pero la diferencia entre pasto y el sistema mixto fue significativa (p=0.06). No hubo una diferencia significativa entre los tratamientos de mucuna y el sistema mixto (Tabla 2 y Figura 3). Las relaciones biomasa radical a biomasa aérea fueron 3:1, 1.2:1 y 20:1 para mucuna, mixto y pasto, respectivamente.

La emisión de CO<sub>2</sub> fue menor en el pasto (0.03 mg/día/m<sup>2</sup>) que en el sistema mixto (0.15 mg/día/m<sup>2</sup>) o en la mucuna (0.14 mg/día/m<sup>2</sup>). Las diferencias estadísticas entre

pasto y los otros dos tratamientos fueron altamente significativas (p<0.01, Tabla 2). No hubo diferencias significativas entre el sistema mixto y la mucuna (Figura 4).

En cuanto a la resistencia a la penetración, hubo diferencias significativas entre todos los tratamientos (Figura 5). La resistencia fue mayor (2.9 g/cm<sup>2</sup>) en el pasto

	No. de Géneros, Mantillo		No. de Géneros, 0-10 cm		No. de Géneros, 10-20 cm		No. de Individuos, Mantillo		No. de Individuos, 0-10 cm		No. de Individuos, 10-20 cm	
Mucuna	0.1	a	1.1	a	0.9	a	0.1	a	2.2	a	2.0	a
Mixto	1.6	b	1.6	a	0.1	a	2.1	b	1.9	a	0.1	a
Pasto	0.0	ac	1.0	a	0.4	a	0.0	ac	2.7	a	1.0	a

Tabla 3. Resultados de la Prueba de Duncan, Promedio por Tratamiento y Diferencias entre Tratamientos para la Macrofauna del Suelo, Coto Brus, Costa Rica, 1998

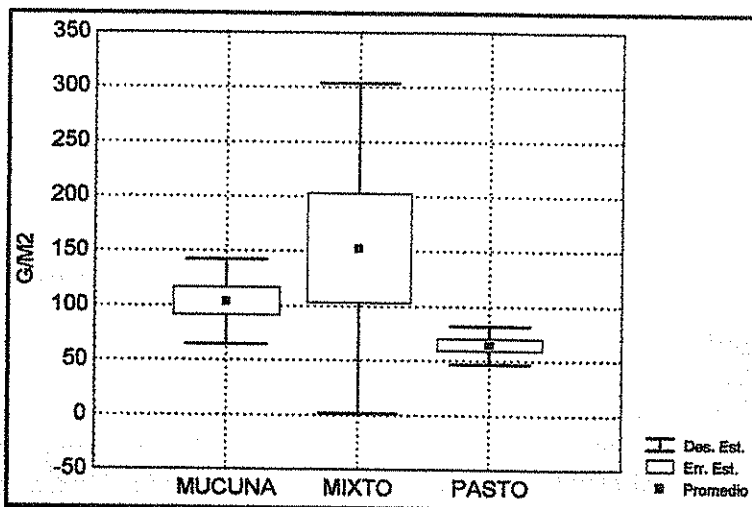


Figura 3. Biomasa Aérea para los Tres Tratamientos, Coto Brus, Costa Rica, 1998

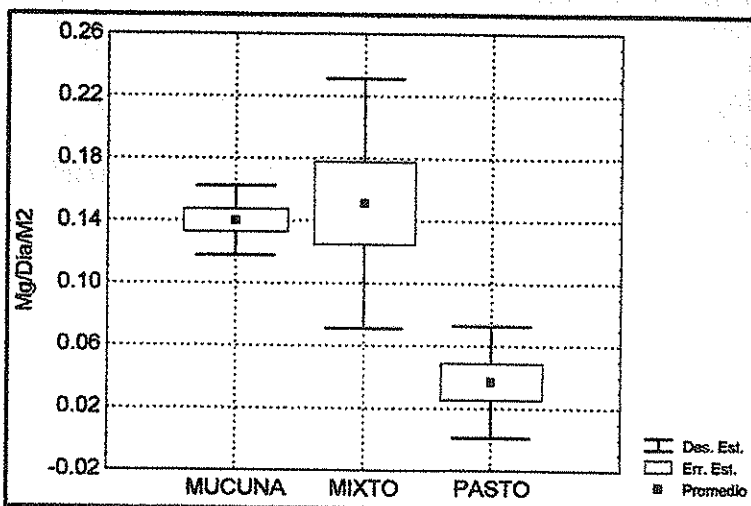


Figura 4. Emisión de CO<sub>2</sub> en los Tres Tratamientos, Coto Brus, Costa Rica, 1998

que en el sistema mixto (1.6 g/cm<sup>2</sup>) o en la mucuna (0.4 g/cm<sup>2</sup>). Las diferencias fueron estadísticamente significativas para todas las comparaciones entre tratamientos (p<0.01, Tabla 2).

nución de su tasa fotosintética. Por ello, muchas de las hojas sufren senescencia y caen al suelo, pasando así a formar parte del mantillo. La presencia de mantillo en la pastura fue menor al de la mucuna, lo cual en parte es producto de la poca edad del pasto en relación a la

Encontré muy pocos géneros y individuos de macrofauna del suelo y por esto las diferencias entre tratamientos no son tan interesantes (Tabla 3). Sin embargo, hubo diferencias significativas entre el tratamiento del sistema mixto y los otros dos tratamientos en cuanto al número de géneros (p=0.01 para los dos casos) y al número de individuos (p=0.02 para los dos casos) encontrados en el mantillo. En los dos casos el número fue menor para la mucuna; no se encontró ningún organismo. También, el número de géneros y individuos encontrados en el pasto fue muy poco (0.11 para los dos casos) y como resultado no hubo diferencias significativas entre pasto y mucuna. Hubo un mayor número de géneros (1.6) e individuos (2.1) en el caso del sistema mixto, aunque el número fue mucho menor que el esperado. La única otra diferencia significativa fue el caso de número de géneros para la profundidad de 10 a 20 cm (p=0.05), donde el número fue mayor en el pasto (0.9, comparado a 0.4 y 0.1 para mucuna y el sistema mixto, respectivamente).

### Discusión

En cuanto a la producción de mantillo, la mayor cantidad encontrada en la mucuna es producto de las características de su follaje. Esta planta produce una gran cantidad de hojas, lo que a su vez conlleva a que muchas de ellas están bajo sombra. Esto implica menor disponibilidad de luz y una dismi-

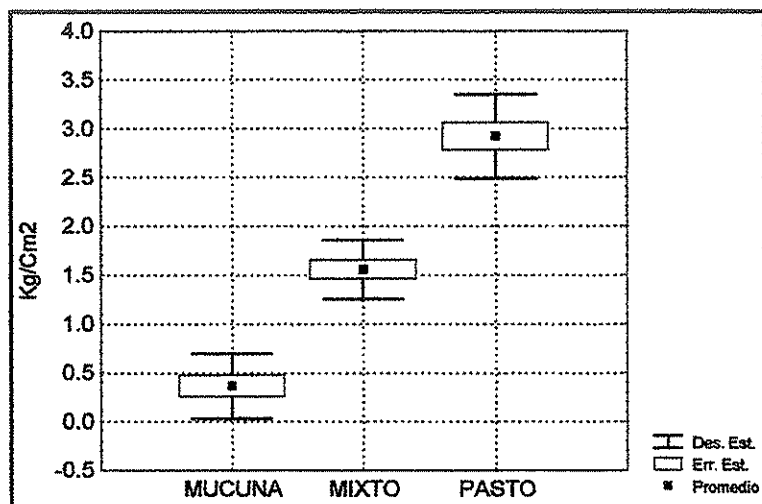


Figura 5. Resistencia a la Penetración en los Tres Tratamientos, Coto Brus, Costa Rica, 1998

mucuna. Este pasto se encontraba en pleno desarrollo de área foliar. Esto significara menor sombra dentro del sistema y posiblemente un menor desprendimiento de las hojas.

La pastura sola presentó mayor cantidad de raíces, lo que considero es producto en parte de su gran capacidad de crecimiento como planta  $C_4$  y de las características de su sistema radicular (fibrosas y densas). Sin embargo, a lo anterior se suma el efecto de raíces viejas acumuladas bajo la superficie del suelo, provenientes de una pastura ya madura que había en el lugar anteriormente (Fassbender, 1985). También, una menor cantidad de raíces en el sistema de mucuna y mixto se da como resultado de la predominancia de plantas  $C_3$  en estos sistemas. Estas se caracterizan por tener una menor tasa fotosintética en comparación con las gramíneas y mayores contenidos de nitrógeno, lo que en muchos de los casos significara una mayor velocidad de descomposición de sus tejidos vegetales. Mayor variabilidad de biomasa radicular en los sistemas conformados por varias especies (mixtos) es producto de la mayor diversidad de sistemas radiculares, los cuales abarcan diferentes estratos del suelo. La mayor cantidad de raíces encontradas entre 0 y 10 cm, comparada con 10 a 20 cm, para todas las especies es producto de la mayor concentración de las raíces en la capa superior.

En cuanto a la biomasa aérea la mayor producción para el sistema mixto, si se compara con la gramínea sola, es resultado principalmente de la diferencia de edades

entre ambos cultivos (5.5 meses para el sistema mixto versus 2.5 meses para el pasto). La mayor producción de biomasa en el sistema mixto comparado con la mucuna se debe básicamente a la composición botánica, la cual comprende tanto gramíneas como leguminosas (plantas  $C_3$  y  $C_4$ ). Esto implica diferentes capacidades de producción de biomasa vegetal para cada especie. Además, las diferentes especies tienen diferentes características de crecimiento y como resultado ocupan diferentes estratos del área sobre la superficie del suelo. Para el caso del monocultivo de mucuna, además de ser una planta  $C_3$ , al ser monocultivo presenta condiciones más homogéneas de crecimiento y distribución espacial.

La resistencia a la penetración del suelo es baja en los tres sistemas. Las diferencias en resistencia a la penetración pueden ser resultado de una mayor compactación del suelo en el sistema con pasto. Esto a su vez responde a la presencia de una cama densa de raíces fibrosas acumuladas cerca de la superficie del suelo ya anteriormente mencionada. Unido al anterior está el hecho de que probablemente la tasa de descomposición de esa masa de raíces sea más lenta debido a su menor contenido de nitrógeno con respecto a lo de la mucuna sola. Otro aspecto a considerar es que tanto en el policultivo como en la mucuna sola existe una mayor cobertura vegetal del suelo que en el monocultivo de gramínea. Esto implica menor contenido de humedad y mayor exposición a la radiación solar en el pasto, lo que conllevaría a una mayor desecación de este suelo.

La mayor emisión de  $CO_2$  en el sistema mixto en parte es resultado de la mayor diversidad de especies de plantas y con ello de sistemas radiculares. Además de una menor resistencia a la penetración en este suelo y una mayor diversidad de macrofauna, específicamente en el mantillo y en los primeros diez centímetros de profundidad del suelo (Tabla 2). La menor emisión de  $CO_2$  se presenta en la pastura de gramínea lo que puede deberse en parte a menor diversidad de organismos presentes principalmente en los primeros diez centímetros de profundidad. Unido a esto, la mayor cantidad de raíces viejas y muertas donde la respiración es casi nula o nula, mientras que las raíces activas de

plantas jóvenes se encontraban en menor cantidad.

Hubo un mayor número de órdenes de organismos en el mantillo y en los primeros diez centímetros de profundidad del suelo (Tabla 3). En el sistema mixto, el mayor número de órdenes encontrados en el mantillo puede ser debido a que existe una mayor diversidad de fuentes alimenticias para los organismos en estos estratos que en los sistemas de monocultivo. Lo anterior es un motivo por el cual diferentes especies de organismos se concentran en esta zona y una menor cantidad a profundidades mayores en el suelo.

La menor cantidad de órdenes y número de individuos lo encontré presente en el mantillo de la mucuna, y la mayor cantidad en el sistema mixto. En este sentido se puede decir que la poca o casi nula existencia de órdenes e individuos en el mantillo de mucuna puede deberse a que la mucuna posee una sustancia química que puede repeler la fauna del suelo (Swisher, 1998). No encontré ninguna lombriz en ninguno de los sistemas evaluados. Ello puede ser producto de un pH ácido en la zona (D. Cole, com. per.) que puede estar evitando la presencia de lombrices en el lugar. Según lo informe la literatura, a valores de pH menores de 5.5 la actividad de bacterias y actinomicetes es baja y además, la elevada acidez inhibe la actividad de las lombrices (Bersch, 1995).

### Conclusiones

Los resultados en estudio son específicos para la zona en estudio, pero se pueden ver algunas tendencias generales de los resultados obtenidos de acuerdo a los diferentes sistemas evaluados. En cuanto a emisión de CO<sub>2</sub> existe un comportamiento muy semejante entre los sistemas donde la mucuna es un componente común dentro del sistema. Dicho comportamiento también se presenta para los resultados de biomasa de raíces. Se puede decir que si bien la Mucuna es una especie muy apetecida por gran cantidad de productores por su gran potencial como planta fijadora de nitrógeno al formar simbiosis con bacterias *Rhizobium* específicas. Sin embargo, esta planta puede tener un efecto de repelente sobre la macrofauna del suelo. Además puede tener un efecto mayor en el mantillo, debido a sus propiedades químicas (alcaloides). Con base en los resultados obtenidos se puede considerar al sistema de cultivo asociado (mixto) como un agroecosistema con mayor diversidad de organismos vegetales y animales, que pueden tener una mayor disponibilidad y variedad de

alimentos. Además, en la finca de estudio, la acidez del suelo puede estar siendo un factor limitante y puede estar influyendo en que organismos de importancia agronómica como las lombrices que no puedan establecerse y con ello contribuir a mejorar las características del suelo. Todo lo anterior nos lleva a concluir que para el logro de un mayor entendimiento de todos los procesos que ocurren dentro de un sistema productivo es necesario considerar y entender toda una serie de interacciones que se dan dentro del sistema al mismo tiempo. En este sentido el componente suelo juega un papel vital para el mantenimiento de la productividad del sistema en el tiempo.

### Literatura Citada

- Bersch, F. 1995. *La Fertilidad de los y su Manejo*. Asociación Costarricense de la Ciencia del Suelo. Pág. 103.
- Casanova, E. 1994. *Introducción a La Ciencia del Suelo*. Universidad Central de Venezuela, Caracas, Venezuela. 340 pp.
- Chinchilla, E. 1987. *Atlas Cantonal de Costa Rica*. Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, San José, Costa Rica, pp 340-342.
- Fassbender, W. 1986. *Química de Suelos*. Instituto Interamericano de Cooperación para La Agricultura, San José, Costa Rica. Pág. 254-260.
- Gómez, L.D. 1986. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Vol. 1. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pp. 323.
- Gómez, L.D. 1988. Comunicación personal, Director del Jardín Botánico Wilson, Organización para Estudios Tropicales.
- Herrera, J. 1985. *Vegetación y Clima de Costa Rica*. Vol.2. Editorial de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pp. 323.
- Lavelle, P., F.C. Dangerfield, V. Escherebrenner, D. Lopez, V. Pashanasi y I. Brussgaard. 1994. The Relationship between Soil Macrofauna and Tropical Soil Fertility. Pp. 144 en P.I. Woormer y M.J. Swift (eds.), *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Wiley-Sayce Publications, New

York, NY.

Parton, W., P. Woomer y M. Modelling. 1994. Soil Organic Matter Dynamics and Plant Productivity in Tropical Ecosystems. Pp. 243 en P.I. Woomer y M.J. Swift (eds.), *The Biological Management of Tropical Soil Fertility*. Wiley-Sayce Publications, New York, NY.

# Evaluación de las Pérdidas de Suelo y las Prácticas de Conservación en Dos Comunidades Cafetaleras de San Vito, Coto Brus

Yelinda M. Araujo V.

## Resumen

Los objetivos de este trabajo fueron evaluar la posición y las prioridades de los agricultores de las comunidades de Cañas Gordas y de Campo Tres, San Vito, con respecto a la conservación del suelo. Así mismo como determinar la posible influencia de la Finca Loma Linda (Cañas Gordas) en el manejo actual de estas fincas. También estimé las pérdidas de suelo en dos fincas de café asociado con plátano e *Inga sp.* (en Cañas Gordas) y de café con plátano (en Campo Tres). Utilicé la escala de ordenación de prioridades y entrevistas para evaluar el conocimiento e importancia de la conservación para los agricultores. Para determinar las pérdidas de suelo establecí dos parcelas experimentales en cada una de las fincas. Los resultados indican que la mayoría de los entrevistados apoya la conservación del suelo, aunque sus prácticas agrícolas no tienen influencia alguna con respecto a la Finca Loma Linda. La mayor pérdida de suelo la encontré en una de las fincas de Campo Tres, donde el suelo no presentaba una cubierta vegetal apropiada.

Palabras Claves: erosión hídrica, pérdida de suelo, conservación de suelo, café, ciencia social

Apoyo Técnico: José Manuel Mora, Miqui Swisher y Juan Carlos Rodríguez

---

---

## Introducción

La degradación de los suelos debida a la erosión hídrica es un grave problema para la calidad del suelo y los recursos hídricos, de los cuales depende el hombre para su subsistencia (Lafren y Roose, 1998). La erosión hídrica depende de un conjunto de factores como son la duración, intensidad y cantidad de la precipitación, así a mayor intensidad de la lluvia, mayor la energía que será transmitida al terreno (Cubero, 1996). También son muy importantes la cobertura vegetal, pendiente, textura del suelo, tasa de infiltración del agua y porosidad, entre otros (Cortés, s.f.).

La erosión bajo vegetación natural es generalmente insignificante ya que la pérdida de suelo no excede la tasa de formación natural de los suelos que varía de 2 a 11 Ton/ha/año (Hudson, 1986 citado por Cubero, 1996). En cambio, el suelo bajo uso agrícola o ganadero, presenta en muchos casos una erosión acelerada, causada principalmente por el manejo inadecuado de las tierras, la cual excede la tasa de formación del suelo (Cubero, 1996). De esta forma, el hombre modifica los aspectos físicos del paisaje por medio de los sistemas agrícolas, la deforestación y la falta de prácticas de conservación del suelo.

Sin duda, los problemas citados se han agravado debido al avance de la frontera agrícola, la cual aunque ha sido frenada en los últimos años, ha producido también una severa degradación de los recursos naturales. En Costa Rica se han deforestado tierras a un ritmo de 70,000 ha/año, creando desequilibrios hidrológicos que se manifiestan todos los años en la época de lluvia y que provocan desastres naturales que dejan grandes pérdidas (Cubero, 1996).

En el país las tasas de erosión son generalmente altas debido a la topografía accidentada y a la frecuencia e intensidad de las lluvias. Según cálculos preliminares (CCT, 1982 citado por Cubero, 1996), las pérdidas anuales de suelo en Costa Rica se estiman en 680 millones de kilos al año, a lo que debe añadirse una pérdida económica considerable por destrucción de caminos, carreteras y sedimentación de embalses. De esta forma, los suelos del país se están deteriorando aceleradamente, lo cual causa una disminución de la productividad de la tierra (Cubero, 1996).

A pesar de ello, Costa Rica es un país cuya economía depende en gran parte del sector agrícola. Dentro de este sector se distingue una agricultura destinada principalmente a la exportación de café (*Coffea arábica*) y banano (*Musa sp.*), así como una agricultura que

abastece al mercado interno como la horticultura, el maíz (*Zea mays*), el arroz (*Oryza sativa*) y la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), entre otros (Cortés, s.f.). El café aporta uno de los principales ingresos económicos del país, lo que crea siempre una inestabilidad al dependerse de la demanda y la fluctuación de precios en el mercado mundial (Vargas, 1992).

Es importante mencionar que la erosión, aparte de ser un fenómeno físico, también es partícipe del contexto social y económico que rodea al agricultor. Allí interactúan diversos factores, tales como la tenencia de la tierra, el tamaño y la forma de la parcela, la presión de uso por la densidad de población, los precios del mercado, las tradiciones y costumbres del agricultor en cuanto a siembra y manejo de cultivos (Cubero, 1996).

El distrito de San Vito, cantón de Coto Brus, al suroeste de Costa Rica, es una zona cuya actividad principal es el cultivo de café (6.34 % del área del cantón). En la región existen una serie de fincas con diferentes tipos de manejo agrícola, donde destaca la Finca Loma Linda (en Cañas Gordas), establecida hace más de 40 años. Esta finca ha sido base para múltiples investigaciones en el área de manejo y conservación de suelos. Debido a lo anterior, Loma Linda representa un modelo para las demás fincas de la región.

Si consideramos que las pérdidas del recurso suelo no son recuperables (sino a muy largo plazo), es necesario dar seguimiento a la magnitud de la erosión en los diferentes sistemas productivos. Por ello, los objetivos del presente trabajo son (1) estimar la posición y las prioridades del agricultor respecto a la conservación del suelo, (2) medir la erosión hídrica en varias fincas de dos comunidades de la región de San Vito para estimar la efectividad del manejo que realiza y (3) determinar la influencia de la Finca Loma Linda sobre el manejo y las prácticas de conservación de los suelos en las fincas aledañas. Las hipótesis planteadas fueron que: (1) El manejo de las fincas vecinas a la Finca Loma Linda ha sido influenciado por las diferentes prácticas agrícolas llevadas a cabo a lo largo del tiempo en dicha finca con respecto a las fincas más alejadas y (2) fincas vecinas a la Finca Loma Linda (Cañas Gordas) presentan un manejo más apropiado respecto a la conservación de

Tema	Promedio		Z	p
	Cañas Gordas	Campo Tres		
Conservación del Suelo	0.73	0.7	0.07	0.94
Ganancia	0.35	0.29	1.02	0.31
Reducir Uso de Agroquímicos	0.49	0.6	-1.37	0.17
Aprovechar al Máximo la Tierra	0.38	0.52	-2.15	0.03
Rendimiento	0.47	0.41	0.68	0.50

Tabla 1. Resultados de la Prueba de Mann-Whitney para la Importancia Relativa de Cinco Temas en Dos Comunidades en Coto Brus, Costa Rica, 1998

sus suelos que las fincas más alejadas (Campo Tres).

### Metodología

El cantón de Coto Brus se ubica en la provincia de Puntarenas al sur del país cerca de la frontera con Panamá en una de las estribaciones de la fila Brunqueña (9° 53' N y 82° 54' W). Las lluvias son muy elevadas y torrenciales con una precipitación y temperatura promedio anual de 4.000 mm y 21 °C, respectivamente. Es una región cafetalera, donde predominan los suelos del orden andisoles, caracterizados por ser profundos, de buen drenaje, buena retención de humedad y moderadamente fértiles (Ruiz, 1997).

El estudio lo realicé en dos comunidades del distrito de San Vito (Cañas Gordas y Campo Tres), las cuales seleccioné de acuerdo a su distancia a la Finca Loma Linda. Así, las fincas evaluadas en Cañas Gordas son vecinas a Loma Linda, mientras que las localizadas en Campo Tres se encuentran a dos km de distancia de aquella. Realicé esta selección inicial porque uno de los objetivos planteados era determinar la influencia de la Finca Loma Linda en el manejo de las fincas del área.

Utilicé la escala de ordenación para estimar la posición de los agricultores de las fincas seleccionados con respecto a los temas de conservación de suelo, problemas de erosión, ganancia y rentabilidad (Dane, 1990). Dicha técnica consiste en presentarle al productor una lista de frases mezcladas de forma diferente, sin orden aparente y posteriormente preguntarle cuál de las dos frases es más importante de acuerdo a su criterio. Los conceptos de las frases se repiten en el listado, pero planteadas de forma diferente, con el fin de estimar la consistencia de las respuestas del agricultor. En total presenté 28 pares de frases basadas en los temas mencionados anteriormente (Anexo). El error experimental de la muestra tomada en la comunidad de Cañas



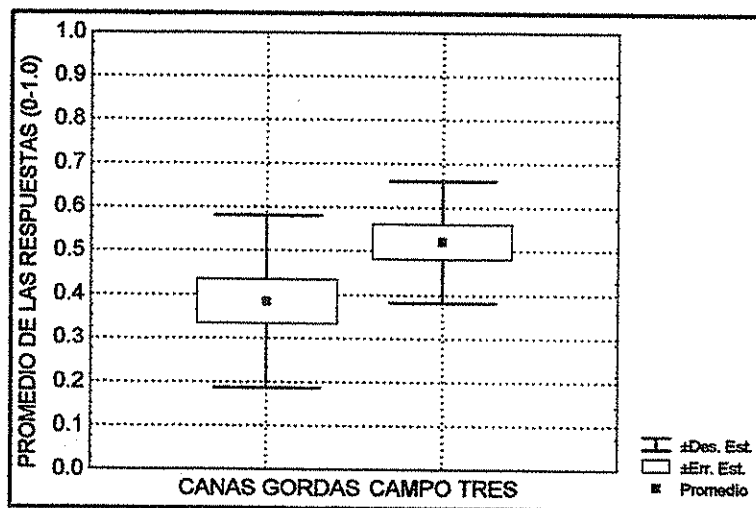


Figura 1. Importancia del Aprovechamiento Máximo de la Tierra Según la Escala de Ordenación en Dos Comunidades en Coto Brus, Costa Rica, 1998

Gordas es de 0.49 y en la comunidad de Campo Tres es de 0.55. Otra forma de determinar la consistencia de las respuestas recibidas consiste en pedirle al agricultor que ordene de acuerdo a su orden de prioridad y/o importancia los temas planteados en la escala de ordenación (Anexo). Si la persona es consistente con sus opiniones las respuestas en las dos técnicas aplicadas deben coincidir (Ruiz, 1997). Adicionalmente, realicé entrevistas semi-estructuradas a los productores de cada una de las fincas, con el fin de conocer el manejo que llevan a cabo en cada uno de los sistemas y las prácticas de conservación que realizan (si las aplican) y si han sido influenciados por la Finca Loma Linda (Anexo).

Posteriormente seleccioné en cada comunidad dos fincas que de acuerdo a las entrevistas mostraron un buen manejo de sus tierras y de conservación del suelo, además representaban el manejo típico o más común de los cafetales en cada comunidad. Todas las fincas escogidas mantienen el cultivo de café (*Coffea arabica*) variedad caturra. Las dos fincas seleccionadas en Cañas Gordas mantienen café con plátano (*Musa paradisiaca*) y guava (*Inga sp.*), mientras que las fincas escogidas en Campo Tres tienen cafetos asociados a plátanos

Para estimar las pérdidas de suelo establecí dos parcelas experimentales de erosión en cada finca. En cada parcela coloqué un erosímetro, el cual consiste en delimitar una porción del suelo mediante surcos, que conducen el agua y los sedimentos lavados a un envase receptor. El área de la parcela de erosión en las fincas

de Cañas Grandes fue de 1.75 m<sup>2</sup> y de 1.12 m<sup>2</sup> en Campo Tres.

En cada parcela medí la pendiente (por medio de un clinómetro), la textura del suelo de forma organoléptica, la cobertura del suelo (visualmente) y la cantidad de lluvia (con un pluviómetro instalado en un sitio cercano a las parcelas). La recolección de sedimentos la realicé una vez al día, por cinco días consecutivos. En el laboratorio separé, sequé y pesé la cantidad de suelo que cayó en el recipiente colector, para así determinar la pérdida de suelo debida a la erosión hídrica. Los valores de las pérdidas de suelo en las fincas estudiadas los relacioné con la cantidad de lluvia medida en cada uno de los lugares estudiados, por medio de un análisis tridimensional de la superficie de erosión.

Analicé las diferencias entre comunidades en cuanto a la escala de ordenación a través de y la prueba no paramétrica de Mann Whitney. Comparé la importancia de la conservación de suelo comparada a cada otra tema incluida en el estudio por medio de la prueba de Chi-cuadrado. Para este último análisis, agrupé las respuestas en cinco categorías o temas: (1) conservación de suelo, (2) ganancia, (3) reducir el uso de agroquímicos, (4) aprovechar al máximo la tierra y (5) rendimiento.

## Resultados

Primero analicé las diferencias entre las dos comunidades en cuanto a las cinco temas incluidas en el estudio (Tabla 1). Hubo una diferencia significativa entre las dos comunidades en solamente un caso, la importancia de aprovechar al máximo de la tierra ( $Z=-2.15$ ,  $p=0.03$ ). Esta consideración fue más importante para la comunidad de Campo Tres que para Cañas Gordas (Figura 1).

Luego comparé el promedio de la respuesta de la importancia de la conservación de suelo a cada otra tema incluida en el estudio. Conservación de suelo fue más importante en todas las comparaciones (Figura 2). La diferencia en importancia fue mayor en el caso de la comparación entre conservación del suelo y ganancia (Tabla 2,  $X^2=16.3$ ,  $p<0.01$ ), tanto en Cañas Gordas

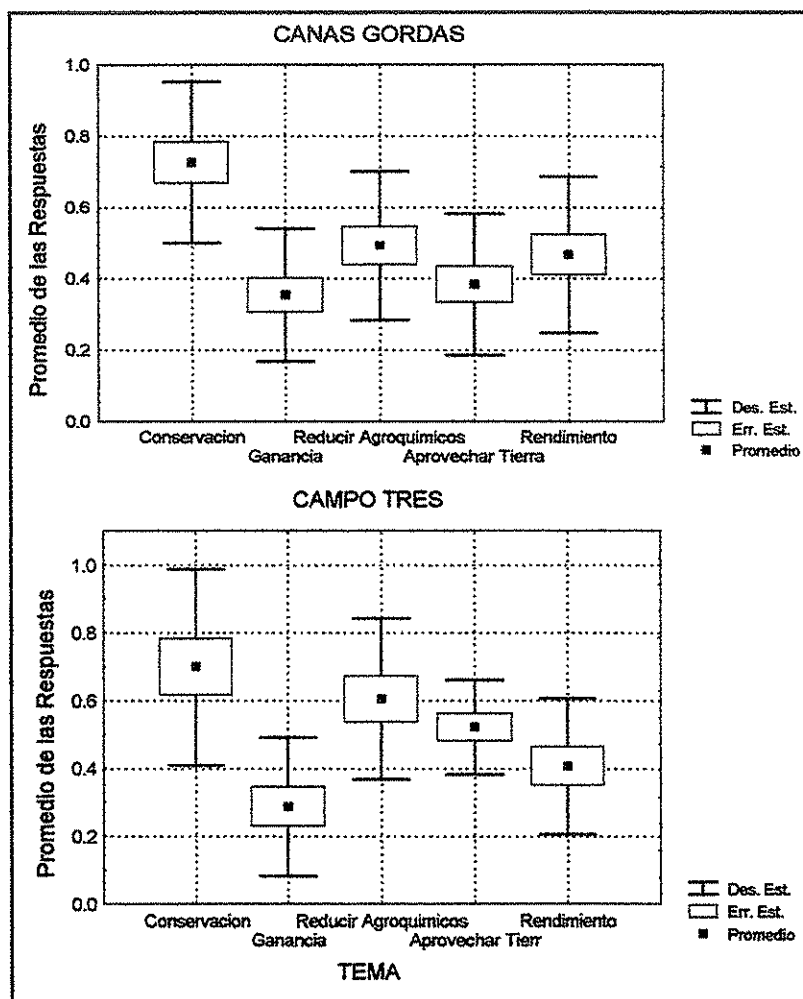


Figura 2. Promedio de las Respuestas en Cuanto a la Importancia Relativa de Cinco Temas en Dos Comunidades en Coto Brus, Costa Rica, 1998

Comparación	Valor de Chi-cuadrado	p
Ganancia	16.3	<0.01
Reducir Uso de Agroquímicos	4.48	0.03
Aprovechar al Máximo la Tierra	3.27	0.07
Rendimiento	5.54	0.02

Tabla 2. Resultados de la Prueba de Chi-Cuadrado en Cuanto a la Importancia de Cinco Temas en Dos Comunidades en Coto Brus, Costa Rica, 1998

como en Campo Tres. La diferencia fue menor en el caso de la comparación entre conservación de suelo y aprovechar al máximo la tierra ( $X^2=3.27$ ,  $p=0.07$ ), esto debido a la diferencia en importancia del último tema entre las dos comunidades.

Estos resultados coinciden con las prioridades selec-

cionadas por los agricultores, lo que indica que las respuestas dadas fueron consistentes. En ambas comunidades, la prioridad principal fue la conservación del suelo, seguida por la reducción de los agroquímicos y el aprovechamiento de la tierra, aunque en la comunidad de Campo Tres tanto el aprovechamiento de la tierra como el rendimiento son considerados igualmente importantes (Figura 3).

En cuanto a las entrevistas semiestructuradas, las comunidades presentan diferentes manejos en el cultivo de café. En la comunidad de Cañas Gordas el 73% de los entrevistados mantienen los cafetos asociados con plátanos y guava o poró (*Erythrina poeppigiana*) y un 13% practica siembra en contorno. Por otro lado, los agricultores de Campo Tres prefieren mantener los cultivos de café con plátano (un 50% de los entrevistados) y la mayoría realizan siembra en contornos (58%) para controlar la erosión.

Por otra parte, de acuerdo a las entrevistas realizadas, no encontré influencia alguna de la Finca Loma Linda en el manejo y conservación de los suelos de las fincas de la zona. Todos los entrevistados conocen al dueño de la finca

(Sr. Darryl Cole) o tienen referencia de él. Muchos han trabajado en dicha finca y algunos consideran como buenas las prácticas que se realizan en Loma Linda, mientras otros las desconocen. La mayoría de los entrevistados señalaron que no pueden repetir dichas prácticas, ya que ellos tienen parcelas pequeñas (una a dos ha) y necesitan utilizar toda su tierra durante el año para la subsistencia de la familiar, por lo que no pueden "arriesgarse a realizar parcelas experimentales, como el caso del Sr. Cole".

