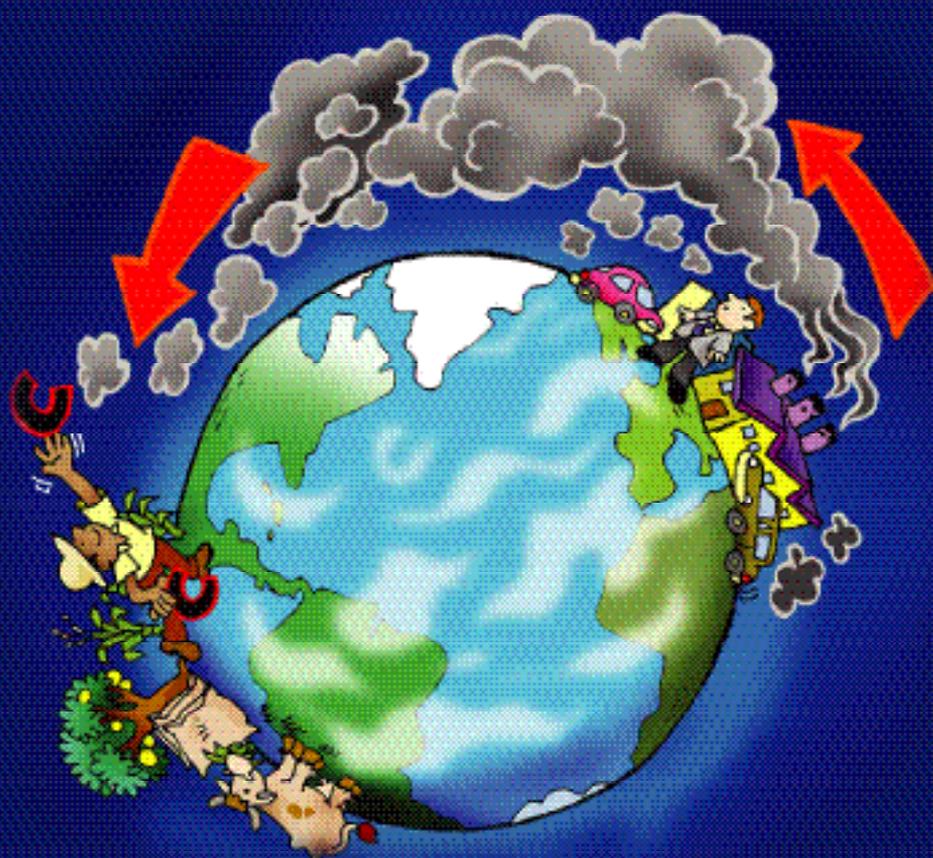


# Aportes

Nº 132 • 2006 • €700



## Agricultura Orgánica y Gases de Efecto Invernadero

# Aportes

EDICIÓN

Nº 132 • junio 2006

## EDITOR GENERAL

Wilberth Jiménez M.

## COORDINADOR EDITORIAL

Ana Orozco

## CONSEJO EDITORIAL

Carlos Solano F.  
Gustavo Blanco B.  
Manuel Amador B.  
Melvin Jiménez M.  
Tomás Saraví

## RESPONSABLE DE EDICIÓN

Jonathan Castro y Manuel Amador

## EDICIÓN GRÁFICA

José Acedo

## FOTOGRAFÍAS E ILUSTRACIONES

Equipo de Investigación CEDECO,  
Oliman Bolaños, Los Autores

## LEVANTADO DE TEXTOS

Carmen Durán

## PORTADA

Editores gráficos

## ADMINISTRACIÓN

Isaías Bermúdez

La Revista Aportes es un espacio para el análisis, información y debate del acontecer nacional e internacional; no acepta necesariamente como suyas las ideas expresadas en los artículos firmados.

La Revista Aportes es un proyecto de CEDECO

Editorial Aportes para la Educación, S.A.  
**Dirección** : de los Tribunales de Justicia en  
Guadalupe, 900 N y 25 O, frente a las  
Piscinas Montelimar  
**Apartado** 103-1009, FECOSA  
San José, Costa Rica  
**Telefax** 236-1694  
Teléfonos 236-1695 / 236-5198  
**Correo electrónico** : cedecosc@racsa.co.cr  
**Sitio Web** : www.cedeco.or.cr

# S U M A R I O

## 1 Presentación

Agricultura Orgánica, emisión de gases de efecto invernadero y fijación de carbono.

## 3 MANUEL AMADOR

La importancia de los sistemas agroforestales en la mitigación de los gases con efecto invernadero. La experiencia del Centro Ecológico en la región de Torres, al sur de Brasil.

## 6 ANDRÉ LUIZ R. GONÇALVES

La biodiversidad y la fijación de carbono son las preocupaciones de Maela

## 11 MANUEL AMADOR Y MARIO AHUMADA

El suelo es el primer factor para la sostenibilidad de los Agroecosistemas

## 13 RAFAEL MATA CHINCHILLA

Enfoques silvopastoriles para el manejo integrado de ecosistemas. Experiencias sobre la conservación de la biodiversidad, el sequestro del carbono y el bienestar social y económico en fincas ganaderas en Esparza, Costa Rica

## 18 MARIO CHACÓN, MUHAMMAD IBRAHIM, DIEGO TOBAR, JOSÉ GOBBI, FRANCISCO CASASOLA Y CRISTÓBAL VILLANUEVA

Los microorganismos del suelo son importantes en la Agricultura Ecológica

## 26 LIDIETH URIBE LORÍO

CEDECO crea nueva propuesta que evalúa emisión de gases de efecto invernadero y fijación de carbono en fincas orgánicas de Costa Rica

## 29 JONATHAN CASTRO

Gases de efecto invernadero y la fijación de carbono en fincas orgánicas en Costa Rica. Resultados preliminares

## 32 JONATHAN CASTRO

Fijación, emisión y balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles de las zonas altas de Costa Rica

## 37 VESALIO MORA C.

Importancia de la cobertura arbórea para la conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas. Experiencias del proyecto Enfoques silvopastoriles en Esparza, Costa Rica

## 38 DIEGO TOBAR, MUHAMMAD IBRAHIM, MARIO CHACÓN, CRISTÓBAL VILLANUEVA Y FRANCISCO CASASOLA

# Presentación

La propuesta de CEDECO de ser una organización que -desde la sociedad civil- trabajara en la construcción de un perfil de desarrollo rural “alternativo” que, además del aspecto económico, sirviera para empoderar a las mujeres y hombres -y las familias- en los espacios verdes, orgánicos de sus fincas resultó visionaria.

De acuerdo a su misión se ha desarrollado por más de 20 años una labor pionera en diversos campos; trabajo que en el año 2002 le valió el premio nacional “Aportes al Mejoramiento de la Calidad de Vida”. Y, en ese caminar, desde hace dos años se impulsó un proyecto que llevó a productores orgánicos con los que se había trabajado y a sus organizaciones a una propuesta de inserción global: la generación de alternativas promotoras de cambios en la política ambiental, especialmente en lo referente al “reconocimiento de servicios ambientales”.

Y, en este sentido, una novedad: el plan de CEDECO difiere del que la comunidad internacional había manejado hasta el momento: la construcción de una metodología integradora del tema de la Agricultura Orgánica y el de la tesis sobre el Calentamiento Global, logrando definir la probable contribución de las Fincas Orgánicas en la mitigación de los gases de efecto invernadero y la fijación de Carbono.

Diferenciándose de otros proyectos similares, en éste los agricultores tienen consciencia de su participación -y contribución- a un problema de serias repercusiones ambientales; tema que la propuesta CEDECO incluye en el reconocimiento de la interferencia y la responsabilidad humana en el equilibrio y sobrevivencia planetaria.

Bajo este marco, este número de Aportes recoge artículos, comentarios e información referida al Proyecto y la Investigación que CEDECO desarrolla. Algunos de los textos se han dejado con el formato de reporte de investigación, con el fin de responder a la necesidad de rigor científico al presentar resultados. Los demás, presentan el estilo característico de Aportes y de cualquier revista temática.

Manuel Amador y Jonathan Castro, funcionarios de CEDECO, hacen una presentación del Proyecto desde sus propias vivencias. Amador, coordinador del Proyecto de Gases y Agricultura Orgánica, explica los antecedentes del Proyecto, sus alcances en el aspecto humano y planetario y, al mismo tiempo, evalúa los alcances futuros bajo la

perspectiva de los datos definitivos que los resultados finales arrojen.

Y Amador, junto a Mario Ahumada de MAELA, plantean el tema de las prácticas agroecológicas de los productores que, contribuyendo a la estabilidad biológica de las fincas y terrenos, redundan en una menor dependencia de insumos externos y la producción de más y mejores alimentos.

Por su parte, Jonathan Castro además de evaluar el progreso del proyecto hasta la etapa actual, anuncia que -como iniciativa regional- se pretende apoyar dos procesos de investigación similares en Cuba y Brasil. En Cuba, sostiene Castro, se incluirán sistemas de producción orgánica integrales, llamados “Faros Agroecológicos” y sistemas de producción bovina orgánica. Y en Brasil, serán sistemas de producción de banano orgánico, arroz anegado y sistemas integrales.

Desde Brasil, André Luiz R. Gonçalves, presenta la experiencia del Centro Ecológico de la Región de Torres, sobre la importancia de los Sistemas Agroforestales en la mitigación de los gases de efecto invernadero y el asesoramiento a productores orgánicos de esa nación en el rescate de la biodiversidad agrícola.

Desde Costa Rica, el Msc Rafael Mata Chinchilla, escribe un artículo de su especialidad: “El suelo es el primer factor para la sostenibilidad de los agroecosistemas”, en el que muestra los resultados de los análisis del terreno en cinco localidades costarricenses Zarcero, San Ramón, Acosta-Aserrí y Guápiles.

Otro artículo relacionado con las características del suelo es el de Lidieth Uribe quien enfatiza la importancia de los microorganismos en los suelos pues, desde su función, garantizan la salud y conservación, factores importantísimos para el desarrollo de una excelente Agricultura Orgánica.

Destacan dos artículos firmados por Diego Tobar, Muhammad Ibrahim, Mario Chacón, Cristóbal Villanueva, Francisco Casasola y José Gobi, investigadores del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE) quienes escriben del proyecto “Enfoques Silvopastoriles” que se desarrolla en Esparza, Costa Rica y, dentro de esa experiencia, sobre la importancia de la cobertura arbórea para conservar la biodiversidad y el secuestro de Carbono y el bienestar socio-económico en fincas ganaderas.

Finalmente, este tema es apoyado por un artículo de Vesalio Mora sobre la Fijación, emisión y balance de gases de efecto invernadero en los sistemas silvopastoriles.

# AGRICULTURA ORGÁNICA, emisión de gases efecto invernadero y fijación de CARBONO

**Manuel Amador**

CEDECO es una organización que no se especializa en la investigación. A pesar de esto, se busca dar protagonismo a los pequeños productores orgánicos y organizaciones campesinas en temas de pertinencia global. Mediante la investigación participativa y fuerte coordinación con entidades públicas y privadas de investigación, se logra involucrar a los actores rurales en la generación de argumentos para motivar cambios en la política ambiental respecto al reconocimiento de servicios ambientales.



## Investigación Institucional

El proyecto se desarrolla en un contexto de escasa información sobre el tema, de participación en procesos que demuestren mayor eficiencia ambiental de las fincas orgánicas y que además, valide conceptos de la Agroecología. La investigación genera conocimiento con fundamento científico para validar la producción orgánica como un medio de producción que mejora las condiciones de vida de las familias campesinas, ofrece productos sanos, mejora la calidad nutricional a la sociedad y genera beneficios ambientales locales, regionales y globales.

Con el apoyo de HIVOS, CEDECO inicia en el año 2003 con un enfoque diferente a la comunidad científica internacional, la construcción metodológica para integrar integra el tema de Agricultura Orgánica en asocio con el calentamiento global. Se trata de establecer entonces, cual es la contribución de las fincas orgánicas en la emisión de gases con efecto invernadero y la fijación de carbono.

Este proyecto parte de interés general retomado por HIVOS e IFOAM para validar la participación de las fincas orgánicas en la mitigación de gases de efecto invernadero y la fijación de carbono. Los primeros pasos se dieron en la ubicación de investigaciones previas de la agricultura orgánica en relación este tema, a fin de documentar y orientar el proceso que hasta ese momento eran muy escasas. El procedimiento empleado se basa en una metodología particular que valora las ventajas del manejo

sión de gases o fijación de carbono. Análisis de la biodiversidad y sus aportes ambientales, así la determinación de la capacidad de las fincas orgánicas para proveer alimentos sin químicos. Reforzamiento científico de conceptos manejados en la agricultura orgánica no validados agronómicamente.

Como se mencionó, la primera fase (2003 y 2004) logró conocer lo existente en información científica sobre el tema, ubicar las variables de trabajo, hacer mediciones directas e indirectas, validar conceptos de agricultura orgánica y desarrollar los primeras reuniones de incidencia para el reconocimiento de las fincas orgánicas, reducción de emisión de gases y fijación de carbono. Uno de los productos más importantes ha sido el modelo estadístico que permite explicar la influencia de variables sobre este comportamiento, que debe ser validado en los próximos dos años.

En la segunda etapa continuarán los ciclos de medición para sustentar las variables contenidas en el modelo antes expuesto. El modelo de análisis será revisado y enriquecido. Todavía existen algunas valoraciones de campo incompletas, propios de los ensayos biológicos, químicos y físicos, además de la biodiversidad en la superficie, recolección de información social y económica, flujos de energía en las fincas, así como completar los análisis de microbiología de suelos

De manera general, la ampliación del periodo de investigación permite validar el enfoque metodológico y los resultados en el contexto científico global. Esto es par-

ticularmente importante porque facilita la incidencia para el reconocimiento de las fincas orgánicas en el pago de servicios ambientales.

También se pueden citar una serie de aspectos “lobby” político relacionados con la creación de la imagen del proyecto, relación de la agricultura orgánica con la emisión de gases de efecto invernadero y la fijación de carbono. Esto es básico para la discusión futura en el reconocimiento de servicios ambientales. Dentro de este contexto de validación, se construye la opción de coordinar procesos de investigación con otros países, que permitirá la validación de los métodos, el modelo y la metodología en general.

### **Perspectivas futuras**

En realidad, estos dos primeros años han sido insuficientes para terminar los análisis que permitan sustentar la importancia de la agricultura orgánica respecto al calentamiento global. Falta un periodo mayor para completar la investigación, convencer a los políticos que es posible una nueva forma de agricultura que produce menos contaminación y fija más carbono. En tal sentido, se tienen que completar los análisis y sustentar las tendencias sobre el aporte de las fincas orgánicas. No hay duda que el modelo ha ayudado a clarificar nuestro aporte a la discusión científica, pero falta sustentar los resultados, compartir un poco más y validar la importancia de nuestro enfoque metodológico. A diferencia de otros proyectos de emisión de gases y fijación de carbono los

agricultores toman conciencia sobre su participación en un problema global, de repercusiones ambientales serias.

A raíz de la escasa información y referencias para enriquecer y seleccionar variables adecuadas se han contactado otras organizaciones en dos países más Brasil y Cuba, uno ubicado en el caribe y otro en la región sur del continente. Con ambas organizaciones, Centro Ecológico de Brasil y la Asociación Cubana de Técnicos Agrícolas y Forestales se pretende desarrollar procesos paralelos de investigación que incorporen otras actividades orgánicas, arroz banano y cítricos para el caso de Brasil y fincas orgánicas integrales y producción animal en Cuba, con el propósito de desarrollar un proceso de intercambio metodológico entre los tres procesos. El intercambio con enfoques de otros países latinoamericanos también contribuye a una mayor sustento de los resultados e incidencia sobre la importancia de la agricultura orgánica en este tema.

La base de la investigación realizada hasta el momento permite asegurar que hay posibilidad de comprobación del impacto de la agricultura orgánica en el calentamiento global, pero se requiere más tiempo para validar con mayor certeza esas variables, hacer recomendaciones, buscar reconocimiento e incorporar las fincas orgánicas al reconocimiento de servicios ambientales.

1 Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza, con sede en Turrialba, Costa Rica.

orgánico de las fincas y su influencia en el calentamiento global. Paralelo a los análisis directos e indirectos en campo, se conocen los proyectos que se desarrollan en Costa Rica.

CEDECO parte de un principio básico donde reconoce la interferencia humana en el equilibrio del planeta. Con base en esto y a través de la investigación trata de contribuir con una respuesta. Además, reconoce las responsabilidades en colectivo para afrontar la problemática del cambio climático. Trata, mediante la investigación, ubicar el rol de los productores orgánicos en un país con un manejo de los recursos naturales particular y donde existen antecedentes respecto al reconocimiento de los servicios ambientales.

### Algunos resultados de interés

La investigación ha examinado la lógica de manejo de finca de productores orgánicos en varias regiones de Costa Rica. Ha enfatizado la construcción de metodologías para cuantificar el aporte concreto en mitigación de gases invernadero. Como se mencionó, trata de demostrar mediante un modelo matemático la influencia de variables sociales, económicas, físicas, químicas y biológicas que en su conjunto explican la dinámica de la finca orgánica o en transición a la agricultura orgánica y su aporte a la mitigación de gases de invernadero.

En el modelo se han identificado variables que afectan directamente el comportamiento de la



emisión de gases y fijación de carbono en fincas orgánicas, generadas con base en la experiencia en el tema y la revisión de literatura. Con base en estas variables se logró generar un modelo matemático de análisis, que será el orientador de las variables analizadas en la segunda fase, con una revisión constante para determinar si es la forma más apropiada para orientar de la investigación. El modelo es uno de los resultados más importantes de esta primera fase, dado que significa la síntesis de las variables que pueden explicar esa capacidad de las fincas orgánicas para mitigar el calentamiento global. Los análisis de campo se han realizado con base en ecuaciones internacionales (I.P.C.C.) y métodos coordinados con el Centro de Investigaciones Agronómicas (CIA) de la Universidad de Costa Rica. Para el caso de los datos sociales y económicos se hace a través de encuestas de seguimiento procesadas en el modelo y comparadas con otras variables. A partir de la información de campo, la orientación metodológica de la comunidad

científica y el trabajo multidisciplinario del equipo de investigación se logran resultados concretos de emisión y fijación de gases de invernadero, la influencia de las prácticas agronómicas y las variables de índole social, económica que incluyen en la toma de decisión de un productor en manejar un sistema de forma orgánica.

En la búsqueda de procesos de investigación adecuados, requeridos para probar como las variables seleccionadas explican que las prácticas agropecuarias en la agricultura orgánica son más eficientes, se han contactado varios proyectos de investigación relacionados con el tema. Uno de ellos, el desarrollado por CATIE<sup>1</sup> (Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas) basado en el pago de servicios ambientales. Son proyectos que permiten comparar el enfoque metodológico del proyecto y establecer las diferencias hacia lo que se busca. No obstante, los documentos científicos enfocan la metodología sin incorporar una serie de variables que intervienen en el manejo de las fincas orgánicas.

La investigación tiene aportes novedosos respecto a algunas variables; ampliación del análisis de aspectos sociales y económicos que determinan la lógica de manejo de la finca y su influencia en la toma de decisiones de la familia para adoptar prácticas de agricultura orgánica. Nuevos métodos de campo que determinan la influencia de poblaciones de macro y micro organismos asociados a la materia orgánica del suelo en fincas orgánicas que se relacionan con procesos de emi-

# La importancia de los sistemas agroforestales en la mitigación de los gases con efecto invernadero

## La experiencia del centro ecológico en la región de Torres, Sur de Brasil

André Luiz R. Gonçalves \*

### Introducción

Una de las principales amenazas ambientales de la actualidad, consecuencia directa de lo que es genéricamente conocido como *efecto invernadero*, es el cambio climático. Según la revista *The Ecologist*<sup>1</sup>, en su edición especial sobre la crisis climática, las evidencias de que la temperatura de la Tierra sigue aumentando son irrefutables. El modelo agrícola industrial, basado en el uso de las tecnologías modernas, contribuye de manera significativa a la emisión de los gases con efecto invernadero. El consumo directo de combustibles fósiles en las operaciones agrícolas, el uso indirecto de energía, principalmente en forma de plaguicidas y abonos solubles, el cultivo de los suelos ocasionando la oxidación de la materia orgánica<sup>2</sup> y, cada vez más, las grandes distancias entre los productores de alimentos y los consumidores finales<sup>3</sup> son las formas más directas de emisión de

carbono asociadas a la agricultura. Entretanto, a pesar de la contribución de los sistemas agrícolas en el aumento de la temperatura global, ellos también pueden tener un papel destacado en la mitigación de los gases invernaderos y, especialmente, en el secuestro de carbono. Particularmente los modelos de agricultura conocidos como Sistemas Agroforestales (SAF) han sido señalados por su potencial de reducir las consecuencias negativas del efecto invernadero mediante la fijación del carbono. En la Región de Torres, provincia de Rio Grande do Sul, Brasil, diversos agricultores, asesorados por una organización de la sociedad civil, el Centro Ecológico, han transformado sus sistemas de producción de bananos por medio de la implantación de SAF. Estos sistemas han demostrado su capacidad de compatibilizar producción agrícola, rentabilidad y servicios ambientales. Específicamente, destacamos en este artículo

la capacidad de estos sistemas en la mitigación de los gases de efecto invernadero y sus ventajas comparativas como modelo de agricultura para la Región. Resaltamos también la posibilidad de que el trabajo desarrollado por estos agricultores sirva como fuente de inspiración<sup>4</sup> para otras regiones tropicales.

### Agricultura y Cambio Climático: Amenaza y Oportunidad

El efecto invernadero, ocasionado por la alta concentración de varios gases como el dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), el metano (CH<sub>4</sub>), el óxido de nitrógeno (N<sub>2</sub>O) y los genéricamente denominados clorofluorocarbonos (CFC) tiene como causa principal la quema de combustible fósil en los países industrializados. Entretanto, la intensificación agrícola, fundamentada en el modelo llamado moderno –utilización de insumos químicos (pesticidas y fertilizantes solubles), moto-

mecanización y semillas con alta respuesta a insumos externos, tanto en los países del Norte como del Sur—, cumple también un papel destacado en el cambio climático.

Directamente, los principales mecanismos en el manejo de los sistemas agrícolas que contribuyen para la emisión de carbono son: a) la utilización de combustible fósil en diversas actividades, tales como preparación del suelo, aplicación de abonos y plaguicidas, etc.; b) el uso de insumos químicos (plaguicidas y abonos químicos, que incorporan grandes cantidades de energía en su fabricación y transporte); c) la ganadería, que sigue en creciente expansión; d) el consumo de la materia orgánica del suelo, principalmente en el proceso de cultivo.

Indirectamente, la expansión de la frontera agrícola que presiona áreas originalmente boscosas, como viene ocurriendo en el Cerrado y en la Amazonía brasileña, y los sistemas alimentarios en que los productores están cada vez más lejos de los consumidores son las causas más frecuentes. En una investigación hecha en el Reino Unido, por ejemplo, Pretty *et al.* (2005) demostraron que el transporte de los productos agrícolas y alimentarios representa 28% del total de productos transportados en las carreteras, imponiendo un costo externo estimado en cerca de £2.35 mil millones/año<sup>5</sup>.

Por otro lado, los sistemas agrícolas, cuando son manejados adecuadamente, pueden constituirse en importantes fuentes de acumulación de carbono; compensando así las pérdidas inherentes en la

agricultura. Según Pretty y Ball (2001) hay básicamente tres mecanismos para la acumulación: a) por intermedio del depósito de la materia orgánica en el suelo; b) a través de la propia biomasa vegetal; c) cuando la biomasa vegetal es utilizada para fuente de energía, sustituyendo los combustibles fósiles. En el cuadro 1, adaptado de Pretty y Ball (2001), resumimos las opciones de manejo de los sistemas agrícolas con potencial para aumentar el secuestro de carbono y/o reducir las emisiones de gases con efecto invernadero.

Entre las opciones con particular potencial para aumentar el secuestro de carbono se destacan los sistemas agroforestales. Estos sistemas, que genéricamente pueden ser definidos como “el crecimiento o la retención deliberada de árboles

junto con cultivos y/o animales en la misma área para la obtención de múltiples productos ó beneficios” (Nair 1993)<sup>6</sup> son importantes en la mitigación de los gases de efecto invernadero en la medida que incorporan el elemento arbóreo, aumentando así la biomasa total producida, como también en el aumento de la materia orgánica del suelo. Además, los SAF pueden contribuir para disminuir la presión sobre los bosques y fragmentos forestales. Otros servicios ambientales como la protección y regeneración de la biodiversidad, la conservación del agua y la manutención del paisaje también son aspectos que justifican la promoción de estos sistemas.

En la Región de Torres, apoyados por el Centro Ecológico, diversas familias de agricultores han

**Cuadro 1: Opciones de manejo en la finca para reducir la emisión de carbono y aumentar la capacidad de secuestro**

Opciones para la reducción de la emisión de carbono y otros gases con efecto invernadero	Opciones para aumentar el secuestro de carbono
<ul style="list-style-type: none"> <li>– Conservar y reducir el uso de energía</li> <li>– Utilizar sistemas con pastos naturales para reducir la emisión de metano de la ganadería</li> <li>– Compostar el estiércol para la reducción del metano</li> <li>– Sustituir los combustibles fósiles por los biocombustibles</li> <li>– Reducir el uso de máquinas</li> <li>– Reducir la labranza para evitar la pérdida de materia orgánica</li> <li>– Reducir el uso de fertilizantes inorgánicos</li> <li>– Utilizar abonos poco solubles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Utilizar abonos verdes y cultivos de cobertura</li> <li>– Aplicar estiércol en el suelo</li> <li>– Mejorar los sistemas de pastoreo</li> <li>– Recuperar y proteger las áreas húmedas (manglares, pantanos, etc.)</li> <li>– Reforestar áreas agrícolas subutilizadas</li> <li>– Adoptar los sistemas agroforestales</li> <li>– Cultivar plantas con potencial de biocombustible</li> </ul>

adoptado esta forma de manejo de sus sistemas. Organizados también en pequeñas Asociaciones de Agricultores Ecológicos (AAE) y comercializando sus productos básicamente mediante lo que denominamos una red solidaria de circulación de productos, estos campesinos han podido proteger los recursos naturales y aumentar su renta sin comprometer la producción. Así, esta experiencia (y muchas otras semejantes) que todavía tiene un carácter de demostrativa, mucho más en virtud de la carencia de políticas de apoyo que propiamente por su viabilidad técnica, pueden tener un importante papel en la temática del cambio climático.

### **El trabajo del Centro Ecológico en el Sur de Brasil**

El Centro Ecológico ([www.centroecologico.org.br](http://www.centroecologico.org.br)) es una Organización No Gubernamental (ONG) que tiene como propósito el trabajo conjunto con pequeños agricultores para la implementación de sistemas agrícolas ecológicos. Desde 1985 trabaja en la promoción de la agroecología, la protección ambiental y la justicia social. Por medio diversas actividades participativas, el Centro asesora organizaciones de los campesinos en la producción, el procesamiento y la comercialización de productos ecológicos. Entre las diversas iniciativas se destaca la búsqueda, rescate y manejo de la biodiversidad agrícola y alimentaria; el estímulo a la organización de productores y consumidores, el desarrollo de mercados locales para los productos eco-

lógicos y el incentivo a la formulación de políticas públicas que fomenten la agricultura sustentable y la promoción de la soberanía alimentaria.

Las Asociaciones de Agricultores Ecológicos, que hoy son la base del trabajo del Centro, empezaron sus actividades en los años 80, como resultado concreto de los esfuerzos para la diseminación de prácticas ecológicas y la consolidación del mercado de productos orgánicos. Esos grupos, compuestos por familia de agricultores, orientan sus trabajos de acuerdo con los principios de la cooperación agrícola, la producción ecológica y la solidaridad en la comercialización. Actualmente, existen más de veinte grupos y asociaciones de agricultores que reciben asesoramiento sistemático del Centro; totalizan más de 400 familias de agricultores ecologistas. Además, cinco Cooperativas de consumidores de Productos Ecológicos están organizadas a partir del estímulo provocado por el Centro Ecológico.

En 1991 el Centro Ecológico empezó a trabajar en la Región de Torres, Litoral Norte de Rio Grande do Sul, provincia localizada en el extremo sur de Brasil. El sistema agrario regional es caracterizado por agricultores familiares, con un promedio de 8 hectáreas<sup>7</sup> por unidad de producción, y los cultivos principales son el banano, la caña de azúcar, la mandioca y, más recientemente, el arroz inundado. La comercialización de los productos agrícolas, en especial los bananos, tradicionalmente se realiza a través de los canales convencionales, los

intermediarios. En términos de organización, la Iglesia Católica tiene un papel preponderante, pues en todas las localidades rurales existe lo que se denomina a comunidad-iglesia.

El Bosque Atlántico Húmedo constituye el ecosistema original; no obstante, solamente cerca de 6% del área es cubierta por vegetación primaria. Las formas de cultivo convencional generan un evidente *impasse* ambiental: la utilización de insumos químicos, las formas de preparación del suelo y la presión sobre los fragmentos forestales para expansión de las áreas agrícolas son incompatibles con la conservación y regeneración de los últimos fragmentos forestales. Se suma a este contexto el creciente aumento de los costos de comercialización y un problema que es común a la realidad agraria en todo el mundo: la reducción de los precios pagados a los agricultores y el aumento del precio de los insumos. Así, para continuar en la actividad los agricultores son obligados a intensificar sus sistemas de producción, contribuyendo todavía más con la emisión de gases de efecto invernadero.

Se procuran medidas que busquen aumentar la cobertura vegetal, con el objetivo específico de mitigar los efectos negativos de los gases invernaderos; por lo tanto, necesitan obligatoriamente una revisión. En un contexto de agricultura familiar ubicada en regiones de bosque húmedo tropical, hay que buscar no solamente nuevos patrones de producción, sino también otras formas de organización y,

principalmente, de comercialización. O, como sugiere Pipo Lernoud, vice-presidente de la Federación Mundial de Movimientos de la Agricultura Orgánica (IFOAM, por sus siglas en inglés), “soluciones ambientales para problemas sociales”. Podemos agregar que, simultáneamente, debemos buscar “soluciones sociales para problemas ambientales”.

A partir de estas premisas, el Centro Ecológico, junto con los agricultores de la Región de Torres, ha desarrollado un trabajo basado en tres distintas dimensiones: a) en el plan tecnológico, el diseño de sistema agrícolas que se aproximen a la estructura y el funcionamiento del ecosistema original; b) en términos de organización, pequeñas asociaciones de agricultores que sean ágiles, eficientes y capaces de atender sus demandas de comercialización; c) con respecto a la circulación de los productos, sistemas cortos donde productores y consumidores puedan establecer relaciones solidarias.

El primero punto (los sistemas que mimeticen el ecosistema original), se refiere naturalmente a los sistema agroforestales. Como en la región la gran mayoría de los agricultores dependen directamente del cultivo de bananos, la primera estrategia del Centro Ecológico fue proponer sistemas de producción compatibles con la vegetación de la Mata Atlántica. Los monocultivos fueron, poco a poco, enriquecidos con árboles típicos del bosque; se formó así un estrato superior al de la plantación. Estos árboles son podados periódicamente, de modo que la biomasa total producida en



El sistema de producción de bananos del señor Antonio Model, Dom Pedro de Alcântara – Rio Sul, Brasil.

el sistema aumentó significativamente. Las plantas espontáneas, consideradas malezas en los sistemas convencionales, son manejadas para que el suelo se quede cubierto todo el año. Esta práctica ayuda a incrementar la materia orgánica del suelo y prescinde del uso de herbicidas. Los fertilizantes químicos y fungicidas fueron sustituidos por abonos orgánicos y biofertilizantes. Esas prácticas contribuyen para la fijación del carbono sin amenazar la producción de bananos.