En general, los factores físicos evaluados fueron similares para las diferentes fincas estudiadas (Tabla 3). Sin embargo existen algunas diferencias en cuanto a la cobertura vegetal del suelo. Este es un factor que influye en gran medida sobre la erosión hídrica del suelo. La mayor pérdida ocurrió en la finca C en la comunidad

Comunidad	Finca	Promedio de Precipitación (mm)	Pendiente (%)	Textura del Suelo	Cobertura Vegetal
Cañas Gordas	A	4.3	50	Franco-limosa	Hierbas y hojarasca
	B	4.5	40	Franco-limosa	Hojarasca
Campo Tres	A	4	40	Franco-limosa	Nada
	B	4.5	40	Franco-limo-arcillosa	Hierbas y hojarasca

Tabla 3. Características de las Fincas Experimentales en Dos Comunidades en Coto Brus, Costa Rica, 1998

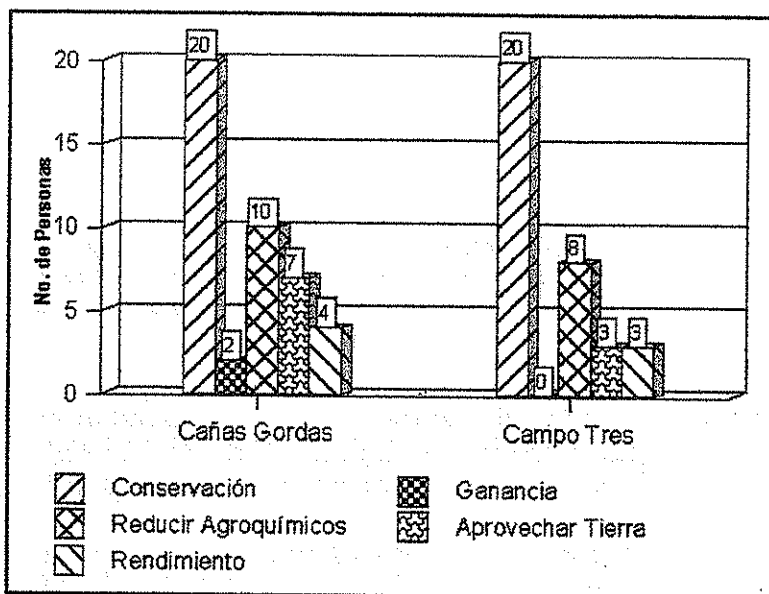


Figura 3. Las Primera Tres Prioridades de los Entrevistados en Dos Comunidades en Coto Brus, Costa Rica, 1998

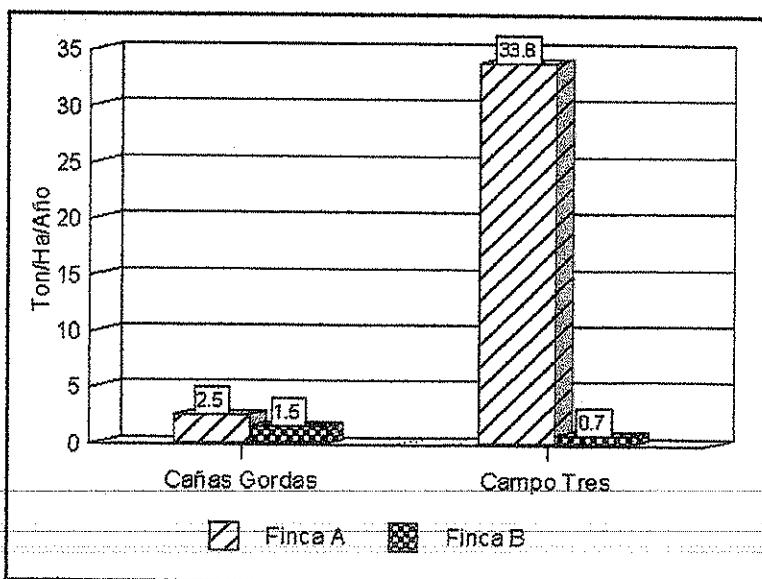


Figura 4. Pérdidas de Suelo por la Erosión Hídrica en Cuatro Fincas en Dos Comunidades en Coto Brus, Costa Rica, 1998

de Campo Tres (Figura 4). Por otro lado, los valores de erosión para las otras fincas fueron similares. De esta forma, a través de un análisis tridimensional de la superficie de erosión detecté una relación directa entre la cantidad de lluvia, erosión y las comunidades (Figura 5). Así tanto la precipitación como la erosión del suelo aumentan hacia la comunidad de Campo Tres.

#### Discusión

El estudio de las pérdidas de suelo implica analizar las diferentes variables que de una u otra manera influyen en el proceso erosivo. En cuanto a los factores estimados los valores de precipitación promedio (para los cinco días de mediciones) son muy semejantes en las diferentes fincas, aunque existen marcadas diferencias tanto en su duración como en la cantidad de las lluvias para cada día. De esta forma, dos de los cinco días de trabajo de campo no llovió, un día hubo un fuerte aguacero donde cayeron 35 mm de precipitación en 25 minutos (García-Reyes, 1998 com. pers.) y los días restantes se presentaron bajas precipitaciones (0.2- 5.0 mm). En la comunidad de Campo Tres hubo mayor pérdida de suelo y valores más elevados de precipitación que en la comunidad de Cañas Gordas.

El principal factor que influye en la protección del suelo contra la erosión es la vegetación. Así, esta intercede la lluvia y reduce la velocidad del agua de escorrentía. En las fincas estudiadas, observamos que coberturas diferentes proveen distintos grados de protección, con ello la combi-

nación del café con árboles como la *Inga sp.* y el plátano ofrecen una mayor protección al suelo. Estos últimos proporcionan sombra, además de hojarasca que provee materia orgánica al suelo. Esta tiene una gran capacidad de absorber y retener agua, lo cual ayuda a la formación de agregados estables, que aumentan la permeabilidad y la porosidad del suelo, mejorando su estructura. Por lo que esta práctica representa una buena alternativa para la prevención de la erosión (Cubero, 1996).

Thamhane (1986 citado por Acives, 1995) indica que la causa principal de erosión es la excesiva eliminación de la cubierta vegetal, lo que conlleva a pérdidas de suelo 20 veces más altas que las que ocasionaría las pérdidas debidas a un cultivo. Como ya mencioné, la mayor pérdida de suelo en los cafetales estudiados ocurrió en una finca de Campo Tres (33.8 ton/ha/año) que no tenía cobertura sobre el suelo, a pesar de que los cafetos están sembrados en contornos, con terrazas que recogen el suelo lavado. Las pérdidas de suelo estimadas en un cultivo de cítricos en Santa Clara, San Carlos fue de 2.2 ton/ha/año (González et al., 1995) y para cultivos de hortalizas en Cartago, la tasa de erosión fue de  $6 \times 10^{-3}$  - 355 ton/ha (Cortéz, s.f.).

En cuanto a las características físicas del suelo, tanto la pendiente como la textura fueron muy similares en las fincas estudiadas (Tabla 3). Estos suelos por su alto contenido de limo son susceptibles a la erosión por motivo de la impermeabilización por el limo de los poros del suelo, lo que disminuye la capacidad de infiltración y puede generar mayor escorrentía superficial y causar daños erosivos. Suelos arcillosos con baja capacidad de infiltración, son muy susceptibles a la erosión en caso de lluvias intensas. Mientras que suelos arenosos con una gran capacidad de infiltración, absorben la mayor parte del agua que reciben sin originar escorrentía superficial (Cubero, 1996). La pendiente y el largo de la pendiente son parámetros geomorfológicos inalterables. Las fincas estudiadas presentan un alto porcentaje de pendiente (40-50%), los cuales no son aptos para el cultivo de café, pero sus efectos sobre la erosión pueden ser modificados con medidas de conservación, como la siembra en contorno, barreras vivas, entre otras (Alvarado y Rojas, 1994).

De acuerdo al mapa de susceptibilidad a la erosión hídrica bajo uso actual 1984 (Ministerio de Agricultura y Organización para la Alimentación y la Agricultura, citado por Cubero, 1996), la zona de San Vito pertenece

a la clase 3 (erosión severa), con pérdidas de 50-200 ton/ha/año. Estos valores concuerdan con los encontrados en la finca C, los cuales fueron registrados para apenas cinco días de muestreo, lo que indica el alto grado de erosión hídrica en esta finca.

El problema de la erosión de suelos en muchos casos se ha analizado bajo el contexto de la erosividad y erodabilidad de la lluvia y el suelo, dejando de lado muchos aspectos del entorno social y económico no menos influyentes a la hora de cuantificar las pérdidas de suelo por erosión. De esta forma, los agricultores de las comunidades estudiadas en Coto Brus (Cañas Gordas y Campo Tres) consideran de gran importancia la conservación del suelo y mantienen sus prioridades hacia este tema, así como hacia la reducción en el uso de los agroquímicos y el aprovechamiento máximo de la tierra. Como mencioné en los resultados, no detecté ninguna influencia de la Finca Loma Linda sobre el manejo de las fincas cercanas o lejanas de la zona.

En general los agricultores de las comunidades son pequeños productores, algunos de los cuales (la minoría) desconocen las causas de la disminución de los rendimientos en sus fincas y las atribuyen a otros factores sin tomar en cuenta la degradación del suelo por erosión. Las prácticas que realiza, como es el tipo de café con sombra, son producto de la actividad cultural y no porque realmente conozcan ésta como una práctica de conservación de los suelos. Mientras otros agricultores, con un mejor nivel educativo (cursos en el MAG, literatura agrícola), están conscientes del deterioro progresivo de los suelos, lo cual repercute directamente sobre su nivel de vida, ya que el producto de sus tierras representan su principal fuente de ingresos.

De ésta forma, se percibe una conciencia general en ambas comunidades para reducir en un mínimo el uso de los agroquímicos. Esto se debe en parte, al elevado costo que tienen estos productos y también a los daños que ocasionan al hombre. Aunque indudablemente los plaguicidas y fertilizantes modernos han contribuido en gran medida a aumentar el rendimiento de las cosechas y la calidad de los productos, han dejado también muchos problemas sin resolver y han creado otros (Unión Mundial para la naturaleza, 1991).

Con respecto al tema del aprovechamiento máximo, los agricultores de la comunidad Campo Tres fueron más afines a éste tema que los de la Comunidad Cañas

Gordas. Esto probablemente se debe a que, gran parte de los pobladores están organizados en una Asociación de Productores (43 agricultores), quienes se reúnen mensualmente para planificar y llevar a cabo proyectos a través del Ministerio de Agricultura y Ganadería. Los extensionistas no visitan ni a la comunidad de Cañas Gordas ni la de Campo Tres, por lo cual los agricultores se quedan sin asesoramiento técnico.

Una de las fincas evaluadas en Campo Tres presentó un valor elevado de pérdida de suelo con respecto a las otras fincas, pero no debemos generalizar, ya que las diferencias en el manejo de la tierra y las prácticas de conservación esta influenciando los valores encontrados. De ésta forma, en las fincas visitadas, el manejo agroforestal (plátano e *Inga sp.*) fue mas adecuado para evitar las pérdidas por erosión.

No cabe duda de que en el caso del café la erosión hídrica es un problema relevante. Por ello, en la caficultura es de gran importancia la adopción de prácticas de conservación de suelos, de acuerdo a las características propias del terreno, las cuales brindan protección al suelo, contra los agentes naturales de desgaste acelerado y principalmente de la erosión hídrica (Instituto del Café de Costa Rica, 1983). Uno de los problemas más serios en Costa Rica es que el uso de la tierra no se ha fundamentado con base en sus limitaciones físicas y climáticas, o sea basado en la capacidad de uso, lo cual ha llevado a un mal uso y acelerado deterioro de las tierras. También existe todavía una falta de conciencia a nivel político y del público en general, que impide la puesta en marcha de una verdadera política de conservación de suelos de Costa Rica (Cubero, 1996).

### Conclusiones

Los agricultores de ambas comunidades consideran muy importante la conservación del suelo pero no todos tienen conocimiento y recursos para establecer prácticas de conservación realmente eficientes. De ésta forma, ambas comunidades mantienen las mismas prioridades: conservación, reducción en el uso de los agroquímicos y un aprovechamiento máximo de la tierra. A pesar de ello, la finca Loma Linda no ha ejercido influencia alguna sobre el manejo y las prácticas de conservación del suelo en las fincas de la zona. Cada uno de los productores aplica las técnicas y manejos de acuerdo a sus tradiciones, costumbres y conocimientos.

En relación a las pérdidas de suelo evaluadas, la comunidad de Cañas Gordas tiene un mejor manejo de los cafetales respecto a la comunidad de Campo Tres. El manejo del café con plátano e *Inga sp.* fue más adecuado para evitar las pérdidas de suelo que el café solo con plátano. La cobertura vegetal sobre el suelo en las fincas estudiadas, podría ser el principal factor que esta determinando las diferencias en las pérdidas de suelo (tomando en cuenta que la precipitación, textura y pendiente son similares entre las fincas). Así, un suelo desprovisto de vegetación sobre su superficie, es más susceptible a la erosión.

### Literatura Citada

- Acives, Y., A. Barragán, M.A. Soria, y J. Vela. 1995. Métodos para la Estimación de Pérdidas de Suelo en Dos Ecosistemas (Suelo Desnudo y Cítricos) en Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Pág. 127-136 en L. Szott y A. Calderon (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 95-7*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Alvarado, M. y G. Rojas. 1994. *Cultivo y Beneficiado del Café*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pág. 28.
- Cortés, V.M. s.f. *Aplicación de una Metodología para el Estudio de la Erosión Hídrica en Suelos Derivados de Cenizas Volcánicas, Flanco Occidental del Volcán Irazú, Costa Rica*. Departamento de Geografía, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Cubero, D. (ed.). 1996. *Manual de Conservación de Suelos y Aguas*. Editorial Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Pág. 1-56.
- Dane, F.C. 1990. *Research Methods*. Brooks/Cole Publishing Company. Sacramento, CA. Pág. 280-282
- García-Reyes, V. 1998. Com. pers. Estudiante Doctoral de Antropología, Universidad de Florida.
- González, M.A., J. Hernández, J. Juárez, A. Okie y F. Selles. 1995. Evaluación de la Erosión Laminar por Diferentes Métodos en Cuatro sistemas en Santa Clara, San Carlos, Costa Rica. Pág. 137-142 en L. Szott y A. Calderon (eds.), *Memorias del curso de*

- Agroecología 95-7*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Instituto del Café de Costa Rica. 1983. *Manual de Recomendaciones para el Cultivo del Café*. Programa Cooperativo del Instituto de Café de Costa Rica y Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica. Pág. 42-53.
- Lafren, J.M. y E.J. Roose. 1998. Methodologies for Assessment of Soil Degradation Due to Water Erosion. Pág. 31-55 en R. Lal, W.H. Blum, C. Valentine y B.A. Stewart (eds.), *Methods for Assessment of Soil Degradation*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Ruiz, A. 1997. Evaluación de la Capacidad de Uso de la Tierra en el Cultivo de Café Bajo Diferentes Tipos de Sombra en San Vito, Coto Brus. Pág. 105-112 en M. Swisher, J.M. Mora y J.C. Rodríguez (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 97-7*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Unión Mundial para la Naturaleza, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y Fondo Mundial para la Naturaleza. 1991. *Cuidar la Tierra. Estrategia para el Futuro de la Vida*. Gland, Suiza. Pág. 129-142.
- Vargas, G. 1992. Estudio del Uso Actual y Capacidad de Uso de la Tierra en América Central. *Anuario de Estudios Centroamericanos* 18(2):7-23.

## Anexo

### Lista de frases: Escala de Ordenamiento

1. Conservación de suelo / Ganancia económica
2. Rentabilidad / Producir al máximo
3. Ganancia / Reducción del uso de agroquímicos
4. Conservación de suelo / Rentabilidad
5. Prevenir erosión / Ganancia
6. Conservación de suelo / reducción del uso de agroquímicos
7. Ganancia / Usar al máximo mis tierras
8. Conservación de suelo / aprovechamiento máximo de la tierra
9. Rentabilidad / Gastar menos en agroquímicos
10. Prevenir erosión / usar al máximo mis tierras
11. Conservación de suelo / rendimiento
12. Prevenir erosión / Producir el máximo
13. Ganancia / Producir el máximo
14. Prevenir erosión / Rentabilidad
15. Prevenir erosión / Reducción del uso de agroquímicos
16. Conservación de suelo / Producir al máximo
17. Prevenir erosión / aprovechamiento máximo de la tierra
18. Ganancia / Aprovechamiento al máximo de las tierras
19. Prevenir erosión / Rendimiento
20. Rentabilidad / Rendimiento
21. Ganancia / gastar menos en agroquímicos
22. Rentabilidad / Usar al máximo de mis tierras
23. Ganancia / Rendimiento
24. Conservación de suelo / usar al máximo mis tierras
25. Rentabilidad / Reducir uso de agroquímicos
26. Prevenir erosión / Gastar menos en agroquímicos
27. Rentabilidad / Aprovechamiento máximo de la tierra
28. Conservación de suelo / Gastar menos en agroquímicos

### Lista de temas para determinar orden de prioridades

Conservación del suelo  
Prevenir la erosión  
Máxima ganancia económica  
Disminución de Agroquímicos  
Aprovechamiento al máximo de la tierra  
Rendimient

### Preguntas de la entrevista semi-estructurada

1. ¿Utiliza agroquímicos? ¿Cuáles y con que fin?
2. ¿Realiza alguna práctica de conservación de los suelos en su finca?
3. ¿Existe alguna práctica que quisiera realizar? ¿Cuál? ¿Por qué no la ha implantado?
4. ¿Cree que alguna parte de su finca no debería estar sembrada?
5. ¿Considera que su finca presenta problemas de erosión?
- 6.. ¿Ha recibido asistencia técnica para conservar sus tierras?
7. ¿Conoce las prácticas de conservación que se hacen en la Finca Loma Linda? ¿Ha seguido alguna de ellas?



# Efecto de la Herbivoría en la Tasa de Crecimiento de Hojas Nuevas en *Vigna unguiculata* (Caupí) (Papilionaceae)

Dora Ma. Alvarez Caro

## Resumen

Realicé un estudio en el poblado de Cañas Gordas, Coto Brus, Costa Rica, con el propósito de determinar el efecto de tres niveles de herbivoría sobre la tasa de crecimiento de las hojas nuevas de *Vigna unguiculata*, una especie de interés comercial. Seleccioné cuatro grupos de plantas. A tres grupos les realicé un nivel de herbivoría específico, para lo cual reduje su área foliar en un 25, 50 y 75% respectivamente. El cuarto grupo lo dejé como testigo. Registré datos de número y longitud de hojas nuevas y número de yemas al inicio y al final del estudio. Posteriormente determiné para cada grupo la relación de la cantidad de biomasa producida según el área foliar disponible. Encontré que la especie posee un crecimiento compensatorio frente a la defoliación, expresado en una mayor tasa de crecimiento de hojas nuevas y producción de biomasa por área foliar disponible con respecto al testigo, lo cual es una estrategia de compensación característica en las especies de rápido crecimiento.

Palabras Claves: *vigna*, herbivoría, tasa de crecimiento, leguminosa, fisiología

Apoyo Técnico: M.E. Swisher, W. Marin, J. M. Mora, J.C. Rodríguez

---

---

## Introducción

Aparte de las gramíneas, las leguminosas constituyen la familia de plantas más útil al hombre, especialmente por ser una fuente importante de proteínas vegetales, las cuales están concentradas en las semillas y las hojas. Entre los diversos estudios sobre leguminosas se encuentran aquellos que evalúan su importancia como plantas de cobertura para la conservación de suelos, biocontroladoras de plagas, enfermedades o malezas, fuentes de compuestos industriales y fijadores de nitrógeno en asocio con otras especies (Quiroga, 1994). Dada la importancia de las leguminosas dentro de los agroecosistemas, es relevante conocer el comportamiento o resistencia de las especies de interés económico ante diversas condiciones ambientales, como es el caso de los depredadores o herbívoros. En este contexto, los estudios de herbivoría representan la base para el desarrollo de planes de manejo de los sistemas agrícolas. De acuerdo a Barbour et al. (1987), la herbivoría es el consumo de toda la planta o partes de la planta por un consumidor. Los herbívoros no sólo se alimentan del tejido de las plantas, sino que también las utilizan como refugios. Algunos herbívoros construyen sus nidos fuera de las ramas y hojas o viven dentro de las diferentes partes de la planta. En general se incluyen las siguientes categorías de consumidores de plantas: (1) microbios o plantas parásitas, (2) microbios saprófitos que des-

componen el tejido muerto, (3) consumidores de partes leñosas y herbáceas y (4) consumidores de todas las partes de la planta. Entre éstos, los estudios de herbivoría por insectos pueden ayudar a entomólogos y ecólogos a elaborar programas de manejo de plagas más eficientes (do Nascimento, 1997). Conocer la historia de defoliación de una planta nos permite entender su susceptibilidad relativa al ataque de herbívoros (Marquis, 1987) y seleccionar especies con mejores defensas (químicas y físicas) contra herbívoros para fines forestales o agrícolas. Las especies más vulnerables a la herbivoría podrían reducir la productividad neta por debajo de aquellas especies que son menos afectadas (Coley, 1987).

En el caso de la herbivoría foliar hay una reducción del área fotosintética, lo que puede provocar una disminución en la producción de semillas y el crecimiento de la planta. Esta herbivoría también afecta la respiración, absorción de nutrientes y crecimiento de las raíces (las cuales incluso llegan a morir) de aquí otras razones para provocar reducción en crecimiento y producción de semillas. Además tanto la herbivoría foliar y la predación de semillas podrían afectar la supervivencia de las plantas (Marquis, 1987; Marquis y Braker, 1994). Por otro lado, las interacciones semimutualísticas entre plantas y herbívoros no deben de sorprender (Barbour, et al., 1987). Las plantas son capaces de convivir

efectivamente con los herbívoros, beneficiándose por su presencia, utilizándolos para incrementar la absorción mineral (por ejemplo, los organismos fijadores de nitrógeno), asegurar la polinización (insectos, aves y mamíferos), dispersar las semillas (hormigas, aves y mamíferos) y también defenderlas con-

tra otros herbívoros. En adición, Barbour et al. (1987) señalan que una intensidad apropiada de herbivoría foliar puede algunas veces resultar en una alta tasa de fotosíntesis para la planta y como resultado un incremento de biomasa que sobrepasa a las que no sufren herbivoría. Una razón para ello es que la herbivoría foliar reduce la densidad del dosel hasta un punto en donde todas las hojas reciben suficiente luz para una fotosíntesis eficiente.

En términos generales, la herbivoría tiene un impacto negativo sobre el crecimiento, reproducción y supervivencia de la planta (Barbour, et al 1987). Marquis (1987) indica que las principales teorías sobre las interacciones entre planta y herbívoros está dada por el supuesto de que los herbívoros son influencias importantes en la evolución de las características defensivas de las plantas. Además este menciona algunas de las características físicas y químicas de las plantas que les ofrecen resistencia contra los herbívoros. Coley (1987) señala que existen por lo menos tres fuentes fundamentales de variación en la defensa dentro de una especie: genéticas, ambientales y ontogénicas. Los individuos de una misma población pueden tener diferencias en sus defensas debido a diferencias en sus genes, a diferencias en el microambiente o a diferencias en su edad. El hecho de que algunas plantas se recobren de la herbivoría más efectivamente que otras puede ser explicado en términos de sus respectivas respuestas fisiológicas.

Por lo anterior, el presente trabajo pretende ayudar a entender el valor adaptativo de una especie de frijol, *Vigna unguiculata* y su capacidad de respuesta frente a los efectos de diferentes niveles de herbivoría. *Vigna unguiculata* pertenece a la familia Papilionaceae que incluye hierbas trepadoras, con hojas trifolioladas y legumbre dehiscente en dos valvas. Dada la buena

Comparación	Credimiento de Hojas Nuevas		No. de Hojas Nuevas		Biomasa por Area Foliar		Credimiento de Planta	
	Z	p	Z	p	Z	p	Z	p
Testigo X 25%	-2.76	0.01	-0.21	0.83	-1.05	0.30	-1.85	0.06
Testigo X 50%	-1.37	0.17	-0.42	0.68	-0.73	0.46	-0.31	0.75
Testigo X 75%	-1.96	0.05	-1.04	0.30	-1.57	0.12	0.45	0.65
25% X 50%	1.02	0.31	-0.31	0.75	0.52	0.60	1.95	0.05
25% X 75%	1.17	0.24	-0.94	0.35	-0.84	0.40	1.41	0.15
50% X 75%	-0.07	0.94	-0.84	0.40	-1.78	0.08	0.15	0.88

Tabla 1. Resultados de las Pruebas de Mann-Whitney para los Cuatro Tratamientos y Cuatro Variables Incluidos en el Estudio, Coto Brus, Costa Rica, 1998

composición en aminoácidos de ésta especie, aunque ligeramente inferior al frijol común, es empleada especialmente por las semillas secas. Reemplaza al frijol común en los trópicos bajos y húmedos y, por la abundancia de, cultivares puede adaptarse a condiciones ambientales muy diferentes. Al mismo tiempo *V. unguiculata* es una forrajera de buen rendimiento y alto valor nutritivo y se le ha cultivado también como cobertura y abono verde.

En esta especie se conocen tres grupos de cultivares entre los que se encuentra la variedad caupí. Esta variedad es de crecimiento arbustivo o indeterminado, hasta un metro de alto. Produce legumbres pendientes de 10 a 30 cm de largo y semillas de 6 a 10 mm de longitud con maduración mediana a larga (70 a 140 días). En un estudio previo del frijol común, *Phaseolus vulgaris*, do Nascimento (1997) señala que ante un 1% de herbivoría natural el crecimiento del área foliar en hojas nuevas (durante cinco días) fue muy alto. Para las terceras hojas se da en un rango entre 300 a 2600 % y para las quintas entre 10 a 490 %.

Quiroga (1994) señala que la introducción de leguminosas en los agroecosistemas puede contribuir a un mejor desarrollo agrícola regional, basado en la sostenibilidad ecológica de la agricultura, especialmente para agricultores de escasos recursos, a través de rotaciones y asociaciones de cultivos. En Costa Rica y la mayoría de los países de América Latina las papilionáceas (frijoles) son un cultivo doméstico, cultivados en su mayoría en parcelas pequeñas (menores de cinco ha) y a menudo en policultivos con maíz (*Zea mays*). Se les puede cultivar en todo el país, pero la producción comercial está limitada en su mayoría a elevaciones medianas con una estación seca definida, tal como la Meseta Central y los valles de Coto Brus y Arenal (Boucher et al., 1991). Basada en la discusión anterior

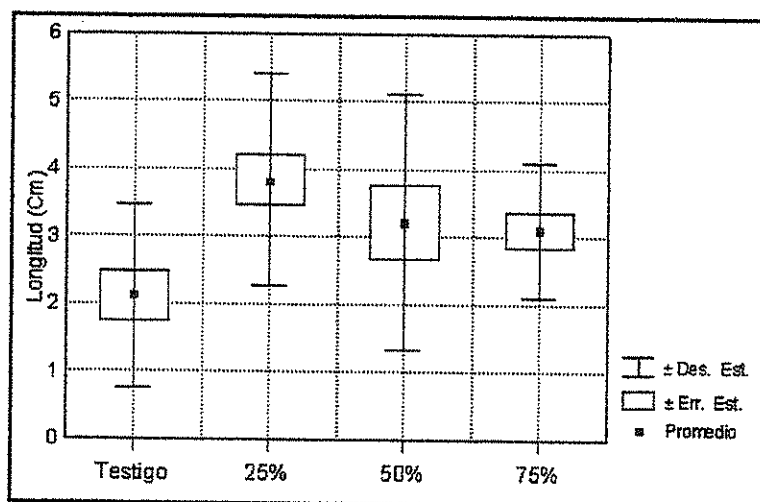


Figura 1. Tasa de Crecimiento de Hojas Nuevas (Cm de Longitud) para Cuatro Niveles de Herbivoría, Coto Brus, Costa Rica, 1998

he planteado la hipótesis de que los niveles crecientes de herbivoría favorecen la tasa de crecimiento en las hojas nuevas de *Vigna unguiculata*.

### Metodología

El estudio lo llevé a cabo en un cultivo de *Vigna unguiculata* en Finca Loma Linda en la comunidad de Cañas Gordas, Coto Brus, Costa Rica. El cultivo de *Vigna unguiculata* está sembrado en una terraza (279 m<sup>2</sup>) con una distancia de siembra de 30 x 30 cm. No hubo aplicaciones de abonos ni agroquímicos durante las seis meses de siembra (D. Cole, com. pers.) Seleccioné al azar cuatro grupos de plantas de *Vigna unguiculata* ubicadas en el mismo cultivo y por tanto de la misma edad ( $E=0.10$ ). A tres de los cuatro grupos escogidos les realicé un nivel particular de herbivoría artificial (reducción del área foliar). Provoqué la herbivoría en ocho hojas por planta en cada uno de los tres grupos. Para cada planta tome las medidas de altura, número de hojas y yemas y longitud de hojas nuevas (las cuales marqué). Tomé como referencia el área total de un folíolo y éste lo dividí en cuatro cuadrantes. Reduje su área foliar con una tijera en un 25, 50 y 75% y cuidé de no cortar la vena media principal. El cuarto grupo fue el testigo. Tomé cinco plantas para cada grupo. Estas medidas las realicé en dos tiempos (al inicio y al final) con cinco días de diferencia entre medidas.

Posteriormente coseché las plantas de todos los grupos (sólo la parte área) para determinar la relación de peso

por área foliar (cm<sup>-2</sup>). Lo anterior indica la cantidad de biomasa producida según el área foliar disponible para la fotosíntesis (Marín, com. pers.). Para ello registré el peso húmedo de tallos y el área foliar (por medio de un medidor Li-Con Modelo 3100) de las hojas nuevas, hojas afectadas por la herbivoría y resto de hojas de la planta. Con el fin de caracterizar el cultivo, tomé datos de la disposición de las plantas, el tipo de suelo y la cantidad de luz recibida. Calculé la producción de biomasa por área foliar y la tasa de crecimiento de las hojas nuevas entre los cuatro grupos (testigo, 25, 50 y 75%) para determinar diferencias entre ellos y para saber en cuál de ellos la tasa de crecimiento se reduce más drásticamente.

Utilicé la prueba estadística no para métrica de Mano-Whitney para determinar si existen diferencias en (1) la producción de biomasa por área foliar, (2) la tasa de crecimiento de la planta (altura), (3) la tasa de crecimiento de las hojas nuevas y (4) el número de hojas nuevas entre los cuatro tratamientos (testigo, 25, 50 y 75%). Finalmente realicé las comparaciones en el número de nuevas hojas producidas entre los cuatro tratamientos por medio de la prueba de chi cuadrada.

### Resultados

La tasa de crecimiento de hojas nuevas fue menor en el testigo ( $x=2.12$  cm) que en los otros tratamientos (Figura 1). El nivel de crecimiento de 25% presentó la tasa de crecimiento mayor ( $x=3.83$  cm), seguida por el nivel de 50% ( $x=3.22$  cm) y el de 75% ( $x=3.10$  cm). Las diferencias entre la tasa de crecimiento del testigo y la tasa de 25% ( $Z=-2.76$ ,  $p=0.01$ ) y la tasa de 75% ( $Z=-1.96$ ,  $p=0.05$ ) fueron significativas. No hubo diferencias significativas entre los otros tratamientos (Tabla 1). Al contrario, el tratamiento de 75% de herbivoría mostró el número mayor de hojas nuevas (Figura 2). Sin embargo, no hubo diferencias significativas entre los tratamientos (Tabla 1). El tratamiento de 75% de herbivoría también mostró mayor producción de biomasa por área foliar (Figura 3). La diferencia entre 50% y 75% de herbivoría fue significativa ( $Z=-1.78$ ,  $p=0.08$ ) y la diferencia entre 75% de herbivoría y el testigo tendió a ser significativa ( $Z=-1.57$ ,  $p=0.12$ ). Las respuestas de crecimiento de la planta (altura) a la herbivoría mostró un patrón parecido a aquello del crecimiento de hojas nuevas (Figura 4). El tratamiento

de 25% de herbivoría fue el de mayor crecimiento ( $x=15.25$  cm). Hubo diferencias significativas entre 25% de herbivoría y el testigo ( $Z=-1.85$ ,  $p=0.06$ ) y entre 25% y 50% de herbivoría ( $Z=1.95$ ,  $p=0.05$ ).

### Discusión

Barbour et al. (1987) señalan que una intensidad apropiada de herbivoría foliar puede, algunas veces, resultar en una alta tasa de fotosíntesis para la planta y resultar en una mayor biomasa que sobrepasa a las que no sufren herbivoría. También remover los brotes afecta el balance hormonal de la planta la cual inicia un acelerado crecimiento de los mismos. Este efecto positivo de herbivoría ha sido denominado crecimiento compensatorio, el cual puede ser alcanzado por mecanismos abióticos (poda) y bióticos (también los animales proveen un estímulo adicional). Además, las especies adaptadas a ambientes ricos en recursos tienen tasas de crecimiento altas, mientras que las especies adaptadas a ambientes limitados en recursos crecen lentamente, aún cuando se les transfiera a condiciones adecuadas para el crecimiento. La limitación de recursos selecciona a las plantas con tasas de crecimiento baja y esto a su vez favorece inversiones grandes en defensas contra herbívoros (Coley, 1987).

La respuesta de crecimiento compensatorio de *Vigna unguiculata* ante niveles de herbivoría es consecuente con lo esperado para especies de rápido crecimiento. Estas especies en condiciones naturales sufren altos ataques de herbivoría debido a la menor cantidad de defensas químicas o mecánicas presentes, pero poseen entonces una mayor tasa de crecimiento. Al contrario, las inversiones en defensas reducen el crecimiento, de allí que especies de lento crecimiento tengan inversiones mayores en la producción de defensas. En un estudio realizado por Coley (1987), sobre el impacto del herbivorismo entre especies arbóreas de rápido y lento crecimiento se encontró que la producción anual de hojas o la tasa máxima de crecimiento en las especies de rápido crecimiento está positivamente correlacionada con las tasas de herbivoría. De manera igual, las especies parecen protegerse con-

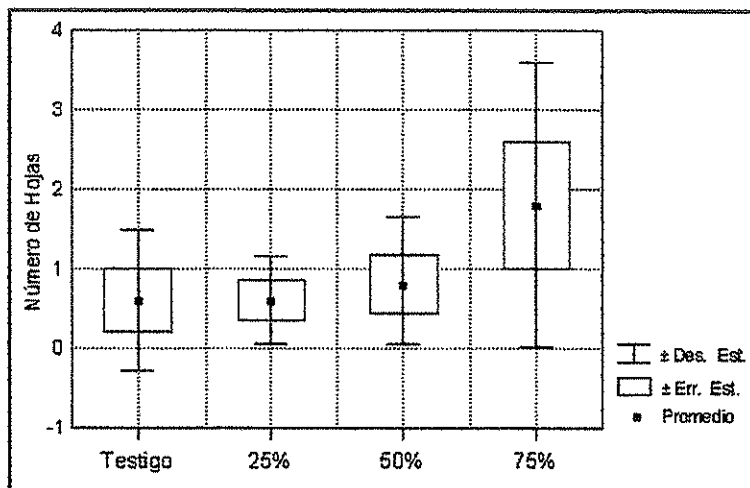


Figura 2. Número de de Hojas Nuevas para Cuatro Niveles de Herbivoría, Coto Brus, Costa Rica, 1998

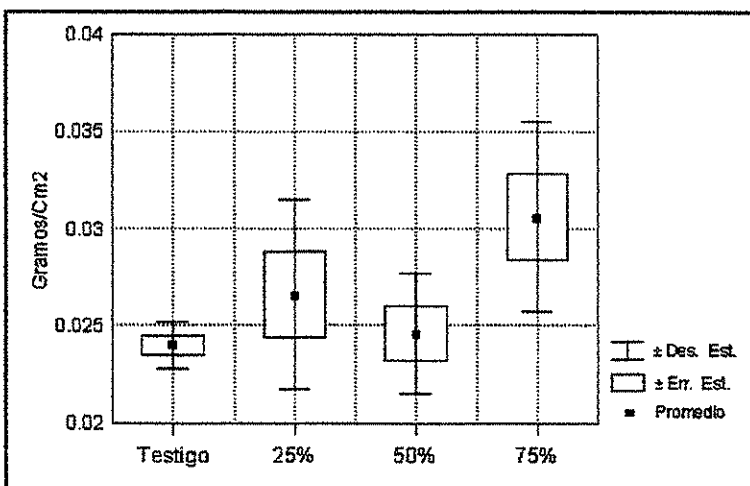


Figura 3. Producción de Biomasa por Area Foliar (g/cm) para Cuatro Niveles de Herbivoría, Coto Brus, Costa Rica, 1998

tra el ataque de herbívoros en función de sus inversiones de defensa. Las plantas que tienen tasas intrínsecas de crecimiento bajas (lento crecimiento) deberían hacer una mayor inversión en las defensas con respecto a las de rápido crecimiento y ser muy resistentes al ataque de herbívoros.