Las pequeñas asociaciones de agricultores ecologistas representan el segundo aspecto en la estrategia del Centro Ecológico para la difusión de otro modelo de desarrollo rural. El incentivo a la estructuración de estas organizaciones tiene como presupuesto básico la idea de que es más fácil crear un sentimiento de solidaridad y responsabilidad en pequeños grupos. La forma de organización es extre-

madamente horizontal, casi sin niveles jerárquicos. Estos grupos, que siempre empiezan de modo informal y, algunas veces, evolucionan hacia estructuras más formales, tienen en general un abordaje práctica para resolución de los problemas internos y son orientados para la movilización de los recursos locales<sup>8</sup>. Otro punto común de los grupos es el papel preponderante que desempeñan en la comercialización de los productos.

Finalmente, en relación con la comercialización, las redes de circulación solidaria de los productos ecológicos constituyen una importante estrategia para la consolidación de sistemas sustentables. Esas redes articulan, por medio de diversas iniciativas, tales como ferias, cooperativas de consumo, puntos de venta y el mercado institucional, agricultores ecologistas y consumidores; permiten así el establecimiento de nuevas relaciones de producción y consumo. Las relaciones son

<b>Cuadro 2: Cuadro síntesis comparativo de los sistemas convencionales y los agroforestales en el ámbito del trabajo del Centro Ecológico</b>		
<b>Prácticas con Potencial de Mitigación</b>	<b>Sistema Convencional</b>	<b>Sistema Agroforestal</b>
Manejo del suelo	Suelo frecuentemente descubierto	Suelo siempre cubierto por vegetación
Control de plagas y enfermedades	Mediante de plaguicidas	Control biológico o con equilibrio nutricional del cultivo por aplicación de biofertilizantes
Manejo de la vegetación espontánea	Supresión total de la vegetación espontánea	La vegetación espontánea es controlada selectivamente
Abonos utilizados	Abonos solubles (NPK)	Abonos orgánicos producidos localmente (en general en la finca)
Comercialización	Regional	Local y regional

transparentes, horizontales, complementarias y conectan las poblaciones urbanas y rurales. Como, en general, son circuitos más cortos de circulación, el gasto energético es también menor. Así, este “efecto residual” de ahorro de energía es fundamental en una perspectiva de emisiones de gases, y como consecuencia, en el cambio climático.

### Conclusión

El cambio climático ocasionado por el modelo de desarrollo industrial es una de las principales amenazas ambientales de la actualidad. El segmento agrícola actual, con su alto consumo energético para la producción y distribución de alimentos, tiene un papel destacado en la emisión de gases de efecto invernadero. La agricultura y las for-

mas alternativas de circulación de productos también pueden representar una importante oportunidad para la mitigación de los efectos negativos en el medio ambiente. Los sistemas de producción en los que el ecosistema original constituye la matriz tecnológica o, simplemente, los sistemas agroforestales, y redes de producción y circulación de productos ecológicos pueden contribuir en esto respecto. Las experiencias desarrolladas en la región de Torres, al Sur de Brasil han demostrado su capacidad para compatibilizar producción agrícola, servicios ambientales y desarrollo rural. Esta experiencia, y muchas otras semejantes que han se estructurado en varios contextos de Latinoamérica, son considerados como “demostrativas”, justamente

debido a la carencia de políticas substanciales de apoyo.

### Notas

\* Coordinador técnico del Centro Ecológico y Candidato a PhD en el Departamento de Recursos Naturales de la Universidad de Cornell, EE.UU. Contacto: Teléfono (55 51) 3664-0220, correo electrónico: alg47@cornell.edu. Asimismo, Centro Ecológico (CE), Rua Padre Jorge s/n, 95560-000 Dom Pedro de Alcântara – RS, BRASIL.

- 1 The Ecologist – Climate Crisis, Volume 29, No 2, March/April 1999.
- 2 Pretty, J. and A. Ball (2001). Agricultural Influences on Carbon Emissions and Sequestration: A Review of Evidence and the Trading Options. Colchester, Centre for Environment and Society and Department of Biological Sciences - University of Essex, UK: 1-31.
- 3 La distancia para la circulación de los alimentos, desde la finca de producción hasta la mesa de los consumidores finales, es conocida por la expresión en inglés “food mile”.
- 4 Explícitamente utilizamos la expresión “fuente de inspiración”, en vez de la que comúnmente es utilizada, replicación. Nuestro entendimiento es que cada situación contiene sus especificidades y circunstancias no es, por lo tanto, posible “replicar” una experiencia en otros contextos.
- 5 Para mayores informaciones sobre el costo ambiental de los transportes de alimentos ver: “Farm costs and food miles: An assessment of the full cost of the UK weekly food basket” Food Policy, Volume 30, Issue 1, February 2005, Pages 1-19 J.N. Pretty, A.S. Ball, T. Lang and J.I.L. Morison.
- 6 Para mayores detalles ver: Nair P K R (1993) An Introduction to Agroforestry. p 16, 277, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, 499pp.
- 7 La agricultura familiar es fundamentalmente caracterizada por las relaciones sociales y productivas entre los agricultores, más que por el tamaño de las unidades de producción.
- 8 Para mayores informaciones sobre los aspectos de organización de pequeños agricultores y agricultura orgánica ver: Pretty J N (1995) Regenerating Agriculture: Policies and Practice for Sustainability and Self-Reliance. pp 6, 9, 134, Earthscan, London, 320 pp.

# La BIODIVERSIDAD y la FIJACIÓN de CARBONO son las preocupaciones de MAELA

Manuel Amador y Mario Ahumada, MAELA

**E**n general, existe muy poca información sobre el calentamiento global y los aportes de la Agricultura Ecológica para evitar o disminuirlo. Los principios agroecológicos aplicados por los agricultores en el manejo de la finca, contribuyen a la estabilidad biológica, a una menor dependencia de los insumos externos -especialmente los químicos- y a la producción de más alimentos y productos sanos para los consumidores.



En el proceso de estabilización, las fincas orgánicas aportan a la disminución de la emisión de gases de efecto invernadero y fijación de carbono. Actualmente, socios del MAELA como CEDECO, en Costa Rica, y Centro Ecológico en el sur

de Brasil, tratan de demostrar la importancia ambiental de multiplicar fincas con mayor estabilidad biológica -en algunos casos no certificadas, pero con principios de manejo agroecológico- lo que significa menor dependencia del medio y mayor aprovechamiento de los recursos propios.

En el tema del calentamiento global y la fijación de carbono, la Agricultura Ecológica no ha sido abordada, ni apreciada como un servicio ambiental, pues normalmente el pago de servicios ambientales se realiza sólo considerando árboles o especies forestales y valorando los sistemas silvopastoriles.

MAELA considera que el análisis sobre la capacidad de las fincas agroecológicas para fijar carbono

en los alimentos orgánicos producidos en fincas de pequeños agricultores es de particular relevancia, debido a que una propuesta así se caracteriza fundamentalmente por la “eficiencia y limpieza” sobre la que se realiza esta forma de producción.

Las prácticas agroecológicas como el manejo del suelo mediante el uso de abonos orgánicos, abonos verdes, fuentes primarias de fertilizantes, labranza mínima; la prevención y control natural de plagas, enfermedades y malezas; y la implementación de cultivos intercalados, policultivos y asociaciones, se traducen en reducción del uso excesivo de energía y recursos químicos externos, optimización de la producción y el reciclaje de materia orgánica y nutrientes, y mejoramiento y conservación del suelo, el agua, la materia orgánica y la biodiversidad.

En contraposición a la revolución verde, MAELA reconoce métodos y técnicas que favorecen el equilibrio ambiental establecido en las fincas agroecológicas.

Para MAELA, la contribución de las fincas agroecológicas y los pequeños productores agroecológicos del continente es relevante, en la medida que recuperan la alta diversidad de componentes que tienen funciones fundamentales de captura de carbono y la contribución de alimentos sanos para un mejoramiento de la salud de la sociedad.

Desde su fundación, promueve la multiplicación de fincas, técnicas y métodos agroecológicos que facilitan la fijación de carbono y producen alimentos libres de residuos

tóxicos para el consumidor.

Los resultados preliminares indican que, por su manejo, las fincas agroecológicas emiten menos gases de efecto invernadero y fijan más el Carbono, con menor gasto energético –comparativamente que las fincas convencionales que usan gran cantidad y diversidad de insumos químicos.

En la finca agroecológica, las prácticas de reciclamiento, utilización de los recursos internos y el uso más eficiente de la energía fotosintética son elementos que suman a la eficiencia ambiental del sistema.

En tal sentido, el conjunto de pequeños productores que resistieron las técnicas de “revolución verde” y mantienen una alta diversidad en sus predios, han adelantado su contribución a la fijación de carbono a través de la mayor estabilidad de los ecosistemas agrícolas.

Así, la menor dependencia de precursores de carbono externo se determina por la menor dependencia de la energía externa expresada en insumos agroquímicos y otros que vienen de afuera.

El personaje principal que construye, desarrolla y gestiona la finca agroecológica es el agricultor y su familia, y para el Movimiento, es de suma importancia destacar el rol de cada uno de sus diferentes integrantes y, en especial, visualizar equitativamente la participación y aporte de las mujeres en la unidad productiva familiar.

Para MAELA es importante enfatizar cómo se ha formado la familia de agricultores y qué conocimientos, experiencias y circunstan-

cias le permitieron tomar decisiones sobre cómo consumir una finca más estable para el ambiente.

Es decir, el manejo de una finca que fija más Carbono por su alta diversidad y dinámica depende de decisiones tomadas en el conjunto del grupo familiar, determinadas por razones históricas, producto de procesos económicos, sociales y culturales, asociados a procesos comunitarios y familiares de incrementar la autogestión, de rescatar y valorar el conocimiento y las tecnologías campesinas y de conservar la vida rural.

Las fincas agroecológicas se convierten de este modo, en unidades básicas de referencia para la incidencia en instancias políticas y de toma de decisiones para impulsar cambios en el reconocimiento del servicio ambiental.

Existe trascendencia de los valores normales de la fijación de Carbono para apreciar y evaluar otros recursos importantes para el ambiente como un todo, tal es el caso del agua, la fauna, la flora, la biodiversidad y otros recursos naturales no valorados en la recuperación ambiental que persigue la fijación de carbono.

Las fincas agroecológicas realizadas por miles de familias campesinas, indígenas y de pequeños agricultores en América Latina y en el mundo son un servicio ambiental que debe ser reconocido y valorado como indispensable para lograr –a través de la conservación de la biodiversidad y de la fijación de carbono– la recuperación de un ambiente limpio, una agricultura sana y una alimentación saludable.

# El suelo es el primer factor para la SOSTENIBILIDAD de los AGROECOSISTEMAS

**M.Sc. Rafael Mata Chinchilla\***

---

**S**i se desea garantizar la sostenibilidad de los Agro-ecosistemas, es primordial conocer el suelo del que se dispone, tanto como un recurso natural como medio para el crecimiento de las plantas.

En muchos sistemas agrícolas se ha podido identificar la falta de conocimiento sobre la génesis, propiedades físicas y químicas, así como por la correcta clasificación de los suelos. Ambos aspectos son determinantes para el impulso de un buen manejo del suelo en función del Agrosistema o, bien, de la Agricultura Orgánica. Esto permite, finalmente, un aumento de la rentabilidad económica y ambiental de los sistemas productivos.

Una tipificación del suelo consiste en evaluar tanto las características internas -llamadas también perfil o pedón del suelo- así como las externas o fisiografía del suelo.

La evaluación se hace empleando la observación directa o el análisis de laboratorio y ahí son valoradas las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo.

Este artículo narra las evaluaciones directas de los suelos más representativos de la Agricultura Orgánica en Costa Rica en cuatro diferentes zonas productoras.

La descripción y caracterización del suelo permite clasificarlo taxonómicamente, evaluar sus capacidades de uso y comparar varios tipos, tanto en un mismo como en diferente paisaje.

## Los climas

La región comprendida por San Ramón, Zarcero y Acosta-Aserrí pertenecen al clima de "cuatro meses secos" (vea gráficos de distribución de precipitación en esas regiones).

San Ramón y Zarcero tienen cuatro meses (enero, febrero, marzo, abril) con una precipitación menor de 50 mm y una estación lluviosa -de mayo a diciembre- siendo setiembre y octubre los meses de mayor cantidad, al tiempo que se presenta una disminución en ju-

nio y agosto, por el fenómeno conocido como "veranillo de San Juan".

La precipitación media anual en San Ramón tiene dos mil mililitros y Zarcero mil ochocientos ochenta y siete mililitros; comparativamente, la región de Acosta tiene patrones de distribución de precipitación similares a los dos primeros, con la diferencia de que la "época seca" es de diciembre a marzo y la precipitación media anual es alrededor de 1 787 mm.

El patrón climático es muy diferente en la zona de Guápiles pues no hay meses "secos" y, en mayo, julio, noviembre y diciembre, la precipitación media mensual supera los 400 mm; la media anual para son los 3974 mm, es decir, aproximadamente el doble que en las primeras tres regiones.

## Fisiografía

Las regiones de San Ramón,

---

\* Especialista en suelos.

Zarcero y Acosta-Aserrí están en el sistema de montañas y colinas de Costa Rica; los dos primeros en las derivaciones de las cordilleras de Tilarán y Central y Acosta está en las estribaciones de la cordillera de Talamanca, todas regiones de serranía que bordean el Valle Central Occidental por el noreste y el suroeste, con alturas de los 1 020 m a los 1 787 m.

La región guapileña pertenece al sistema de Llanuras del Caribe con una elevación promedio de 100 m.s.n.m.

### Geomorfología

Zarcero, San Ramón y Acosta-Aserrí están en una zona denominada “de modelado multi-conve-xo”, es decir, que tiene pendientes en diferentes direcciones, longitud y grado. Así, el paisaje es dominado por colinas redondeadas con pendientes poco o fuertemente onduladas que, unidas a la extinción del bosque y la acción del ser humano, aceleraron fuertemente su erosión.

La zona de Guápiles contacta

las llanuras caribeñas y la serranía volcánica mediante una transición de vastos conos aplanados, que depositaron materiales fluviovolcánicos.

### La geología

En general, San Ramón y Zarcero pertenecen a un sistema de rocas volcánicas del cuaternario con antiguos conos volcánicos, de depósitos laháricos; cubiertos de cenizas volcánicas se pueden encontrar también sedimentos aluviales y lacustrinos.

La región de Acosta-Aserrí presenta formaciones sedimentarias del terciario con sedimentos marinos y terrestres interrelaciones de rocas volcánicas y depósitos de pie de monte del cuaternario reciente.

En Guápiles se encuentran aluviones y depósitos fluviovolcánicos y fluvilacustres del cuaternario reciente, provenientes de la cordillera volcánica central.

Las fincas estudiadas pertenecen a agricultores líderes de sus comunidades que tienen un trabajo

junto con CEDECO. Las fincas están en cuatro regiones geográficas de Costa Rica (ver Cuadro 1).

De acuerdo a las características agronómicas y la adaptabilidad del cultivo al ambiente edáfico, fueron ubicados sitios representativos para la observación de suelos con barreno, microcalicatas y calicatas con el fin de identificar la variabilidad y contenido pedogenético (Figura 1). Para esto se siguió la metodología del análisis fisiográfico, es decir, el estudio de los factores formadores de suelo como material parental, clima, relieve, organismos y tiempo.

En cada finca se hizo un estudio preliminar de los suelos mediante transeptos que iban en la misma dirección de la pendiente dominante, realizando observaciones con barreno distanciadas 100 m, 75 m, 50 m ó 25 m dependiendo de los cambios de pendiente, tamaño de la finca o tamaño de los lotes.

Además, en cada una de las variaciones edáficas identificadas con barreno o en el 10% del total de las observaciones de campo, se hicieron las microcalicatas o fosos de observación de 50 x 50 x 50 cm; posteriormente, se escogió para cada finca el o los pedones modales, es decir los suelos más representativos para abrir las calicatas o fosas de observación de los suelos con dimensiones de 1 m 1,5 m 1,5 m donde se describe la parte interna y externa del suelo y se toman muestras por horizonte para los análisis químicos y físicos. Para cada finca se elaboró un mapa de ubicación de las diferentes observaciones.

En las calicatas se identificaron los horizontes y se realizaron muestreos por cada uno para efectuar los análisis físicos y químicos, que se hicieron en el Laboratorio

**Cuadro 1. Clasificación de Suelos en las Fincas Orgánicas Evaluadas**

Región	Productor	Cultivo	Perfil No	Clasificación del Suelo
Zarcero	Juan Paniagua	Hortalizas	1	Andic Dystrustepts
Zarcero	Jaime Chávez	Hortalizas	2	Typic Haplustands
San Ramón	Jesús Vargas	Caña	3	Andic Haplustepts
Acosta- Aserrí	Felipe Arias	Pasto	4	Alfil Ruptic Haplustepts
Acosta-Aserrí	Felipe Arias	Café	5	Thaptic Ustorthents
Zarcero	Rafael Guerrero	Hortalizas	6	Andic Haplustepts
Guápiles	Jorge G. Pérez	Yuca	7	Aquic Hapludands
Guápiles	Jorge G. Pérez	Palmito	8	Typic Hapludands
Acosta- Aserrí	Bernardo Naranjo	Café	9	Typic "Paralithic" Dystrudepts
Acosta- Aserrí	Minor Corrales	Café	10	Ultic Ruptic Dystrudepts
San Ramón	Coopecañeros	Caña	11	Typic Haplustults
San Ramón	Coopecañeros	Caña	12	Typic Dystrustepts
San Ramón	Coopecañeros	Caña	13	Typic Dystrustepts
San Ramón	Coopecañeros	Caña	14	Acrudoxic Thaptic Hapludands



Figura 1. Tipos de observaciones para evaluar aspectos de paisaje y pedón

de Suelos del Centro de Investigaciones Agronómicas de la Universidad de Costa Rica. También se elaboró una descripción morfológica de cada suelo.

Para levantar la información se usaron los lineamientos del Soil Survey Manual (USDA, 1993) y con base en la descripción del pedón y del paisaje los suelos se clasificaron a nivel de subgrupo de acuerdo con el Soil Taxonomy del USDA (United States Department of Agriculture) en su versión 2003.

Por su capacidad de uso, los suelos fueron clasificados según la metodología propuesta por MAGMINAE (1994), para establecer comparaciones preliminares desde el punto de vista edáfico y de la aptitud de los suelos para el desarrollo de las actividades agrícolas.

## Los resultados

En Zarcero, los suelos estudiados se clasifican como Inceptisoles y Andisoles; es decir, localmente, con propiedades físicas muy parecidas, pero químicamente diferentes.

La característica común es que todos están sembrados con hortalizas de orgánicas. Para el propósito

de la investigación se usó de ejemplo el suelo del productor Rafael Guerrero, pues tiene características intermedias para los suelos de la región.

El suelo de esta finca presenta una secuencia de horizontes  $A_p$ ,  $B_{w1}$ ,  $2B_{w2}$ ,  $2B_{w3}$  con colores negros, pardo amarillento y pardo oscuro en la parte inferior del perfil, lo que sugiere que el proceso erosivo cambió la secuencia o distribución de horizontes, debido a las fuertes pendientes y a la acción antrópica.

Tanto la estructura como la porosidad resultaron buenas hasta los 65 cm. de profundidad, lo que coincide con la profundidad de las raíces.

Químicamente tiene contenidos medios de materia orgánica hasta 35 cm de profundidad y, a partir de ahí, los contenidos son bajos.

Las bases cambiables y la capacidad de intercambio catiónico efectiva son altas, a través del todo el perfil. La fertilidad química de estos suelos es alta, encontrándose una deficiencia de P y Mn por debajo de los 35 cm. de profundidad.

Las propiedades físicas de este suelo tienen texturas medias y densidades aparentes bajas. Lo que se

estima adecuado. Sin embargo, la conductividad hidráulica es baja, lo mismo que el agua útil para el consumo de las plantas es reducido, lo cual incrementa la escorrentía en el invierno y las necesidades de riego en el verano.

Taxonómicamente este suelo se clasifica como un "Andic Haplustepts" es decir Inceptisol o suelo de mediano desarrollo con más de cuatro meses secos, con baja disponibilidad de agua, alta fertilidad química y con influencias de cenizas volcánicas como material de origen (figura 2).

Por su capacidad de uso, está clasificado en la unidad de manejo VI<sub>c</sub>12<sub>s</sub>2<sub>c</sub>23 pertenece a la clase VI con fuertes limitaciones de pendiente y erosión que indican la necesidad de obras de conservación de suelos para poder seguir sembrando hortalizas.

## San Ramón

Los suelos de San Ramón se clasifican como Ultisoles, Inceptisoles y Andisoles; es decir que tienen características morfológicas y propiedades físicas y químicas diferentes.

La característica común para este proyecto es que todos son sembrados con caña orgánica. Se tomó como ejemplo el suelo del agricultor Jesús Vargas, quien cultiva caña desde hace ocho años bajo un sistema de producción orgánica y las propiedades físicas de sus suelos mejo-



Fig. 2. Suelo de Rafael Guerrero, Andic Haplustepts

raron respecto a otras áreas que, alrededor, tienen el mismo cultivo.

Este suelo presenta una secuencia de horizontes  $A_p$ , AB,  $Bt_1$ ,  $Bt_2$ ,  $Bt_3$ , de colores pardos oscuros y pardos amarillentos, todos con muy buena estructura y porosidad (Fig. 3). Tiene texturas medias y presencia de arcillas iluviadas.

Las raíces de caña crecen vigorosamente hasta 1 m y se evidencian hasta 1,7 m de profundidad. Es un suelo bien drenado con cuatro meses deficitarios en agua y se formó a partir de lahares y cenizas volcánicas.

Desde la parte química, este suelo tiene un alto contenido de materia orgánica en el primer horizonte medio hasta 42 cm y bajo mayores profundidades. Tiene escasas bases cambiables y la capacidad de intercambio de cationes es alta en los primeros horizontes. La fertilidad química de este suelo presenta bajos contenidos de Ca, K, P y Zn, mientras que el pH, Mg, Fe, y Mn se presentan en condiciones óptimas.

Las propiedades físicas de este suelo son en general muy buenas: de bajas densidades aparentes, alta porosidad, texturas medias, y conductividad hidráulica de rápida a moderada en los primeros horizontes.

Taxonómicamente este suelo es un Andic Haplustults, que son Ultisoles que presentan arcilla iluvial,



Fig. 3. Suelo de Jesús Vargas, Andic Haplustults.

alta lixiviación, con poca disponibilidad de agua por cuatro meses al año y con influencias de cenizas volcánicas.

Por su capacidad de uso se suele clasificar en la unidad de manejo  $V_{e12,4,23}$ , que significa que pertenece a clase V y su principal limitante es la fertilidad del suelo con limitantes menores en relieve, erosión y periodo seco.

### Acosta-Aserrí

Los suelos analizados entre Acosta-Aserrí se clasifican como Inceptisoles y Entisoles, localmente con características morfológicas muy parecidas pero química y físicamente muy diferentes.

Para el proyecto de trabajo de CEDECO es importante destacar la siembra de café orgánico y se caracterizó el suelo de la finca de Felipe Arias por su larga trayectoria como líder en este tipo de agricultura.

El suelo en la finca de don Felipe presenta una secuencia de horizontes  $A_p$ , C,  $A_w$ ,  $2C_r$  que indica un desarrollo pobre debido a las fuertes pendientes y al proceso de erosión o pérdida de suelos asociadas a las mismas (Fig 4). Estos suelos son una combinación de colores grises, rosáceos y amarillos debido al proceso de remoción y a la mezcla de suelos de diferentes horizontes. La estructura, la porosidad y la distribución de raíces son buenas en los primeros 65 cm pero a más profundidad disminuyen en calidad.

Estos suelos se formaron a partir de rocas sedimentarias altas en bases, por lo que –químicamente– heredan características del material parental y tienen también capacidad de intercambio catiónico muy alta. Sin embargo, la materia orgánica



Fig. 4. Suelo de Felipe Arias, Thaptic Ustorthents

es sumamente baja. La fertilidad química muestra que solo es deficiente en P, Mn y Zn.

Las propiedades físicas de este suelo –con excepción de las texturas medias– son deficientes pues las densidades aparentes son altas, la conductividad hidráulica moderadamente lenta y la disponibilidad de agua es baja.

Taxonómicamente, es un suelo llamado Thaptic Ustorthents que implica que es un Entisol o suelo sin desarrollo, con más de cuatro sin disponibilidad de agua, con horizontes enterrados probablemente por un proceso de remoción o de erosión.

Por su capacidad de uso, pertenece a la unidad de manejo  $V_{e12,23,23}$  clase VII y contiene serias limitaciones de uso –principalmente– por la fuerte pendiente y la erosión. Este tipo de terrenos necesita prácticas de conservación especiales para su uso agrícola.

### Guápiles

Los suelos para el caso de Guápiles se clasifican como Andisoles y se estudiaron los de la finca del Sr. Guido Pérez, quien cultiva yuca orgánica.

Este suelo presenta una secuencia de horizontes  $A_p$ ,  $B_w$ , C, con colores pardos amarillentos a través del perfil, con una transición de os-

**Cuadro 2. Resumen de características edafológicas de suelos estudiados.**

FINCA	TAXONOMIA	CARACTERISTICAS		CAPACIDAD DE USO
		Químicas	Físicas	
Rafael Guerrero	Andic Haplustepts	Alta fertilidad	Moderada  (superficial) Deficiente (inferiores)	Fuertes limitaciones de pendiente y erosión que indican la necesidad de obras de conservación de suelos para poder seguir sembrando hortalizas en estos suelos.
Jesús Vargas	Andic Haplustults	Baja fertilidad	Buenas a través de todo el perfil	Principal limitante es la fertilidad del suelo con limitantes menores en relieve, erosión y periodo seco.
Felipe Arias	Thaptic Ustorthents	Alta fertilidad	Moderada (superficial) Deficiente (inferiores)	Fuertes limitaciones por pendiente y erosión por lo que estas tierras requieren de prácticas de conservación de suelos para el uso agrícola.
Jorge G. Pérez	Aquic Hapludands	Alta fertilidad	Moderada (superficial) Deficiente (inferiores)	Principal limitante es la profundidad efectiva, seguida por drenaje y el riesgo de inundación.

curo a claro, debido a que la materia orgánica es alta en el primer horizonte, de contenido medio en el segundo y baja en el tercero.

La estructura, porosidad y crecimiento de raíces es buena en los primeros 50 cm; después aparece un horizonte masivo (sin estructura) con mucha grava y piedra, donde las raíces prácticamente no crecen, limitando así la profundidad efectiva del suelo (Fig. 5).

Este suelo se formó a partir de cenizas volcánicas y lahares, depositados por los ríos provenientes del macizo Irazú-Turrialba. Tienen un drenaje moderadamente lento y el nivel freático se encuentra la



Fig. 5. Suelo de José G. Pérez. Aquic Hapludands.

mayor parte del año a 50 cm de profundidad lo que indica un exceso de agua en la parte inferior del suelo.

Químicamente, tiene buenas cantidades de bases, una capacidad de intercambio catiónico media, un PH medio y no tiene problemas de acidez. La fertilidad química es muy buena para todos los nutrientes, excepto para P y Mn, que son deficientes para el crecimiento de las plantas.

Desde el punto de vista físico, este suelo tiene problemas con el movimiento del agua a través del perfil (baja conductividad hidráulica) lo que, unido a la alta precipitación, a la ausencia de un período seco, la alta retención de humedad y la topografía plana, hacen que las condiciones de drenaje sean deficientes.

Taxonómicamente pueden clasificarse como Aquic Hapludands, es decir, Andisoles o suelos desarrollados de cenizas volcánicas y

lahares sin periodo seco y con drenaje moderadamente lento.

Por su capacidad de uso se catalogan en la unidad de manejo  $V_{e2} 123_d 12$  que indica que son de la clase V y su principal limitante es su profundidad efectiva, seguida por drenaje y el riesgo de inundación.

### Consideraciones finales

En el Cuadro 2 podemos apreciar las características de los suelos de las fincas evaluadas en este estudio.

La caracterización morfológica, física y química de cada uno de esos suelos, representa una línea base para el monitoreo temporal de estas variables y el efecto de la Agricultura Orgánica sobre la evolución de ellas. Este enfoque es útil para dar seguimiento al estudio de la calidad del suelo y particularmente a factores edáficos-ambientales como la fijación de carbono y degradación de suelos, entre otros.

# Enfoques Silvopastoriles para el Manejo Integrado de Ecosistemas

Experiencias sobre conservación de biodiversidad, secuestro de carbono y bienestar social y económico en fincas ganaderas en Esparza, Costa Rica

**Mario Chacón, Muhammad Ibrahim,  
Diego Tobar, José Gobbi,  
Francisco Casasola y Cristóbal Villanueva <sup>1</sup>**



## Introducción

América Latina se ha caracterizado en los últimos 50 años por la acelerada deforestación de los bosques primarios y por la rápida destrucción de muchos ecosistemas naturales. Esta destrucción se ha realizado con el fin de establecer pasturas para la ganadería (Houghton *et al.* 1991). El establecimiento de las áreas de pastos ha tenido un incremento histórico y aun siguen aumentando. Para el año 1961, el área de pasturas permanentes en Centroamérica era de 9.1 millones de hectáreas y para el 2001 era de 13.6 millones. En Suramérica, para 1961 existían 418.1

millones y para el 2002 estas áreas habían aumentado a 515.88 millones de hectáreas. (FAOSTAT 2005).

En Centroamérica, los paisajes fragmentados o agropaisajes están formados por un mosaico de pequeños fragmentos de bosques rodeados de variados usos de la tierra en donde se incluyen pasturas y cultivos agrícolas (Harvey *et al.* 2005). Muchas de las áreas de pasturas presentes en estos paisajes son áreas degradadas y con poca cobertura arbórea, lo cual afecta de manera negativa la conservación de la biodiversidad y el clima global. Se estima que más de 40% de las pasturas en esta región están

degradadas, lo cual ha ocasionado la pérdida de muchas especies de fauna y flora silvestre, aumento en la emisión de gases de efecto invernadero y contaminación de aguas.

Además de los problemas ambientales generados en las áreas de pasturas degradadas, el manejo tradicional de los sistemas ganaderos da como resultado una baja en la producción de carne y leche, lo cual ocasiona bajo ingreso económico para las familias. Ante estos problemas, en los últimos años instituciones como la Fundación NITLAPAN de Nicaragua, el Centro Agronómico Trópic de Investigación y Enseñanza (CATIE), en Costa Rica, y la



Paisaje fragmentado en Esparza, Costa Rica, 2005.

Fundación CIPAV de Colombia, han puesto en práctica la adopción de sistemas silvopastoriles para mejorar la productividad de los sistemas ganaderos tradicionales y reducir la degradación ambiental. En el año 2000 estas instituciones diseñaron un proyecto denominado "Enfoques Silvopastoriles para el Manejo Integrado de Ecosistemas (SP)".

El proyecto SP trata de fomentar la adopción de sistemas silvopastoriles con el propósito incrementar la productividad de las fincas ganaderas y la generación de servicios ambientales. Se espera que el proyecto desarrolle una metodología para el pago de servicios ambientales, como una forma de incentivo para que los ganaderos adopten los sistemas silvopastoriles. Se espera, además, que la experiencia generada por el proyecto apoye a la formulación de políticas ambientales a nivel nacional e internacional.

### **Objetivo del proyecto**

El objetivo principal de este proyecto es demostrar y medir los efectos que la introducción del incentivo del pago por servicios ambientales tiene sobre la adopción

de sistemas silvopastoriles en tierras con pasturas degradadas, con el fin de impulsar la mejora en el funcionamiento de ecosistemas, generar beneficios ambientales globales y ganancias socioeconómicas locales en las áreas de implementación del proyecto en Colombia, Costa Rica y Nicaragua.