Este crecimiento compensatorio es reflejado en dos de las variables medidas en este estudio, el crecimiento de la hojas y el crecimiento de la planta. En el primer caso, la herbivoría produjo un crecimiento compensatorio de las hojas nuevas. En el caso del crecimiento de la planta, un nivel moderado de herbivoría, 25%, produjo un crecimiento elevado comparado al testigo. Sin embargo, esta relación no se evidenció en el caso

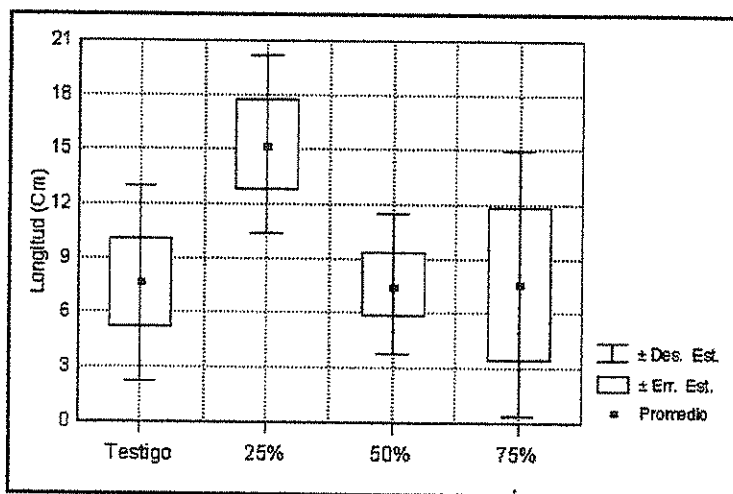


Figura 4. Tasa de Crecimiento la Planta (cm) para Cuatro Niveles de Herbivoría, Coto Brus, Costa Rica, 1998

de la producción de nuevas hojas ni en el caso de producción de biomasa por área foliar. Estos resultados inconsistentes pueden deberse a las diferencias intraespecíficas de respuesta al ataque por herbívoros dentro de la especie. Algunas plantas se recobran de la herbivoría más efectivamente que otras por razón de sus respectivas respuestas fisiológicas (Coley, 1987). Hay por lo menos tres fuentes fundamentales de variación en la defensa dentro de una especie; los individuos de una misma población pueden tener diferencias en sus defensas debido a diferencias en sus genes, a diferencias en el microambiente o diferencias en su edad (Coley, 1987). Además, el impacto de la herbivoría a nivel de la planta individual depende de varios componentes tales como el estado de desarrollo y tamaño de la planta. Parece ser que mientras menor sea el estado de desarrollo y tamaño de la planta, mayor es el impacto. También el impacto depende de la condición (salud) y del sitio específico en que se encuentra la planta cuando es atacada. Es de esperar que el ataque a una planta en condiciones de estrés lumínico típicas del sotobosque tenga un mayor impacto que sobre una plántula que crece en un claro del bosque.

### Conclusiones

*Vigna unguiculata* mostró una alta tasa de crecimiento durante cinco días de estudio. Su crecimiento compensatorio indicó que esta especie posee un valor adaptativo frente a la defoliación. Además esta estrategia fisiológica es característica de las especies de rápido crecimiento. Esta particularidad hacen de ésta una especie apropiada para ser empleada como cobertura,

abono verde y forrajera. Por otra lado, conocer las respuestas fisiológicas de las plantas frente a niveles de herbivoría permite seleccionar aquellas especies apropiadas con mejores defensas contra herbívoros para programas de manejo (reforestación).

### Literatura Citada

- Barbour, M.G., J.H. Burk y W.D. Pitts. 1987. Species Interaction: Commensalism, Protection, Cooperation, Mutualism and Herbivory. Pág. 147-153 en M.G. Barbour et al. (eds.), *Terrestrial Plant Ecology*. The Benjamin Cummings Publishing Company, Inc., Menlo Park, CA.
- Boucher, D., D.H. Jansen, S. Risch y J.H. Vandermeer. 1991. Agricultura. Pág. 67-118 en D. H. Janzen (ed.), *Historia Natural de Costa Rica*, Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Coley, P. 1987. Patrones en la Defensa de las Plantas: ¿Porqué los Herbívoros Prefieren Ciertas Especies de Plantas? *Revista de Biología Tropical* 35(1):151-164.
- Do Nascimento, E. 1997. Contribución al Estudio de la Herbivoría por Insectos en Agroecosistemas en el Contexto de la Ecología del Paisaje. Pág. 147-152 en M.E. Swisher, J.M. Mora y J.C. Rodríguez (eds.), *Agroecología, Memorias del Curso de la Organización para Estudios Tropicales 97*. Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Marquis, R. 1987. Variación en la Herbivoría Foliar y su Importancia Selectiva en *Piper arieianum* (Piperaceae). *Revista de Biología Tropical* 35(1):133-149.
- Quiroga, R.M. 1994. Uso de Leguminosas para Recuperación de la Estabilidad en Agroecosistemas de la Fraylesca, Chiapas. En D. Thurston, M. Smith, G. Abawi y S. Kearl (eds.), *Frijol Tapado: Los Sistemas de Siembra con Cobertura*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.



# Relación Entre la Presencia de Micorrizas y la Regeneración Natural de *Miconia Sp.* en Potreros Abandonados

Eligio García-Serrano

## Resumen.

Realicé esta investigación en dos potreros abandonados cercanos al bosque del Jardín Botánico Wilson en la Estación Biológica Las Cruces. El estudio tuvo como objetivo determinar la presencia de micorrizas y densidad de raíces en *Miconia sp.* en sitios con alta y baja regeneración natural de esta especie. Los resultados obtenidos demostraron que los potreros de estudio presentaron características del suelo similares y los dos se encontraban cerca de parches de bosque. Sin embargo, en el Potrero A existe una mayor regeneración natural de *Miconia sp.* En cuanto a la densidad de raíces, esta fue mayor para el Potrero A con 12 raíces/m<sup>2</sup>, a diferencia del Potrero B que fue de 5.2 raíces/m<sup>2</sup>. Las micorrizas estuvieron presentes en los dos potreros, sin embargo, la presencia de estas fue mayor para el Potrero A con un 16% de presencia a diferencia del Potrero B que fue de 2%. Hubo correlaciones positivas entre número de micorrizas y densidad de raíces y altura y entre densidad de raíces y altura, las cuales indican que hay una relación positiva entre infección por micorrizas y formación de raíces y entre este último y el crecimiento de la planta. Estos resultados sugieren que las micorrizas pueden tener un papel importante en la capacidad de esta especie de establecerse y desarrollarse, lo cual puede ser importante en la rehabilitación de potreros degradados. Concluimos que debido a la importancia de las micorrizas en la absorción de nutrientes, esta son un factor importante a considerar en el crecimiento y regeneración del bosque.

Palabras Claves: Micorrizas, raíces, regeneración, *Miconia sp.*, potreros

Apoyo Técnico: Walter Marin, Miki Swisher, Chris Peterson y Ronald Murillo

---

## Introducción

En los bosques tropicales en especial, se ha enfatizado la interacción entre la dinámica de aperturas naturales y las diferentes características biológicas de las especies de árboles (Clark y Clark, 1987). Se ha propuesto que muchos, si no la mayoría, de los árboles que alcanzan el dosel en bosques tropicales húmedos y muy húmedos, requieren la existencia de una apertura en el dosel para que se puedan regenerar. En varias especies de árboles se sabe que la germinación requiere de condiciones de alta luz y temperatura elevada; no obstante muchas especies germinan en condiciones de sotobosque (Clark y Clark, 1987). Posibles explicaciones por la ausencia de regeneración incluyen la clausura de claros (para las pioneras), pero existe además una lista enorme de otros factores, como denso-dependencia, competencia para luz con las lianas o los hemi-epifitos, competencia para la atención de polinizadores o agentes de dispersión de semillas, y reproducción retrasada o episódica (Humbell y Foster, 1987).

Estudios recientes han demostrado que los porcentajes

de germinación de plantas son similares en el bosque y en potreros con gramas. Sin embargo, la germinación es mas baja en áreas sin gramas durante la estación seca, por lo que sugieren que la falta de germinación no es un factor que limita la recuperación de bosque en el potrero. También mencionan que las gramas pueden mantener un microclima favorable para la germinación de semillas, pero existen otros factores que pueden retrasar la recuperación del bosque en áreas de potreros tales como la dispersión de semillas, depredación de estas, competencia con gramas, microclima y nutrientes (Holl, 1995). Dentro de un claro, la disponibilidad de luz varía mucho entre micrositios, por esta razón puede ser que la distinción entre claro y no claro no sea la adecuada para distinguir entre micrositios buenos y malos para especies que requieran niveles de luz relativamente altos (Clark y Clark, 1987). Cuando se combina el crecimiento y supervivencia de individuos con mediciones de la luz que llega a su copa, se puede evaluar el papel de la luz (o de los claros) en la regeneración. Idealmente se deben medir otros factores tales como nutrimentos, micorrizas, estructura del suelo, densidad de raíces y efectos de herbivoría.

Dentro de este contexto, las micorrizas juegan un papel importante en el bosque, pues son capaces de absorber nutrientes y transferirlos a la planta (Voigh, 1971), mejoran el crecimiento de las plantas en suelos poco fértiles, aumentan la capacidad de absorción de minerales inmóviles como el fósforo, disminuyen el estrés debido a altas temperaturas y pueden reducir el efecto de la interacción patógeno-hospedante (Galileo, 1997). De acuerdo con la localización de los elementos fungosos, las micorrizas se clasifican en ectomicorrizas y endomicorrizas. En el tipo ecto, las hifas del hongo ocurren en los espacios intercelulares de las células corticales y forman un manto compacto alrededor de las raíces; en el grupo endo, las hifas ocurren intracelularmente, así como extracelularmente en la corteza de la raíz, pero no forman un manto fungal (De las Salas, 1987).

Las micorrizas son esenciales para la sobrevivencia de casi todos los árboles tropicales. Al cambiar las poblaciones de micorrizas, se espera la interrupción del ciclo biogeoquímico que mantiene la vegetación exuberante en suelos tropicales muy lavados y la falta de estas son un obstáculo para la recuperación de terrenos degradados en Costa Rica (De las Salas, 1987). Por todo lo anterior, mi hipótesis es que la presencia de micorrizas es un factor que favorece el crecimiento y regeneración de *Miconia sp.* en potreros abandonados próximos a parches de bosque.

### Metodología

El estudio lo llevé a cabo en dos potreros cercanos a el Jardín Botánico Wilson en la Estación Biológica Las Cruces, San Vito. Estos potreros fueron los mismos utilizados para el proyecto de "Investigación Hacia el Uso Sostenible de la Tierra y la Biodiversidad en un Mosaico de Agricultura y Bosque Tropical" a cargo de Bruce Haines y Chris Peterson de la Universidad de Georgia, E.U.A El proyecto cuenta con cinco parcelas experimentales sobre potreros con pastizales que han sido abandonados, los potreros se encuentran separados por aproximadamente 600 m de distancia. De estos, seleccioné dos potreros (cuatro y cinco) cercanos a un parche de bosque y que denomine Potrero A y Potrero B respectivamente.

La vegetación del Potrero A esta constituida por especies como *Cecropia insignis*, *Cestrum sp.*, *Conostegia sp.*, *Croton sp.*, *Ficus sp.*, *Gonzalagunia rosea*, *Guarea sp.*,

*Piper auritum*, *Verbesina tapantiensis*, y *Miconia sp.*, entre otras. La especie mas abundante es *Miconia sp.* con un total de 446 individuos. La mayoría de las especies de este potrero tiene una altura de 1.5 m a 6 m. En el Potrero B se encuentra *Cecropia insignis*, *Piper auritum*, *Vismia ferruginea*, *Topobea sp.* y *Miconia sp.*, entre otras y al igual que el Potrero Anterior *Miconia sp.* es más abundante con 101 individuos, la altura de las plantas en este potrero es de 1.0 m a 6 m, aunque existen algunas especies con una altura mayor. De estos potreros el que presenta una mayor regeneración natural de *Miconia sp.* es el Potrero A (Haines y Peterson, 1998). Posteriormente realicé una caracterización de cada potrero, observando la pendiente, textura, temperatura, profundidad efectiva del suelo y la distribución de las plantas de *Miconia sp.* (aisladas o agrupadas). Esto me permitió seleccionar las plantas para incluir en el estudio. Además obtuve la superficie de terreno ocupado por cada potrero.

El objetivo del presente estudio fue determinar la presencia de micorrizas y densidad de raíces en *Miconia sp.* en dos potreros con regeneración natural. Para ello en cada potrero escogí diez plantas de *Miconia sp.* de diferentes grupos y aisladas, de las cuales se contaba con información sobre su diámetro y altura. En cada planta tomé una muestra de raíz secundaria de 25 cm de largo en un área de suelo de aproximadamente 25 cm de largo por 10 cm de ancho. Las muestras fueron llevadas al laboratorio para hacer el conteo de raíces terciarias y cuaternarias por unidad de suelo. Mediante una sumatoria total de las raíces encontradas, obtuve la densidad de raíces por metro cuadrado.

De las raíces que utilicé para la densidad obtuve una submuestra de diez raíces cuaternarias por planta para un total de 100 raíces finas por cada potrero para determinar la presencia de micorrizas en cada raíz. Para esto utilicé el método de clareo y tinción modificado de Sylvia (1994). Primero limpié las raíces para que queden exentas de suelo. Posteriormente las coloqué en tubos de ensayo con una solución de KOH 1.8 M y las puse a baño maría durante una hora aproximadamente. Las lavé con agua corriente tres veces y con HCL al 1% una vez para el clareo de las raíces. Después las coloqué en Trypan azul (solución de glicerina, ácido láctico y agua) como colorante y las puse en baño maría durante una hora. Observé las raíces teñidas al microscopio para determinar la frecuencia de micorrizas por raíz.



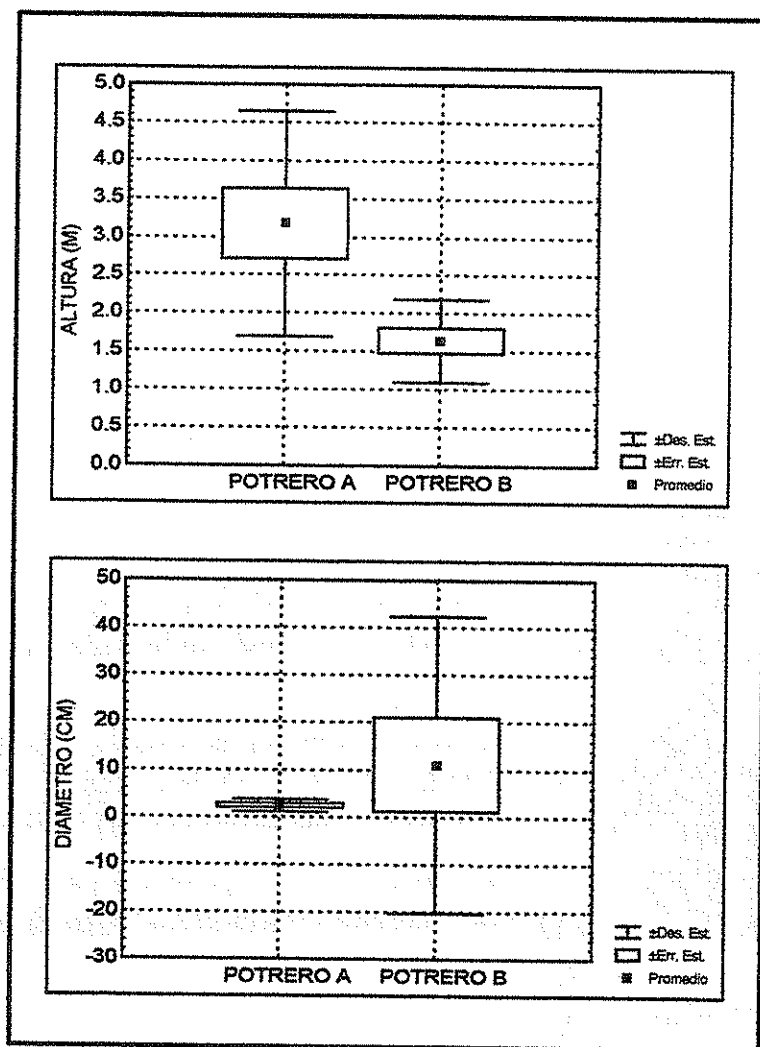


Figura 1. Altura y Diámetro de las Plantas de *Miconia sp.* Utilizadas en el Estudio sobre Regeneración Natural en Potreros Abandonados en San Vito, Costa Rica, 1998

De los datos de densidad de raíces y micorrizas obtuve los estadísticos básicos de la media, desviación estándar y varianza. Para conocer si existían diferencias entre la densidad de raíces y micorrizas en los Potreros A y B, apliqué una prueba no paramétrica de  $X^2$ . En cuanto a la relación entre la densidad de raíces y micorrizas realicé un análisis de regresión múltiple. El error experimental lo estimé en un 0.18 para densidad de raíces en Potrero A y 0.17 para el Potrero B. En el caso de la frecuencia de micorrizas fue de 0.23 para el Potrero A y 0.65 para el Potrero B.

### Resultados

El Potrero A es un potrero con alta regeneración natu-

ral de *Miconia sp.* en grupos de 7 hasta 15 plantas, y observé plantas aisladas. Encontré un grupo de aproximadamente 100 individuos de esta especie bajo un árbol del género *Ficus sp.* con una altura de 20.5 m y un diámetro de 42.0 cm, que se encontraba cerca del parche de bosque y de una cañada lo cual proporciona características microclimáticas propias a este grupo de plantas, como mayor humedad y sombra. Otras especies presentes de mayor tamaño fueron *Tabernamontana sp.*, *Verbesina tapetiensis*, y *Guarea sp.*, este potrero está cubierto totalmente por pastizales. La pendiente es de 3% a 26% y la temperatura del suelo de 13 C. Los suelos son profundos, arcillo-limosos. El potrero ocupa un área de 5,070 m<sup>2</sup>.

El Potrero B presenta poca regeneración de *Miconia sp.* en grupos pequeños de tres a cinco individuos, aunque hubo cerca de diez individuos agrupados en faja. Entre las plantas asociadas hay tres individuos de *Miconia* con 16.0, 20.2 y 26.0 cm de diámetro y *Psamisia sp.* Al igual que el potrero anterior, se encuentra junto a un parche de bosque y cubierto por pastizales. La pendiente varía de 18% a 21%. La temperatura del suelo es entre 13 C a 15 C y los suelos son profundos, franco-arcillo-limosos. La superficie del potrero se estimó en 2,184 m<sup>2</sup>. El diámetro y altura de las plantas de *Miconia sp.* se muestran en la Figura 1.

La densidad de raíces fue mayor en el Potrero A, con 12 raíces/m<sup>2</sup>, que en Potrero B con 5.2 raíces/m<sup>2</sup> (Figura 2). La cantidad de raíces fue mayor en el Potrero A para todas las plantas, especialmente en las cinco primeras que fueron las que se encontraban cerca del parche de bosque y protegidas por el *Ficus sp.* La densidad de raíces difirió significativamente entre los dos potreros ( $X^2=3.2$ ,  $p=0.07$ ).

En total observé 100 muestras de raíz por potrero (diez por árbol) para determinar la presencia de micorrizas en cada planta. En el Potrero A encontré que el 16% de las muestras de raíces presentaron micorrizas y para el Potrero B fue de 2.0%. En dos muestras de Potrero A y seis de Potrero B observé posibles micorrizas, pero

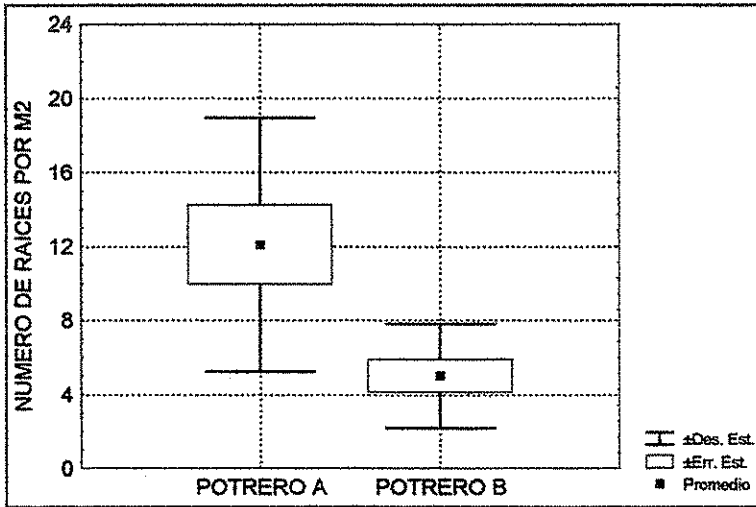


Figura 2. Densidad de Raíces ( $m^2$ ) de las Plantas de *Miconia sp.* Utilizadas en el Estudio sobre Regeneración Natural en Potreros Abandonados en San Vito, Costa Rica, 1998

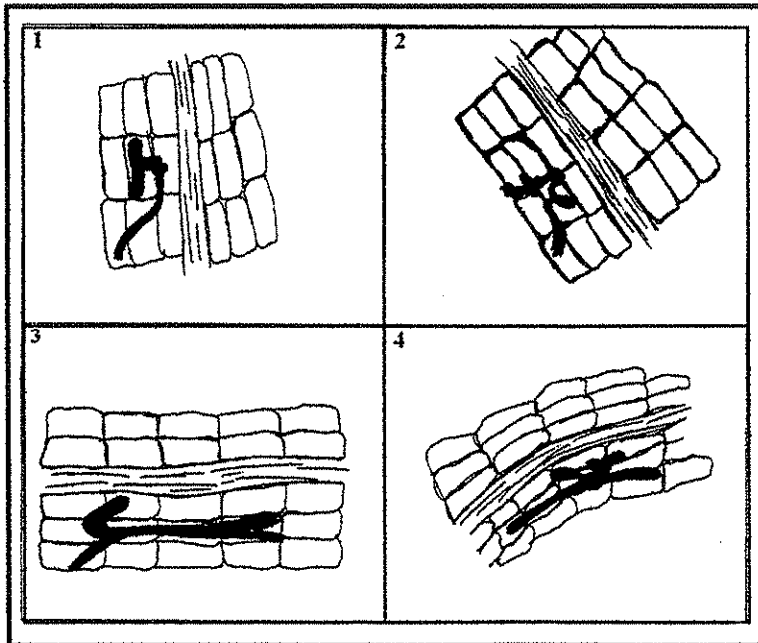


Figura 3. Tipos de Micorrizas de la Raíz de *Miconia sp.* en Dos Potreros Estudiados en San Vito, Costa Rica, 1998

no se puede estar seguro que estas fueron micorrizas y por esto no las incluí en el total. Las micorrizas fueron de cuatro formas diferentes. En la Figura 3, la uno y dos corresponden al Potrero A y la tres y cuatro al Potrero B. En cuanto a la presencia de micorrizas, encontré diferencias entre los dos potreros ( $X^2=7.2$ ,  $p=0.01$ ) y al igual que en las raíces encontré más presencia de micorrizas en el Potrero A (Tabla 1). Hubo una correlación positiva y bastante alta entre número de mi-

Planta	Potrero A	Potrero B
1	3	*
2	0	*
3	1	0
4	4	*
5	3	0
6	*	*
7	1	*
8	*	*
9	1	1
10	3	1

\*Posible micorriza

Tabla 1. Número de Micorrizas en las Plantas de *Miconia sp.* Utilizadas en el Estudio sobre Regeneración Natural en Potreros Abandonados en San Vito, Costa Rica, 1998

corrizas y densidad de raíces ( $r=0.58$ ). La correlación entre número de micorrizas y altura también fue positiva ( $r=0.28$ ), pero no muy alta y la correlación entre número de micorrizas y diámetro fue negativa y baja ( $r=-0.15$ ) (Figura 4). De igual forma, la correlación entre densidad de raíces y altura de la planta fue positiva y alta ( $r=0.59$ ) y entre densidad de raíces y diámetro de la planta negativa y baja ( $r=-0.22$ ) (Figura 5).

### Discusión

Entre los factores que pueden retrasar la recuperación del bosque en áreas de potreros se incluyen la dispersión de semillas, la germinación de estas, la competencia con gramíneas, el microclima y los nutrientes del suelo (Holl, 1995). Sin embargo, muy poco se ha considerado la importancia de las micorrizas como un factor que ayude al crecimiento y regeneración del bosque, sobre todo por su importancia en la movilización de nutrientes. Janos (1980),

menciona que los potreros en donde el pastoreo es intensivo las comunidades de plantas presentan pocas micorrizas, lo que retarda la restauración de las comunidades. Los potreros que estudié anteriormente eran potreros con pastoreo intensivo que provocó una disminución en el potencial del inóculo de las micorrizas. El establecimiento de *Miconia sp.* en los potreros de estudio puede ser importante en el proceso de sucesión del bosque debido a que esta especie puede

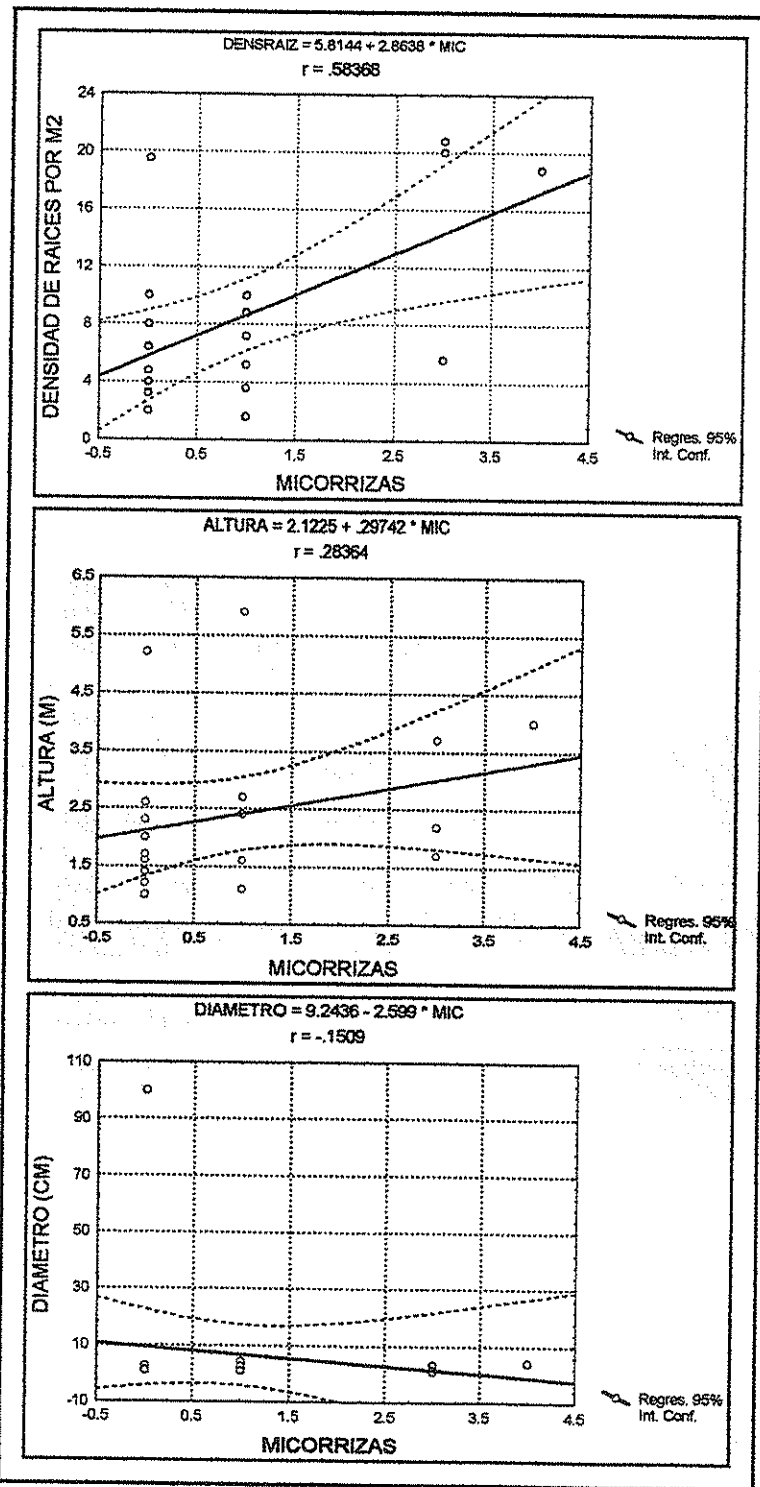


Figura 4. Relación entre Número de Micorrizas y Densidad de Raíces ( $m^2$ ), Altura (m) y Diámetro (cm) de las Plantas de *Miconia* sp. Utilizadas en el Estudio sobre Regeneración Natural en Potrerros Abandonados en San Vito, Costa Rica, 1998

Existe un mayor número de micorrizas en el potrero con alta regeneración natural, especialmente en las plantas que se encontraban protegidas por la sombra de un *Ficus* sp. y por estar más próximas al parche de bosque, lo cual les proporciona un microclima favorable que les permite un mejor crecimiento. El microclima es un factor importante que puede acelerar o retrasar la recuperación del bosque. Stark (1971), encontró que el crecimiento inicial de la raíz está determinado por la herencia y subsecuentemente el desarrollo del sistema radicular está determinado por el ambiente. En este estudio encontré que las plantas de *Miconia* sp. que se encuentran cerca del parche de vegetación en el Potrero A, en comparación con las del Potrero B, presentaron una mayor densidad de raíces al igual que la presencia de micorrizas y su rápido crecimiento. En las plantas que están a mayor distancia del parche de bosque encontré una densidad de raíces, micorrizas y crecimiento menor, debido a que estas plantas están más expuestas a la incidencia de luz solar, lo que trae una deficiencia en la humedad del suelo (Luvall et al., 1987) y en el crecimiento de la raíz, y que a diferencia de las plantas más cercanas al parche del bosque estas están compitiendo con pastizales que son más abundantes en estos potreros.

Otros trabajos han demostrado que la temperatura del suelo es un factor que afecta el crecimiento y desarrollo de la raíz y consideran como temperatura óptima  $10^{\circ}C$  a  $30^{\circ}C$  (Stark, 1971). En los potreros de muestreo registré una temperatura del suelo entre  $13^{\circ}C$  a  $15^{\circ}C$ . Esto comparado con otros potreros en donde registran  $18^{\circ}C$  en potreros con gramas y  $26^{\circ}C$  en potreros sin gramas el crecimiento de las raíces disminuye (Holl, 1995). Además se ha demostrado que en especies de clima cálido el crecimiento de las raíces cesa a temperaturas altas (Stark, 1971).

a su vez proporcionar un microclima favorable para el establecimiento de otras especies.

Las correlaciones positivas entre número de micorrizas y densidad de raíces y altura y entre densidad de raíces

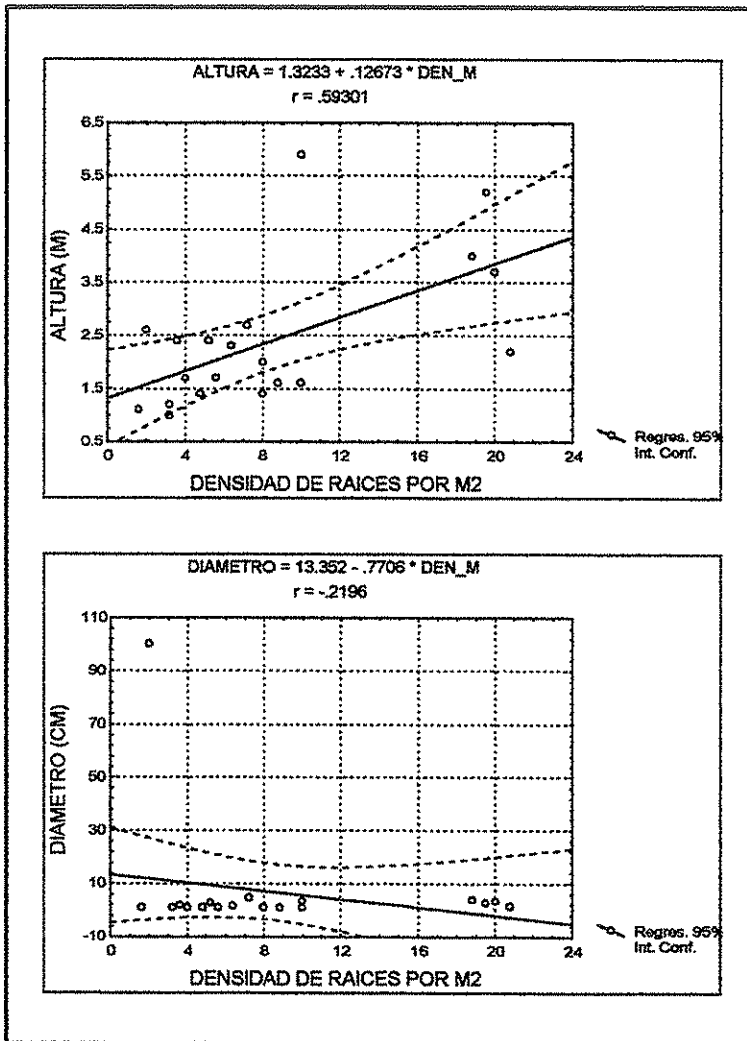


Figura 5. Relación entre Densidad de Raíces ( $m^2$ ) y Altura (m) y Diámetro (cm) de las Plantas de *Miconia sp.* Utilizadas en el Estudio sobre Regeneración Natural en Potrerros Abandonados en San Vito, Costa Rica, 1998

y altura indican que hay una relación positiva entre infección por micorrizas y formación de raíces y entre este último y el crecimiento de la planta. Sin embargo, no hubo una correlación positiva entre estos dos factores y el diámetro de la planta. Estos resultados sugieren que las micorrizas pueden tener un papel importante en la capacidad de esta especie de establecerse y desarrollarse, lo cual puede ser importante en la rehabilitación de potreros degradados.