### **Descripción del proyecto en Costa Rica**

#### *Ubicación*

El proyecto se lleva a cabo en el Cantón de Esparza, provincia de Puntarenas, Costa Rica, entre las coordenadas 10° 09' de latitud norte y 84° 42' de longitud oeste; cubre

un área aproximada de 87 km<sup>2</sup>. Esparza se caracteriza por ser una zona de vida de Bosque Sub Húmedo Tropical (BH-T en la nomenclatura de Holdrige), con temperaturas medias de 27 °C y precipitaciones que varían entre 1500 y 2000 mm. La zona se encuentra en la cercanía de áreas de conservación La Fortuna, El Zapotal, el complejo de la Reserva Monteverde y la Reserva Biológica Alberto Brenes (Lead 2004). El Proyecto se encuentra trabajando con 134 fincas, agrupadas en tres grupos; el primero recibe pago por servicios ambientales y asistencia técnica, el segundo solo pago y el tercero es el grupo control, que no recibe pago.



### Estrategia operativa

Para cumplir con sus objetivos, el Proyecto está formado operativamente en cuatro componentes (Figura 2). Existe un componente que busca mejorar ecosistemas mediante servicios de extensión, asistencia técnica y fortalecimiento institucional. El segundo busca monitorear y evaluar los servicios ecológicos mediante el desarrollo e implantación de un sistema de monitoreo mejorado para suministrar información correcta y entendible sobre el potencial de los sistemas silvopastoriles intensificados, para suministrar servicios ecológicos globales y beneficios socio-económicos locales. El tercero se encarga específicamente del pago por servicios ambientales. El último se en-

carga del diseño de políticas y desimanación de información.

### Resultados preliminares

#### Mejoramiento de Ecosistemas y Fortalecimiento de las Capacidades

Para incentivar a los productores a adoptar los sistemas silvopastoriles en sus fincas, se elaboraron una serie de manuales técnicos y actividades de extensión y capacitación. Los manuales técnicos editados fueron sobre : 1) Árboles en potreros; 2) Cercas vivas en las fincas ganaderas; 3) Manejo del potrero; 4) Manejo del tacotal; 5) El uso de bancos forrajeros para la alimentación de verano; 6) El ordeño

limpio. Las actividades de extensión se resumen el Cuadro 1.

#### Mejoramiento de Servicios Ambientales y Socioeconómicos

##### Monitoreo del uso de la tierra: evolución de los principales cambios en el uso de la tierra

El monitoreo de cambio de usos de la tierra ha mostrado resultados positivos, pues se han cambiado pasturas degradadas por pasturas mejoradas; los usos de la tierra con mayor cobertura arbórea, como pasturas con árboles, bosques riparios y cercas vivas también aumentaron su área. Estos resultados son importantes pues, al establecer pasturas mejoradas, aumenta la

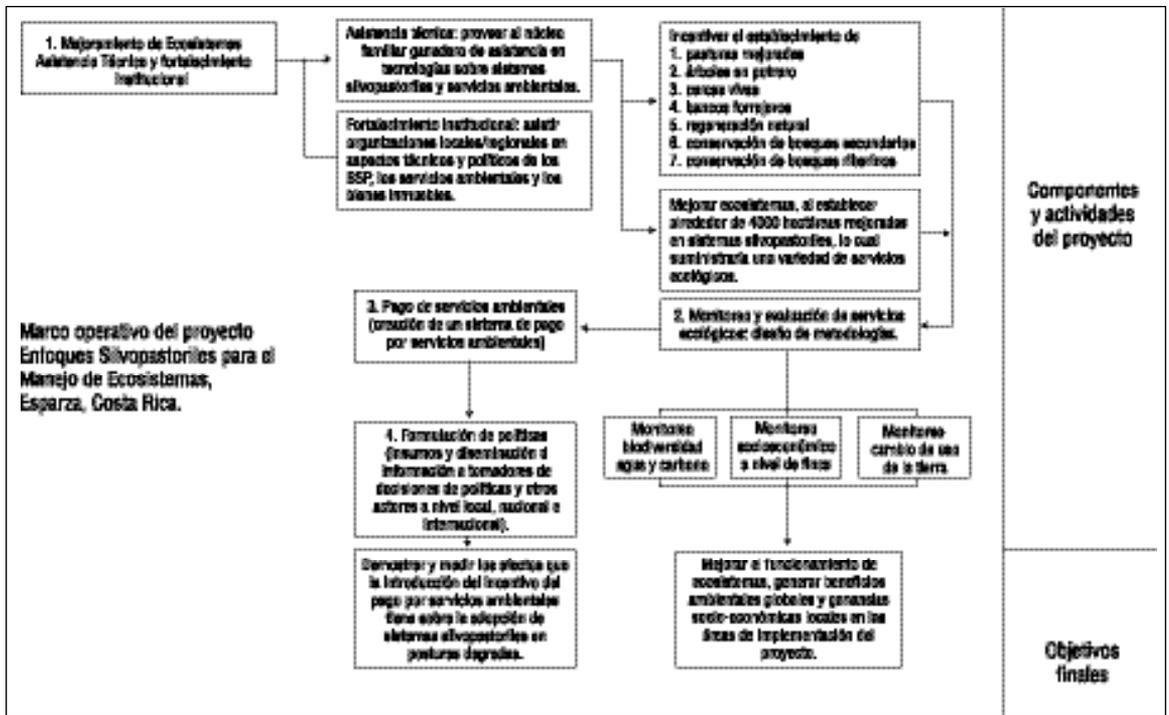


Figura 1. Marco operativo del proyecto. Los componentes 1 y 2 son la metodología técnica que busca incentivar la adaptación de sistemas silvopastoriles en las fincas de los beneficiarios, monitorear mediante metodologías específicas la generación de los servicios ambientales brindados y las ganancias socioeconómicas generadas a nivel local. Los componentes 3 y 4 van orientados a crear y probar un sistema de pago por servicios ambientales a nivel de finca y a su vez a la generación de nuevas políticas ambientales.

**Cuadro 1. Resumen de actividades para el manejo de ecosistemas, la adopción de sistemas silvopastoriles y actividades de extensión**

**Nombre del evento y tipo de actividad**

- Servicios ambientales (Visitas familiares)
- Monitoreo de carbono (Taller)
- Servicios ambientales (Talleres participativos familiares)
- Bancos forrajeros de especies leñosas (Día de campo)
- Servicios ambientales y operativa de pago (Talleres participativos familiares)
- El Charral y el tacotal (Taller)
- Visita a fincas en diferentes zonas de Costa Rica (Taller móvil)
- Construcción de estufas mejoradas (Taller)
- Construyendo sueños (Taller con niños)
- Alimentación de verano mediante ensilaje energético (Días de campo)
- Cercas vivas diversificadas y métodos de protección de arbolitos establecidos en cercas vivas (Taller con productores clave)
- Viveros forestales (Taller)
- Selección, visita y planificación de trabajo en fincas modelos (Visita a finca)
- Cambios de uso del suelo (Taller)
- Bloques multinutricionales e importancia de las cercas vivas en fincas ganaderas (Día de campo)
- Los Sistemas Silvopastoriles (Taller)
- Árboles en potreros y protección de fuentes de agua en fincas ganaderas
- Establecimiento de *Cratylia argentea* (Taller)
- Manejo de estacaones para cercas vivas (Taller)

producción, y el hecho de dejar árboles en los potreros y establecer cercas vivas ayuda a conservar la biodiversidad.

El área total de las 134 fincas ganaderas con que se trabaja es de

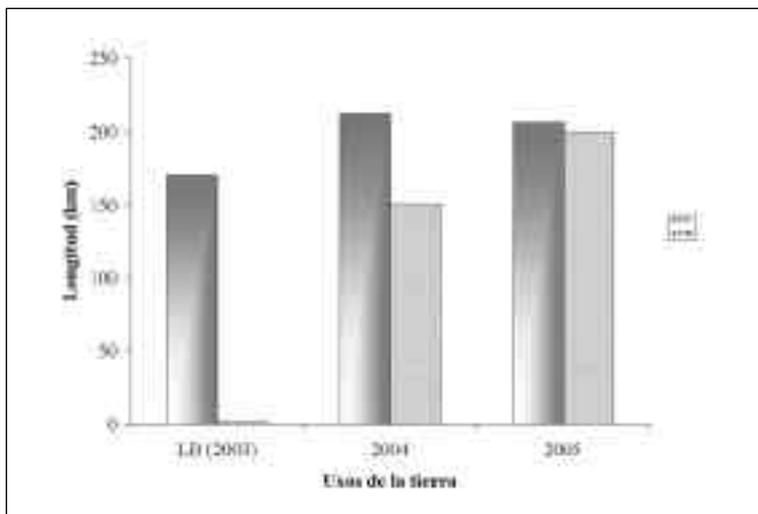


Figura 2. Cercas vivas simples (CVS) y cercas vivas multiestrato (CVM) presentes en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica, durante los años 2003 (LB = línea base), 2004 y 2005.

4,794 hectáreas. En el año 2003 (año línea base) las pasturas con baja densidad de árboles era el uso predominante dentro de las fincas (34,5 %), además de los bosques (28,6 %), las pasturas degradadas (16,2 %), las pasturas con alta densidad de árboles (8,2 %) y las pasturas sin árboles (7,4 %). En el año 2005, las pasturas con alta densidad de árboles se habían incrementado respecto al año 2003 en un 14,6 % (+702,3 ha), los bosques un 0,6 % (+29,7 ha) y habían disminuido las pasturas degradadas en un 9,2 % (-444,8 ha) y las pastu-

ras sin árboles un 6,6 % (-317 ha) (Cuadro 2).

Otro cambio importante se ha dado en cuanto al establecimiento de cercas vivas, en donde se mostró un aumento de 42 km de cercas vivas simples (una sola especie de árbol en la cerca viva) entre el 2003 al 2005, mientras las cercas vivas multiestrato (más de una especie de árboles en las cercas vivas) aumentaron 199,5 km (Figura 2).

**Monitoreo de carbono**

En cuanto a los contenidos de carbono, se ha encontrado que el

**Cuadro 2. Dinámica en los cambios en los usos de la tierra (%) en fincas ganaderas de Esparza, Costa Rica, durante el período 2003–2005**

Año	Bosque	Pasturas degradadas	Pasturas sin árboles	Pasturas con baja densidad de árboles	Pasturas con alta densidad de árboles	Otros
2005	28,68	6,94	0,82	34,54	22,90	6,13
2003	28,06	16,22	7,44	33,97	8,25	6,07
Diferencia 2005 -2003	<b>0,62</b>	<b>-9,28</b>	<b>-6,62</b>	<b>0,57</b>	<b>14,65</b>	<b>0,06</b>

Bosques: Incluyen los parches de bosques primarios, bosques secundarios, tacaotales y los bosques riparios.



carbono total (carbono orgánico a un metro de profundidad y del carbono en la biomasa de las especies arbóreas) es mayor en bosques secundarios y en pasturas con árboles. La Figura 3 muestra que a los contenidos totales de carbono fueron menores en las pasturas degradadas y mayores en los bosques secundarios con  $26.48 \pm 10.91$  y  $297.63 \pm 72.56$  t ha<sup>-1</sup>, respectivamente.

#### Monitoreo de Aves

El monitoreo de aves realizado en Esparza muestra que los usos de suelo con mayor riqueza fueron el bosque primario, el bosque secundario, el tacotal y el ripario. Los usos con menor riqueza son los de las pasturas mejorada de baja cobertura arbórea (Cuadro 3). La mayoría de las especies observadas en Esparza se alimenta principalmente de artrópodos (43%), seguido por aquellos que se alimentan mayormente de frutas e insectos (12%), de semillas (12%), de vertebrados (10%), de frutas (7%), de

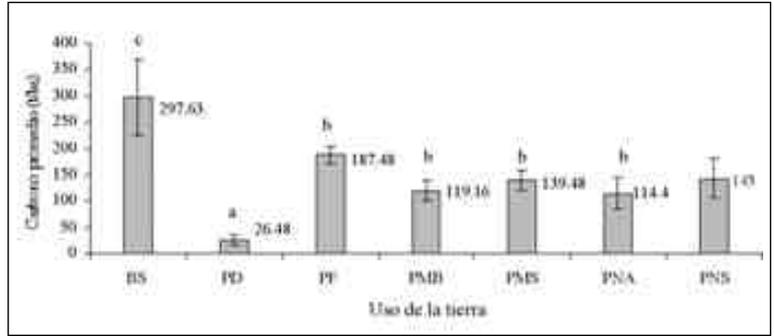


Figura 3. Carbono total en distintos usos de la tierra en Esparza, Costa Rica, 2004. BS: bosque secundario; PD: pastura degradada; PF: plantación forestal de teca; PMB: pastura mejorada (*Brachiaria*) baja densidad de árboles; PMS: pastura mejorada sin árboles; PNA: pastura natural alta densidad de árboles; PNS: pastura natural sin árboles. Letras indican diferencias LSD Fisher P 0.05.

**Cuadro 3. Comparación de la riqueza (cantidad de especies) y de la abundancia de especies (cantidad de individuos) de la comunidad de aves en diferentes usos de la tierra en Esparza, Puntarenas, Costa Rica**

Uso del Suelo	Abundancia	Riqueza
Bosque primario	8	6
Bosque ripario	5.5	3.9
Bosque secundario	5.5	3.9
Cerca viva multiestrato	1.2	1
Cerca viva simple	1.6	0.7
Pastura degradada con vegetación	3.6	1.7
Frutales	4.6	2.9
Pastura mejorada de alta densidad	4	1.9
Pastura mejorada de baja densidad	5.4	0.6
Tacotales	5.5	3.9

néctar (6%), los omnívoros (5%), de insectos y vertebrados (1%), de carroña (2%), de insectos y semillas (1%) y de frutas y semillas (1%).

#### Monitoreo de biodiversidad de mariposas

Los bosques secundarios, bosques riparios, tacotales y las cercas vivas multiestrato son los usos de la tierra que están ayudando a conservar la biodiversidad de mariposas. El Cuadro 4 muestra que el número promedio de especies (S) y el número promedio s individuos

de mariposas fue mayor en bosques, cercas vivas multiestrato y fue más bajo en pasturas con baja densidad de árboles. Los valores más bajos se registraron en las cercas vivas simples y las pasturas mejoradas con baja densidad de árboles (Cuadro 4).

#### Monitoreo de calidad y cantidad de agua

En materia de monitoreo de agua, en Costa Rica se trabaja en la determinación de su cantidad y calidad. Para ello, se desarrollan dos

**Cuadro 4. Comparación de la abundancia (cantidad total de individuos) y riqueza de especies (cantidad de especies) de la comunidad de mariposas en diferentes usos de la tierra en Esparza, Puntarenas, Costa Rica.**

Letras *distintas* entre columnas indican diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), Prueba de Prueba de LSD Fisher.

Uso del Suelo	Abundancia	Riqueza
Pastura degradada de suelo	65.4 (a)	7 (a)
Cerca viva simple	101.2 (b)	20.4 (bc)
Pastura mejorada de baja densidad	110 (bc)	20 (b)
Pastura mejorada de alta densidad	142.8 (cde)	23.2 (bcd)
Frutales	175.5 (e)	23.17 (bcd)
Pastura degradada con vegetación	165.8 (e)	23.2 (bcd)
Cerca viva multiestrato	128 (bcd)	25.2 (cde)
Bosque secundario	115.8 (bcd)	25.6 (de)
Tacotales	148 (de)	27.6 (de)
Bosque ripario	118.4 (bcd)	29.4 (e)

biológica del agua en sistemas silvopastoriles a nivel de finca y de microcuencia; (3) generar una línea base para determinar las tendencias de la calidad del agua en la zona de estudio, con el fin de implementar acciones para un manejo sostenible en la microcuencia; (4) desarrollar una metodología práctica para el monitoreo permanente de las fuentes de agua de la zona de estudio.