### Conclusiones

En cuanto a los potreros estudiados, observé que no existen diferencias en las características físicas del suelo, tales como temperatura, textura de suelo y profundidad..

Sin embargo, el Potrero A ocupa una superficie mayor respecto al Potrero B. De igual manera la regeneración de *Miconia sp.* fue más alta para el Potrero A con 446 individuos. La densidad de raíces fue mayor para el Potrero A (con alta regeneración) sobre todo de las raíces cuaternarias cuya función principal es la absorción. Al igual que la densidad de raíces, la presencia de micorrizas y el crecimiento también fue mayor en este potrero, sobre todo en las plantas que se encontraron bajo el *Ficus sp.* Además estas plantas se encontraban cerca del parche de bosque lo que les favorecía más que a las plantas aisladas.

Las micorrizas son un factor importante en el crecimiento de la regeneración del bosque ya que cumplen una función importante en la absorción de nutrientes, sobre todo en aquellas especies obligadas a la presencia de micorrizas. Existen otros factores que se deben considerar para la recuperación del bosque en los potreros abandonados cercanos a estos parches de vegetación. Estos factores pueden ser la dispersión, competencia entre especies, características del suelo, microclima y nutrientes del suelo. La recuperación de bosque en potreros abandonados es más difícil, ya que estos terrenos permanecieron en su mayoría bajo pastoreo lo cual limitaba la invasión de plantas. El pastoreo permitió el establecimiento de pastizales que compiten con la regeneración natural y que contribuyen a que el potencial

del inoculo de la micorriza disminuya.

### Literatura Citada

- Clark, A.D. y D.B. Clark. 1987. Análisis de la Regeneración de Árboles del Dosel en Bosque Muy Húmedo Tropical: Aspectos Teóricos y Prácticos. *Revista de Biología Tropical* 35(1):41-54.
- De las Salas, G. 1987. *Suelos y Ecosistemas Forestales con Énfasis en América Tropical*. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura, San José, Costa Rica. Pp. 37-38.
- Galileo, R.G. 1997. Micorrizas. Pp. I-iv en J. Saun-

- ders, *Manejo Integrado de Plagas*. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Haines, B. y C. Peterson. 1998. *Investigación Hacia el Uso Sostenible de la Tierra y la Biodiversidad en un Mosaico de Agricultura y Bosque Tropical*. Dpto. de Botánica, Universidad de Georgia, Athens, GA.
- Holl, K. 1995. *La Regeneración del Bosque Tropical Húmedo en Potreros Abandonados en el Sur de Costa Rica*. Environmental Studies Department, Univ. de California, Santa Cruz, C.A.
- Hubbell, S.P. y R.B. Foster. 1987. La Estructura Espacial en Gran Escala de un Bosque Neotropical. *Revista de Biología Tropical* 35(1):7-22.
- Janos, P.D. 1980. *Mycorrhizas, Succession and the Rehabilitation of Deforested Lands in the Humid Tropics*. Documento fotocopiado.
- Luvall C. J., G. Parker y C. Jordan. 1987. La Deforestación en el Trópico: Los Efectos en la Evapotranspiración. *Revista de Biología Tropical* 35(1):225.
- Stark, N.M. 1971. Micorrhizae and Nutrient Cycling in the Tropics. Pp.228-229 En E. HacsKaylo, *Mycorrhizae*. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Sylvia, D.D. 1994. Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Pp. 351-377 en Soil Science Society of America, *Methods of Soil Analysis, Part 2, Microbiological and Biochemical Properties*. Soil Science Society of America (SSSA) Book Series, No. 5, SSSA, Madison, WI.
- Voigh K.G. 1971. Mycorrhizae and Nutrient Mobilization. Pp 122-131 en E. HacsKaylo, *Mycorrhizae*. Government Printing Office, Washington, D.C.

Anexo

Número de Raíces Encontradas en las Plantas de *Miconia sp.* Utilizadas en el Estudio sobre Regeneración Natural en Potreros Abandonados en San Vito, Costa Rica, 1998

Planta	Potrero A				Potrero B			
	Secundaria	Terciaria	Cuaternaria	Total	Secundaria	Terciaria	Cuaternaria	Total
1	1	5	120	126	1	19	44	63
2	2	24	96	122	1	7	22	29
3	1	12	50	63	1	22	29	51
4	4	13	100	117	1	12	45	57
5	1	6	123	130	1	6	16	22
6	1	17	26	44	1	10	21	31
7	1	15	39	55	1	2	19	21
8	1	13	26	40	1	2	12	14
9	1	10	12	23	1	12	21	33
10	1	10	24	35	1	2	10	12

# Distribución Poblacional de Insectos en Tres Parcelas de *Mucuna spp.* con Diferentes Tipos de Borde en Coto Brus, Costa Rica

Jorge A. Cruz López

## Resumen

Mi objetivo fue estudiar la distribución poblacional de insectos en tres bordes del cultivo de *Mucuna spp.*, la especie más popular como cultivo de cobertura o abono verde. Hipotizé que las poblaciones de insectos serían diferentes según tipo de borde y distancia del borde en las tres parcelas de *Mucuna spp.* Coloqué 15 trampas por parcela (45 en total) para coleccionar insectos, las cuales permanecieron en el campo por 24 h. Obtuve un total de 684 organismos pertenecientes a 60 familias destacando a Formicidae y Phoridae como las familias más representativas en las parcelas. La población de insectos se concentra en mayor proporción en la fila del medio de las parcelas en la parcela con borde de bosque. El último presentó un hábitat propicio de interconexiones de las especies, por ello en él se concentra la mayor diversidad de insectos. Se puede concluir que cuando una parcela de *Mucuna spp.* tiene un borde de bosque expresa una alta diversidad de insectos.

Palabras Claves: agroecosistemas, insectos, bordes, *Mucuna*

Apoyo Técnico: Miqui Swisher, Monika Springer, José M. Mora y Juan C. Rodríguez

## Introducción

Los ecosistemas naturales son ejemplos de sistemas complejos, con una alta diversidad y una alta heterogeneidad funcional (flujos complejos de energía, reciclaje de nutrientes, mayor complejidad en la estructura de la cadena alimentaria, etc.). Se considera también que los ecosistemas naturales son estables en el tiempo y poseen alta capacidad de recuperación frente a los disturbios (Do Nascimento, 1997). Muchos ecólogos y agrónomos han planteado que esas mismas relaciones existen en los agroecosistemas. En el campo del manejo de plagas, se han hecho muchas investigaciones enfocadas en la relación entre la diversidad de los agroecosistemas y la intensidad de infestaciones de plagas y daños causados a los cultivos (Do Nascimento, 1997).

Existe un creciente reconocimiento de que existen interacciones significativas entre los campos cultivados dentro de un área y de las áreas entre sí, especialmente en el caso de plagas polífagas y altamente móviles (Andrews et al., 1989). En el área de manejo de plagas, un punto de partida clave es el de aceptar que los campesinos, al sembrar sus cultivos intercalados, son muchas veces más capaces de optimizar la protección de sus cultivos que algunos de los más sofisticados

sistemas de manejo de plagas elaborados por profesionales. Investigaciones recientes han demostrado que los policultivos son sistemas estables poco susceptibles a las explosiones de plagas, ya que han evolucionado simulando la diversidad estructural y biótica de los ecosistemas naturales del área (Altieri, 1989).

En el análisis de estos sistemas, el énfasis no debiera radicar en imponer tecnologías foráneas diseñadas para operar en monocultivos y que requieren de inversiones y recursos fuera del alcance del agricultor. Más bien las investigaciones debieran tratar de descifrar los mecanismos que condicionan la estabilidad biótica de los policultivos, para luego proponer estrategias de manejo de plagas (Altieri, 1989). La mayoría de los agricultores de recursos limitados, consciente o inconscientemente, dependen de la existencia de poblaciones naturales de insectos benéficos, los cuales por naturaleza son más abundantes y eficientes en agroecosistemas diversificados. Mediante las manipulaciones del hábitat es posible alterar la diversidad vegetal de los sistemas de cultivos y así estimular los enemigos naturales a niveles poblacionales óptimos (Altieri, 1989). El correcto manejo de la composición y densidad de la vegetación alrededor y dentro de un campo cultivado puede inducir a incrementos decisivos en la provisión de alimentos alternativos (presas, hospederos, polen y

néctar) y a la creación de hábitats favorables asegurándose así la sobrevivencia y reproducción de una alta proporción de insectos benéficos. Levins y Wilson (1980) indican que la mayoría de la población que se está capturando en un campo cultivado no es parte de la población propia del cultivo sino de migrantes, lo que demuestra cuando el número de especies baja desde el borde de un cultivo hacia adentro.

El frijol terciopelo (*Mucuna spp.*) es la especie más popular como cultivo de cobertura o abono verde. Una de las preocupaciones actuales es que la mayor atención por parte de la comunidad científica se ha parcializado hacia esta especie. Más importante aún es que casi toda la investigación se centra en estudios de fertilidad, dejando de lado el hecho que el uso de esta leguminosa es realmente parte de un sistema de producción donde se conjugan consideraciones sociales, económicas, agronómicas y ecológicas (Flores, 1994). El objetivo de este trabajo fue estudiar la distribución poblacional de insectos en tres parcelas el cultivo de *Mucuna spp.* con diferentes tipos de borde, hipotizando que las poblacionales de insectos serían diferentes en las tres parcelas según tipo de borde y distancia del borde de la parcela.

### Metodología

El presente trabajo lo realicé en la Finca Loma Linda ubicado aproximadamente a 8° 53' 44" N y 82° 54' 58" W, en el Cantón de Coto Brus, Provincia de Puntarenas, Costa Rica. La temperatura promedio es de 22.5°C, con precipitación anual de 3395 mm y una altura de 1100 msnm. Los suelos son de origen volcánico, correspondiente al suborden Andesepts. La topografía es muy ondulada, con una vegetación de bosque pluvial premontano.

Para el establecimiento del estudio ubiqué tres parcelas de cultivo de frijol terciopelo (*Mucuna spp.*) con bordes

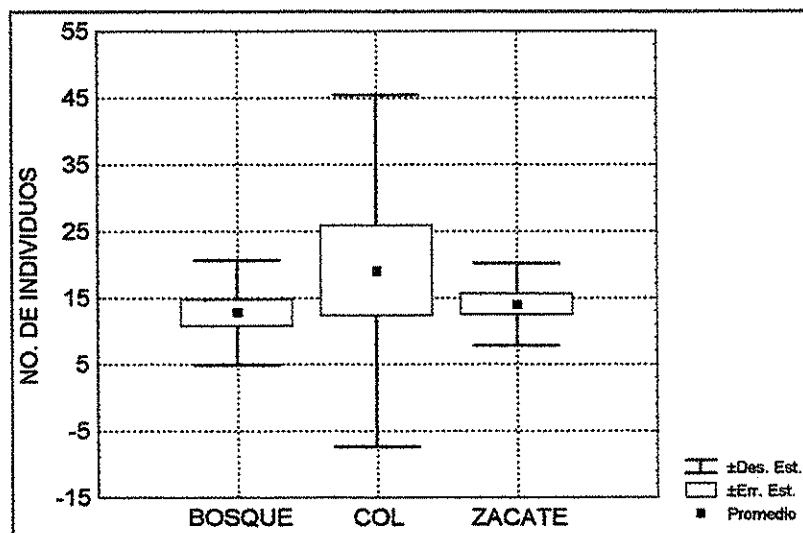


Figura 1. Promedio de Número de Individuos Encontrados en Tres Parcelas de *Mucuna spp.*, Según Tipo de Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

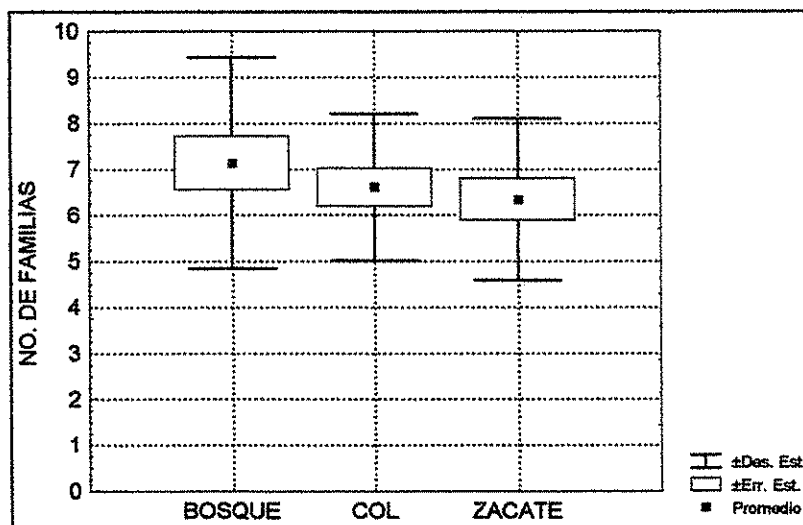


Figura 2. Promedio de Número de Familias Encontradas en Tres Parcelas de *Mucuna spp.*, Según Tipo de Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

diferentes. La primera parcela se encuentra ubicada en una terraza con un borde de bosque. El frijol terciopelo fue sembrado el 26 de abril de 1998. La segunda parcela se encuentra ubicada en una terraza con un borde de col (*Brassica oleracea*). El frijol terciopelo fue sembrado el 8 de marzo de 1998. La tercera parcela se encuentra ubicada en una terraza con un borde zacate King grass (*Penicetum purpuleum*) y fue sembrado el 8 de marzo de 1998.



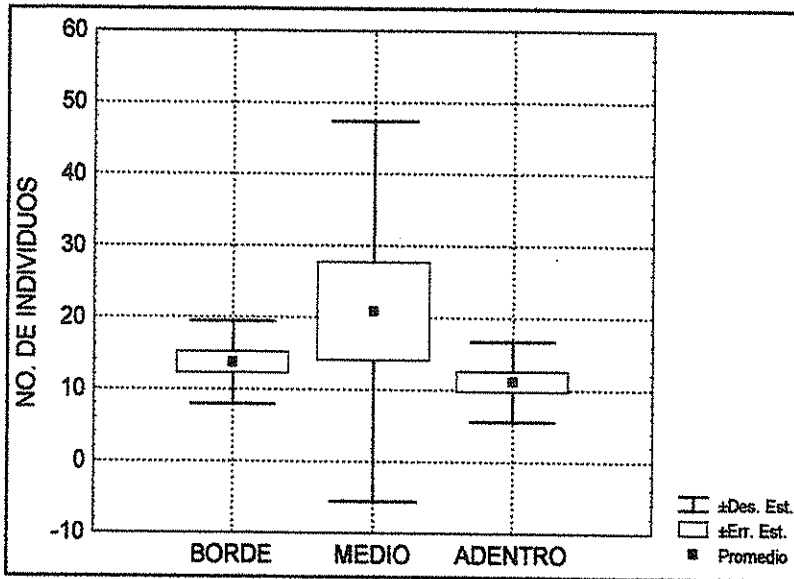


Figura 3. Promedio de Número de Individuos Encontrados en Tres Parcelas de *Mucuna* spp., Según Distancia del Borde (Fila), Coto Brus, Costa Rica, 1998

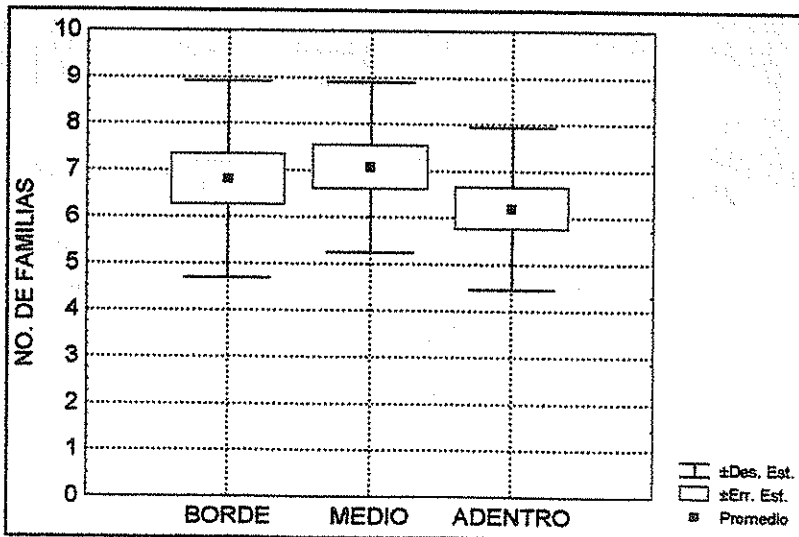


Figura 4. Promedio de Número de Familias Encontradas en Tres Parcelas de *Mucuna* spp., Según Distancia del Borde (Fila), Coto Brus, Costa Rica, 1998

En cada una de las parcela tomé la medida de 30 m de largo por 8 m de ancho para el establecimiento de las trampas para insectos. A lo ancho, ubiqué tres filas de muestreo: borde, medio y adentro. A lo largo de los 30 metros ubiqué cinco puntos de muestreo en cada fila, colocando 15 trampas por parcela para un total de 45 trampas. Por cada punto de muestreo ubiqué dos tipos de trampas (aéreas y de caída). Las trampas

permanecieron en el campo por 24 h. Posteriormente colecté los insectos de cada trampa y tomé como dato el número de insectos por punto de muestreo. Transporté el material biológico al laboratorio para la separación e identificación taxonómica a través de comparación de la clave de *Peterson Field Guides for Insects*, material didáctico del curso de biología de artrópodos terrestres y con la ayuda de un especialista en insectos, la MSc. Monika Springer de la Universidad de Costa Rica.

El promedio de los insectos colectados fue de 6.7 familias y 15.2 individuos. El error estándar del promedio fue 0.3 y 2.4 para familias y individuos, respectivamente, y el error experimental fue 0.04. Debido al hecho que no hubo repeticiones para cada combinación de tratamientos (tipo de borde por fila), no fue posible comparar todos los efectos y sus posibles interacciones. Debido a esta limitación, fue necesario hacer comparaciones sin interacciones (por ejemplo, analizar la diferencia de fila dentro de la parcela con bosque). Analicé las diferencias entre parcelas y entre filas con la prueba no paramétrica Kruskal-Wallace. Para comparar resultados entre promedios dentro parcelas (según fila) y dentro filas (según tipo de borde), utilicé la prueba no paramétrica de Mann-Whitney. Determiné la diversidad de insectos a través de el índice de Shannon-Weiner. Además calculé el índice de similitud entre las variables a través del Índice de Morisita (Brower et al., 1989).

## Resultados

Colecte un total de 684 organismos pertenecientes a 60 familias obtenidas de 45 muestras. La parcela con borde de col tuvo el mayor número de individuos (Figura 1), pero la parcela con bosque tuvo el mayor número de familias (Figura 2). La fila del medio tuvo el mayor número de individuos (Figura 3) y familias (Figura 4).

Como se explicó anteriormente, no se puede analizar si estas diferencias son significativas porque no hubo replicaciones de las varias combinaciones de tratamientos.

En cuanto a fila (o distancia del borde), hubo pocas diferencias significativas en el número de familias encontradas (Tabla 1). La única parcela donde hubo una diferencia significativa fue aquella con borde de col (Figura 5). En este caso, hubo una diferencia altamente significativa entre la fila del medio, que tuvo el mayor número de familias, y la fila de adentro. Además, la diferencia entre la fila del borde y la fila del medio tendía a ser significativa. También en el caso de la parcela con borde de bosque, la diferencia entre la fila del borde y la fila de adentro tendía a ser significativa, con un mayor número de familias en la fila del borde.

El mismo patrón se repite en cuanto al número de individuos, aunque más pronunciado (Tabla 2). Hubo diferencias significativas entre la fila del borde y la fila adentro para todas las parcelas. Sin embargo, la distribución de individuos no fue la misma para las tres parcelas (Figura 6). En la parcela con borde de bosque, fue la fila del borde que tuvo un mayor número de individuos, pero fue la fila del medio con más individuos en la parcela con borde de col y la fila adentro en la parcela con borde de zacate. En la parcela con borde de col, también hubo una diferencia significativa entre la fila del medio y la fila adentro (Tabla 2), con un mayor número de individuos en la fila del medio (Figura 6).

En cuanto al número de familias encontradas en las diferentes filas, la fila del borde en la parcela con borde de bosque difirió significativamente tanto de la fila del borde en la parcela con borde de col como de la fila del borde en la parcela con borde de zacate (Tabla 3). En ambos casos, la parcela con borde de bosque tuvo un mayor número de familias (Figura 7).

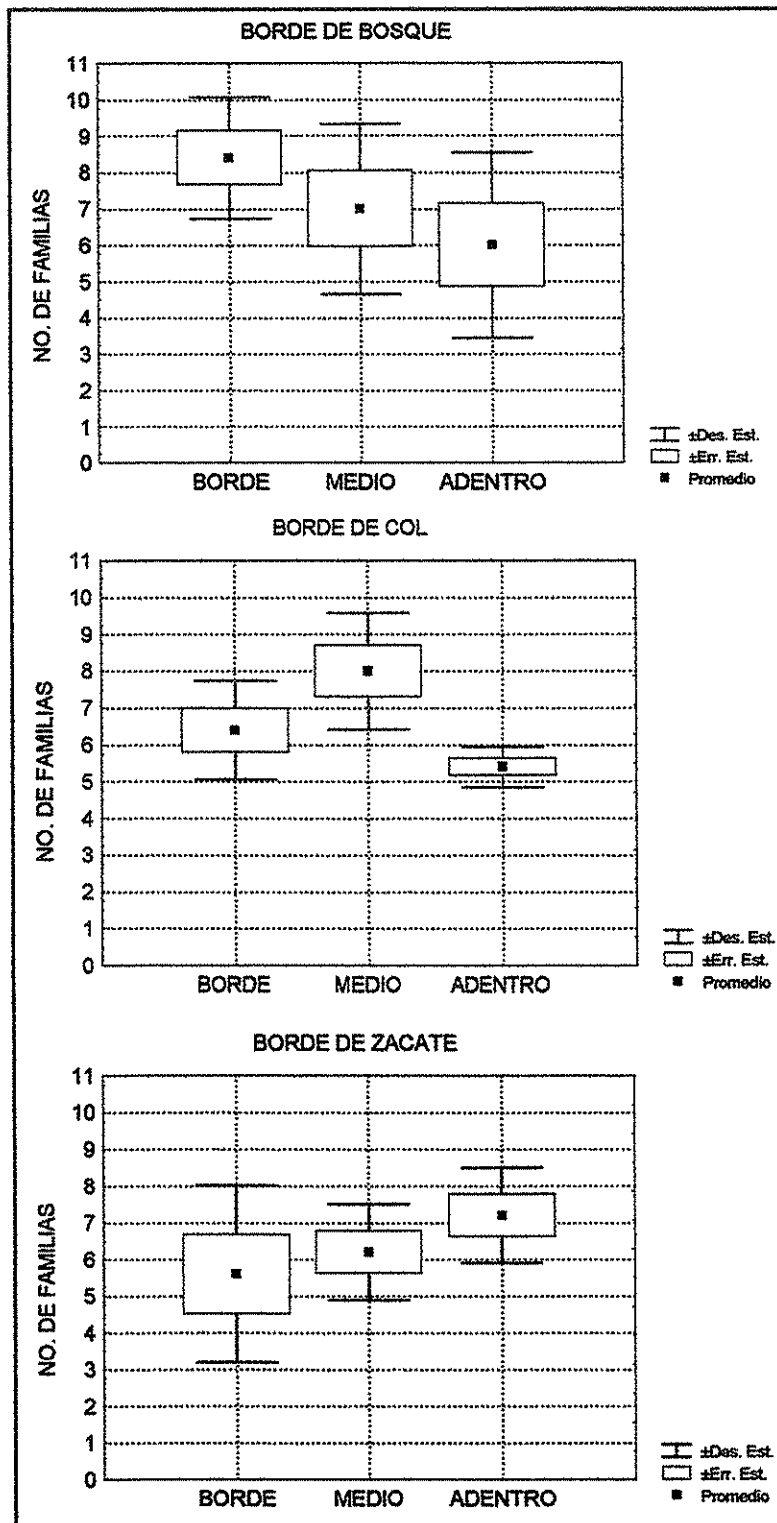


Figura 5. Efecto de Distancia del Borde en el Número de Familias Encontradas en Tres Parcelas de *Mucuna spp.*, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Comparación	Borde de Bosque H=2.13, p=0.34		Borde de Col H=6.68, p=0.04		Borde de Zacate H=2.08, p=0.35	
	Z	p	Z	p	Z	p
Borde x Medio	0.63	0.53	-1.46	0.14	-0.62	0.53
Borde x Adentro	1.36	0.17	1.15	0.25	-1.15	0.25
Medio x Adentro	0.84	0.40	2.40	0.02	-1.15	0.25

Tabla 1. Resultados de Kruskal-Wallace (H) y Mann-Whitney (Z) para los Tres Tipos de Borde, Número de Familias Encontradas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Comparación	Borde de Bosque H=3.13, p=0.21		Borde de Col H=6.52, p=0.04		Borde de Zacate H=3.04, p=0.22	
	Z	p	Z	p	Z	p
Borde x Medio	1.05	0.30	-1.04	0.92	-0.84	0.40
Borde x Adentro	1.88	0.06	1.67	0.09	-1.67	0.09
Medio x Adentro	0.00	1.00	2.61	0.01	-0.94	0.35

Tabla 2. Resultados de Kruskal-Wallace (H) y Mann-Whitney (Z) para los Tres Tipos de Borde, Número de Individuos Encontrados, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Comparación	Borde H=4.28, p=0.12		Medio H=2.94, p=0.23		Dentro H=3.52, p=0.17	
	Z	p	Z	p	Z	p
Bosque x Col	1.67	0.09	-0.52	0.60	0.84	0.40
Bosque x Zacate	1.67	0.09	1.04	0.30	-0.73	0.46
Col x Zacate	1.67	0.45	1.67	0.09	-1.88	0.06

Tabla 3. Resultados de Kruskal-Wallace (H) y Mann-Whitney (Z) para las Tres Distancias del Borde, Número de Familias Encontradas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Comparación	Borde H=2.05, p=0.36		Medio H=2.89, p=0.24		Dentro H=9.40, p=0.01	
	Z	p	Z	p	Z	p
Bosque x Col	0.46	0.74	-1.46	0.14	1.25	0.21
Bosque x Zacate	1.25	0.21	-0.52	0.60	-2.29	0.02
Col x Zacate	0.94	0.35	1.36	0.17	-2.30	0.02

Tabla 4. Resultados de Kruskal-Wallace (H) y Mann-Whitney (Z) para las Tres Distancias del Borde, Número de Individuos Encontrados, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Comparación	Índice de Shannon-Weiner	Índice de Morisita
Bosque x Col	1.31	0.77
Bosque x Zacate	0.95	0.86
Col x Zacate	1.16	0.76
Borde x Medio	1.22	0.53
Borde x Adentro	0.88	0.82
Medio x Adentro	1.34	0.37

Tabla 5. Valores para el Índice de Diversidad de Shannon-Weiner (H') y el Índice de Similitud de Morisita (Im) para los Tres Tipos de Borde y las Tres Distancias del Borde, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Aunque hubo una diferencia también entre la parcela con borde de col y aquella con borde de zacate, esta diferencia no fue significativa. Hubo diferencias significativas en el número de familias encontradas en las filas del medio y de adentro en las parcelas con borde de col y de zacate (Tabla 3). Sin embargo, el patrón de distribución no fue la misma; para la fila del medio la parcela de col presentó un mayor número de familias, mientras que para la fila de adentro el número de familias fue mayor en la parcela de zacate (Figura 7).

En cuanto al número de individuos encontrados, solamente dos comparaciones presentaron diferencias significativas (Tabla 4). Para la fila adentro, hubo una diferencia significativa entre la parcela con borde de bosque y aquella con borde de zacate y entre la parcela con borde de col y aquella con zacate. En ambos casos, se encontró un mayor número de individuos en la parcela con borde de zacate (Figura 8).

La diversidad de la comunidad de insectos medida por el índice de Shannon-Weiner revela que la parcela con borde de bosque es la más diversa, seguida por la parcela con borde de zacate (Tabla 5). Por otro lado, para la diversidad en cuanto a las filas, la fila de adentro es la más diversa (Tabla 5). El índice de similitud de Morisita revelan que la similitud existe entre la parcela con borde de bosque y aquella con borde de zacate (Tabla 5). En cuanto a las filas, la fila del borde y la fila de adentro son altamente similares y la fila del borde y la fila del medio son bastante similares (Tabla 5). La similitud entre la fila del medio y la fila de adentro es baja.

## Discusión

Las familias más representativas de las parcelas estudiadas de acuerdo con el número de organismos que encontré son Formicidae, Phoridae, Dolichopodidae, y Gryllidae (Figura 9). Aunque la parcela con borde de col tuvo el mayor número total de individuos, esto se debe al número muy elevado de individuos de una sola familia, Formicidae. Casi la mitad, 44%, de los individuos en esta parcela fueron de esta familia (Figura 9). El mayor promedio del número de organismos fue en la misma parcela con borde de col en la fila del medio de la parcela, donde se colectaron 115 individuos de la familia Formicidae.

Estos resultados se pueden comparar por otros autores en una lista preliminar de insectos de mayor importancia para el manejo integrado de plagas en Centroamérica. Se reportan como insectos benéficos a Formicidae, Dolichopodidae, Coccinellidae, Staphylinidae, entre otras. Esto indica que la diversidad de insectos encontrados en el cultivo de *Mucuna spp.* puede ser un indicador que existe una estrecha relación entre el cultivo y los insectos benéficos. También puedo destacar que en las muestras encontré a las familias Scarabaeidae, Curculionidae, Chrysomelidae y Aphididae. Estos organismos están en proporciones bajas y, según los autores arriba mencionados, son considerados insectos plagas.

De acuerdo con los resultados de este estudio encontré que la población de insectos constantemente se mueve de un sitio a otro en el cultivo de frijol terciopelo, posiblemente en busca de alimento o refugio. La mayor población insectil, tanto en cuanto al número de familias como en cuanto al número de individuos, se concentra en la fila del borde de la parcela con borde de bosque (Figuras 7 y 8). El índice de diversidad de Shannon-Weiner también indica que esta parcela tiene mayor diversidad (Tabla 5). Se puede

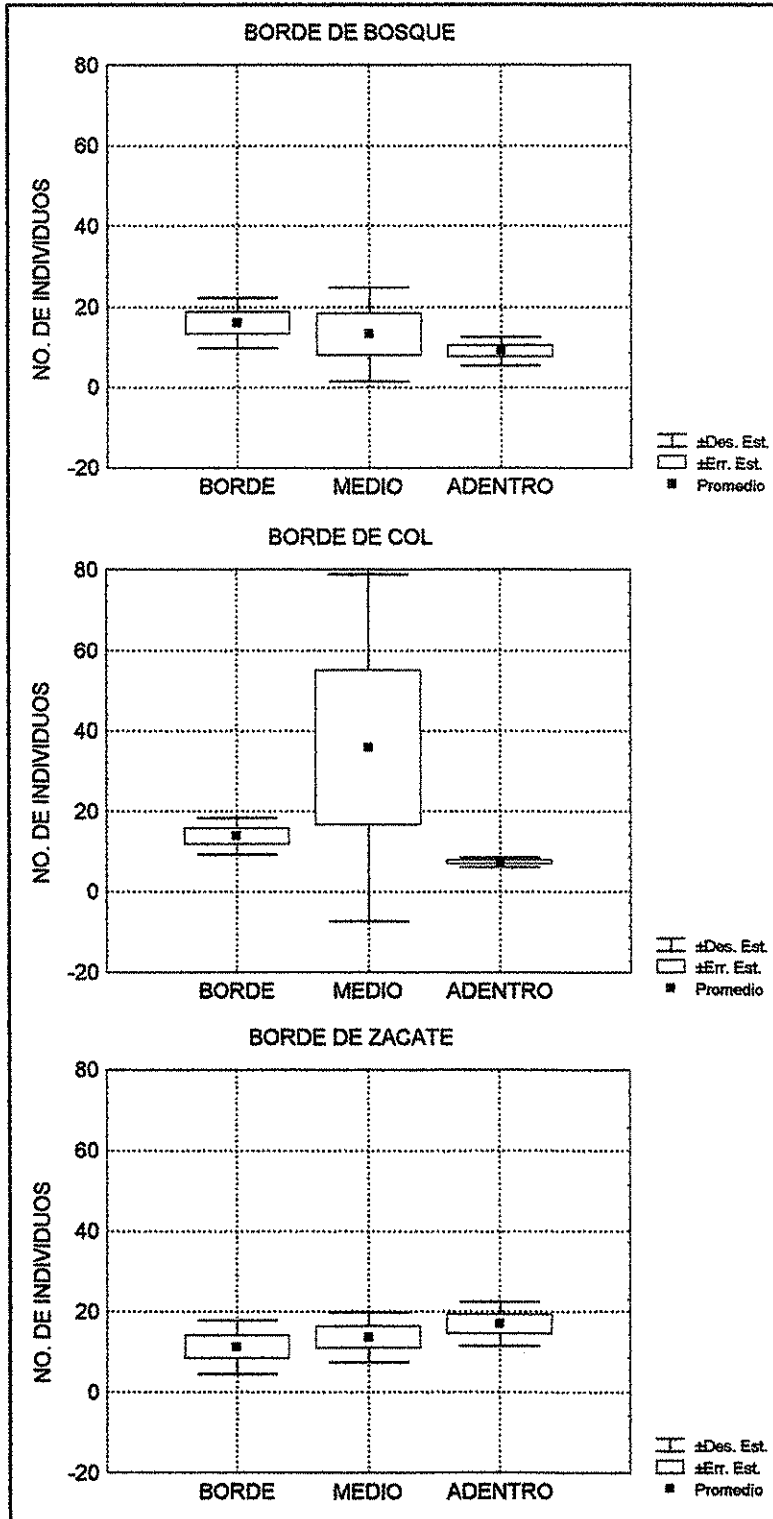


Figura 6. Efecto de Distancia del Borde en el Número de Individuos Encontrados en Tres Parcelas de *Mucuna spp.*, Coto Brus, Costa Rica, 1998

argumentar que el borde de bosque propicia un ambiente para el establecimiento de insectos y por ende existe una fuerte interconexión de ambos ambientes, la parcela y el bosque, y esto posibilita hábitats apropiados para muchos grupos de insectos.

Por otro lado Levins y Wilson (1980) indican que la mayoría de insectos que se capturan en un campo cultivado no son parte de la población propia del cultivo sino migrantes, lo que demuestra que el número de especies baja desde el borde de un cultivo hacia adentro. Este patrón apareció en este estudio cuando consideramos el número de familias encontradas según posición (fila) en la parcela (Figura 4). La distribución de individuos no es la misma; hay un mayor número de individuos en la fila del medio (Figura 3), aunque este es debido, como se mencionó arriba, por el número muy elevado de individuos de la familia Formicidae encontrados en la fila del medio de la parcela con borde de con. Un factor que puede estar influyendo en esta parcela es el hecho de que *Mucuna spp.* posee propiedades alelopáticas; es decir, que tiene poderes repelentes o atrayentes de varios grupos de insectos (Flores, 1994). Sin embargo, solamente en la parcela de bosque se encuentra un mayor número de familias o de individuos en la fila del borde (Figuras 5 y 6). Además, la fila del medio es menos diversa que las otras filas según el índice de diversidad de Shannon-Weiner y poco similar a las otras dos filas según el índice de similitud de Morisita (Tabla 5). Estos resultados sugieren que, aunque hay un alto número de familias y individuos en la fila del medio de la parcela con borde de col, hay poca diversidad y poca similitud con las otras filas.

El índice de Morisita me permite percibir que existe un grupo de familias de insectos en particular que dominan las parcelas y filas. La familia Formicidae domina en las parcelas con borde de col y de zacate,

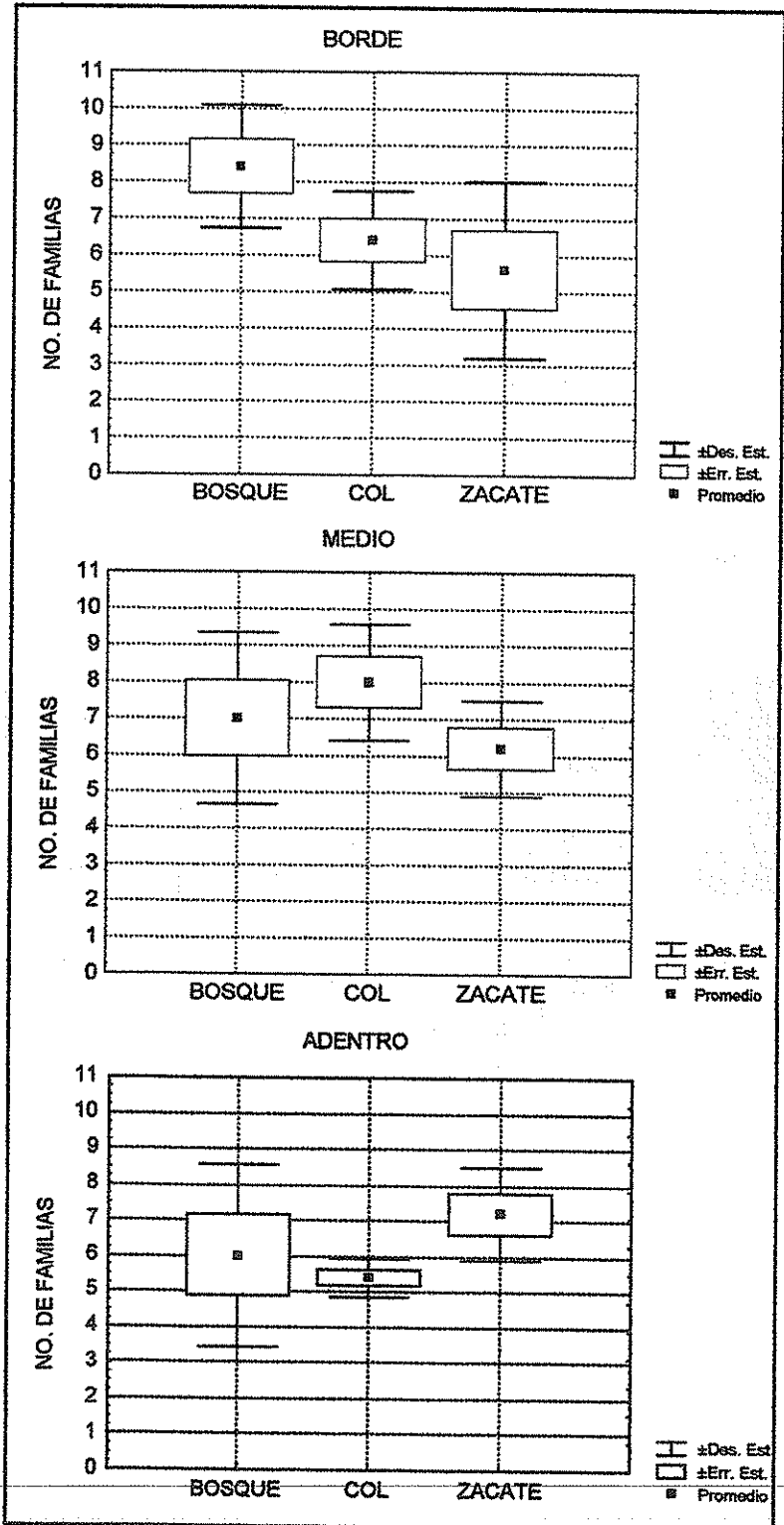


Figura 7. Efecto de Tipo de Borde en el Número de Familias Encontradas en Tres Parcelas de *Mucuna spp.*, Coto Brus, Costa Rica, 1998

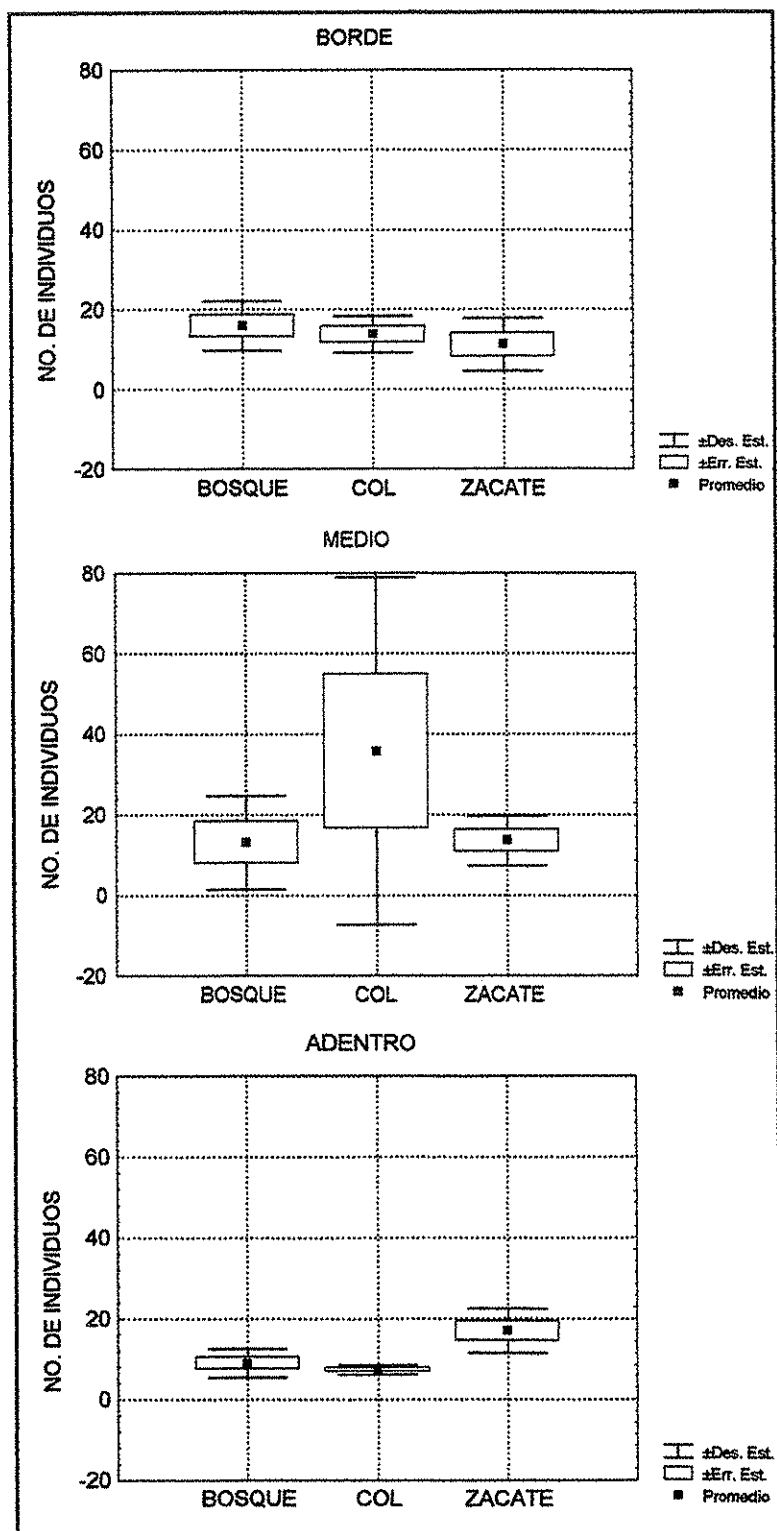


Figura 8. Efecto de Tipo de Borde en el Número de Individuos Encontrados en Tres Parcelas de *Mucuna spp.*, Coto Brus, Costa Rica, 1998

siendo 44% y 34% de los individuos presentes, respectivamente (Figura 9). Además, más que la mitad, 55%, de los organismos encontrados en la fila del medio son de la familia Formicidae, especialmente en la parcela con borde de col donde 64% de los individuos encontrados son de esta familias.

### Conclusiones

La metodología utilizada permite establecer que hay relaciones entre tipo de borde y distancia del borde y la distribución de insectos en estas parcelas de *Mucuna spp.* Los resultados demuestran la importancia de la calidad de hábitat, tanto afuera de una parcela como adentro. La aparente influencia del borde de bosque es especialmente importante porque las conexiones entre el bosque y el cultivo permiten el establecimiento de muchos grupos de insectos que pueden llegar a los cultivos e incrementar la diversidad. Esto indica que es posible alterar la diversidad vegetal de los sistemas de cultivos y así estimular los enemigos naturales a niveles poblacionales óptimos. Para el desarrollo de futuras investigaciones que pretendan trabajar alrededor de esta hipótesis se deben tener en cuenta algunos factores inherentes a las características biológicas como tener parcelas que tengan los bordes más definidos y tener replicaciones de las varias combinaciones de tratamientos para poder llegar a conclusiones más puntuales.

### Literatura Citada

Altieri, M.A. 1989. Significado de las Interacciones entre Malezas e Insectos en el Manejo de las Plagas en Sistemas Tradicionales de los Trópicos. Pp. 75-85 en K.L. Andrews y J.B. Quiros (eds.), *Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro*. Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

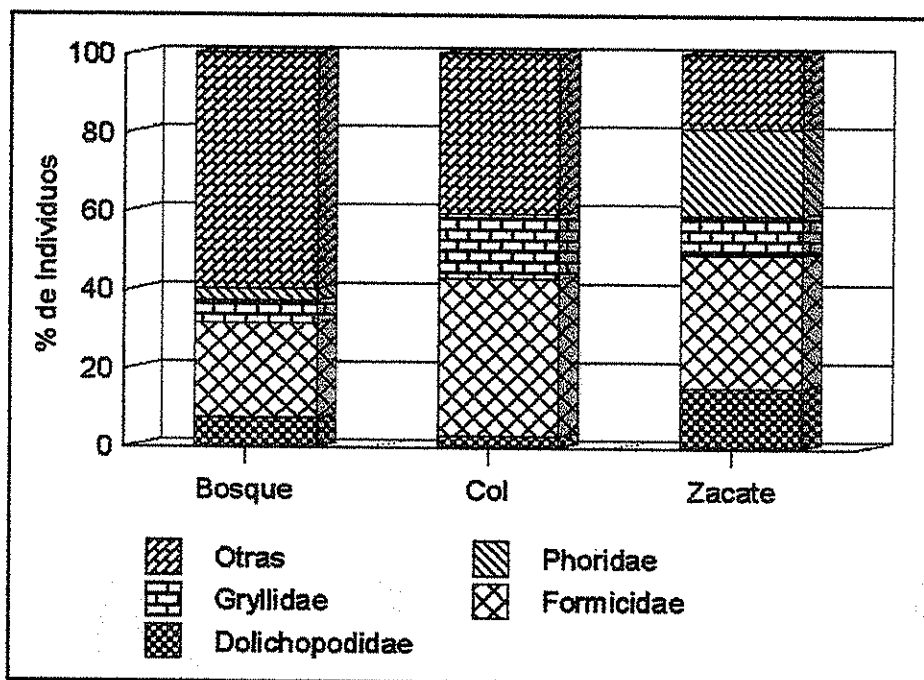


Figura 9. Porcentaje de Individuos Encontrados en Cuatro Familias en las Tres Parcelas de *Mucuna sp.*, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Andrews, K.L. y D. Navarro. 1989. La Relación entre la Plaga y el Cultivo. Pp. 129-144 en K.L. Andrews y J.B. Quiros (eds.), *Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura: Estado Actual y Futuro*. Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.

Borror, D.J. y R.E. West. 1970. *Peterson Field Guides for Insects*. Houghton Mifflin Company, New York, NY. 404 pp.

Brower, E.J., J.H. Zar y C.N. von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. 3a. ed. Wm. C. Brown Publishers, Chicago, IL. Pp. 160 y 169.

Do Nascimento, E.S. 1997. Contribución de la Herbivoría por Insectos en Agroecosistemas en el

Contexto de la Ecología del Paisaje. Pp. 147-152 en M.E. Swisher, J.M. Mora y J.C. Rodríguez (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 98-7*. Organización Para Estudios Tropicales y Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica.

Flores, B. M. 1994. La Utilización de Leguminosas de Cobertura en Sistemas Agrícolas Tradicionales de Centroamérica. Pp. 105-110 en D.H. Thurston, M. Smith y S. Kearl (eds.), *Frijol Tapado: Los Sistemas de Siembra con Cobertura*. Coenell International Institute for Food, Agriculture and Development (CIIFAD), Cornell, NY y Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.

Hanson, P. 1998. Material Didáctico del Curso de Biología de Artrópodos Terrestres. Universidad de Costa Rica, San José, Costa Rica. Mimiografiado.

Anexo

Familias y Número de Organismos Encontrados por Parcela y por Fila en *Mucuna* spp., Coto Brus, Costa Rica, 1998

Parcela	Fila	Familia	Número	Parcela	Fila	Familia	Número
Bosque	Borde	Aphididae	1	Bosque	Medio	Formicidae	28
Bosque	Borde	Blattidae	1	Bosque	Medio	Gryllidae	4
Bosque	Borde	Cantharidae	3	Bosque	Medio	Ichneumonidae	1
Bosque	Borde	Cecidomyiidae	2	Bosque	Medio	Leiodidae	1
Bosque	Borde	Cercopidae	1	Bosque	Medio	Lycaenidae	1
Bosque	Borde	Cicadellidae	1	Bosque	Medio	Miridae	1
Bosque	Borde	Coccinellidae	2	Bosque	Medio	Muscidae	1
Bosque	Borde	Coleoptero I	1	Bosque	Medio	Pentatomidae	1
Bosque	Borde	Curculionidae	1	Bosque	Medio	Phoridae	1
Bosque	Borde	Cydniidae	1	Bosque	Medio	Richardidae	1
Bosque	Borde	Diopsidae	5	Bosque	Medio	Simulidae	1
Bosque	Borde	Dolichopodidae	7	Bosque	Medio	Solifugo	1
Bosque	Borde	Drosophilidae	6	Bosque	Medio	Staphylinidae	2
Bosque	Borde	Entomobryidae	15	Bosque	Medio	Tiphiidae	1
Bosque	Borde	Figitidae	1				
Bosque	Borde	Formicidae	11	<b>Parcela</b>	<b>Fila</b>	<b>Familia</b>	<b>Número</b>
Bosque	Borde	Gryllidae	5	Bosque	Adentro	Aphididae	1
Bosque	Borde	Hemiptera I	1	Bosque	Adentro	Aranae	3
Bosque	Borde	Leiodidae	3	Bosque	Adentro	Chinche verde	1
Bosque	Borde	Muscidae	3	Bosque	Adentro	Chrysomelidae	1
Bosque	Borde	Pentatomidae	1	Bosque	Adentro	Cicadellidae	3
Bosque	Borde	Phoridae	2	Bosque	Adentro	Coccinellidae	1
Bosque	Borde	Somatidae	3	Bosque	Adentro	Dolichopodidae	2
Bosque	Borde	Staphylinidae	3	Bosque	Adentro	Drosophilidae	6
				Bosque	Adentro	Eucoilidae	1
<b>Parcela</b>	<b>Fila</b>	<b>Familia</b>	<b>Número</b>	Bosque	Adentro	Formicidae	6
Bosque	Medio	Aranae	1	Bosque	Adentro	Gryllidae	2
Bosque	Medio	Chinche verde	1	Bosque	Adentro	Homoptera a	3
Bosque	Medio	Chrysomelidae	2	Bosque	Adentro	Lygaeidae	2
Bosque	Medio	Cicadellidae	1	Bosque	Adentro	Membracidae	6
Bosque	Medio	Cicadellidae	2	Bosque	Adentro	Miridae	1
Bosque	Medio	Diopsidae	1	Bosque	Adentro	Phoridae	2
Bosque	Medio	Dolichopodidae	5	Bosque	Adentro	Scarabaeidae	1
Bosque	Medio	Drosophilidae	7	Bosque	Adentro	Somatidae	1
Bosque	Medio	Elateridae	1	Bosque	Adentro	Staphylinidae	2



Parcela	Fila	Familia	Número	Parcela	Fila	Familia	Número
Col	Borde	Aranae	3	Col	Medio	Formicidae	115
Col	Borde	Blattidae	7	Col	Medio	Gryllidae	16
Col	Borde	Braconidae	1	Col	Medio	Heleomyzidae	1
Col	Borde	Culicidae	1	Col	Medio	Homoptero b	1
Col	Borde	Drosophilidae	6	Col	Medio	Membracidae	1
Col	Borde	Elateridae	1	Col	Medio	Passalidae	1
Col	Borde	Formicidae	9	Col	Medio	Pentatomidae	1
Col	Borde	Gryllidae	28	Col	Medio	Phoridae	1
Col	Borde	Ichneumonidae	1	Col	Medio	Ptiliidae	1
Col	Borde	Muscidae	2	Col	Medio	Scarabaeidae	1
Col	Borde	Otitidae	2	Col	Medio	Sciaridae	1
Col	Borde	Scelionidae	1	Col	Medio	Staphyllinidae	1
Col	Borde	Scolytidae	1	Col	Medio	Tricoptera a	3
Col	Borde	Sminthuridae	1				
Col	Borde	Somatidae	1	Parcela	Fila	Familia	Número
Col	Borde	Staphyllinidae	2	Col	Adentro	Aranae	1
Col	Borde	Tricoptera a	2	Col	Adentro	Blattidae	6
				Col	Adentro	Chysomelidae	4
				Col	Adentro	Cicadellidae	5
Parcela	Fila	Familia	Número	Col	Adentro	Coccinellidae	1
Col	Medio	Aranae	1	Col	Adentro	Curculionidae	1
Col	Medio	Blattidae	4	Col	Adentro	Dolichopodidae	3
Col	Medio	Cerambycidae	1	Col	Adentro	Drosophilidae	4
Col	Medio	Chrysomelidae	7	Col	Adentro	Gryllidae	7
Col	Medio	Cicadellidae	7	Col	Adentro	Hymenoptera a	1
Col	Medio	Coccinellidae	5	Col	Adentro	Ichneumonidae	1
Col	Medio	Coleoptero I	1	Col	Adentro	Passalidae	1
Col	Medio	Dolichopodidae	6	Col	Adentro	Tricoptera a	1
Col	Medio	Elateridae	2	Col	Adentro	Vespidae	1
Col	Medio	Flatidae	1				

Parcela	Fila	Familia	Número	Parcela	Fila	Familia	Número
Zacate	Borde	Aranae	3	Zacate	Medio	Membracidae	1
Zacate	Borde	Blattidae	1	Zacate	Medio	Muscidae	3
Zacate	Borde	Diptera I	2	Zacate	Medio	Phoridae	7
Zacate	Borde	Dolichopodidae	13	Zacate	Medio	Ptiliidae	1
Zacate	Borde	Drosophilidae	6	Zacate	Medio	Sciaridae	3
Zacate	Borde	Elateridae	1	Zacate	Medio	Staphyllinidae	1
Zacate	Borde	Formicidae	12				
Zacate	Borde	Gryllidae	2	<b>Parcela</b>	<b>Fila</b>	<b>Familia</b>	<b>Número</b>
Zacate	Borde	Leiodidae	2	Zacate	Adentro	Aranae	1
Zacate	Borde	Muscidae	2	Zacate	Adentro	Blattidae	1
Zacate	Borde	Phoridae	7	Zacate	Adentro	Braconidae	4
Zacate	Borde	Simulidae	1	Zacate	Adentro	Cicadellidae	1
Zacate	Borde	Somatidae	3	Zacate	Adentro	Coccinellidae	2
Zacate	Borde	Tricoptera a	1	Zacate	Adentro	Dolichopodidae	7
				Zacate	Adentro	Drosophilidae	4
<b>Parcela</b>	<b>Fila</b>	<b>Familia</b>	<b>Número</b>	Zacate	Adentro	Elateridae	2
Zacate	Medio	Aranae	2	Zacate	Adentro	Formicidae	8
Zacate	Medio	Blattidae	4	Zacate	Adentro	Gryllidae	8
Zacate	Medio	Braconidae	1	Zacate	Adentro	Ichneumonidae	1
Zacate	Medio	Cantharidae	1	Zacate	Adentro	Leiodidae	1
Zacate	Medio	Chrysomelidae	1	Zacate	Adentro	Miridae	1
Zacate	Medio	Coccinellidae	1	Zacate	Adentro	Muscidae	7
Zacate	Medio	Cucujidae	1	Zacate	Adentro	Phoridae	19
Zacate	Medio	Culicidae	1	Zacate	Adentro	Scenopinidae	4
Zacate	Medio	Diapriidae	1	Zacate	Adentro	Sciaridae	3
Zacate	Medio	Dolichopodidae	2	Zacate	Adentro	Simulidae	1
Zacate	Medio	Drosophilidae	1	Zacate	Adentro	Sminthuridae	4
Zacate	Medio	Formicidae	30	Zacate	Adentro	Somatidae	5
Zacate	Medio	Gryllidae	5	Zacate	Adentro	Staphyllinidae	1
Zacate	Medio	Lygaeidae	1				

# Diversidad Biológica de Huertos Familiares en Función de Aspectos Culturales

Byron Córdova M.

## Resumen

Las manifestaciones culturales del ser humano se ven reflejadas en el uso, manejo y percepción de su entorno cotidiano. Por tanto, la investigación de la diversidad biológica debe incluir la dimensión humana como un factor muy importante. El huerto es una parte del agroecosistema que pone de manifiesto la compleja relación que existe entre cultura y diversidad biológica, especialmente si se considera el valor que la gente adjudica a las distintas especies de plantas. La cultura puede verse afectada por diversos factores como la migración (desplazamiento), mecanismo a través del cual los conocimientos y las costumbres pueden ser transferidos de una zona a otra o perderse para siempre. Realicé el presente trabajo en las comunidades de Agua Buena y Coepebuena, Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica. Mi objetivo principal fue evaluar si la diversidad de plantas en los huertos estaba influenciada por la procedencia de los propietarios. Utilicé entrevistas semiestructuradas para conocer la procedencia de los propietarios de los huertos, las especies cultivadas y el uso principal que se hace de ellas. Analicé los datos calculando el índice de Shannon-Weiner para establecer la diversidad de los huertos, mientras que con el índice de Morisita establecí el grado de similitud entre los distintos grupos estudiados. Encontré tres grupos de distinto origen, uno local y dos inmigrantes de las regiones de Chorotega y Pacífico Central. Las diferencias más importantes de diversidad se dieron en el grupo local en comparación con los grupos inmigrantes. Los grupos inmigrantes tuvieron similares valores de diversidad, mientras que los índices de similitud indicaron que todos los grupos estuvieron relacionados, lo que nos indica que existen varias plantas comunes entre los grupos. En síntesis podemos decir que la cultura, el desplazamiento y la diversidad biológica son elementos que, al conjugarse, pueden dar como resultado una variedad de respuestas que van desde una gran gama de oportunidades para el manejo y conservación de la diversidad biológica, hasta la pérdida o erosión de valores culturales y naturales.

Palabras Claves: diversidad biológica, huertos, migración

Apoyo Técnico: Miki Swisher, José M. Mora, Juan C. Rodríguez y Victoria Reyes

---

---

## Introducción

El manejo de los recursos naturales requiere de una adecuada información no solamente sobre población de especies y ecosistemas, sino también sobre la gente que frecuentemente usa estos recursos (Bodmer, et al., 1997). Es imposible hablar de conservación y uso sostenible de la diversidad biológica separadamente del contexto humano (Shand, 1997). El concepto de diversidad biológica también incluye la diversidad cultural humana, manifestándose ésta a través del idioma, la religión, el arte, la música, la dieta, los diferentes tipos de manejo de la tierra, la selección de cultivos, y las estructuras sociales, entre otros (Barzetti, 1993). Estas manifestaciones varían de una población a otra dependiendo del entorno natural en que se encuentren. Aunque muchos autores resaltan la importancia del estudio de los agroecosistemas (Francis, 1986;

Gliessman, 1990; Reijntjes et al., 1994), sus enfoques están orientados principalmente a los procesos ecológicos, dejando de lado los aspectos culturales. Bajo este marco, es importante recalcar lo expresado por Barzetti (1993), quien enfatiza que las relaciones humanas con la tierra tienen sus raíces en creencias y prácticas culturales.

Dentro de los agroecosistemas, el huerto familiar es uno de los mejores ejemplos de la compleja relación que existe entre cultura y diversidad biológica. Según Bunning y Hill (1996) la diversidad biológica de los huertos está directamente relacionada con el valor que la gente le adjudica a las distintas especies que cultiva. Por tanto, la cultura juega un papel muy importante, especialmente a través de la dieta, en los diferentes tipos de manejo de la tierra y la selección de cultivos para distintos usos. Un aspecto cultural clave para entender

la selección de plantas de cultivo es el origen de los propietarios del huerto y su historia de migración. Cuando la gente se desplaza, o bien lleva consigo sus conocimientos y costumbres que son transferidos hacia sus nuevos asentamientos, o bien, como sugiere Barzetti (1993), pierde estos conocimientos para siempre. Como demuestran Camacho y Aguilar (1997), los procesos de desplazamiento pueden tener efectos de gran relevancia, especialmente cuando estos se realizan a gran escala; en estos casos el paisaje sufre cambios de gran importancia, promoviendo un intercambio de cultivos, tecnologías y en general de relaciones socio-económicas que a la larga afectan la diversidad biológica de una región en particular.

En Costa Rica, la reciente migración de campesinos a las zonas de frontera agrícola ha dado lugar a la formación de comunidades con un variado mosaico cultural. En este sentido, el Cantón de Coto Brus presenta sus propias particularidades de asentamientos humanos, y es así como a lo largo de su historia de colonización podemos distinguir la presencia de siete grupos culturales importantes (Leier, 1992). Dentro de estos grupos resulta importante destacar a aquellos que en los últimos 50 años han representado un papel determinante en las distintas actividades socioculturales, económicas y ambientales de la zona. De acuerdo con Leier (1992), el primer grupo en establecerse fue el de los italianos, quienes impulsaron la actividad cafetalera en la zona. Luego de ellos llegaron inmigrantes costarricenses provenientes del Valle Central y de Guanacaste, para emplearse en las fincas cafetaleras o a dedicarse a la extracción de madera y a la colonización agrícola. Posteriormente, la apertura de la carretera Panamericana influye en un mayor flujo de inmigrantes, tanto costarricenses como panameños. El último grupo de inmigrantes está constituido por pensionados o comerciantes europeos y norteamericanos.

Debido a que los aspectos socioculturales son determinantes en las relaciones que se establecen entre el ser humano y la naturaleza, para el desarrollo de mi investigación me planteo como objetivo determinar como los procesos de inmigración humana dentro de la región de Coto Brus influyen en la diversidad de los agroecosistemas, particularmente los huertos familiares. Considerando que la cultura es un factor muy importante que determina el uso y manejo de los recursos naturales y que el desplazamiento representa un proceso que

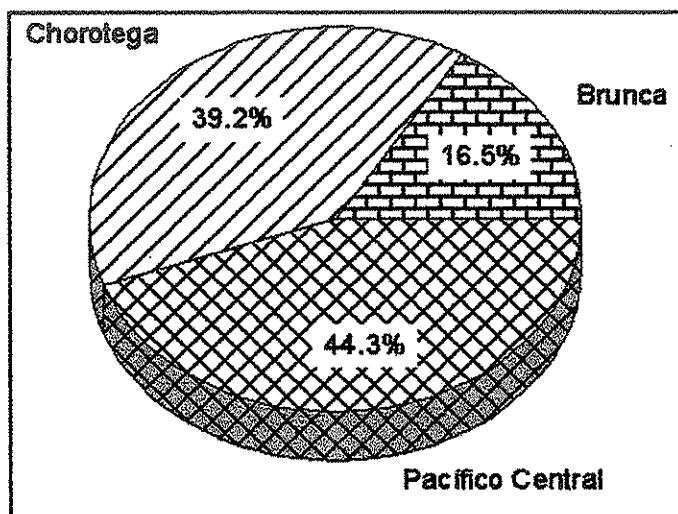


Figura 1. Porcentaje de Plantas Encontradas en Jardines Pertenecientes a los Tres Grupos de Entrevistados Definidos por Región de Origen, Coto Brus, Costa Rica, 1998

afecta a la misma, me planteo la hipótesis de que la diversidad de especies y el uso que se hace de las mismas en los huertos familiares sí tiene relación con la procedencia del propietario.

### Metodología

El estudio lo realicé en las comunidades de Coopabuena y Agua Buena, ambas del Cantón de Coto Brus, Puntarenas (8° 54' 041" N y 82° 52' 58" W). Estas comunidades están ubicadas sobre las estribaciones de la Fila Brunqueña. El cantón de Coto Brus posee un área de 933.91 km<sup>2</sup>, y se caracteriza por ser una región con una economía predominantemente cafetalera, con una precipitación promedio de 4,000 mm por año y una temperatura promedio anual de 21 °C. Predominan los suelos andisoles, catalogados como moderadamente fértiles, de buen drenaje, buena retención de humedad y buena profundidad (Instituto de Fomento y Asesoría Municipal, 1990).

Para mi estudio realicé un muestreo sistemático a lo largo de los caminos dentro de cada comunidad, tomando bloques de casas contiguas sin considerar la presencia o ausencia de huertos, para evitar el sesgo por aquellas casas que presentaran mejores características de huertos (mayor diversidad, por ejemplo). Tras un pre-muestreo, determiné el tamaño de la muestra para un error de 0.08. La toma de datos la realicé a través de un muestreo diario en el que apliqué una entrevista semiestructurada (Taylor y Bogdam, 1996).

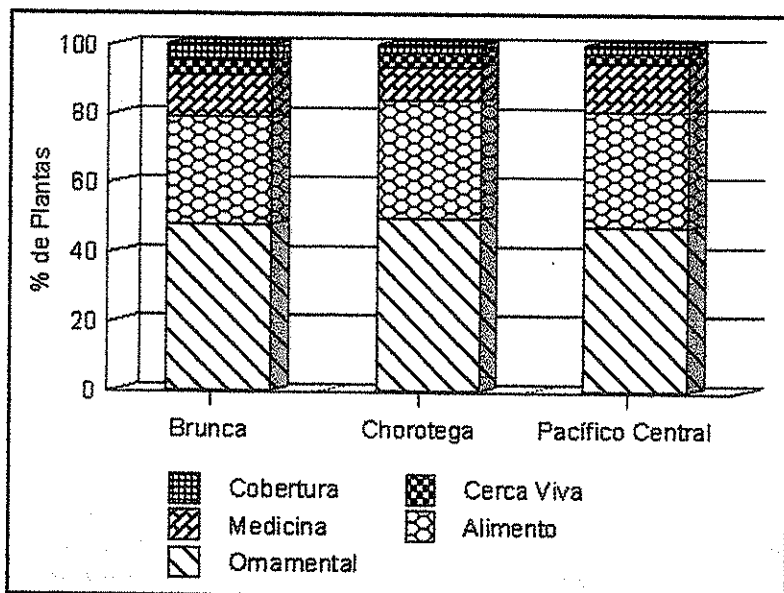


Figura 2. Porcentaje de Plantas Según Uso y por Región de Origen de Tres Grupos de Entrevistadas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Región	Índice de Diversidad (H')	Comparación	Índice de Similitud (Im)
Brunca	1.13	Brunca x Chorotega	1.00
Chorotega	2.78	Brunca x Pacifico Central	0.95
Pacifico Central	2.34	Chorotega x Pacifico Central	0.95

Tabla 1. Valores de los Índices de Diversidad de Shannon-Weiner (H') y de Similitud de Morisita (Im) para los Tres Grupos Definidos por Región de Origen, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Mediante la entrevista obtuve información sobre la procedencia del propietario del huerto, las plantas que cultiva y el uso o propósito por el que cultiva dichas plantas.

Efectué el análisis de los datos agrupando las especies encontradas de acuerdo a la procedencia de los propietarios de los huertos, para luego calcular el índice de diversidad de Shannon-Weiner (Hair, 1987). Para determinar si existen diferencias significativas entre los valores que obtuve con los índices de diversidad aplique una prueba de t-student (Brower et al., 1989). También calculé el índice de similitud de Morisita (Brower et al., 1989) que determina la relación de las especies a través de la existencia o ausencia, abundancia y distribución de cada especie entre los diferentes grupos de estudio. Para determinar la importancia relativa de los usos según la región de origen de los entrevistados, categoricé las plantas por grupos de acuerdo a su uso.

## Resultados

Efectué un total de 43 encuestas, mediante las que identifiqué tres grupos de pobladores de acuerdo a su región de origen, Región Brunca, Región Chorotega y Región Pacifico Central (12, 18 y 13 encuestas, respectivamente). Registré 206 especímenes de plantas cultivadas en los huertos y jardines, que representan un total de 75 familias. El grupo de pobladores que reportó un mayor uso de plantas fue el de la Región Pacifico Central, con un 44.3% del total (Figura 1). Especies como San Juan (*Brunfelsia* sp.), itabo (*Yucca elephantipes*), caña india (*Dracaena fragans*), tiquisque (*Xanthosoma sigitifolium*) y chayote (*Sechium edule*) fueron las predominantes en los tres grupos de origen. Encontré cinco categorías principales de uso de especies cultivadas en los huertos y jardines, plantas cultivadas como ornamento, alimento, medicina, cercas viva y cobertura (Figura 2). Clasifiqué como plantas de cobertura aquellas que ofrecen algún tipo de protección, ya sea al suelo o a otros cultivos, tal es el caso del Poro (*Erythrina poeppigeana*), el maní forrajero (*Arachis pintoi*) y el ciprés (*Cupressus lusitanica*).

Las categorías con mayor frecuencia de uso fueron las de plantas ornamentales (48.28%) y alimentos (33.4%).