### Monitoreo socioeconómico

#### Producción

El Cuadro 5 muestra los indicadores de productividad de las fincas bajo monitoreo en Esparza. Cabe destacar que las fincas bajo monitoreo poseen diferentes sistemas de producción ganadera, razón por la cual no se observa en todas las fincas la producción de leche. Se puede observar que la producción de leche/vaca en verano en aquellas fincas con pago de servicios ambientales disminuye menos que en las fincas control o fincas que no reciben este pago.

tesis de maestría por estudiantes de la Escuela de Postgrado del CA-TIE. Los objetivos específicos de estas investigaciones son: (1) identificar a nivel de microcuencia y de finca, sistemas silvopastoriles, sistemas convencionales de producción y otras actividades productivas que generan zonas de mayor vulnerabilidad a la contaminación del agua; (2) determinar las características de calidad física, química y



**Cuadro 5. Principales indicadores de productividad de las fincas bajo monitoreo. Costa Rica. 2005**

Grupo	Control	Pago con asistencia técnica	Pago sin asistencia técnica
Número de fincas	5	12	3
Litros / vaca/año	5,1 ± 2,1	5,4 ± 1,6	6,5 ± 1,9
Litros/ vaca/invierno	7,2 ± 4,6	5,3 ± 1,6	6,9 ± 1,3
Litros /vaca/verano	3,5 ± 1,2	5,5 ± 1,7	6,1 ± 2,8
Número de fincas	9	24	7
UA/ ha/ año	1,5 ± 0,68	1,5 ± 0,80	1,9 ± 1,09
UA /ha/ invierno	1,4 ± 0,71	1,5 ± 0,58	1,9 ± 1,35
UA/ ha/verano	1,5 ± 0,68	1,5 ± 0,69	1,9 ± 1,21

1 U A= 0.87 cabezas promedio  
Mano de obra

### Pago por Servicios Ambientales

En Costa Rica, el monto total del pago por servicios ambientales del año 2005 fue de US \$ 98931,5, correspondiente a 53 fincas bajo el esquema de pago 1 (pago de servicios ambientales solo por dos años) y a 52 fincas bajo el esquema de pago 2 (pago de servicios ambientales por cuatro años). El Cuadro 6 muestra los montos promedio por finca y por hectárea pagados por servicios ambientales según el esquema de pago en Costa Rica.

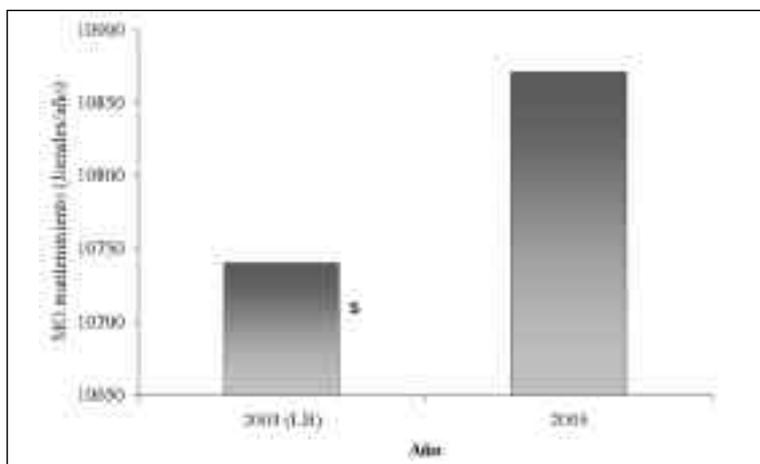


Figura 4. Utilización de mano de obra para actividades de mantenimiento de la finca, Costa Rica. 2003 (línea base) y 2005.

### Formulación de Políticas

Se realizó un Seminario-Taller con tomadores de decisiones en San José, Costa Rica. El evento contó con la participación de 34 asistentes procedentes del sector estatal, privado, productores, instituciones internacionales, agencias de cooperación y de ONG. El objetivo del mismo fue reunir a todos los sectores involucrados en la actividad ganadera nacional para presentar las políticas estatales que norman la actividad y analizar la compatibilidad de las políticas ganaderas y las políticas ambientales

ante la apertura comercial.

Entre los logros del Taller, se destaca que permitió reunir y acercar a los diferentes sectores de la ganadería nacional. Las conclusiones alcanzadas fueron: (1) Costa Rica es autosuficiente en la producción de carne y leche y se exportan excedentes; (2) el tema ambiental empieza a ser incorporada en la ganadería de doble propósito como es el proyecto ejecutado por CATIE en Esparza; (3) el proyecto del CATIE puede ser adoptado por las diferentes modalidades de explotación ganadera del país, especial-

mente en zonas de mayor vulnerabilidad ambiental (arriba de los 1.200 msnm) de recarga acuífera, nacientes y comunidades de menor desarrollo económico.

### Perspectivas futuras y lecciones aprendidas

Se espera que en el 2007, una vez finalizada esta fase del Proyecto, se tenga una propuesta de metodología para el pago de servicios ambientales. Esta metodología ya es aplicada en Colombia, Costa Rica y Nicaragua para su validación.

Se espera demostrar, asimismo como el incentivo de pagar servicios ambientales en fincas ganaderas, logra insertar sistemas silvo-pastoriles que permitan aumentar la productividad de las fincas, conservar la biodiversidad, reducir la emisión de gases de efecto invernadero y conservar el agua. El propósito es mejorar la calidad de vida de las familias a nivel local y al mismo tiempo brindar servicios ambientales globales.

#### Algunas de las lecciones aprendidas del proyecto

- *Fortalecimiento de capacidades.* El contacto inicial con los productores y las familias es de vital importancia para entender sus necesidades reales y, además, para generar confianza en cuanto a los objetivos y las actividades que el Proyecto pretende desarrollar en la zona. Realizar un estudio de línea de base es clave en este punto.
- *Fortalecimiento de capacidades.* Al inicio del Proyecto y duran-

**Cuadro 6. Montos pagados por servicios ambientales según el esquema de pago en Costa Rica. 2005.**

	Montos PSA (US \$)	Promedio PSA /finca (US \$)	Promedio PSA/ha (US \$)
Esquema 1 <sup>a</sup> (4 años)	39.767,1	750,3 (± 624,7)	26,5 (± 10,5)
Esquema 2 <sup>b</sup> (2 años)	59.164,4	1.160,1 (± 872,7)	39,3 (± 19,8)
<b>Total</b>	<b>98.931,5</b>		

<sup>a</sup> Esquema de pago 1 = valor del punto del índice US \$ 75,0.  
<sup>b</sup> Esquema de pago 2 = valor del punto del índice US \$ 110,0.

te su desarrollo se debe de capacitar e informar correctamente a los productores sobre la aplicación de la metodología del monitoreo del uso de la tierra, el monitoreo socioeconómico y el de biodiversidad y de carbono, con el propósito evitar conflictos con los productores, lo cual puede una barrera para lograr cambios importantes en la finca.

- *Fortalecimiento de capacidades.* Estrategias de extensión y de educación de manera participativa e integral con las familias, escuelas y colegios, constituyen una herramienta importante para formar conciencia sobre los sistemas silvopastoriles y su papel en la generación de servicios ambientales.
- *Monitoreo socioeconómico.* No se cuenta aún con los resultados finales del monitoreo socioeconómico, pero se espera que el establecimiento de sistemas silvopastoriles y el pago por servicios ambientales mejoren el nivel de empleo en la zona, la mano de obra familiar y se aumente el nivel de producción tanto de carne como de leche, lo cual mejorará las condiciones económicas de las familias.
- *Monitoreo de uso de la tierra en las fincas.* En cuanto a los cambios en el uso de la tierra incentivado por el proyecto, se comprobó que la mayoría de cambios de usos de la tierra que se han dado en las fincas ganderas en Esparza han sido, básicamente, el establecer pasturas mejoradas arboladas. Esto se ha

dado porque, para la mayoría de los finqueros, la finca es la principal fuente de ingresos, y en este caso, lo es la ganadería. Hay que buscar formas de toma de decisiones participativas para que los productores planifiquen mejor su finca y se busque así dejar áreas no aptas para la ganadería, con el fin de que se regeneren de manera natural.

- *Conservación de biodiversidad.* Aunque el agropaisaje de Esparza es menos diverso que los paisajes conformados por bosques naturales como las áreas protegidas, éste puede retener una porción considerable de la biodiversidad original (particularmente si el paisaje incluye hábitats remanentes, abundante cobertura arbórea en las fincas y un alto grado de conectividad). Por ejemplo, hemos detectado alrededor del 68% en aves, y el 45% en mariposas en comparación con el Parque Natural Santa Rosa.
- *Secuestro de carbono.* En cuanto al secuestro de carbono, la metodología de monitoreo es una buena herramienta para conocer los aportes de los sistemas silvopastoriles para reducir el cambio climático global. Sin embargo, se debería realizar en un periodo de al menos 10 años para entender mejor el proceso de secuestro de carbono y emisión de gases de efecto invernadero por parte de los sistemas silvopastoriles.

## Referencias

- FAOSTAT. 2004. Data base of Food and Agricultural Organization (on line). Consulted in January 24, 2004. Available at <http://apps.fao.org>
- Harvey C.A., Alpizar F., Chacón M. and Madrigal R. 2005. Assessing linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical overview and Future perspectives. Mesoamerican and Caribbean Region, Conservation Science Program. The Nature Conservancy (TNC), San Jose, Costa Rica. 140 pp.
- Houghton, R.A., Skole, D.L., Lefkowitz, D.S. 1991. Changes in the landscape of Latin America between 1850 and 1985. II Net release of CO<sub>2</sub> to the atmosphere. *Forest Ecology and management*. 38: 173-199.
- Ibrahim, M., Gobbi, J., Casasola, F., Murgeuitio, E., Ramírez, E. 2005. Informe Anual, Avance No. 3, Agosto 2004-Agosto 2005. Proyecto Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas, CATIE-Nitlapan-Cipav, financiado por GEF-Banco Mundial. 189 p.

---

1 Investigadores del Grupo Ganadería y Ambiente, Departamento de Agricultura y Agroforestería, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Correo electrónico: [mchaccon@catie.ac.cr](mailto:mchaccon@catie.ac.cr)

# Los microorganismos del suelo son importantes en la Agricultura Ecológica

**Lidieth Uribe Lorío**

Los suelos están habitados por millones de organismos tan pequeños que solo se ven bajo la lente de un microscopio, por eso se les llama microbios o microorganismos. Ellos tienen un papel clave en la formación, fertilidad, salud y conservación del suelo pues se encargan de descomponer los materiales –vegetales y animales– que caen al suelo, convirtiéndolos en elementos que pueden ser absorbidos por las plantas.

Los microbios participan en el ciclaje de elementos tan importantes como el carbono, el nitrógeno, el fósforo y el azufre y pueden también suprimir las enfermedades de plantas y promover su crecimiento; ayudan además a mantener las partículas de suelo unidas mediante los azúcares producidos por las bacterias y los filamentos de hongos y actinomicetes. Algunos de los procesos benéficos en los que interviene la población microbiana están en el Cuadro 1.

Entre los grupos importantes se encuentran:

**Bacterias:** Este grupo es muy numeroso y diverso. Las bacterias son muy importantes en la descomposición de los residuos agrícolas. Algunas como las *Pseudomonas* son aerobias, es decir, que necesitan oxígeno para vivir y otras, como el *Clostridium*, son anaerobias (viven en condiciones en las

Cuadro 1. Actividades benéficas realizadas por los microorganismos del suelo.	
ACTIVIDAD	FUNCIÓN
Disponibilidad de nutrientes	Transformación del N del aire en formas utilizables por las plantas. Asociación con raíces de plantas que favorecen la obtención de nutrientes (hongos formadores de micorrizas, fijación de Nitrógeno). Producción de quelantes orgánicos. Descomposición de residuos, abonos orgánicos Solubilización de fosfatos. Mineralización de N, S, P orgánicos Reacciones de oxido-reducción
Protección de plantas	Supresión de enfermedades de plantas Control de patógenos de plantas. Control biológico de malezas Control de poblaciones de nemátodos e insectos plaga Aumento en la tolerancia a la sequía.
Inactivación de contaminantes	Reducción en la toxicidad de algunos metales. Inactivación de algunos plaguicidas. Biodegradación de algunos contaminantes
Formación de agregados	Formación de humus. Producción de sustancias que cementan partículas. Unión de partículas por medio de hifas.
Estimulación de crecimiento	Síntesis de enzimas, hormonas, vitaminas. Protección contra patógenos de raíces.

que no hay oxígeno).

**Actinomicetes:** La mayoría son aerobios siendo intolerantes a condiciones de anegamiento. Existen especies capaces de crecer a altas

temperaturas, favoreciéndose su presencia en el compost. Son capaces de degradar muchas sustancias complejas incluyendo celulosa, lignina y quitina. Son responsables del

“olor a tierra” y ayudan a aumentar la estructura del suelo.

**Hongos:** Los hongos se encuentran principalmente en los suelos bien aireados. Son importantes al degradar compuestos orgánicos como celulosa, lignina y pectina. Favorecen la estructura del suelo al unir las partículas para formar agregados estables.

Estos organismos se encuentran normalmente presentes en los ecosistemas naturales. Sin embargo, cuando los sistemas se simplifican convirtiéndolos a la agricultura, se pierden los efectos benéficos que pueden proporcionar y debe recurrirse a la aplicación de insumos externos. La Agricultura Agroecológica representa una opción en la que se puede, mediante prácticas culturales (utilización de abonos orgánicos, sistemas de siembra tradicional, etc) o la introducción de microorganismos benéficos, obtener ventajas de la población microbiana del suelo. La utilización de estos microorganismos permite la reducción en el uso de agroquímicos y un mejor aprovechamiento de los recursos de la finca y de materiales de desecho.

Algunos ejemplos ejemplos del uso de microorganismos beneficiosos son:

**Procesos de ensilaje:** El proceso de ensilaje consiste en la conservación del forraje en condiciones de anaerobiosis, proceso facilitado por la inoculación con cepas de *Lactobacillus* que realizan la fermentación láctica del material ensilado disminuyendo el PH, evitando así el deterioro del forraje. El uso de ensilaje permite la producción de alimento de buena calidad (Fig 1) a un costo bajo.

**Micorrizas:** Las micorrizas son asociaciones simbióticas que se establecen entre hongos y plantas, las

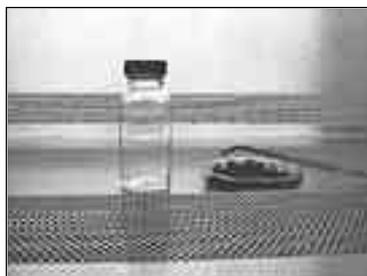


Figura 1. Aislamiento e identificación de bacterias del género *Lactobacillus* (C. Tobía).

plantas proporcionan azúcares y un hábitat al hongo; éste, a su vez, aumenta con las hifas la superficie de absorción de las raíces, aportando nutrientes -especialmente los poco móviles, como el fósforo- a las plantas. Favorecen además la protección de los cultivos al colonizar la raíz de la planta impidiendo el establecimiento de patógenos. Se les utiliza como biofertilizantes especialmente a nivel de vivero y con

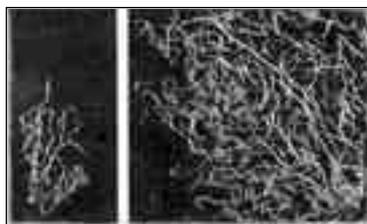


Figura 2. Plantas de yuca inoculadas con micorrizas a la izquierda; sin inocular, derecha inoculada. (LD, Calderón).

plantas que proceden de cultivo *in vitro* (Figura 2).

**Fijadores de nitrógeno:** La fertilización química nitrogenada juega un papel fundamental en el desarrollo y rendimiento de los cultivos; sin embargo, bajo un manejo inadecuado representa un riesgo ambiental por contaminación del suelo y del agua. Por esa razón, es necesario contar con opciones de fertilización amigables con el ambiente y que disminuyan los costos de producción. En este sentido, la Fijación Biológica de Nitrógeno (FBN) ofrece una manera atractiva para suplir a la planta con este nutriente.

**Simbiosis leguminosa-*Rhizobium*:** Las leguminosas forman asociaciones simbióticas con bacterias de los géneros *Rhizobium* y *Bradyrhizobium*. Estas bacterias colonizan las raíces de las plantas formando unas estructuras llamadas nódulos, donde el nitrógeno del aire es transformado por las bacterias a formas que la planta pueda utilizar. Se ha demostrado ampliamente el beneficio de la inoculación en plantas como el frijol, la soya, manicillo, trébol, arveja, leucaena, kudzú, etc. (Figura 3) Cuando se practican cultivos en relevo por ejemplo, frijol-maíz, el segundo se ve beneficiado indirectamente por el nitrógeno fijado por el frijol.