El índice de diversidad de Shannon-Weiner más alto que determiné fue el de los pobladores de la Región Chorotega ( $H' = 2.78$ ) que al ser contrastado con el segundo grupo de importancia, la Región Pacifico Central ( $H' = 2.34$ ) dió un valor altamente significativo ( $t = 4.188$ ;  $g.l. = 658$ ;  $p < 0.001$ ). Las diferencias entre la Región Chorotega y la Región Brunca ( $H' = 1.13$ ) y entre la Región Pacifico Central y la Región Brunca también fueron significativas ( $p < 0.001$ ). Al aplicar el índice de similitud de Morisita, encontré valores que indican una alta similitud entre todos los grupos (Tabla 1).

## Discusión

Los resultados de en este estudio sugieren que el manejo de los sistemas de huerto de la Región Pacifico Central

y la Región Chorotega permite que exista un alto número de especies y que la relación entre éstas sea bastante equitativa. Esto puede tener una lógica particular, especialmente si consideramos en primer lugar que la mayoría de entrevistados provenientes de la Región Pacífico Central dijeron haber emigrado primero a la Región Chorotega para luego venir hacia la zona sur. En segundo lugar, hay que considerar que tanto la Región Chorotega y la Región Pacífico Central se encuentran muy cercanas geográficamente, lo que facilitaría que los grupos provenientes de estos lugares hayan tenido algún tipo de contacto cultural antes de llegar a la Región Brunca.

Primack (1993) sugiere que la diversidad cultural está fuertemente ligada a la diversidad genética de las plantas cultivadas, y que el desarrollo de variedades y su manejo particular satisface necesidades de la población local, sean estas biológicas o socioculturales. Por lo tanto, podemos inferir que en los sistemas de los grupos de la Región Pacífico Central y de la Región Chorotega existe una manifestación sociocultural que favorece el mantenimiento de un alto estado de diversidad. Por el contrario, en el grupo de la Región Brunca, donde no existe una adecuada equidad entre los distintos tipos de especies que son manejadas dentro de los huertos, el valor de diversidad se reduce con lo que podemos asumir una condición sociocultural distinta a la de los dos grupos anteriores.

Existe un grupo de especies de plantas cultivadas que son comunes para los huertos de los tres diferentes grupos estudiados. Estas plantas son aquellas que registraron las frecuencias más altas, estuvieron presentes en los tres grupos y que en general podemos considerar como de uso más común y frecuente dentro de la cultura costarricense. Ejemplos son el caso de plantas alimenticias como el chayote (*Sechium edule*), la flor de itabo (*Yucca elephantipes*) y el ayote (*Cucurbita pepo*) y plantas ornamentales como la caña india (*Dracaena fragans*), la amapola (*Hibiscus rosasinensis*), la veranera (*Bougainvillea glabra*) y especialmente el San Juan (*Brunfelsia sp.*), que normalmente puede verse en jardines y parques en cualquier parte del país.

Primack (1993) sugiere que cada especie tiene una correspondencia cultural, una categoría de conocimiento, un uso práctico, un significado religioso o una vitalidad colectiva dentro de determinados grupos

sociales. Por lo tanto, esperaríamos que si cada grupo tiene características culturales propias y se ha desarrollado en regiones distintas, debe haber una diferencia en las especies existentes y su abundancia. La presencia o ausencia de una o más especies dentro de un grupo comparada con la de otro, nos estaría respondiendo acerca de sus preferencias y de sus rasgos culturales particulares. Algunos de los entrevistados manifestaron que cuando realizan viajes a su lugar de origen traen semillas de plantas para sembrar en su huerto. Esto evidencia un claro contacto con las raíces culturales del individuo que trata de mantener lazos con el que fuera su antiguo entorno social a través del cultivo de algún determinado tipo de plantas en particular. Sin embargo al evaluar al grupo en su conjunto, actitudes como la anterior pierden su nivel de importancia al ser absorbidas por especies con una distribución de mayor abundancia dentro de los grupos. Dentro de estas plantas, podemos citar como ejemplos principalmente plantas ornamentales y alimenticias.

La alta preferencia de los grupos de las Regiones Pacífico Central y Chorotega por los cultivos ornamentales se puede relacionar con el hecho de que este tipo de plantas proporcionan un ambiente agradable para el hogar, manteniendo un nivel adecuado de armonía y estabilidad emocional (Gliessman, 1990). Si consideramos que estos ambientes son necesarios cuando se ha sufrido algún tipo de estrés, esto explicaría el porque el grupo de la Región Brunca presenta menores valores que los otros grupos. Ellos se han visto envueltos en un proceso migratorio y necesitan este ambiente para equilibrarse en un lugar que les es poco familiar.

Bunning y Hill (1996) afirman que la diversidad biológica de los huertos está directamente relacionada con el valor que la gente le adjudica a las especies que cultiva. Bajo este contexto, un caso que me pareció muy interesante durante la realización de mis entrevistas fue el hecho de que las personas que tienen una planta de Guaria (*Cattleya skinneri*) siempre enfatizaban su presencia en el jardín, además de resaltar las características particulares de "su planta" (color y cantidad de flores). Quizá esto se deba a una fuerte manifestación cívica, en la que el costarricense quiere enfatizar su condición de ciudadano a través de un símbolo patrio. El anterior comportamiento no resulta fuera de lo común, pues muchas investigaciones con otros grupos sociales demuestran la importancia de ciertas especies

como símbolos religiosos o de unión comunitaria (Barzetti, 1993).

Los aspectos culturales también juegan un papel relevante dentro de la dieta, y por lo tanto no es raro que el segundo elemento de importancia dentro de los huertos esté compuesto por plantas alimenticias. La mayoría de estas plantas corresponden a especies con bajos niveles de comercialización, por lo que es fácil deducir que su cultivo responde más a un comportamiento cultural que a una necesidad básica de nutrición. El área de Coto Brus se encuentra fuertemente relacionada con actividades de agricultura comercial, especialmente el cultivo de café, actividad que presenta otras alternativas socioeconómicas para la población, y que por tanto disminuye la dependencia de los sistemas tradicionales de subsistencia. Resultados similares fueron encontrados por Gliessman (1990) en Guanacaste, Costa Rica. En ese estudio se pudo constatar que la diversidad de los huertos es afectada por cambios socioeconómicos que mejoraron los ingresos de la población. Las nuevas actividades económicas exigían más tiempo, lo que redundó en un parcial abandono de los huertos, prevaleciendo las especies favoritas o que requerían de menor atención.

El bajo nivel de importancia en el cultivo de plantas medicinales podría estar reflejando una condición adecuada de acceso a mejores o más modernos sistemas de salud. Como en el caso anterior, mejores niveles de ingresos o quizá una mejor atención por parte del gobierno pueden estar generando un proceso de abandono de estos cultivos en particular. Gilbert (1980) resalta la importancia del estudio de las plantas medicinales dentro del contexto de investigación dentro de agroecosistemas con fines de conservación biológica. Sin embargo, este autor también enfatiza que mucha de la pérdida de conocimiento y de la diversidad de este grupo particular se da en las áreas donde dominan prácticas agrícolas de monocultivo.

### Conclusiones

Los resultados obtenidos permiten hablar de diferencias de diversidad de especies para los diferentes grupos estudiados. Aunque los valores de diversidad estuvieron muy cercanos (para algunos grupos en particular) esto sólo indica una diferencia sobre la distribución de importancia de las especies para cada grupo. Existen especies particulares que dominan en los huertos de los

tres grupos estudiados. El índice de Morisita relaciona estas especies entre los distintos grupos, de tal forma que podemos concluir que aunque los índices de diversidad entre ellos sean distintos, existe un grado de similitud debido a especies de interés común que son compartidas. Fue posible establecer la diferencia cultural a través de los distintos tipos de usos que los grupos dan a los huertos, especialmente considerando las variaciones entre los valores relativos para cada grupo dentro de la frecuencia total de usos para las distintas categorías establecidas en el estudio.

El origen de los grupos estudiados presentó diferencias que sugieren que los procesos migratorios tienen importancia para el estudio de la diversidad en huertos, especialmente cuando consideramos el intercambio que se establece entre distintas regiones a partir de este fenómeno (por ejemplo, intercambio o traslado de semillas). Debemos recordar y reconocer que existen otros factores además de la cultura que influyen en la estructura y función del huerto. El sistema final resultante no es otra cosa más que la relación de estos factores, por lo que no podemos concluir que la cultura es el único factor que determina la diversidad del huerto pero sí que juega un papel muy importante sobre qué es lo que se siembra y para qué.

Debido al grado de dificultad que se presenta en el estudio de agroecosistemas, especialmente cuando se hace enfatizando aspectos tan complejos como la cultura y la diversidad biológica, considero que la entrevista por sí sola no puede responder a la mayor parte de las inquietudes del investigador. Creo que los alcances podrían ser mucho más grandes si se utiliza una combinación de herramientas que permitan una mejor medida de la diversidad y relacionar mejor ésta con los aspectos socioculturales. Considero que el uso de índices como el de Shannon-Weiner y Morisita (especialmente este último) me han dado la oportunidad de esclarecer aspectos sobre las estructuras de un sistema, al menos en cuanto a algunos de sus componentes.

Además considero que en futuras investigaciones deberíamos responder a preguntas como ¿qué plantas prefiere el agricultor y cuáles son los factores que le limitan a tenerlas? ¿Cuáles son las plantas que nunca deberían faltar en un huerto y por qué? ¿Existe alguna particularidad especial en el arreglo espacial del huerto? Además, sería muy interesante estudiar la evolución de

la práctica del huerto a través de las distintas generaciones y como ésta se relaciona con los aspectos culturales.

### Literatura Citada

- Altieri, M. y L. Merrick. 1988. Agroecology and *In Situ* Conservation of Native Crop Diversity in the Third World. Pag. 361-366 en E.O. Wilson (ed.), *Biodiversity*. National Academy Press, Washington, D.C., USA.
- Barzetti, V. 1993. *Parques y Progreso*. Unión Mundial para la Naturaleza (UICN), Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Edward Brothers, Inc., Cambridge, USA. Pag. 4-6, 92, 104-105, 148.
- Bodmer, R., J. Penn, P. Puertas, L. Moya y T. Fang. 1997. Linking Conservation and Local People through Sustainable Use of Natural Resources. Pag. 315 en C. Freese (ed.), *Harvesting Wild Species, Implications for Biodiversity Conservation*. The Johns Hopkins University Press, Baltimore, USA.
- Brower, J., J. Zar y C. von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology* (3<sup>rd</sup> ed.). Wm. C. Brown Publishers, Chicago, IL. Pag. 169.
- Bunning, S. y C. Hill. 1996. *Farmers' Rights in the Conservation and Use of Plant Genetic Resources: Who are the Farmers?* Women in Development Service (SDWW), Food and Agriculture Organization (FAO), Women and Population Division, Naciones Unidas, Roma, Italia.
- Camacho, C. y C. Aguilar. 1997. *Memorias de la Esperanza: Crónica del Retorno de los Refugiados Guatemaltecos*. Piedra Santa, Guatemala, Guatemala. Pag. 34-46.
- Francis, C. 1986. Distribution and Importance of Multiple Cropping. Pag. 1-17 en C. Francis (ed.), *Multiple Cropping Systems*. Macmillan Publishing Company, New York, NY.
- Gilbert, L. 1980. Food Web Organization and the Conservation of Neotropical Diversity. Pag. 31 en M. Soulé and B. Wilcox (eds.), *Conservation Biology: An Evolutionary-Ecological Perspective*. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts, USA.
- Gliessman, S. 1990. Integrating Trees into Agriculture: The Home Garden Agroecosystem as an Example of Agroforestry in the Tropics. Pag. 160-166 en S. Gliessman (ed.), *Agroecology: Researching the Ecological Basis for Sustainable Agriculture*. Springer-Verlag, New York, USA.
- Hair, J. 1987. Medida de la Diversidad Ecológica. Pag. 287 en R. Rodríguez T. (ed.), *Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre*. Wild Life Society, Washington, D.C., USA.
- Instituto de Fomento y Asesoría Municipal. 1990. *Información Básica de la Municipalidad de Coto Brus*. Imprenta Nacional, San José. Pag. 1-18.
- Leier, R. 1992. Perspectives on the Educational Programs and Policies Underlying Natural Resources Development in the Canton of Coto Brus: A Case Study of Rural Costa Rican Community. Pag. 79-80 en H. Steen y R. Tucker (eds.), *Changing Tropical Forest, Historical Perspectives on Today's Challenges in Central & South America*. Forest History Society, Washington, D.C., USA.
- Krebs, C. 1989. *Ecological Methodology*. Harper & Row, New York, NY, U.S.A. Pag. 361.
- Primack, R. 1993. *Essentials of Conservation Biology*. Sinauer Associates, Inc., Massachusetts, USA. Pag. 383-385.
- Reijntjes, C., B. Haverkort y A. Waters-Bayer. 1994. *Farming for the Future: An Introduction to Low-External-Input and Sustainable Agriculture*. Macmillan Press Ltd., Hong Kong. Pag. 8-20.
- Shand, H. 1997. *Human Nature: Agricultural Biodiversity and Farm-Based Food Security*. Research, Extension and Training Division Sustainable Development Department, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) y Rural Advancement Foundation Internacional (RAFI), Toronto, Canada. Pag. 11-41.
- Taylor, S. y R. Bogdan. 1996. *Introducción a los Métodos Cualitativos de Investigación*. Ediciones Paidós Ibérica, S.A., Barcelona, España. Pag. 100-131.



Anexo

Lista de Especies Encontradas en Huertos Familiares, Coto Brus, Costa Rica, 1998

Familia	Especies	Chorotega	Pacifico Central	Brunca
Acanthaceae	Jacobina sp.	3	3	0
	Justicia pectoralis	3	4	0
	Justicia tinctoria	0	2	1
	Trigidia pavonia	4	0	0
Agavaceae	Agave americana	0	1	0
	Cordyline terminalis	10	7	2
	Dracaena fragans	12	11	5
	Yucca elephantipes	10	6	2
Amaranthaceae	Alternanthera sp.	2	4	0
	Blechnum sp.	0	1	0
	Celosia argentea	1	1	1
Amaryllidaceae	Crinum sp.	3	7	0
	Eucharis grandiflora	2	1	0
	Hippeastrum sp.	0	3	3
	Neomarica longifolia	3	2	1
Anacardiaceae	Anacardium excelsum	1	0	0
	Anacardium occidentale	1	0	0
	Mangifera indica	5	4	1
	Spondias mombin	0	5	0
Annonaceae	Annona muricata	4	5	2
	Annona purpurea	0	1	0
Apiaceae	Arracachia sp.	2	2	0
	Coriandrum sativum	3	2	3
	Eryngium foetidum	6	5	0
Apocynaceae	Allamanda cathartica	1	3	0
	Catharanthus roseus	5	0	2
	Nephelium lappaceum	1	3	2
	Thevetia peruviana	1	3	0
Araceae	Alocasia cuprea	1	2	0
	Chrysalidocarpus lutescens	1	3	0
	Cocos nucifera	7	1	2
Asteraceae	Antigonum leptopus	1	0	0
	Chrysanthemum sp.	4	5	0
	Dahlia pinnata	7	8	5
	Matricaria sp.	1	1	0
	Tagetes erecta	0	3	0
	Titonia diversifolia	0	1	0
	Vernonia patens	0	1	2
	Zinnia sp.	3	0	0
	Balsaminaceae	Impatiens sp.	12	11
Begonaceae	Begonia sp.	3	6	7
Bignoniaceae	Spatodea campanulata	0	2	0
Brassicaceae	Brassica oleracea	0	2	0
	Rapanus sativus	2	4	0

Familia	Especies	Chorotega	Pacifico Central	Brunca
Bromeliaceae	Aechmea sp.	1	0	0
	Ananas comosus	0	3	0
	Guzmania sp.	2	0	0
	Tillandsia sp.	2	0	0
Burseraceae	Bursera simarouba	0	0	1
Cactaceae	Cereus sp.	0	2	0
	Opuntia sp.	3	3	0
	Zygocactus truncatus	1	5	2
Caesalpinaceae	Bahunia sp.	0	1	0
Caprifoliaceae	Sambucus mexicana	0	2	0
Caricaceae	Carica papaya	7	5	0
Caryophidaceae	Dianthus sp.	2	1	0
Chenopodiaceae	Chenopodium ambrosioides	1	1	0
Combretaceae	Terminalia catappa	0	1	1
Commelinaceae	Commelina sp.	1	0	0
	Zebrina sp.	2	0	0
Convolvulaceae	Ipomoea batatas	1	2	0
	Ipomoea nil	1	0	1
Crassulaceae	Kalanchoe beharensis	2	1	1
	Kalanchoe pinnata	3	1	2
	Sedum sp.	0	1	0
Cucurbitaceae	Citrullus lanatus	0	1	0
	Cucumis sativus	1	3	0
	Cucurbita pepo	6	7	3
	Franzia tacaco	0	1	0
	Momordica charantia	0	1	0
	Sechium edule	15	13	5
Cupressaceae	Cupressus sp.	4	3	0
Cycadelidae	Carludovica palmata	1	2	0
	Cyca revoluta	1	2	1
	Cyclanthera pedata	0	1	0
Dioscoreaceae	Dioscorea alata	1	1	0
	Dioscorea bulbifera	1	1	0
Ericaceae	Rhododendron sp.	3	2	1
Euphorbiaceae	Acalypha hispida	0	2	0
	Codiaeum variegatum	12	7	5
	Euphorbia pulcherima	1	3	1
	Manihot sculenta	3	6	2
Fabaceae	Ricinus comunis	0	1	0
	Arachis pintoi	3	3	4
	Cajanus cajan	1	2	0
	Diphysa robinoides	0	1	0
	Erythrina poeppigiana	2	4	2
	Gliricidia sepium	0	3	2
	Phaseolus vulgaris	1	3	2
Geranaceae	Pelargonium sp.	1	5	1
Gesneriaceae	Episcia sp.	0	6	0
	Saintpaula sp.	0	2	0
Iridaceae	Crocus sp.	0	3	1
	Gladiolus sp.	4	5	3
Junglandaceae	Junglans sp.	1	0	0

Familia	Especies	Chorotega	Pacifico Central	Brunca	
Lamiaceae	Lippia alba	4	6	4	
	Lippia dulcis	0	1	0	
	Mentha citrata	2	6	1	
	Mentha piperita	13	10	7	
	Origanus sp.	5	6	2	
	Rosmarinus officinalis	0	1	1	
	Salvia sp.	0	1	1	
	Lauraceae	Persea americana	6	8	3
	Liliaceae	Allium sativum	1	0	0
		Allium sp.	0	1	0
Aloe arborescens		2	4	1	
Aloe vera		8	10	3	
Asparagus plumosus		5	3	1	
Asparagus sarmentosus		3	2	0	
Chlorophyllum sp.		0	4	0	
Lilium longiflorum		0	1	0	
Sansevieria trifasciata		0	1	1	
Lythraceae		Langestromia indica	1	0	0
Malpighiaceae	Byrsonima crassifolia	2	1	2	
Malvaceae	Gossypium hirsutum	1	0	0	
	Hibiscus rosa-sinensis	5	7	6	
	Malvaviscus penduliflorus	4	1	2	
Marantaceae	Calathea ornata	1	1	0	
	Calathea zebrina	2	1	0	
	Maranta arundinacea	1	1	0	
	Maranta leuconeura	1	2	0	
Melastomataceae	Miconia sp.	0	1	0	
Mimosaceae	Calliandra emarginata	1	2	0	
	Calliandra sp. (for)	2	0	0	
Moraceae	Inga paterna	1	3	0	
	Ficus benjamina	1	0	0	
Musaceae	Ficus sp. "Higueron"	1	3	3	
	Musa acuminata	4	3	0	
	Musa paradisiaca	3	9	0	
Myrtaceae	Musa sp. "Negro"	1	2	2	
	Eucalyptus deglupta	1	0	0	
	Eugenia jambos	2	0	0	
	Eugenia sp. II	4	3	6	
	Psidium friedrichethalianum	1	1	0	
Nyctaginaceae	Psidium guajaba	6	5	3	
	Bougainvillea glabra	11	7	1	
	Mirabilis jalapa	2	1	2	
Onagraceae	Fuchsia sp.	1	0	0	
Orchideaceae	Arundina graminifolia	3	0	0	
	Brassavola sp.	1	0	1	
	Cattleya skinneri	6	6	4	
	Cattleya sp.	2	3	0	
	Epidendrum choleatum	1	2	0	
	Epidendrum sp. II	2	2	0	
	Lycaste sp.	0	1	0	
	Maxilaria sp.	2	1	0	
	Oncidium sp.	1	1	0	
	Stanhopea sp.	1	0	0	

Familia	Especies	Chorotega	Pacífico Central	Brunca
Oxalidaceae	Averrhoa carambola	1	0	0
	Oxalis rubra	1	1	1
Passifloraceae	Passiflora cuadrangularis	0	1	0
	Passiflora edulis	0	4	0
Pinaceae	Pinus sp.	1	2	0
Piperaceae	Peperomia sp.	1	4	2
	Piper sp.	0	1	0
Plantaginaceae	Plantago major	1	1	0
Poaceae	Andropogum citratus	5	4	5
	Saccharum officinarum	3	2	2
	Zea mays	2	2	0
Podocarpaceae	Podocarpus sp.	0	1	0
Polypodiaceae	Adiantum sp.	5	5	0
	Microlepia pyramidata	2	3	0
	Polypodium sp.	6	6	6
	Polystichum sp.	3	2	0
Portulacaceae	Portulaca sp.	2	3	1
Proteaceae	Macadamia sp.	0	0	1
Rosaceae	Eriobotrya japonica	1	2	2
	Rosa chinensis	13	6	2
	Rosa grandiflora	10	10	5
Rubiaceae	Coffea arabica	2	4	0
	Gardenia jasminoides	2	0	0
	Ixora macrothyrsa	1	2	0
Rutaceae	Citrus aurantifolia	4	2	1
	Citrus aurantium	4	5	4
	Citrus lemon	7	3	0
	Citrus sinensis	14	12	7
	Ruta graveolens	1	5	0
Saxifragaceae	Hydrangea macrophylla	1	3	1
Solanaceae	Brugmansia sp.	3	1	0
	Brunfelsia sp.	11	11	9
	Capsicum annum	6	5	5
	Capsicum frutescens I	2	0	0
	Capsicum frutescens II	1	0	0
	Cestrum nocturnum	0	1	0
	Lycopersicon sculentum	0	1	1
	Petunia sp.	1	2	0
	Solanum quitoense	2	1	0
	Solanum sp.	3	4	0
Sterculiaceae	Theobroma cacao	0	1	0
Verbenaceae	Verbena litoralis	0	1	0
Zingiberaceae	Alpinea purpurata	0	2	0
	Alpinea sanderae	0	1	0
	Costus sp.	1	1	0
	Elettaria cardamomum	0	1	0
	Zingiber officinales	2	3	0

# Análisis de Índices que Indican las Características Biológicas del Agua en la Cuenca del Río Java, San Vito, Costa Rica

Itavclerh Vargas Clemente

## Resumen

Con el propósito de determinar las diferencias en base a índices que indican las características biológicas del agua realicé un análisis comparativo de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros físico-químicos en el Río Java afluente del Río Coto Brus, en la Provincia de Puntarenas, Costa Rica. Para esto, dividí la cuenca en tres zonas: Zona Alta, Zona Media y Zona Baja. En cada zona realicé dos muestreos y determiné una serie de parámetros físico-químicos: temperatura, pH, oxígeno disuelto, turbidez, alcalinidad, dureza, nitratos y fosfatos. Además realicé una colecta de macroinvertebrados a partir del cual se analicé la biodiversidad de géneros, el índice de similitud y el bioíndice BMWP'. Los resultados indican que el agua es químicamente aceptable ya que posee niveles de pH (7 a 8) que la hacen apta para el desarrollo de ciertos organismos y al bajo nivel de turbidez. Estos resultados están asociados con la presencia de familias de macroinvertebrados acuáticos del orden Ephemeroptera indicador de aguas no contaminadas. Con respecto a la hipótesis planteada para el estudio no existe diferencias entre los índices que indican las características biológicas, se concluye en el sentido que si existe diferencias entre los índices. Los valores del índice de diversidad fue de  $H' = 1.8$  zona alta y de  $H' = 1.6$  zona baja. En relación al índice de similitud son altos los valores entre la zona alta y zona media (0.7). En el caso del índice para determinar la calidad del agua, la zona alta alcanzó mayor valor (114) por lo que se considera como agua de buena calidad. Para la zona media y baja los valores fueron de 36 y 56 correspondiendo a una calidad de agua contaminada. El índice de diversidad solo considera la variabilidad de organismos presentes y su abundancia, pero no diferencian a los organismos por su tolerancia como ocurre en el caso de los índices indicadores de contaminación (BMWP').

Palabras Claves: cuenca hidrográfica, bioindicadores, biodiversidad, calidad de agua

Apoyo Técnico: Miqui Swisher y Mónica Springer

---

## Introducción

Mundialmente, se está produciendo un proceso acelerado de degradación de las condiciones ecológicas y de la calidad de agua de las cuencas hidrográficas más importantes. Esto puede afectar directamente tanto a la disponibilidad de agua para todas las especies, como la estructura y funcionamiento de las comunidades acuáticas que las habitan. Las metodologías de estudio y seguimiento de la calidad de las aguas están basados casi exclusivamente en métodos físico-químicos que ofrecen tan solo una visión de la situación puntual del estado de las aguas en el momento de la toma de muestras (Alba-Tercedor, 1996). Al respecto no se ha dado un seguimiento constante, ni estudios detallados sobre la calidad de agua de la gran mayoría de los ríos de Costa Rica, y los pocos que se han hecho, solo han incluido variables físicas y químicas, obviándose las biológicas (Springer, Com. Per.).

El desarrollo de numerosos índices que tratan de interpretar la situación real o el grado de alteración de los sistemas acuáticos que utilizan índices biológicos han demostrado su total eficacia en la detección de puntos de alteración y en el cartografiado de la calidad de las aguas. La importancia de estos índices radica en que los organismos tienen, pues una cierta tolerancia a las diferentes condiciones del medio acuático y a través de ellos podemos calificar los cuerpos de agua.

Uno de los aspectos de mayor importancia para el manejo de las cuencas hidrográficas es la evaluación de los parámetros físico-químicos y mediante índices de calidad ambiental que involucren variables biológicas que interpreten los diferentes factores que inciden en la calidad del agua, y a partir de estos índices comparar los diferentes niveles de degradación ambiental en las corrientes acuáticas (Zúñiga et al., 1996). Se han desarrollado numerosos métodos e índices que tratan de

interpretar la situación real o el grado de alteración de los sistemas acuáticos. Un organismo es considerado indicador de la calidad de agua cuando éste se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es porcentualmente superior o ligeramente similar al resto de los organismos con que comparte el mismo hábitat. Según Alba-Tercedor (1996), los órdenes Efemeróptero, Tricóptera y Plecóptera (ETP) son indicadores biológicos de buena calidad del agua en el trópico. Las ninfas de los individuos del orden Efemeróptero presentan adaptaciones morfológicas y de comportamiento para vivir en aguas limpias y bien oxigenadas (Roldán, 1997).

En lo referente a la biodiversidad, varios autores plantean que en general se puede esperar una disminución de la diversidad con el aumento de la intensidad de las perturbaciones. El bioíndice BMWP' propuesto por Alba-Tercedor (1988) que asigna valores de tolerancia a la contaminación del agua en función a diferentes familias de macroinvertebrados, indica que a más alto índice se considera que hay una mayor calidad de agua. Así familias como Chironómidae y Baetidae se les asocia a sistemas de baja calidad del agua. Los organismos que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas. Estos límites de tolerancia varían, y así, frente a una determinada alteración se encuentran organismos "sensibles" que no soportan las nuevas condiciones impuestas, comportándose como "intolerantes", mientras que otros, que son "tolerantes" no se ven afectados. Si la perturbación llega a un nivel letal para los invertebrados, estos mueren y su lugar es ocupado por comunidades de organismos tolerantes. Del mismo modo, aún cuando la perturbación no sobrepase el umbral letal, los organismos intolerantes abandonan la zona alterada, con la cual dejan espacio libre que puede ser colonizado por organismos tolerantes. De modo que, variaciones inesperadas en la composición y estructura de las comunidades de organismos vivos de los ríos pueden interpretarse como signos evidentes de algún tipo de contaminación (Alba-Tercedor, 1996).

Los métodos biológicos presentan la ventaja de reflejar las condiciones existentes tiempo atrás antes de la toma de la muestra, mientras que los métodos físico-químicos ofrecen tan solo una visión de la situación puntual del estado de las aguas en el momento de la

toma de muestras. Dicho de otro modo, mediante el análisis físico-químico del agua tomado en un determinado punto se obtiene una imagen fija (foto) de la situación existente en el momento de la toma de la muestra. Por el contrario mediante el estudio de los macroinvertebrados se obtiene una visión retrospectiva (película) de lo sucedido tiempo atrás (Alba-Tercedor, 1996).

En las poblaciones naturales, muchos controles (depredadores, alimento, enfermedades, etc.) impiden que las poblaciones crezcan indefinidamente. Cuando estos controles se eliminan, una especie predomina, muchas veces con consecuencias funestas para ella misma y para el ecosistema. Esto nos lleva a la idea de que la estabilidad de un ecosistema está en gran parte ligada a la diversidad de organismos que en él viven. Es un hecho comprobado que en regiones donde las condiciones son más extremas hay menos diversidad de individuos con predominio por lo regular de una especie (Roldán, 1997). Además indica que los organismos que permanecen adheridos a las rocas o enterrados en el fondo son los mejores indicadores de hasta que grado ha afectado la contaminación la estructura de las comunidades acuáticas, ya que permanecen en el mismo sitio soportando las variaciones a lo largo del tiempo.

Las comunidades que se encuentran en corrientes turbias y de alta sedimentación poseen por lo general pocas especies, por ejemplo los anélidos y dípteros. El desarrollo de tales comunidades depende sin embargo de la tasa de sedimentación y del grado de turbiedad del agua. Bajo condiciones extremas estas comunidades se pueden reducir mucho. En zonas de aguas claras en la que aún no ha recibido ninguna clase de contaminación se supone que debe albergar gran variedad de especies y en zona contaminada se espera encontrar poca diversidad de especies con elevado número de individuos por especie (Roldán, 1980). Producto de los modelos de desarrollo implementado en la región la mayoría de aguas presentan algún nivel de contaminación, especialmente la que atraviesan áreas urbanas (Carrillo, 1989).

En tal sentido el objetivo del presente trabajo es que mediante la identificación de los macroinvertebrados acuáticos y el reconocimiento de las condiciones físico-químico del agua establecer diferencias entre índices que indican las características biológicas del agua del río Java. Por esto se desarrolló la hipótesis en el sentido

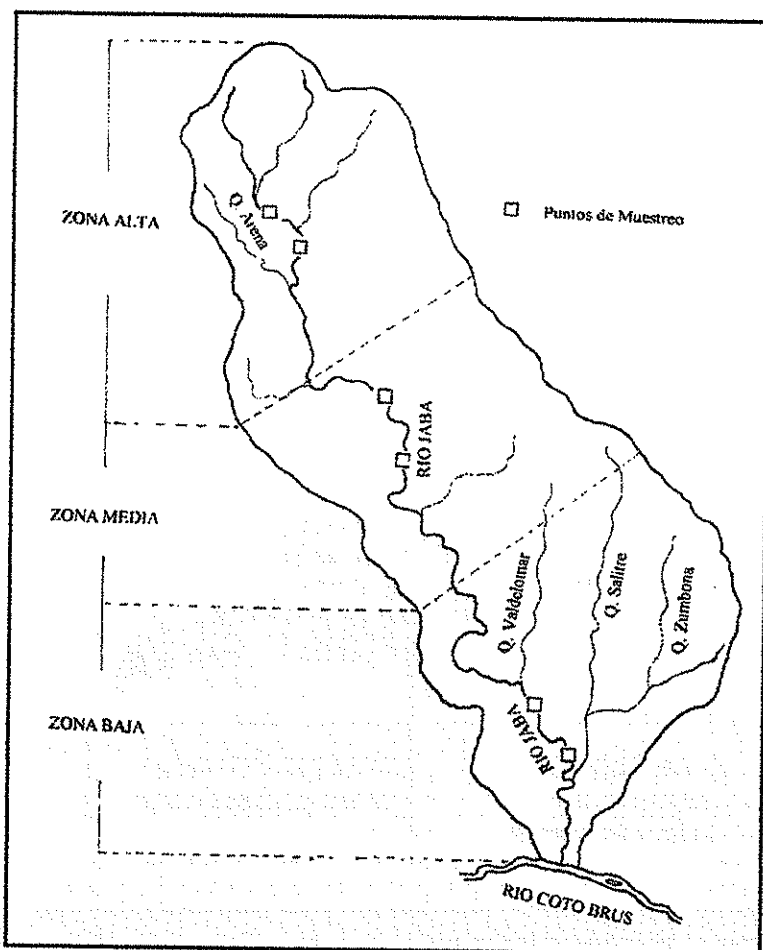


Figura 1. Zonas de Muestreo en la Cuenca del Río Java, San Vito, Costa Rica, 1998

que no existe diferencias entre los índices que indican las características biológicas del agua.

### Metodología

El estudio lo realicé en la cuenca del río Java afluente del río Coto Brus cuya naciente se origina en las estribaciones del sistema montañoso costero del Cantón de Coto Brus, Provincia de Puntarenas, ubicado en la Zona Sur de Costa Rica. El clima es tropical lluvioso, con una precipitación anual de 3,804 mm y una temperatura promedio de 21 C (Manger, 1992). La estación seca se presenta de enero a marzo y durante la época de lluvias densas capas de niebla envuelven la zona. Para estudiar las diversas comunidades de macroinvertebrados, dividí la cuenca en tres zonas: Zona Alta, Zona Media y Zona Baja. Apliqué el método de muestreo sistemático relativo con dos muestras por zona (Figura 1). En cada punto de muestreo tomé una muestra de agua para su

análisis físico-químico y en el mismo campo determine, el pH, la turbidez, la alcalinidad total, la dureza total y la temperatura. Posteriormente realicé en el laboratorio las pruebas de fosfato, nitrato y oxígeno. Este último fue fijado en el campo según el método de Winkler. Para la realización de estos análisis medí con reactivos estándar de un Kit de La Monte.

La caracterización biológica del río lo realicé en forma cualitativa. Tomé muestras en diferentes hábitats: piedras, hojarasca y remansos. Utilicé redes con una luz de malla de 0.5 mm, estas la coloqué contra la corriente y removí el lecho del río para desprender los organismos que se encontraban adheridos y colectarlos en la red por un lapso de 25 minutos en las piedras y hojarasca y 10 minutos en los remansos. Preservé los organismos recolectados en el campo con alcohol al 70% y realicé la identificación a nivel de género en laboratorio para ello conté con el apoyo de Springer, así como las claves de G. Roldan (1997) y el manual para la identificación de artrópodos de agua dulceacuícolas de Costa Rica (Springer y Hanson, en prep.). Deposité los macroinvertebrados en la colección húmeda del Museo de Zoología, Escuela de Biología de la Universidad de

Costa Rica.