### *Azospirillum*

Los cultivos de arroz y caña de azúcar son sumamente importantes a escala mundial, ya que se utilizan como base de la alimentación de muchos pueblos en el caso del arroz o en la producción de azúcar y derivados (alcohol, bebidas alcohólicas, etc) el último.

La FBN en estos cultivos puede ser potenciada mediante el uso de biofertilizantes a base de las bacterias fijadoras de nitrógeno del gé-



Figura 3. Formación de nódulos en *Phaseolus vulgaris* (M. Chavarría)

nero *Azospirillum* (Figura 4). Esta bacteria coloniza las raíces de las gramíneas (pastos, arroz, maíz, caña, entre otros) y favorece el crecimiento de las plantas por medio de la FBN y la producción de sustancias promotoras de crecimiento. Debe tenerse claro que *Azospirillum* no provee la totalidad del N que



Figura 4. Aislamiento de *Azospirillum* a partir de raíces de arroz (W. Hernández). página

necesitan los cultivos, por lo que se deben utilizar otras fuentes complementarias de N.

### Agentes de Control Biológico: Nemátodos patógenos de insectos

Los nemátodos *Steinernema* y *Heterorhabditis* son gusanos microscópicos que atacan las larvas de insectos. Estos nemátodos forman una asociación con bacterias benéficas que viven en su intestino, lo que se utiliza para el control biológico de la plaga producto de un rango amplio de insectos pues penetran las larvas de los insectos y les causan la muerte. La utilización de nemátodos como agentes de control biológico presenta las siguientes ventajas: no contaminan y son seguros para el medio ambiente, son específicos para insectos, se aplican con equipo convencional y son compatibles con la mayoría de plaguicidas, encuentran los hospederos pasiva o activamente y no causan mortalidad indiscriminada. En la Figura 5 se observa una larva de joboto infectada por nemátodos, en el recuadro se muestran colonias de la bacteria simbiote aisladas en medio de cultivo. A la derecha se observan nemátodos en suspensión.

Como hemos visto con estos pocos ejemplos, los microorganismos son un componente importante de la Agricultura Sostenible. Por eso es necesaria la selección de prácticas de manejo que aumenten las actividades biológicas involucradas en la fijación de N, el ciclaje de C y nutrientes y supresión de patógenos del suelo. Por ejemplo, muchos microorganismos antagonistas están presentes en el suelo y ejercen cierto grado de control biológico sobre los patógenos de plantas. En muestreos realizados a fincas agroecológicas se aislaron nemá-

dos y hongos controladores de insectos. Estos microbios se encontraron en mayor cantidad cuando la muestra vino de cercas vivas y del bosque que de monocultivo. El mantenimiento de cercas y parches de bosques puede funcionar como un corredor biológico donde se conserve la biodiversidad microbiana del sistema y sirva como fuente de microorganismos benéficos.

En el marco del proyecto se realizan análisis para determinar la cantidad, diversidad y actividad de microorganismos de suelo. Lo que se quiere determinar con estos análisis es por un lado, si la biodiversidad de los sistemas agroecológicos es comparable a la de un ecosistema natural, ya que éstos imitan a los sistemas naturales en la capacidad de controlar plagas, conservar el suelo y la fertilidad. Se pretende además estudiar si el secuestro de Carbono por parte de los microorganismos del suelo es similar al que ocurre en los ecosistemas naturales (bosques) aledaños a las fincas agroecológicas en estudio.

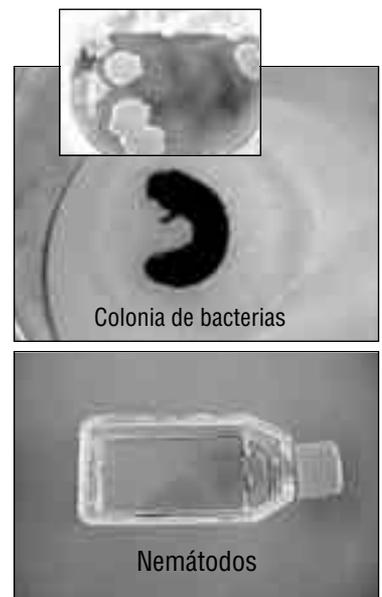


Figura 5. Larva de joboto infectada por Nemátodos entomopatógenos

# CEDECO crea nueva propuesta que evalúa emisión de gases de efecto invernadero y fijación de carbono en las fincas orgánicas de Costa Rica

Jonathan Castro Ch.



## Introducción

El calentamiento global es uno de los temas que ha ganado particular protagonismo, convirtiéndose en inagotable materia de discusión política, científica, económica, pero aún desarticulada. Evidencias científicas apuntan a una insostenibilidad de las actuales formas de uso de los recursos naturales en el mediano y largo plazo. Para el 2001, el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) en su nuevo informe sobre el clima mundial ratifica que “Un conjunto de observaciones cada vez mayor describe

la imagen global de un mundo en fase de calentamiento y de otros cambios en el sistema climático.” “Las emisiones de gases de efecto invernadero y de aerosoles debidas a las actividades humanas siguen modificando la atmósfera de diversas formas que se prevé que afectarán al clima.” (IPCC. 2001).

La investigación que se ha generado alrededor del tema del calentamiento global ha sido basta y abarca una amplia diversidad temas. A pesar de esto, aun quedan inexploradas áreas claves. Así es como resulta necesaria y pertinente la profundización de alternativas

integrales, capaces de generar propuestas de solución en el mediano y largo plazo. No debería enfocarse solo a la mitigación de los gases de invernadero sino a la inclusión de la sociedad civil en la solución de un problema de índole global.

La Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO), como organización no gubernamental ha centrado su trabajo en la promoción de la Agroecología como una herramienta para el desarrollo de las comunidades rurales. Durante los últimos 15 años CEDECO ha hecho un trabajo trascendental en el desarrollo de alternativas productivas en fincas; la articulación social en las comunidades rurales; la generación de espacios para la comercialización de la producción orgánica y, como fin último, el mejoramiento de la calidad de vida de las familias campesinas.

Para el año 2003, con el apoyo del Instituto Humanista de Cooperación con Países en Desarrollo de los Países Bajos (HIVOS) y la coordinación de la Federación Mundial de Movimientos de Agricultura Or-

gánica (IFOAM), asume una investigación novedosa sobre el papel que juegan las fincas orgánicas en la emisión de gases con efecto invernadero y la fijación de carbono. En ese momento la complejidad del tema y la casi inexistente información para el área abordada obligan a generar un propio enfoque de investigación.

La investigación desarrollada por CEDECO incluye el análisis de aspectos físicos, químicos y biológicos directamente vinculados a la dinámica de gases, así como la inclusión de criterios sociales, económicos y culturales que determinan el manejo de las fincas orgánicas.

## Contexto

La preocupación por los fenómenos climáticos extremos aumentó en las últimas décadas. Ha sido posible observar, con más regularidad y en distintas regiones del planeta, situaciones de desastres vinculadas a un aumento desmedido de lluvias, sequías y temperaturas extremas. Paralelamente, las evidencias científicas sobre la interferencia antropogénica, es decir, la perturbación en el comportamiento natural del clima debido a actividades desarrolladas por los seres humanos, por ejemplo, industria, transporte, deforestación, etc aumentó paulatinamente y posee mayor fundamento científico.

El tema del cambio climático ganó mayor pertinencia en la agenda política mundial a mediados de los años 80. En la discusión se intenta generar alternativas para abordar el problema. Así podemos observar iniciativas como el Panel

Intergubernamental de expertos en Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés), la Convención marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (UNFCCC, por sus siglas en inglés) y el protocolo de Kyoto, dentro de las iniciativas globales más relevantes.

A pesar de los esfuerzos de organizaciones como IPCC y numerosos centros de investigación y universidades ha sido difícil el lograr consenso sobre el abordaje metodológico para evaluar las emisiones de gases de invernadero y la fijación de carbono. Aún más, la investigación al respecto y su relación con la agricultura no ha sido tratada a profundidad.

La investigación tradicional que se siguió hasta el momento abordó variables de índole física, química y, en pocos de los casos, variables biológicas que se relacionan directamente con la emisión de gases de invernadero. Rara vez ha sido posi-

ble observar la valoración de influencias sociales y económicas en los procesos que tienden a generar servicios ambientales como la mitigación de gases de efecto invernadero.

## La propuesta de CEDECO

La investigación busca construir una metodología de análisis integral sobre el rol de la Agricultura Orgánica sobre la dinámica de gases de efecto invernadero y la producción de alimentos sanos, basándose en estudios en fincas. Es decir, se realiza un análisis de la contribución de la finca orgánica de pequeños productores en la solución de un problema global. A este tema se incorporan los aspectos sociales y económicos, que interactúan con los resultados

Es así como investigación busca generar resultados concretos en:

- 1) Elaboración de métodos e instrumentos que permitan evaluar pequeñas y medianas fincas respecto a la emisión de gases invernadero y fijación de CO<sub>2</sub>.
- 2) Identificación de prácticas potenciales de la Agricultura Orgánica para mitigar del efecto invernadero.
- 3) Incorporar criterios para el reconocimiento de servicios ambientales (PSA) en prácticas de la Agricultura Orgánica que mitigan el cambio climático.
- 4) Creación modelo de análisis e interpretación para explicar comportamiento de emisión de gases, fijación de carbono y ventajas de las fincas Agroecológicas.



CEDECO Incorpora dos líneas de trabajo. Una tratando de retomar las técnicas y métodos de medición de emisión de gases de efecto invernadero en diversos contextos y tratando de adecuarlos a la Agricultura Orgánica. Una segunda línea parte de una hipótesis socioeconómica que plantea que “Los beneficios que generan las fincas agroecológicas están influenciados por elementos sociales, económicos y culturales, tanto a lo interno como del contexto donde se ubica la finca”.

La investigación se ha desarrollado en 15 fincas. La muestra seleccionada incluye diversidad de zonas (valle central, zona del Caribe, Zarcero, región Caragres) que incorporan elementos orientadores por la diversidad de contextos y así se enriquece la aplicación del modelo. Asimismo, se enfatizan los cultivos de café, caña de azúcar, hortalizas en modalidades de explotación convencional, en transición a la Agricultura Orgánica o finca orgánica certificada. En algunos casos la finca orgánica diversificada es tomada como una unidad particular de análisis. Esto permite ubicar diferencias entre los sistemas productivos y discriminar entre los aportes concretos de la producción orgánica.

Las valoraciones que se realizan en las fincas incluyen: determinaciones de carbono en suelo, diferencias en emisión de gases (N<sub>2</sub>O) por sistemas de fertilización y abonamiento de los cultivos, análisis de la eficiencia en el uso de la energía para la producción de bienes agrícolas, evaluación de la diversi-

dad y calidad microbiológica de los suelos y las valoraciones de variables sociales y económicas por medio de encuestas a los productores y generación de índices a partir del seguimiento de las fincas.

Un modelo estadístico de análisis será el elemento que oriente e integre las valoraciones en ámbitos físicos químicos, biológicos, sociales y económicos con los resultados obtenidos de las valoraciones técnicas de la emisión de gases de invernadero y fijación de carbono. La conceptualización ideal del modelo plantea:

$$Y_{ijklmno} = ? + P_i + E_j + S_k + F_l + Q_m + B_n + D_o + ?_{ijklmno}$$

Donde:

$Y_{ijklmno}$ : Es el valor de cada variable dependiente debida a la r-ésima observación en los niveles ijklmno de cada factor fijo del estudio. Para nuestro caso particular, caracteriza un sistema de producción con niveles de emisión de gases o fijación de carbono frente a las variables independientes.

$\bar{Y}$ : Es la media poblacional

$P_i$ : Es el efecto debido al i-ésimo nivel de Sistema de producción en estudio.

$E_j$ : Es el efecto debido al j-ésimo nivel Económico.

$S_k$ : Es el efecto debido al k-ésimo nivel Social en estudio.

$F_l$ : Es el efecto debido al l-ésimo nivel Físico en estudio.

$Q_m$ : Es el efecto debido al m-ésimo nivel Químico en estudio.

$B_n$ : Es el efecto debido al n-ésimo nivel Biológico en estudio.

$D_o$ : Es el efecto debido al o-ésimo nivel Biodiversidad en estudio.

$_{ijklmno}$ : Es el error aleatorio, se supone NID  $\sim (0, \_)$

## Perspectivas a futuro

La investigación actualmente está cerrando dos ciclos de mediciones en fincas y se está a la espera de iniciar una segunda etapa de investigación de dos años. Se reforzarán, con una mayor amplitud de datos, las hipótesis planteadas al principio de la investigación sobre el aporte de las fincas orgánicas en la mitigación y cómo estos se ven influidos por variables también sociales, económicas y culturales. Inicia un trabajo de afinamiento del modelo de interpretación y generación de resultados.

Como iniciativa regional se pretende apoyar procesos de investigación similares en Cuba y Brasil. Esta experiencia ampliará los criterios incluidos en el modelo y dará una validez al análisis en los contextos abarcados. Se trata de incluir sistemas de producción orgánica integrales o “Faros Agroecológicos” y sistemas de producción bovina orgánica en Cuba. En Brasil se incluirían sistemas de producción de banano orgánico, arroz anegado y sistemas integrales.

Los resultados preliminares permitirán iniciar un proceso de incidencia. Se intenta brindar los elementos de base necesarios a los entes políticos tomadores de decisión para incorporar la Agricultura Orgánica como una opción de mitigación del cambio climático en manos de pequeños y medianos productores.

# Gases de efecto invernadero y la fijación de carbono en fincas orgánicas en Costa Rica

## Resultados preliminares

**Jonathan Castro Ch.**

### Antecedentes

CEDECO ejecuta desde el año 2004 la investigación sobre gases de efecto invernadero y agricultura orgánica. Los principales aportes que pretende generar es incorporar el concepto de la agricultura orgánica dentro de las estrategias de mitigación de los gases de invernadero y solución de una problemática del cambio climático. Además, intenta llevar el análisis más allá de la simple valoración física o química y trata de incorporar elementos sociales y económicos que influyen el manejo de una finca orgánica y de los valores de mitigación determinados.

El proyecto ha centrado sus esfuerzos en seleccionar zonas y actividades de la agricultura orgánica claves para emprender la investigación. Además, de generar metodologías de medición y monitoreo acorde a las directrices internacionales de evaluación de gases de efecto invernadero y secuestro de carbono, adecuadas a las condiciones de pequeñas y medianas fincas de producción orgánica.

En última instancia se pretende lograr una investigación integral que logra dar una mayor claridad de los aportes de la agricultura or-

gánica en la mitigación del cambio climático que sirvan como orientación para la generación de políticas que reconozcan y potencien los servicios ambientales determinados.

Actualmente, a dos años de inicio de la misma, se cuenta con una propuesta metodología de medición a partir de la generación y adaptación de métodos reconocidos internacionalmente. Además, se han ejecutado varios ciclos de medición en finca. Resultados preliminares son presentados y discutidos en este documento.

### Metodología

#### *Zonas y unidades de análisis.*

Con base en criterios de diversidad natural, social y económica, y ubicadas en las regiones de trabajo de CEDECO como promotora de la Agricultura orgánica en el país, se realizó una selección estratégica de fincas a incluir en la investigación.

La selección de fincas seleccionadas responden a criterios como:

- Zona de vida.
- Región social económica del país.
- Producción agropecuaria pri-



maria (café, caña de azúcar, hortalizas, productos pecuarios y Fincas Orgánicas Integrales).

- Selección de productores orgánicos en diferentes grados de avance hacia la Agricultura orgánica.
- Vínculo histórico con CEDECO.

Es así como para el desarrollo de la investigación se conformó una muestra de la siguiente forma (ver Tabla 1).

El punto de partida para generar líneas de trabajo son diagnósticos de fincas. El diagnóstico es un instrumento de abordaje que busca generar un conocimiento detallado de la situación en la que se desarrollan las actividades agrícolas de una finca. El diagnóstico incluye generalidades sobre historia del desarrollo y consolidación actual de la finca.