En base a la información obtenida realicé las comparaciones a partir de tres índices que indican las características biológicas del agua. Determiné la biodiversidad existente en cada uno de las zonas utilizando el índice de Shannon-Weiner que me permitió analizar simultáneamente la riqueza de las especies y sus abundancias relativas. Con respecto al índice de Morisita (Brower, Zar y Von Ende, 1989) relacioné la ausencia y presencia de géneros, el número de individuos por unidad taxonómica y géneros en común. Además calculé el bioíndice BMWP' (Alba-Tercedor, 1996) que asigna valores de tolerancia a la contaminación. También elaboré la caracterización del tipo de vegetación por zonas de acuerdo al grado de intervención humana en la microcuenca (Figura 2).

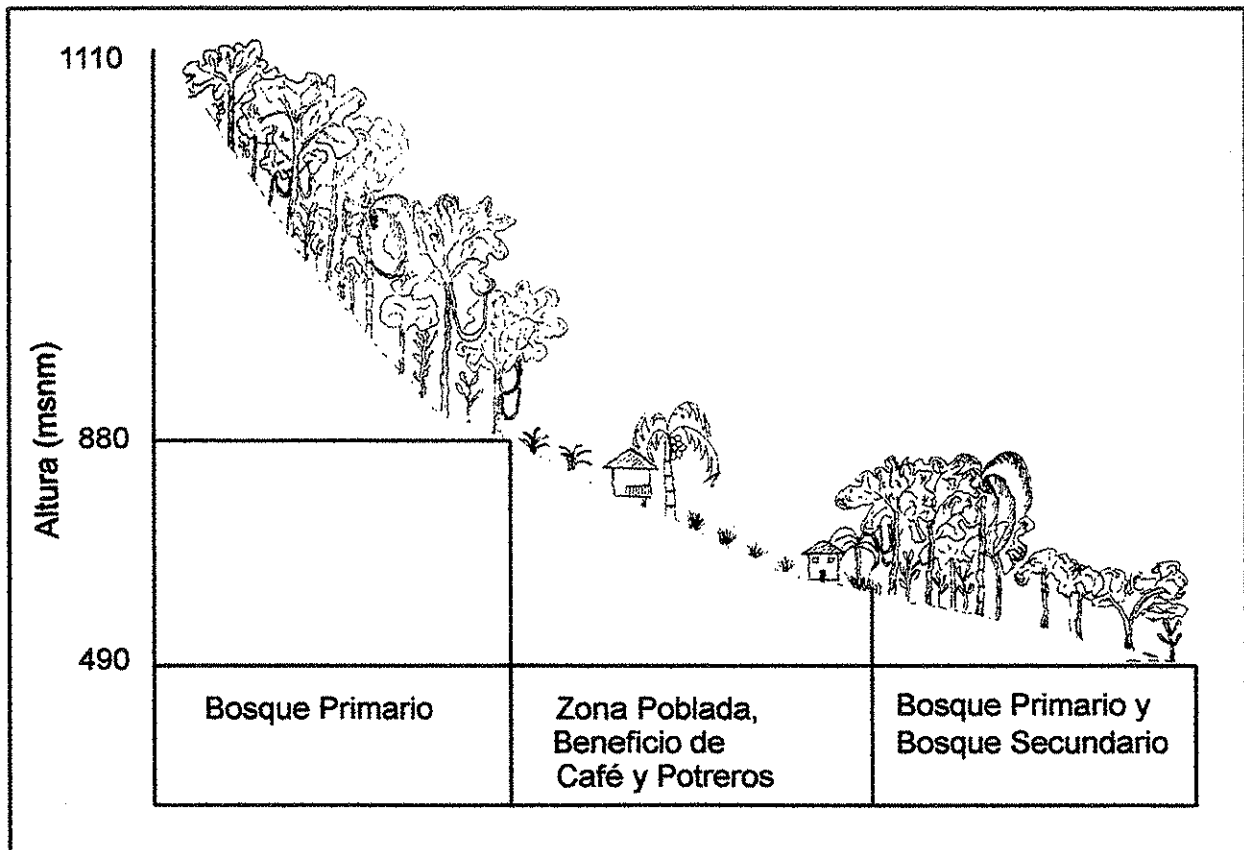


Figura 2. Perfil del Tipo de Vegetación por Zonas de Muestreo en la Cuenca del Río Java, Costa Rica, 1998

	Zona Alta		Zona Media		Zona Baja	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
<b>Observaciones Generales</b>						
Fecha de muestreo	16/07/98	15/07/98	16/07/98	16/07/98	17/07/98	17/07/98
Color del agua	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara	Clara
Vegetación ribereña	Bosque Primario	Bosque Primario	Bosque Secun.	Pasto	Bosque Primario	Bosque Secun.
<b>Características Físicas</b>						
Ancho del río (m)	5	5	6	6	12	13
Profundidad (cm)	20	20	30	32	40	42
<b>Características Químicas</b>						
Temperatura (C)	19.5	19	20.5	19.5	21.5	22
pH	7	7	7	7.5	8	8
Oxígeno disuelto (ppm)	2	2	2.2	0.8	0.6	2.4
Turbidez (JTU)	5	5	10	16	10	5
Alcalinidad total (ppm CaCO <sub>2</sub> )	65	60	60	65	45	40
Dureza total (ppm CaCO <sub>2</sub> )	30	30	25	30	20	20
NO <sub>3</sub> (ppm)	0.88	0.88	0.88	1.32	1.32	1.32
PO <sub>4</sub> (ppm)	0.2	0.3	0.3	0.4	0.3	0.4

Tabla 1. Características de las Tres Zonas de Muestreo en la Cuenca del Río Java, Costa Rica, 1998



Zona	Índice de Diversidad (H')
Alta	1.85
Media	1.45
Baja	1.56
Índice de Similitud (Im)	
Alta-Media	0.72
Alta-Baja	0.72
Media-Baja	0.46

Tabla 2. Índices de Diversidad de Shannon-Wiener (H') y de Similitud de Morisita (Im) para las Tres Zonas de Muestreo en la Cuenca del Río Java, Costa Rica, 1998

### Resultados

En la zona alta del río se registró un pH neutro y para las zonas media y baja ligeramente alcalino, pH 7.5 a 8. El oxígeno disuelto es de 2 ppm en promedio para todas las zonas. La turbidez del agua fue en promedio de 5, 10.25 y 7.5 JTU para las tres zonas. Los nitratos aumentaron conforme descende el río siendo en promedio de 0.88 ppm en la zona alta hasta 1.32 ppm en la zona baja. Similar comportamiento sucedió con los resultados para fosfatos que fue de 0.25 ppm para la zona alta y de 0.35 ppm para la zona baja (Tabla 1).

Para el índice de diversidad, los valores variaron de  $H' = 1.8$  en la zona alta a  $H' = 1.4$  en la zona media y de  $H' = 1.6$  para la cuenca baja, presentando la zona alta un mayor índice de diversidad (Tabla 2). Con respecto al índice de similitud son altos los valores comparados entre la zona alta y zona media (0.7), similar comportamiento encontré entre la zona alta y zona baja (0.7), y comparando la zona media con la zona baja el índice de similitud de macroinvertebrados acuáticos a nivel de géneros fue menor cuyo valor fue de 0.5 (Tabla 2). En el caso del índice de calidad de agua (BMWP'), la zona alta del río alcanzó mayor valor (114) que se traduce en aguas de buena calidad y para las zonas media y baja los valores fue de 36 y 56 respectivamente que significan estar contaminadas sus aguas y corresponder a una calidad dudosa (Tabla 3).

### Discusión

Con respecto a la caracterización físico-químico, el pH resultó levemente básico, cercano a la neutralidad. Probablemente esta inclinación hacia la alcalinidad se debe a la presencia de bicarbonatos disueltos y de roca caliza, en los cursos altos de la cuenca. En el caso de

Zona	Clase	Calidad	Valor	Significado
Alta	I	Buena	114	Aguas no contaminadas
Media	III	Dudosa	36	Aguas contaminadas
Baja	III	Dudosa	56	Aguas contaminadas

Tabla 3. Determinación de la Calidad de las Aguas en Base al Índice BMWP' en las Tres Zonas de Muestreo en la Cuenca del Río Java, Costa Rica, 1998

oxígeno disuelto sus valores bajos se atribuye a falla en la metodología puesto, que se utilizó ácido sulfúrico que no correspondía a los reactivos del Kit utilizado para el respectivo análisis y que posiblemente la concentración haya sido diferente. En cuanto a la turbidez los valores son bajos en todos los casos a excepción de la zona media, que ligeramente se incrementa. Esto se corrobora con el hecho que en los días que realicé los muestreos se presentó un veranillo en la zona de estudio por lo que no se dieron precipitaciones torrenciales. También es importante hacer notar que en estos casos surgen problemas con los métodos físico-químicos que nos dan una imagen fija (foto) de la situación existente en el momento de la toma de la muestra y no una visión retrospectiva de lo sucedido tiempo atrás (Alba-Tercedor, 1996). Sin embargo la claridad del agua no implica ausencia de contaminación. En el caso de la turbidez de la zona media se explica porque corresponde a una área con mayor intervención humana por estar poblada y en algunos casos las parcelas de cultivos agrícolas y potreros llegan hasta el borde del río, sin dejar franjas con vegetación alta para amortiguar la erosión. Los niveles de turbidez disminuyen en la medida que la intervención es menor, como ocurre en la parte alta de la cuenca.

En cuanto a los resultados de diversidad por géneros obtenidos para el río Java fue mayor en la zona alta en relación a la parte media y baja (Tabla 2) porque en la zona alta el grado de perturbación humana es menor, observándose la presencia de bosques primarios. Es un hecho comprobado que en regiones donde las condiciones de las aguas son mínimamente alterados hay mayor diversidad de individuos (Roldán, 1997). Así mismo este hecho respalda la hipótesis de que las zonas de aguas claras en la que aún no ha recibido ninguna clase de contaminación se supone que debe albergar gran variedad de especies y viceversa (Roldán, 1980). Esto nos lleva a la idea de que la estabilidad de un ecosistema está en gran parte ligada a la diversidad de organismos que en él viven. La disminución de diversidad de individuos en la cuenca media y baja se debe

al aumento de la intensidad de las perturbaciones en los sistemas producto de los modelos de desarrollo implementado en la región haciendo que las aguas presentan algún nivel de contaminación, especialmente la que atraviesan áreas urbanas (Carrillo, 1989).

La existencia de una alta similitud en cuanto a géneros entre la cuenca alta y cuenca media (0.7) y de igual manera entre la cuenca alta y cuenca baja (0.7) (Tabla 2) se debe posiblemente a que muchos invertebrados que habitan en los cursos de agua presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales (Alba-Tercedor, 1996). En relación a la zona media y zona baja existe menor similitud debido a que las aguas de la parte media presentaron menor número de individuos en relación a la zona baja, así como menor diversidad de géneros (Figura 3). Esto debido a que existe mayor intensidad de perturbaciones en esta zona, por la existencia de un beneficio de café, un matadero y entradas de aguas servidas de la población asentada en esta parte. Según refiere Springer, en las zona urbanas el primer contaminante son los desechos de los beneficios de café, los cuales constituyen el 70% de la contaminación global de los ríos de Costa Rica.

En relación a la evaluación biológica que realicé para determinar la calidad de las aguas (BMWP'), la zona alta no están contaminadas o no alteradas de modo sensible y presentan una calidad buena (Tabla 3). Encontré la presencia de invertebrados de la familia Blepharoceridae del orden Díptera que es un indicador de aguas limpias, también debido a la existencia de ciertas familias como Hydrobiosidae y Leptoceridae del orden Trichoptera y la familia Leptophlebiidae de orden Efemeróptero (Figura 4). La presencia de invertebrados de estos dos últimos órdenes son corroborados según Alba-Tercedor (1996), quien informa que son indicadores biológicos de buena calidad del agua. Pocas son las especies del orden Efemeróptero que resisten cierto grado de contamina-

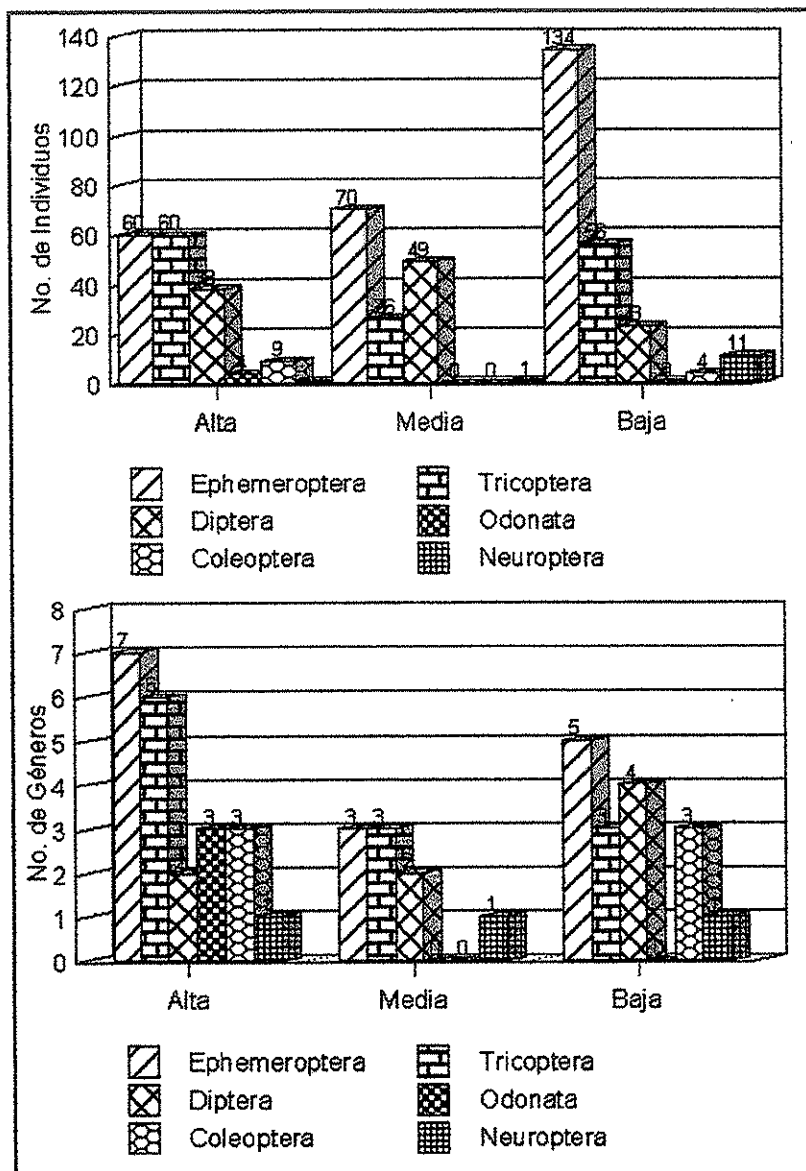


Figura 3. Número de Individuos y Géneros de Macroinvertebrados por Zonas de Muestreo en la Cuenca del Río Java, Costa Rica, 1998

ción (Roldán, 1980).

Con respecto a las aguas de la zona media y baja en ambos casos resultaron estar contaminadas de acuerdo al bioíndice BMWP' que le asigna una denominación de una calidad dudosa por los bajos valores alcanzados (36 y 56). Se debe al hecho que en estos dos sitios de muestreo se encontró la presencia de invertebrados de las familias Chironomidae y Simuliidae del orden Díptera tolerantes a alta contaminación de aguas. Los Dípteros se caracterizan por tener un alto ámbito de tolerancia y fueron encontrados en las tres zonas de la cuenca, pero con mayor presencia en la parte media y

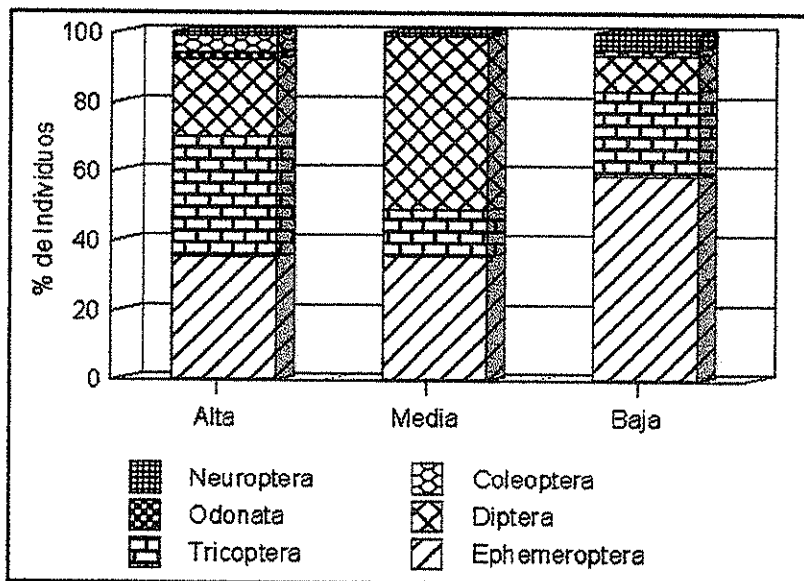


Figura 4. Abundancia Relativa por Ordenes en Cada Zona Muestreada en la Cuenca del Río Java, Costa Rica, 1998

baja. En ríos y quebradas que están siendo contaminados con materia orgánica y con poco oxígeno siempre se espera encontrar poblaciones de la familia Chironomidae (Roldán, 1997).

### Conclusiones

Existen diferencias entre los índices de diversidad, similitud y el índice BMWP' que nos permite determinar la calidad del agua. En el primer caso determina, que tan diversos son los macroinvertebrados en un sistema acuático específico. En el segundo caso nos permite establecer entre la ausencia y presencia de géneros y el número de individuos por unidad taxonómica y géneros en común y en el tercer caso para determinar la calidad de las aguas en relación a la tolerancia de los macroinvertebrados a la contaminación.

Su potencial aplicación de los índices biológicos conjuntamente con los análisis físicos-químico permitirían realizar una evaluación integral de las cuencas hidrográficas para hacer comparaciones entre zonas y cuerpos de aguas con diferentes grados de deterioro ambiental, debido a la carencia de estudios de esta naturaleza en Costa Rica.

No se desarrollan índices biológicos de contaminación del agua en el país, para una adecuada identificación de los organismos acuáticos, por ello los pocos estudios integrales que se realizan vienen usando claves de Norte-

américa y de Antioquia de Colombia que en muchos casos no incluyen géneros y hasta familias que son exclusivamente neotropicales. Por lo que sería necesario desarrollar índices biológicos acordes a la realidad de Costa Rica, debido a que son indispensables para establecer un sistema de especies bioindicadores a través de monitoreos permanentes en los ríos a lo largo del tiempo que serían de gran importancia tanto para las investigaciones taxonómicas, conocer la ecología de los organismos acuáticos y proyectos que estudien tanto las comunidades que habitan en ríos.

### Literatura Citada

- Alba-Tercedor, J. y A. Sánchez-Ortega. 1988. *Un Método Rápido y Simple para Evaluar la Calidad Biológica de las Aguas Corrientes Basado en el Hellawell (1978)*. Departamento de Biología Animal, Ecología y Genética, Facultad de Ciencias, Universidad de Granada, España. Pág. 51-55.
- Alba-Tercedor, J. 1996. *Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad de las Aguas de los Ríos*. Departamento de Biología Animal y Ecología, Universidad de Granada, España. Pág. 1-10.
- Barbera, N.; M.M. Collazo, V.C. Plauchú, A. Caballero, O. Sánchez e I. Vargas. 1998. La Calidad del Agua como Indicador del Impacto de la Actividad Humana sobre dos Ecosistemas Lóticos en el Área de Sarapiquí, Costa Rica. Pág. 43-50 en M.E. Swisher y J.M. Mora (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología de 1998* (en este volumen). Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Brower, J.E., J.H. Zar y C.N. von Ende. 1989. *Field and Laboratory Methods for General Ecology*. Third Edition. Ed. Wm. C. Brower Publisher, Dubuque, IA. Pág. 46-57.
- Carrillo, J.E. 1989. Tierra de Bosques? Pág. 21-59 en DEI, *La Situación Ambiental en Centroamérica y el Caribe*. DEI, San José, Costa Rica.

- Manger, W.F. 1992. *Colonización on the Southern Frontier of Costa Rica: A Historical-Cultural Landscape*. A thesis presented to the Faculty of the Graduate School Memphis State University, Memphis, TN.
- Roldán, P.G. 1997. *Macroinvertebrados Acuáticos y su Utilización en Estudios Ambientales*. Colombia. Pag. 78-85. (Fotocopia sin más información).
- Roldán, P.G. 1980. Los Invertebrados Acuáticos como Indicadores Ecológicos. *Actualidades Biológicas* 9 (33):86-91.
- Springer, M., A. Ramírez y P. Hanson. En preparación. *Manual para la Identificación de los Artrópodos Dulceacuícolas de Costa Rica*.
- Zuñiga, M.C., A. Rojas A. y G. Caicedo. 1996. *Indicadores Ambientales de Calidad de Agua en la Cuenca del Río Cauca*. Valle del Cauca, Colombia. Pag. 17-28.

## Anexo

Número de Individuos Capturados en las Tres Zonas de Muestreo en la Cuenca del Río Java, Costa Rica, 1998

	Zona Alta		Zona Media		Zona Baja	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
<b>ORDEN EPHEMEROPTERA</b>						
Leptohiphidae:						
Leptohiphes	10	18	4	8	30	56
Tricorythodes	5	2	5	10	9	2
Haplohiphes	3					
Baetidae						
Camelobaetidius	3	3			1	3
Baetodes	7	7	5	38	6	20
S/I	1					
S/I					7	
Leptophlebiidae:						
Thraulodes	1					
<b>ORDEN TRICHOPTERA</b>						
Hydropsychidae:						
Leptonema	26	8	4		1	8
Smicridea	11	11	11	10	39	6
Calosopsydia	1					
S/I	1					
Hidrobiosidae:						
Atopsyche	1				1	
Leptoceridae:						
Oecetis	1			1		
Hydroptilide						
Leucotrichia						1
<b>ORDEN DIPTERA</b>						
Simuliidae						
Simulium	10	27	11	69	7	8
Chironomidae						
S/I			9	10	1	3
Blepharoceridae						
cf. Paltozona		1				
Psychodidae						
Maruina						3
Muscidae						
S/I					1	

	Zona Alta		Zona Media		Zona Baja	
	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 1	Muestra 2
<b>ORDEN ODONATA</b>						
Calopterygidae						
Hetaerina	1					
Libellulidae						
Macrothemis	2					
Polythoridae						
Cora	1					
<b>ORDEN COLEOPTERA</b>						
Elmidae						
Microcylloepus						2
Heterelmis	2	5			1	
Ptilodactylidae						
Anchytarsus	1					
Hydrophilidae						
S/I		1			1	
<b>ORDEN NEUROPTERA</b>						
Corydalidae						
Corydalus	1			1		11
<b>TOTAL</b>	<b>89</b>	<b>83</b>	<b>49</b>	<b>147</b>	<b>105</b>	<b>123</b>

# Comparación de las Actitudes y Expectativas hacia los Proyectos Agroforestales de Productores Asociados y No Asociados de la Comunidad de Sabanillas, Coto Brus, Costa Rica

Maltiano Moreta Matos

## Resumen

Realicé este estudio en la comunidad agrícola de Sabanillas, Coto Brus, Costa Rica, dónde una asociación de productores reforestadores ejecuta proyectos agroforestales. El objetivo principal de esta investigación fue hacer una comparación de las actitudes y expectativas hacia la agroforestería de aquellos productores asociados y no asociados. Usé tres técnicas de investigación: (1) la escala semántica, (2) la escala de Leikert y (3) la entrevista semi-estructurada. Los datos obtenidos demostraron que existían diferencias estadísticas entre los dos grupos de productores. Los productores asociados tienen actitudes y expectativas más positivas hacia los proyectos agroforestales que aquellos no asociados. Además, los productores asociados han recibido más capacitación y los incentivos necesarios que les permite desarrollar la agroforestería. Los resultados indican que la comunidad depende en gran medida de los sistemas agroforestales para su desarrollo, lo que le permitirá aumentar sus ingresos y mejorar la calidad de vida de los habitantes.

Palabras Claves: agroforestería, asociación, comunidad, conservación

Apoyo Técnico: Mickie Swisher, José Manuel Mora y Juan Carlos Rodríguez

---

## Introducción

Según Somarriba (1990), los sistemas agroforestales son un policultivo en lo que se cumplen tres condiciones fundamentales: (1) existen al menos dos especies de plantas que interactúan biológicamente, (2) al menos uno de los componentes es una leñosa perenne y (3) al menos uno de los componentes es una planta manejada con fines agrícolas. Montagnini (1992) nota que: "A través de la historia, en casi todo el mundo se ha practicado el cultivo de árboles y especies agrícolas en combinación deliberada. En América tropical, muchas sociedades han simulado tradicionalmente las condiciones del bosque en sus fincas, sembrando especies de diferentes hábitos de crecimiento, para obtener los efectos beneficiosos de las estructuras boscosas." Sin embargo, estos sistemas no se han investigado mucho hasta recientemente.

A comienzo de la década del 70, surgieron serias dudas sobre la relevancia de las políticas de desarrollo a nivel mundial, principalmente porque era evidente que las necesidades del sector rural de pocos recursos no se estaban cubriendo a pesar de los esfuerzos realizados y del dinero invertido en los diversos proyectos. El Banco Mundial y la Organización de las Naciones Unidas para

la Agricultura y la Alimentación (FAO) decidieron apoyar programas nacionales con orientación forestal en los países en desarrollo. Se hizo énfasis en el papel del sector forestal para el desarrollo rural y se comenzó a prestar más atención a los efectos benéficos de los árboles sobre la producción de cultivos agrícolas. El Consejo Internacional para la Investigación Agroforestal (ICRAF) fue creado en 1977 para apoyar, planificar y coordinar a nivel mundial las investigaciones en sistemas agroforestales. En el octavo congreso Forestal Mundial, celebrado en Indonesia en 1978, el tema central fue "bosque para la gente" y hubo una sección especial dedicada al sector forestal para las comunidades rurales. Los sistemas forestales jugaron un papel principal en todas las deliberaciones y decisiones. Este conjunto de circunstancias explican la reciente promoción e interés en los sistemas forestales a nivel mundial (Montagnini, 1992).

En muchas regiones del mundo, hay esfuerzos por parte de las organizaciones agrícolas y ambientales de estudiar e introducir prácticas y sistemas, tales como los agroforestales, que puedan lograr un uso de la tierra más intensivo, sin causar una degradación de ésta. Otro objetivo común en las últimas décadas es de evitar más destrucción de los bosques y otras áreas naturales. Sin

embargo, muchos de estos esfuerzos de promover nuevos sistemas no tienen éxito por varias razones (Shriar, 1996). Entre ellas se debe mencionar objetivos diferentes por parte del agricultor y el investigador, la aversión al riesgo del productor, falta de los recursos necesarios por parte del agricultor para aprovechar el nuevo sistema y el hecho de que en el contexto del campesino el sistema pueda ser menos rentable al que él hace actualmente u otras alternativas (Shriar, 1996).

Según estudios realizados por el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) en 1993, la agroforestería tiene una rentabilidad mayor que otras alternativas agrícolas y generan beneficios ambientales y sociales para las comunidades rurales y para la sociedad. No obstante, la rentabilidad y la adopción dependen de las condiciones biofísicas y socioeconómicas propias de cada comunidad. Los sistemas agroforestales han sido adoptados por familias campesinas de escasos recursos en algunos casos. La estrategia de extensión que dió lugar a la adopción se basó en asistencia técnica combinada con la provisión de los insumos mínimos requeridos para que el productor empiece a trabajar en pequeña escala e incrementalmente paulatinamente el área en bosque según aumenta su experiencia en los sistemas agroforestales y en los beneficios que genera (Curret, 1997).

Los sistemas agroforestales han sido muy utilizados en los proyectos de desarrollo comunitario ya que pueden emplear mano de obra y suplir necesidades básicas de una comunidad. Una de las principales ventajas de los sistemas agroforestales radica en su potencial para promover beneficios y reducir los riesgos a través del tiempo (Montagnini, 1992). Estos sistemas de producción generalmente exigen el empleo de una cantidad considerable de mano de obra y recursos. Se deberían implementar éstos sistemas con base en objetivo claramente identificado por los campesinos (Montagnini, 1992). Un componente clave para el éxito de los proyectos agroforestales son las actividades comunitarias ya que ofrecen un nuevo enfoque para abordar la temática de degradación de los bosques y apoyar la agricultura y la crianza de animales, así como proteger el ambiente, mantener un balance biológico y una óptima utilización de las potencialidades del suelo.

La participación comunitaria es importante en los proyectos, ya que forma parte de un proceso de transformación con responsabilidad compartida entre las comuni-

dades mismas. Muchos proyectos agroforestales han fracasado porque sus autores y responsables no han involucrado a las comunidades (Okie, 1995). Además, los grupos comunitarios al integrarse a los proyectos de desarrollo van adquiriendo conciencia, conocimiento y desarrollan acciones transformadoras de la realidad (Sepúlveda y Ramírez, 1996). Montagnini (1992) decía que hay en la gente escasa conciencia de las diferentes actividades agroforestales comunitarias. Ella manifiesta que el éxito de los proyectos agroforestales dependerá en gran parte de las expectativas de la gente y de lo que puedan obtener de ellos. Sustentado en lo anteriormente expresado, realicé este estudio para evaluar cuál ha sido la actitud de los productores asociados y cuales son las expectativas que ha provocado en la comunidad la ejecución de los sistemas agroforestales y hacer las comparaciones con productores individuales de la misma comunidad. Mi hipótesis fue que los productores asociados tienen actitudes y expectativas más positivas hacia los sistemas agroforestales en comparación con productores no asociados.

### Metodología

En Coto Brus, Costa Rica un aumento en la población y una baja en los precios del café han creado una fuerte presión en la tierra. Entre 1952 y 1996 la población ha crecido de 1,200 a 35,000 habitantes. Para evitar problemas de degradación de los recursos naturales en la zona, varios grupos y asociaciones de productores están experimentando y promoviendo prácticas y sistemas que son orientados hacia un patrón de intensificación sostenible (Shriar, 1996).

Realicé la presente investigación en la Comunidad de Sabanillas, Distrito de Limoncito, Cantón de Coto Brus, localizada a 300 km de San José, Costa Rica. En la actualidad, la comunidad de Sabanillas está conformada por una población de 250 personas, agrupadas en 60 familias las cuales poseen una mayor concentración en las montañas y en la periferia de la carretera Interamericana. De las 60 familias sólo 15 no pertenecen a la asociación de desarrollo integral de Sabanillas.

Esta comunidad se caracteriza por desarrollar proyectos agroforestales por medio de incentivos forestales brindados por el gobierno y con la ayuda del Programa Desarrollo Campesino Forestal (DECAFUR). Además, realiza actividades agropecuarias (maíz, arroz, tubérculos, ganado y cerdos). Más de un 90% de éstas activi-



dades es coordinada por la Asociación de Desarrollo Integral de Sabanillas (ADIS), la cual fue fundada el 7 de Diciembre del 1975, con una participación de 50 afiliados y que en la actualidad cuenta con 110 afiliados. Los primeros trabajos de agroforestería se iniciaron en la comunidad en 1988, con un proyecto de nueve hectáreas. Dentro de los principales objetivos de la asociación están los siguientes: velar por el desarrollo comunal de la población, incentivar la participación de los habitantes de la comunidad en obras de infraestructuras de desarrollo y desarrollar proyectos de reforestación que generen ingresos a la comunidad. En las actividades de reforestación, las especies que más han sido utilizadas son *Terminalia amazonia* (amarillón), *bombacopsis quinantum* (pochote), *Astronium graveolens* (ron ron), *Cordia alliodora* (laurel), *Anacardium excelsum* (espavel), *Platymiscium polytachyum* (crístóbal) y *Eucaliptus diglupta* (eucalipto).

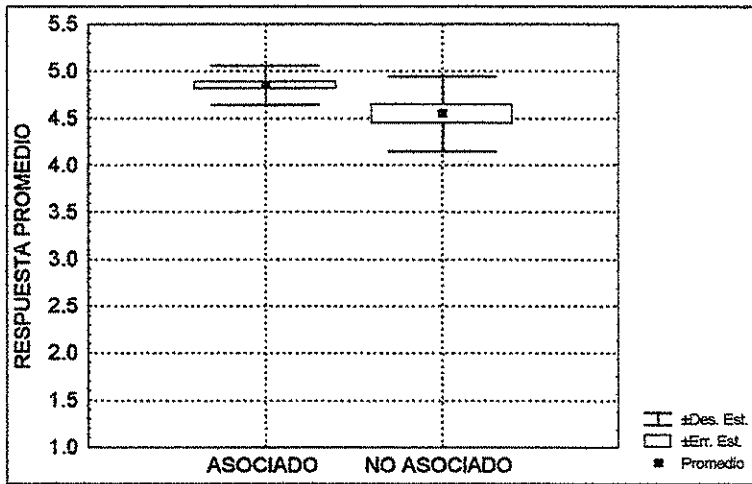
Determiné el número de muestreos que iban a ser aplicada a los productores asociados, usando la fórmula  $N = z^2 p(1-p)/d^2$ , que resultó en una cantidad de 28 muestras, las cuales fueron seleccionadas sistemáticamente al azar. Las 15 viviendas de los productores no asociados fueron censados porque la población no era muy grande. Utilicé tres tipos de técnicas para las evaluaciones. Para medir las actitudes hacia la agroforestería, usé la escala de la diferencia semántica, la cual me permitió evaluar las actitudes de los entrevistados. Utilicé la escala de Leikert para medir las expectativas de productores asociados y no asociados (Anexo). Al realizar la entrevista para la escala Leikert habían dos pares de frases que el entrevistado no entendía claramente, por lo que las eliminé para fines de cálculo y análisis estadístico. Otra técnica utilizada fueron las entrevistas semi-estructuradas que me permitió obtener información de líderes comunitarios y autoridades estatales y para tener una idea más generalizada de los proyectos agroforestales que se han desarrollado en la comunidad de Sabanillas (Anexo). Apliqué la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis para el análisis estadístico. El error experimental para la escala de diferencia semántica fue 0.02 y 0.01 para productores asociados y no asociados respectivamente. El error para la escala de Leikert fue 0.01 para los dos grupos de productores.

### Resultados

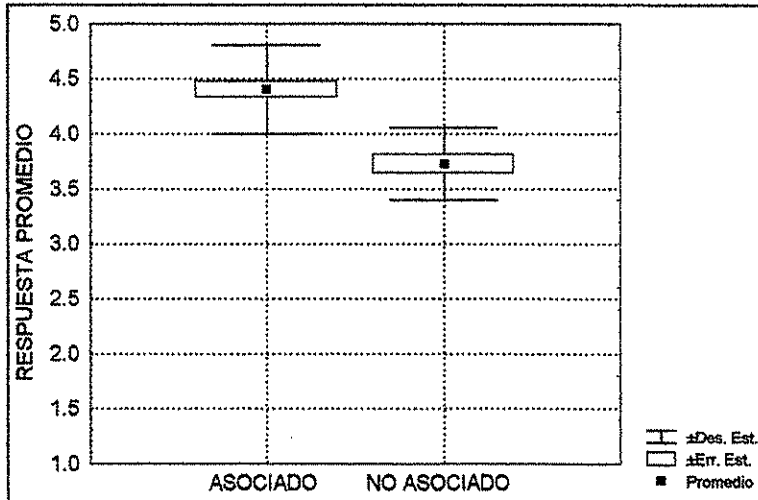
La escala de la diferencia semántica demostró que

existen diferencias significativas entre los productores asociados y no asociados en cuanto a sus actitudes hacia la agroforestería ( $H=6.74$ ,  $p=0.01$ ). Los productores asociados tienen actitudes más positivas en comparación con los productores no asociados (Figura 1). Los valores obtenidos para ambos grupos con la escala de la diferencia semántica son superiores a los de la escala de Leikert. Con la escala de Leikert, también habían diferencias significativas entre los productores asociados y no asociados ( $H=18.5$ ,  $p<0.01$ ). El grupo de productores asociados deparó un valor promedio en sus respuestas superior a los no asociados (Figura 2). Agrupé todas las frases relacionadas con los sistemas agroforestales en tres grupos: (1) la importancia económica de los sistemas agroforestales, (2) la importancia de las asociaciones en la agroforestería y (3) la importancia de los sistemas agroforestales en la preservación del medio ambiente y los recursos naturales. Determiné que 90-95% de ambos grupos de productores estaban altamente de acuerdo con los grupos de frases referentes a la importancia de las asociaciones en la agroforestería y a la importancia de los sistemas agroforestales en la preservación del medio ambiente. Un menor porcentaje, 85%, de los entrevistados en los dos grupos estaba de acuerdo con la importancia económica de los sistemas agroforestales.

En cuanto a la entrevista semi-estructurada, las autoridades del Ministerio del Ambiente y Energía (MINAE) y del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG) coincidieron que ambas instituciones no cuentan con los recursos necesarios para apoyar los trabajos de agroforestería en la comunidad de Sabanillas. Además, dichos funcionarios señalaron que la organización de los productores ha sido vital para el desarrollo de los proyectos agroforestales que se han ejecutado. Los líderes comunitarios manifestaron que la agroforestería ha mejorado notablemente la calidad de vida de los pobladores ya que los productores están obteniendo mejores ingresos de sus predios agrícolas y los árboles han mejorado el ambiente notablemente. Según dijeron, el principal obstáculo que han encontrado es el bajo incentivo del gobierno para continuar los trabajos, siendo esto una limitante para que los pequeños productores puedan continuar con los proyectos agroforestales. Otra limitante manifestada es que la mayoría de las fincas existentes son de personas de otras comunidades, quienes la dedican a la ganadería intensiva y a quienes nunca les ha interesado desarrollar agroforestería. Otro problema es que al inicio de los pro-



**Figura 1. Actitud hacia Los Proyectos Agroforestales por Parte de los Productores Asociados y No Asociados Según la Escala de la Diferencia Semántica, Coto Brus, Costa Rica, 1998**



**Figura 2. Expectativas de Los Proyectos Agroforestales por Parte de los Productores Asociados y No Asociados Según la Escala de Leikert, Coto Brus, Costa Rica, 1998**

yectos las autoridades del estado introdujeron *Eucalyptus digulta* en la zona. Esto fue un fracaso para los productores, quienes perdieron dinero y tiempo, ya que la especie no se adaptó a la condiciones agroecológicas de la zona. Este fracaso originó que muchos productores perdieran el interés hacia los sistemas agroforestales.

### Discusión

Los datos obtenidos de éste estudio son muy similares a otros que se han realizado en Costa Rica y otras partes. Shriar (1996), por ejemplo, estudió el nivel de participación de agricultores en programas de refores-

tación en Coto Brus. Este investigador encontró que los agricultores con fincas relativamente grandes tenían más probabilidad de participar en estos programas. Según Netting (1993) y Schelhas (1994, citado en Shriar 1996), en zonas de fronteras como la Zona Atlántica de Costa Rica; la intensificación agrícola comúnmente exige incentivos, tales como desarrollo de mercado, asistencia técnica e infraestructuras.

Los resultados apoyan la hipótesis de que los productores asociados tendrían una actitud y expectativa hacia los proyectos agroforestales más positiva que los productores no asociados. En el presente estudio, aunque los productores no asociados tenían respuestas a la escalas de la diferencia semántica y de Leikert más bajas que los productores asociados, todavía presentan una tendencia positiva hacia el futuro de adoptar los sistemas agroforestales como una alternativa para sus fincas. Las expectativas para ambos grupos de productores, medidas con la escala de Leikert, fueron más bajas que las respuestas a la escala de la diferencia semántica, tanto en cuanto a su totalidad como en cuanto a las tres temas específicos relacionados con la agroforestería. Esto indica que sus expectativas no son tan positivas como sus actitudes. El valor para la rentabilidad de los sistemas forestales fue el menor para ambos grupos de productores. Esto puede deberse a que los incentivos que le suministra el estado desde hace un año no lo reciben y los proyectos que están en la comunidad se

han retrasado. Lo anterior provoca que muchos productores estén perdiendo el interés en los proyectos, aún sabiendo que son importantes para mejorar sus ingresos y mejorar el medio ambiente de la zona. En términos económicos los proyectos agroforestales podrían estar en desventajas ante otras alternativas de explotación a corto plazo. Sin embargo, si se ven como parte de un esquema integrado regional de desarrollo que incluye además otros valores cualitativos, es posible demostrar que el impacto sería mayor a largo plazo (Barzetti, 1993). Este resultado parece indicar que servicios de extensión deben de ser fortalecidos para que la comunidad se vuelva más consciente de los

propósitos de los proyectos, incluyendo sus dificultades (Montagnini, 1993). Según manifestaron los líderes comunitarios, no se realizó un estudio de zonificación y no se consultó la comunidad al inicio del proyecto. Esto pudo haber influido en un bajo interés y desmotivación para implementar las prácticas por parte de muchos productores.

Otra limitante para el desarrollo de sistemas agroforestales en la comunidad que los líderes manifestaron fue que la tenencia de la tierra está en mano de productores pecuarios que no son nativos de la comunidad. Ellos ocupan más del 50% de las tierras existentes. Además, los líderes comunitarios manifestaron que los bosques originales eran devastados para la siembra de cultivos de ciclos cortos que no brindaban ningún beneficio a la comunidad. Ellos señalaron que los sistemas agroforestales son las que más han contribuido a disminuir los efectos de la deforestación. Los sistemas agroforestales restablecen la cubierta de árboles en las tierras taladas. Sin embargo, estos sistemas no sustituyen los bosques, pues estos suelen ser más eficaces para mantener las funciones ambientales, para conservar la diversidad biológica y para proporcionar una fuente de ingresos más estable (Barzetti, 1993).

### Conclusiones

El desarrollo de muchas poblaciones rurales depende de las alternativas que implementen sus habitantes. La comunidad estudiada se vislumbra con un desarrollo basado en los sistemas agroforestales, ya que se ha convertido en la actividad agrícola más importante para la mayoría de los habitantes. Los sistemas agroforestales asociativos son una forma viable para que los pequeños y medianos productores puedan adquirir recursos económicos, concientización e interés por los recursos naturales. En este estudio la mayoría de la comunidad manifestó que los sistemas agroforestales tienden a contribuir con un aumento en los ingresos económicos de las familias, mejorar el medio ambiente y contribuye con la preservación de los recursos naturales. Los logros conseguidos se deben principalmente a la unidad y el esfuerzo comunitario, de trabajar en asociación lo que ha sido un ejemplo en el Cantón de Coto Brus digno de ser imitado por otras comunidades rurales.

### Literatura Citada

Barzetti, V. 1993. *Parques y Progreso. Áreas Prote-*

*gidas y Desarrollo Económico en América Latina y el Caribe.* Pág. 2-4.

Current, D. 1997. ¿Los Sistemas Agroforestales Generan Beneficios para las Comunidades Rurales? *Revista Agroforestería en las Américas* #16, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica. Pág. 8-9.

Junta Nacional Forestal Campesina. 1997. *Diagnóstico Rural Participativo con Enfoque de Género en la Comunidad de Sabanillas. Análisis de Género y Desarrollo Forestal.* Ministerio de Agricultura y Ganadería, San José, Costa Rica.

Montagnini, F. 1992. *Sistemas Agroforestales. Principios y Aplicaciones en los Trópicos.* Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.

Morrison, S. 1991. *Plan de Reforestación de la Asociación de Desarrollo de Sabanillas.* Cuerpo de Paz de los EE.UU, San José, Costa Rica.

Okie, A. 1994. La Participación Comunitaria en Dos Comités de Crédito del Proyecto de Palmito, CARE-FUNDECA: Estudio de género. En *Organización para Estudios Tropicales, Participación Comunal para el Desarrollo Sustentable: Alternativas Metodológicas.* Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica. 186 pp.

Sepúlveda, R. R. y R.R. Ramírez. 1996. *Economía y Desarrollo Sostenible.* Ministerio de Educación Pública, San José, Costa Rica. Pág. 34.

Shriar, A.J. 1996. Perspectivas de los Agricultores de Coto Brus sobre la Intensificación del Sistema de Frijol Tapado con Árboles en los Callejones. En M.E. Swisher y J.M. Mora (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 96-7.* Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.

Somarriba, E. 1990. ¿Que es la Agroforestería? El Chasquí, Costa Rica. Pág. 5-13 en H.W. Fassbender (ed.), *Modelos Edafológicos de Sistemas Agroforestales,* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

## Anexo

### Pares de Palabras Utilizadas en la Escala de la Diferencia Semántica

Agradable	Desagradable
Dañino	Benéfico
Bueno	Malo
Odio	Amor
Arisco	Cariñoso
Necesario	Innecesario
Cruel	Amable
Oscuro	Claro
Lindo	Feo
Antipático	Simpático
Positivo	Negativo
Debil	Fuerte
Tonto	Sabio
Verdad	Mentira

### Información Solicitada en la Entrevista Semi-Estructurada

Nombre  
Cargo  
Institución

¿Cómo responde la comunidad de Sabanillas a los sistemas agroforestales?  
¿Cree ud. que es rentable la actividad agroforestal?  
¿Qué usos anteriores tenían las tierras de Sabanillas  
¿Ha contribuido la agroforestería con la preservación de los recursos naturales?  
¿Cuál ha sido el principal obstáculo para implementar los sistemas agroforestales?

### Frases Utilizadas en la Escala de Leikert

Los productores organizados ganan mas dinero en agroforesteria.  
La agroforesteria beneficia a toda la comunidad.  
Los arboles son un estorbo para el desarrollo de la agricultura.  
Las asociaciones de productores son un trillo.  
Los bosques aumentan la degradacion del suelo.  
Los proyectos agroforestales nunca traen cambios positivos a la comunidad.  
La finca tiene mas valor cuando tiene arboles sembrado.  
Individualmente se obtiene mas dinero en agroforesteria.  
Con la agroforesteria solo se benefician unas cuantas personas.  
Es beneficioso a la comunidad la asociacion.  
Los bosques han disminuido la perdida de suelo.  
La comunidad avanza con los proyectos agroforestales.  
Los grupos organizados nunca han hecho nada positivo.  
La agroforesteria ha mejorado el ambiente en la zona.  
Los trabajos comunitarios siempre son positivos.  
La situacion ambiental se ha empeorado con la siembra de arboles.

# Nodulación y Colonización en las Especies Agroforestales de *Glyricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus*, *Inga edulis* y *Erythrina poeppigiana* en Coto Brus, Costa Rica

Nadiejda Barbera C.

## Resumen

Las micorrizas constituyen una interacción planta-microbio en el suelo de gran significancia ecológica. El propósito de este estudio fue determinar si existe una relación directa entre la proporción de nódulos y micorrizas de las raíces de cuatro especies de árboles. En la Finca Loma Linda seleccioné una parcela establecida con cada una de las especies a evaluar, una de *Glyricidia sepium*, una de *Calliandra calothyrsus*, una de *Inga edulis* y una de *Erythrina poeppigiana*. La relación entre la proporción de nódulos, micorrizas y raíces presentó una correlación positiva. *G. sepium* presentó la mayor tasa de infección por micorrizas y *C. calothyrsus* presentó la mayor tasa de infección por nódulos y *E. poeppigiana* la menor. No se pudo comparar los resultados estadísticamente por falta de replicas.

Palabras Claves: micorriza, agroforestería, leguminosas, raíz, nitrógeno, fosforo, reciclaje de nutrientes

Apoyo Técnico: Walter Marín, Miki Swisher, Juan C. Rodríguez

---

---

## Introducción

Muchas especies vegetales establecen asociaciones simbióticas con micorrizas, las cuales ocupan la parte distal de la raíz de la planta involucrada en la absorción de nutrientes del suelo (Anderson e Ingram, 1996). La extensión vertical y horizontal de sistema radicular, sobrevivencia y potencial productivo de especies arbóreas dependen de la intensidad con la cual el sistema radicular es capaz de ocupar un volumen de suelo. Así, un sistema radicular profusamente ramificado tiene una ventaja definida sobre un sistema de raíces esparcidas y finas. El área relativamente pequeña de absorción en sistemas radiculares de pobres ramificaciones puede ser mayormente alargado por la presencia de micorrizas (Pfleger, s.f.).

La importancia de las leguminosas fijadoras de nitrógeno ha sido reconocida por mucho tiempo tanto en el marco de la dinámica y ciclaje de nutrientes en ecosistemas como de su introducción en agroecosistemas, donde son una alternativa para la disminución en el uso de fertilizantes nitrogenados (Bethlenfalvay, s.f.). Las leguminosas han recibido atención en los sistemas de cultivos con árboles en callejón, donde estos son dados para utilizar su mantillo como una cobertura rica en nitrógeno (Escobar et al., 1994).

Algunas de las especies agroforestales de importancia para los sistemas tradicionales como el frijol tapado, el cual utiliza un sistema cerrado de ciclaje de nutrientes y además están bajo estudio en la Finca Loma Linda son *Glyricidia sepium*, *Calliandra calothyrsus*, *Inga edulis* y *Erythrina poeppigiana*. Dichas especies representan una oportunidad para estudiar el comportamiento de las plantas en el proceso de reciclaje de nutrientes, un proceso esencial para la estabilidad del sistema. Tradicionalmente, el manejo de nutrientes se basa en el uso de recursos que existen dentro del agroecosistema (Mountjoy y Gliessman, 1988). Las asociaciones entre los organismos microbianos y las plantas permiten un reciclaje eficiente de nutrientes (Escobar et al., 1994). Bethlenfalvay (s.f.) señala que existe una relación tripartita entre la planta, micorrizas arbovasculares y bacterias fijadoras de nitrógeno basada en procesos fisiológicos no totalmente entendidos. Killham (1994) menciona ventajas tanto para la planta como para los microbios (Tabla 1).

Las micorrizas arbovasculares aumentan la capacidad de las plantas para obtener fósforo, principalmente para incrementar el volumen de suelo explorado por las plantas y así mejorar el acceso a nutrientes. La ventaja principal de la planta es que los iones de fosfato, los cuales se difunden lentamente en el suelo y son fácil-

Ventajas de la Planta	Ventajas de la Bacteria	Ventajas de la Micorriza
Fija nitrógeno de la atmósfera	Un hábitat libre de competencia	Hábitat libre de competencia - algunas veces sólo hábitat para desarrollarse
Aumenta la absorción de nutrientes	Estado suplementario de fotosintatos de carbono	Estado suplementario de fotosintatos de carbono
Acceso de formas orgánicas de ciertos nutrientes (ejemplo, nitrógeno)		
Incrementa el tamaño de la raíz y su longevidad		
Protección contra patógenos		
Mejora las relaciones de agua		

Tabla 1. Algunas de las Principales Ventajas de Asociaciones de Plantas, Bacterias Fijadoras de Nitrógeno y Micorrizas

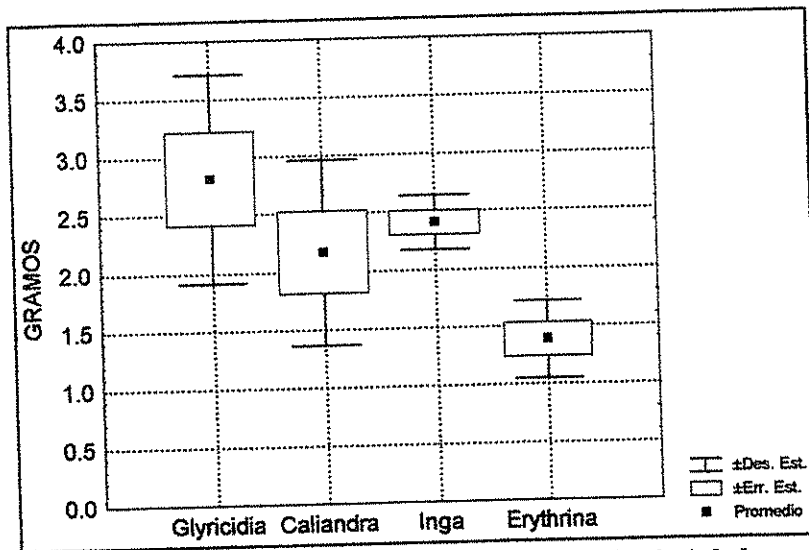


Figura 1. Peso Seco de Raíces para las Cuatro Especies de Árboles Estudiadas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

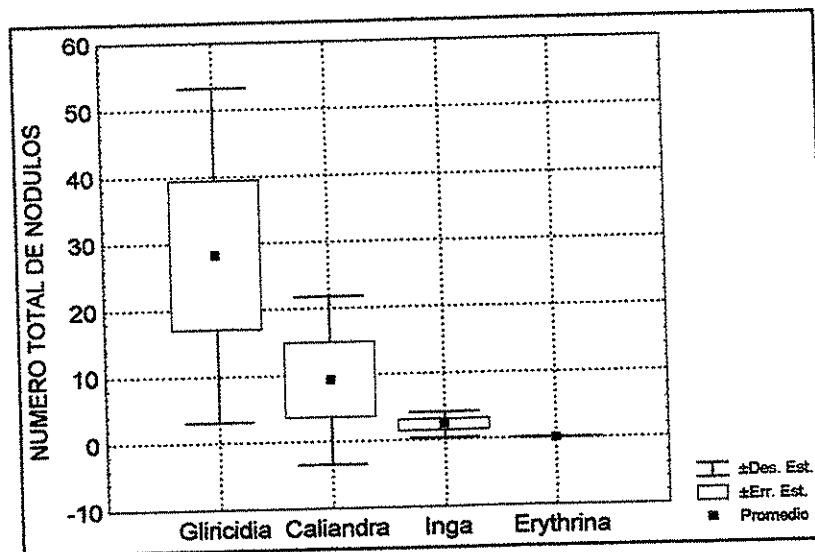


Figura 2. Número Total de Nódulos para las Cuatro Especies de Árboles Estudiadas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

mente inmovilizados por absorción con óxidos de minerales, pueden ser capturado por los hongos, haciéndolos disponibles a la planta (Anderson e Ingram, 1996). De esta manera, el hongo penetra las células vivas de la planta y sus hifas al mismo tiempo ocupan la masa de suelo, estableciendo un contacto íntimo con los elementos del suelo y facilitando el transporte de elementos desde éste. Asimismo, se facilita el transporte de elementos esenciales como el fósforo (micorrizas) y nitrógeno (bacterias). Estos microorganismos forman asociaciones simbióticas entre las raíces de las plantas y ellos. Estas asociaciones se caracterizan por el movimiento bidireccional de nutrientes donde los flujos de carbono del hongo y los nutrientes inorgánicos son movilizados hacia la planta. Además proveen un enlace crítico entre la raíz de la planta y el suelo (Sylvia, 1990). No se sabe si la contribución del nitrógeno depende de las propiedades simbióticas, tales como nódulación efectiva e infección micorrizica (Margaret, 1982). Este mismo autor señala que cuando las plántulas de plantas hospederas comienzan a producir hojas excretan una sustancia que atrae a las bacterias fijadoras de nitrógeno. A su vez, las bacterias secretan una hormona, la cual les permite penetrar a través de los pelos radicales y extenderse dentro de la raíz, donde se multiplican y se forman nódulos. Es importante notar que la planta solo

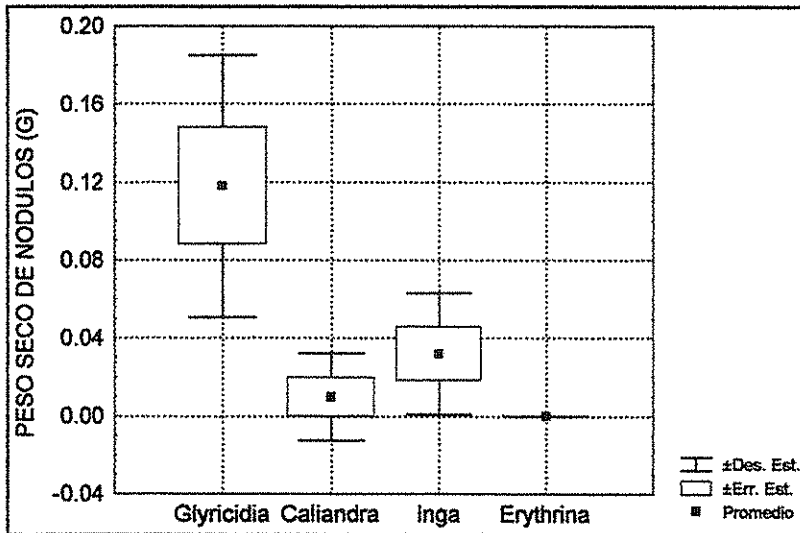


Figura 3. Peso Seco de Nódulos para las Cuatro Especies de Arboles Estudiadas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

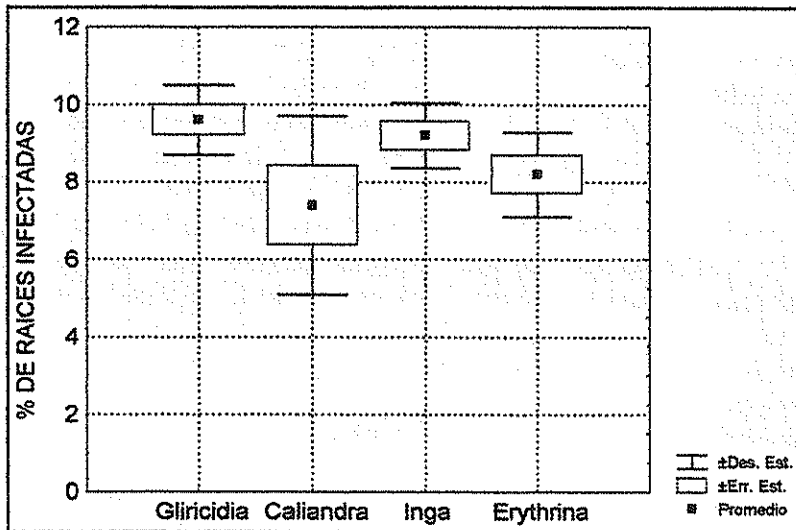


Figura 4. Porcentaje de Raíces Infectadas por Micorrizas para las Cuatro Especies de Arboles Estudiadas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

secretará el producto de atracción si el suelo es deficiente en nitrógeno. Para este estudio me planteé la siguiente hipótesis: existe una proporción directa entre la proporción de nódulos y micorrizas de las raíces de las diferentes especies que favorecen la disponibilidad de nutrientes a cultivos combinados con ellos como el frijol tapado.

#### Metodología

Realicé el estudio en la Finca Loma Linda en el cantón de Coto Brus, Puntarenas, Costa Rica. Seleccioné cuatro

parcelas de cinco por once metros. Estas estaban conformadas por tres hileras de árboles, con diez árboles por línea originalmente sembrados a 0.5 m entre plantas y tres m entre hileras (algunos marchitos con los años). Extraje muestras del surco central tomando cuatro submuestras de suelo a 25 cm desde el tallo de la planta en direcciones norte, sur, este y oeste en un área de 10 x 10 cm y 25 cm de profundidad (siguiendo la raíz principal si estaba presente). En el laboratorio determiné el número de nódulos de cada submuestra. Posteriormente para determinar la biomasa pesé las muestras húmedas de nódulos y raíces y las sequé en la estufa durante doce horas a 105 °C y luego las pesé nuevamente. El conteo de micorrizas lo realicé según la técnica modificada de clareo y tinción con soluciones de 1.8 M KOH, 1% HCl, 1% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y 50% NaOCl para el clareo y trypan azul en solución de glicerina, ácido láctico y agua para la tinción (Sylvia, 1994). Hice una correlación para analizar los datos.

#### Resultados

*G. sepium* tuvo el mayor peso seco de raíces y *E. poeppigiana* el menor (Figura 1). Este mismo patrón se presentó para el número total de nódulos (Figura 2) y el peso seco de los nódulos (Figura 3). En el caso del porcentaje de raíces infectadas por micorrizas, la misma especie, *G. sepium*, presentó la mayor tasa de infección (Figura 4). Sin embargo, no fue *E. poeppigiana* sino *C. calothyrsus* que presentó la menor tasa de infección.

Hubo algunas relaciones significativas ( $p < 0.05$ ) entre factores. Tomando en cuenta todas las especies, la coeficiente de correlación fue significativa para la relación entre el número de nódulos y el peso seco de raíces, el peso seco de nódulos y el peso seco de raíces y el número de nódulos y el porcentaje de raíces infectadas por micorrizas (Tabla 2). Solamente la especie *C. calothyrsus* presentó relaciones estadís-

Factores	Especie				
	Todas	<i>G. sepium</i>	<i>C. calothyrsus</i>	<i>I. edulis</i>	<i>E. poeppigiana</i>
No. de Nódulos, Peso Seco de Raíces	0.55 *	-0.14	0.98 *	-0.37	0.00
Peso Seco de Nódulos, Peso Seco de Raíces	0.49 *	-0.24	0.98 *	0.86	0.00
% de Raíces Infectadas por Micorrizas, Peso Seco de Raíces	0.26	-0.69	0.49	-0.25	-0.43
No. de Nódulos, % de Raíces Infectadas por Micorrizas	0.40	0.27	0.62	0.45	0.00
Peso Seco de Nódulos, % de Raíces Infectadas por Micorrizas	0.45 *	0.40	0.39	-0.02	0.00

\* Significativa,  $p < 0.05$

Tabla 2. Coeficientes de Correlación ( $r^2$ ) entre Número de Nódulos, Peso Seco de Nódulos, Porcentaje de Raíces Infectadas por Micorrizas y Peso Seco de Raíces para las Cuatro Especies de Árboles Estudiadas, Coto Brus, Costa Rica, 1998

ticamente significativas ( $p < 0.05$ ). La relación entre el número de nódulos y el peso seco de raíces y aquella entre el peso seco de nódulos y el peso seco de raíces fueron significativas (Tabla 2).

### Discusión

Las relaciones entre número y peso seco de nódulos y peso seco de raíces indican que la presencia de bacterias fijadoras de nitrógeno puede ser un factor en el desarrollo de biomasa de raíces. Sin embargo, la correlación no fue muy alta ( $r^2 = 0.55$  y  $0.49$ , respectivamente), indicando que la relación no es muy pronunciada. Además, la especie con el mayor número de nódulos, el mayor peso seco de nódulos y el mayor peso seco de raíces, *G. sepium*, no presentó una relación significativa entre estos factores, indicando que la relación no es directa. Tal vez más sorprendente, la relación entre número de nódulos y peso seco de nódulos y peso seco de raíces fue negativa para esta especie. Al contrario, *C. calothyrsus*, la especie caracterizada por el peso seco de raíces segundo más alto, presentó una relación entre número y peso seco de nódulo y peso seco de raíces altamente significativas ( $r^2 = 0.98$  en los dos casos), indicando una relación muy directa entre estos factores para esta especie. Tal vez el efecto de los nódulos es más pronunciado en esta especie por razón del desarrollo generalmente inferior a *G. sepium*, sino todavía mayor que para las otras dos especies.

También hubo una relación significativa entre el peso seco de nódulos y la tasa de infección por micorrizas para las especies en total, aunque esta relación no fue significativa para ninguna especie individual. Estos resultados indican que es posible que las micorrizas y las bacterias fijadoras de nitrógeno están beneficiándose, cada una facilitando el desarrollo de la otra. Sin embargo, la hipótesis de una relación benéfica tripartita se rechaza porque no hay ninguna relación significativa entre infección por micorrizas y peso seco de raíces.

### Conclusión

El suelo no es sólo un instrumento para la producción de cultivos, sino un medio complejo y frágil viviente que debe ser protegido para asegurar la productividad por largo tiempo. En muchos sistemas agrícolas, el contenido de materia orgánica disminuye con el tiempo por la degradación y erosión del suelo. Esto nos impulsa a pensar que las micorrizas arbovasculares pueden jugar un mejor papel en la productividad vegetal sustentada en todos los sectores de la agricultura. Aunque no se pudo llegar a conclusiones finales en este estudio, los resultados señalan la importancia de estudios futuros para mejor entender las relaciones complejas entre planta, micorriza y bacteria.

### Literatura Citada

Anderson, J.M. e Ingram, J.S. 1996. *Tropical Soil*



- Biology and Fertility: A Handbook of Methods*. 2da Edición. CAB International, London, UK. Pp. 121-129.
- Bethlenfalvay, G.J. y R.G. Linderman. s.f. *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. [www.chesco.com/~treeman/mycorr2.html](http://www.chesco.com/~treeman/mycorr2.html)
- Escobar, M, C. Ramírez y D. Kass. 1994. Nitrógeno en un Cultivo de Callejones de Poró y Madero Negro con Frijol Común. Pág. 132-154 en M. Smith, G. Abawi y S. Kearl (eds.), *Los Sistemas de Siembra con Cobertura*. Centro Agronómico Tropical y Enseñanza, Turrialba, Costa Rica.
- Huntley, E. 1997. Determinación de la Relación entre Hongos Micorrízicos Arbusco-Vesiculares y Bacterias Fijadoras de Nitrógeno en el Sistema de Frijol Tapado y Sus Alternativas. Pág. 136-147 en M. Swisher, J.M. Mora y J.C. Rodríguez (eds.), *Memorias del Curso de Agroecología 97-7*, Organización para Estudios Tropicales, San José, Costa Rica.
- Killham, K. 1994. *Soil Ecology*. Cambridge University Press, London, UK. Pág. 121-127.
- Margaret, L. 1982. *Ecología de Plantas Tropicales*. Editorial Noriega Limusa, Distrito Federal, México. Pág. 143-160.
- Mountjoy, D.C. y S.R. Gliessman. 1988. Traditional Management of Hillside Agroecosystems in Tlaxcala, Mexico. An Ecologically Based Maintenance System. *American Journal of Alternative Agriculture* 3(1):3-10.
- Pfleger, F.I. y R.G. Linderman. s.f. *General Summary from Mycorrhizae and Plant Health*. [www.chesco.com/~treeman/mycorr2.html](http://www.chesco.com/~treeman/mycorr2.html)



## Indice

**Agroforestería**  
25-31, 197-202

**Agua**  
43-49, 187-196

**Ave**  
35-40, 61-68, 125-132

**Bioindicador**  
43-49, 187-196

**Bosque**  
35-40, 61-68, 91-100, 101-105, 125-132, 157-164

**Cacao**  
51-58, 71-78,

**Café**  
1-6, 81-90, 125-132, 141-150

**Calidad de Agua**  
43-49, 187-196

**Cobertura**  
91-100, 133-139, 141-150, 166-176

**Comunidad**  
51-58, 61-68, 71-78, 81-90, 115-124, 177-186, 197-202

**Conocimiento de Recursos Naturales**  
61-68, 91-100, 107-114, 115-124, 141-150, 177-186

**Conservación**  
51-58, 61-68, 71-78, 91-100, 115-124, 157-164, 177-186, 197-202

**Cuenca**  
43-49, 81-90, 187-196

**Deforestación**  
51-58, 61-68, 71-78, 91-100, 101-105, 125-132, 141-150, 157-164, 197-202

**Diversidad Biológica**  
1-6, 9-14, 19-23, 35-40, 43-49, 71-78, 115-124, 125-132, 166-176, 177-186, 187-196

**Ecofisiología**  
25-31, 151-156, 157-164

**Ecología de Paisaje**  
81-90, 101-105, 125-132, 177-186

**Ecología de Suelos**  
1-6, 9-14, 19-23, 133-139, 157-164, 203-206

**Economía**  
1-6, 9-14, 19-23, 51-58, 71-78, 81-90, 197-202

**Energía**  
1-6, 9-14, 19-23

**Erosión**  
51-58, 91-100, 141-150, 187-196

**Fauna del Suelo**  
1-6, 9-14, 19-23, 133-139,

**Fotosíntesis**  
25-31, 101-105, 151-156

**Frutales**  
51-58, 81-90

**Ganadería**  
19-23, 51-58, 71-78, 81-90, 91-100, 101-105, 133-139, 157-164

**Género**  
61-68, 71-78, 107-114, 115-124

**Hábitat**  
35-40, 101-105, 125-132, 187-196

**Herbivoría**  
151-156

**Historia**  
51-58, 61-68, 71-78, 81-90, 101-105, 107-114, 141-150, 177-186, 197-202

**Hortaliza**  
9-14, 19-23, 51-58, 81-90, 151-156

- Insecto**  
1-6, 9-14, 19-23, 125-132, 133-139, 151-156
- Luz**  
25-31, 101-105, 151-156
- Macroinvertebrado**  
1-6, 9-14, 19-23, 43-49, 133-139, 187-196
- Mantillo**  
25-31, 133-139
- Micorriza**  
157-164, 203-206
- Monocultivo**  
1-6, 9-14, 25-31, 51-58, 81-90, 125-132, 141-150
- Murciélago**  
35-40, 115-124
- Organización Social**  
71-78, 177-186, 197-202
- Parque Nacional**  
51-58, 61-68, 71-78
- Percepción**  
61-68, 71-78, 91-100, 107-114, 115-124, 141-150, 177-186, 197-202
- Policultivo**  
1-6, 9-14, 25-31, 51-58, 81-90, 177-186, 197-202, 203-206
- Raíz**  
1-6, 9-14, 19-25, 25-31, 133-139, 203-206
- Regeneración**  
101-105, 157-164
- Respiración**  
1-6, 9-14, 19-25, 133-139,
- Transpiración**  
25-31, 151-156
- Suelo**  
1-6, 51-58, 91-100, 133-139, 141-150, 157-164, 203-206
- Uso de la Tierra**  
43-49, 71-78, 81-90, 91-100, 101-105, 125-132, 141-150, 157-164, 177-186, 197-202
- Vida Silvestre**  
35-40, 61-68, 107-114, 115-124, 125-132