**Tabla 1. Regiones, fincas, producciones y estado de avance de fincas incluidas en la investigación Gases Invernadero y Agricultura Orgánica**

ZONA DE ESTUDIO	Finca Convencional	Finca en transición		Finca orgánica certificada
San Ramón (Producción de caña de azúcar)	Finca Bellavista, Coopecañera R.L.	Finca González-Prado. y Finca Barranca Coopecañera R.L.		Finca Jesús María Vargas
Zarcero (Producción Hortícola)	Finca Jaime Chávez. Jaime Chávez Méndez		Finca J&B, Juan José Paniagua.	Finca el Guerrero, Hnos. Guerrero.
Caraigres (Producción de café)	Finca Bernardo Naranjo			Finca Los Bobos, Familia Corrales Gamboa. Finca La Loma, Felipe Arias
Valle Central (Producción lechera)	Estación Experimental Santa Lucía ECA-UNA.			La Esperanza, Anselmo Rodríguez
Atlántica (Producción Diversificada)		Finca Bellavista. Alexis Pérez.	La Amistad. Familia Chávez Herrera.	Finca La Tierra del Abrazo Verde. Jorge G. Pérez.

Fuente: CEDECO, 2004.

### Áreas de Análisis.

Retomando los diagnósticos de finca, la revisión de literatura respecto a gases invernadero y cambio climático, se definieron como prioritarios análisis en **Emisión de Gases desde Suelos, Eficiencia Energética de Fincas Orgánicas, Contenido de Carbono Orgánico en Suelos de Fincas y Emisión de Gases por Actividad Ganadera**. Una de las limitantes que se han encontrado es la dificultad técnica y financiera de contar con instrumental técnico, capacidad instalada y contenido financiero para la evaluación directa de los gases de invernadero en condiciones de campo. A pesar de esto, se realizaron adecuaciones a metodologías para medir gases de efecto invernadero según áreas prioritarias de análisis de manera indirecta.

### Carbono en suelos de fincas orgánicas.

El suelo juega un papel fundamental como reservorio de carbono. Parte de la materia orgánica (si-

nónimo de Carbono) que se acumula en su superficie del suelo se descompone y se incorpora a las capas intermedias y profundas del suelo. La intensidad de cultivo, prácticas agronómicas (como manejo de vegetación acompañante, adición de materiales o abonos orgánicos, técnicas de conservación y otras) influyen en el contenido de carbono del suelo. La agricultura orgánica basa muchos de sus fundamentos en un buen manejo del suelo que contribuye a la acumulación de carbono.

Dentro de algunas de las fincas se seleccionan áreas en donde se encuentren ya sean los sistemas de producción convencional, en transición a la agricultura o sistemas de producción orgánica para determinar los depósitos de carbono dentro del sistema.

Se realiza un diagnóstico preliminar de suelos. Este diagnóstico preliminar permite identificar variaciones en el campo según Profundidad, textura, color, consisten-

cia, límites de horizontes (capas naturales en las que se dispone el suelo a profundidad) y formaciones especiales como agregados minerales, rocas, y otros.

Con base en el diagnóstico preliminar de suelos se fija el sitio idóneo para realizar la evaluación completa de suelos. Esta evaluación consiste en cavar un hoyo de 1,5 a 2 metros de profundidad (calicata) donde se pueda realizar descripciones físicas de los diferentes horizontes que conforman el suelo y tomar muestras para los análisis de laboratorio.

Dentro de los análisis físico y químicos que se realizan se incluye: Análisis químico completo, pH, CIC, CICE, Suma de bases, Saturación de Bases, Materia Orgánica, Textura, Conductividad hidráulica, Densidad aparente, Densidad de partículas, Contenido de humedad, retención hidráulica.

Para determinar el peso del suelo y su contenido de carbono en toneladas por hectárea se considerará la siguiente fórmula:

$(\text{Á} * \text{Prof} * \text{Dap}) = \text{Peso del suelo. (PS)}$

$\text{PS} * \% \text{CO} = \text{Contenido de carbono orgánico de suelo}$

Donde:

**A:** Área representativa.

**Prof:** Es la profundidad del horizonte o una profundidad seleccionada para comparación de datos.

**Dap:** Densidad aparente del suelo.

**%CO:** Contenido de carbono orgánico en porcentaje

### *Emisión de gases desde suelos en fincas orgánicas.*

El óxido di nítrico ( $\text{N}_2\text{O}$ ) es un potente gas de invernadero. El suelo, y en especial los dedicados a labores agrícolas, se comportan como fuentes de este gas. Las actividades agrícolas influyen en este proceso. Principalmente adición de nitrógeno por medio de fertilización y abonamiento. Técnicas de la agricultura orgánica como cobertura vegetal, abonamiento orgánico o labranza de conservación alteran las condiciones físicas y químicas del substrato edáfico y cambian la dinámica del nitrógeno en el suelo. La investigación ha basado su estudio en el seguimiento de las actividades productivas y la adaptación de metodologías para determinar indirectamente diferencias en emisión de óxido di nítrico desde el suelo.

La determinación se hace estimando indirectamente cuanto del nitrógeno aplicado al suelo podría ser liberado a la atmósfera en forma de  $\text{N}_2\text{O}$ . Para ello, existen referencias preestablecidas por el IPCC. Las emisiones directas de  $\text{N}_2\text{O}$  procedentes de los suelos agrícolas debido a la fertilización y abonamiento nitrogenado en fincas orgánicas se calcula con la for-

mula:

$$\text{N}_2\text{O Directo -N} = [(\text{F}_{\text{SN}} + \text{F}_{\text{EA}}) \cdot \text{FE}_1]$$

Donde:

**$\text{N}_2\text{O}$  directo-N** = emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  en unidades de nitrógeno

**$\text{F}_{\text{SN}}$**  = Cantidad anual de nitrógeno en los fertilizantes sintéticos aplicados a los suelos.

**$\text{F}_{\text{EA}}$**  = Cantidad anual de nitrógeno en el estiércol animal aplicado intencionalmente a los suelos.

**$\text{FE}_1$**  = factor de emisión correspondiente a las emisiones procedentes de aportes de N (kg de  $\text{N}_2\text{O-N/kg}$  aporte de N)

Para el caso particular de Costa Rica no existen determinaciones sobre los factores de emisión. Debido a esto, el método correcto es recurrir a los preestablecidos por el IPCC según categorías. El Factor preestablecido seleccionado hace referencia de un 1.25% del nitrógeno contenido en las fertilizaciones y abonamientos liberado a la atmósfera en forma de  $\text{N}_2\text{O}$ .

### *Eficiencia energética de la producción orgánica*

En la agricultura se usa energía de forma directa, por ejemplo utili-

zando máquinas, o indirectamente, aplicando productos industriales que requieren energía durante su producción y transporte. La utilización de energía está muy relacionada a la quema de combustible fósil u otras actividades que emiten gases de efecto invernadero. Los sistemas de alimentación modernos enfrentan dos problemas mayores desde el punto de vista energético: primero un aumento en la dependencia de combustible fósil y segundo la decreciente eficiencia energética de la producción.

La investigación recolecta información sobre las prácticas agrícolas e insumos utilizados para la producción de un bien agrícola en un periodo determinado. Con base en referencias en literatura se ubican los equivalentes energéticos de cada insumo y a la vez de la producción total. Se usa como unidad estándar la caloría.

Con la información de inversión y producción energética del sistema analizado se realiza un balance con base en el programa SEEFI (Sistema para el Análisis de la Eficiencia Energética en Fincas Integrales) Desarrollado por el Institu-

**Tabla 2. Consumo de energía durante la producción de insumos agrícolas**

Insumo	Unidad	Kcal. /unidad
Fertilizante (N)	Kg.	12300-14700
Fertilizante (P)	Kg.	400-3000
Fertilizante (K)	Kg.	1200-2750
Fertilizante orgánico *	Kg.	70
Herbicidas	Kg.	57000
Insecticidas	Kg.	44000
Maquinas	Kg.	21000

\* Energía utilizada en la manipulación y preparación de un Kg. de fertilizante orgánico.  
Fuente: Funes, F. 2001.

to de Investigación de Pastos y Forrajes del Ministerio de Agricultura de Cuba. A partir de esta información es posible generar las siguientes variables:

- Producción total (t/há)
  - Agrícola
  - Pecuario
- Energía (Mcal/há)
- Proteína (kg/há)
- Personas que alimenta/há
  - Fuentes energéticas
  - Fuentes proteicas
    - Origen vegetal
    - Origen animal
- Insumos (gastos energéticos)
- Trabajo humano (Mcal)
- Trabajo animal (Mcal)
- Trabajo con tractor (Mcal)
- Relación energética (cal producidas/cal invertidas)

## Algunos resultados preliminares

### Emisión de gases desde suelos en fincas orgánicas

La figura 1 hace énfasis al tránsito de una agricultura convencional combinada con técnicas de agricultura orgánica de producción de Culantro (*Coriandrum sativum* L.) y lechuga (*Lactuca sativa* L.) hacia a un sistema de transición de hacia agricultura orgánica.

A través de este proceso de transición (Culantro-transición 2004, 2005 y Lechuga transición 2004,2005) se observa una tendencia a la reducción de la emisión de oxido di nitroso por las prácticas de fertilización.En el caso del culantro pasa de 322.3 a 152.8 y por último a 44.7 toneladas de CO<sub>2</sub> equivalente por hectárea,por fertilización nitrogenada. La producción de lechuga muestra un comportamiento

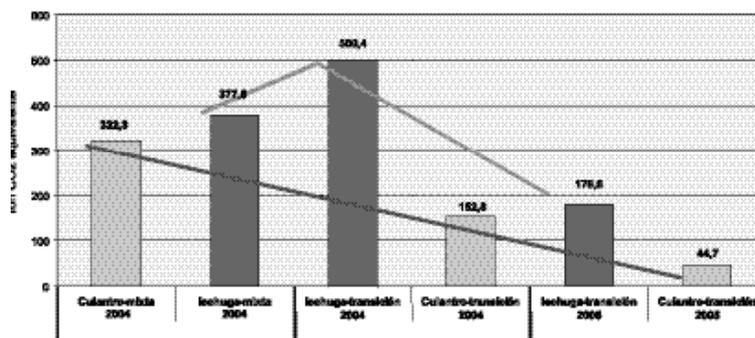


Figura 1. Emisión de N<sub>2</sub>O en toneladas de Carbono equivalente a partir de fertilización nitrogenada para unaHectárea de cultivo de hortalizas en una finca en transición a la agricultura orgánica en Zarcero costa Rica. Fuente: CEDECO 2006.

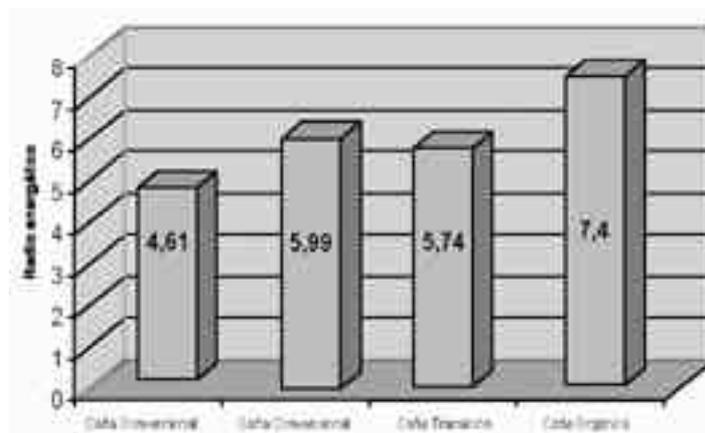


Figura 2. Radio energético (Caloría producida/Caloría invertida) en la producción de caña de azúcar en el cantón de San Ramón, Costa Rica. Fuente: CEDECO 2006

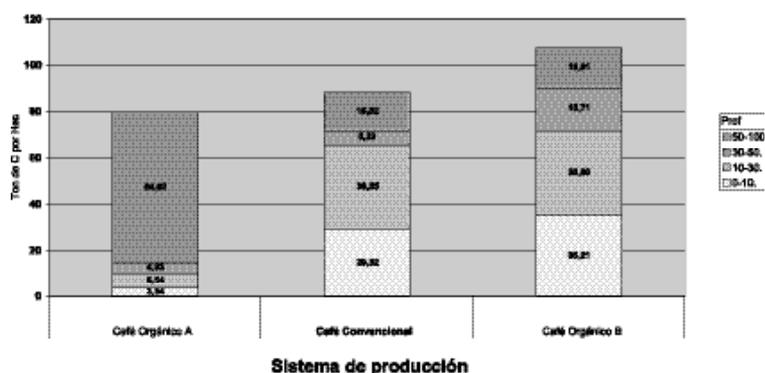


Figura 3. Contenido de carbono orgánico por hectárea a cuatro distintas profundidades para tres sistemas de producción de café de la zona de Los Santos, Costa Rica. Fuente: CEDECO 2006

irregular pero con una clara reducción de emisiones en la etapa mas avanzada de transición (2005). Aquí pasa de 377.6 a 178.6 tonela-

das de CO<sub>2</sub> equivalente por hectárea por fertilización nitrogenada. Preliminarmente se observa una disminución neta considerable de

emisiones de gases de invernadero por área en prácticas de la fertilización nitrogenada.

### ***Eficiencia energética de la producción orgánica***

Para el caso particular de la eficiencia energética en la producción de caña de azúcar a través de la transición es posible observar una tendencia al incremento. La producción en transición muestra un valor dentro del rango de la producción convencional, 5.74 calorías producidas con respecto a cada caloría invertida, frente a 4.61 y 5.99 calorías producidas con respecto a cada caloría invertida en sistemas convencionales. Al consolidar un sistema orgánico se muestra una mayor eficiencia, 7.4 calorías producidas con respecto a cada caloría invertida.

### ***Carbono en suelos de fincas orgánicas***

La figura tres muestra las diferencias encontradas en lo referente a carbono orgánico de suelos para diferentes profundidades desde 0 a 100 cm. El sistema orgánico de café A muestra un valor menor de carbono almacenado a un metro de profundidad (80 Toneladas por hectárea). En contraste, la mayoría de este carbono (65 toneladas) está acumulado a una profundidad mayor a los 50 cm. El sistema de producción de café orgánico B muestra un contenido mayor de carbono a un metro de profundidad (107 toneladas) frente al sistema de producción convencional (88 toneladas).

### **Conclusiones y recomendaciones**

En combinación con la experiencia de CEDECO en acompañamiento de procesos de agricultura

orgánica, las perspectivas de los productores, la revisión de propuestas y directrices internacionales sobre evaluación de gases de invernadero, la cooperación de diferentes centros de investigación, se ha podido lograr una primera propuesta metodológica.

El caso particular de la transición de la producción de hortalizas demuestra como existe una tendencia a la baja del uso de fertilizantes y abonos nitrogenados. Se reducen las emisiones de gases desde suelos agrícolas. Esto podría ser relacionado a una racionalidad de manejo diferenciado del abonamiento por parte del productor (cantidades, fuentes).

Los resultados obtenidos orientan que la transición de una producción convencional a una producción orgánica aumenta la eficiencia energética neta. Así se observa en el caso particular de la caña de azúcar. En donde los sistemas orgánico certificado, que en este caso pertenece a un pequeño productor, logra aumentar la eficiencia. Estos resultados pueden relacionarse a una mayor integración de sistemas dentro de la finca y una menor dependencia de insumos externos (Fertilizantes y otros insumos sintéticos primordialmente).

El carbono acumulado en los

suelos de sistemas orgánicos demuestra diferentes aristas. No hay una tendencia que diferencie los sistemas orgánicos y convencionales, aun después de poseer estos últimos varios años realizando prácticas conservación de suelos y uso de materiales orgánicos. Preliminarmente podría esperarse una respuesta lenta a estas prácticas debida a la dinámica propia del suelo. El monitoreo permitirá determinar si el cambio o estabilidad del carbono en el suelo es positivo con el tiempo y las prácticas de producción orgánica y las convencionales.

Las tendencias encontradas hasta ahora orientan hacia una profundización de las áreas investigadas. La generación de datos cuantitativos ayuda a establecer el aporte concreto de las fincas en la mitigación de los gases de invernadero que hasta el momento es positivo. La continuación de la investigación permitirá afinar y mejorar los procesos metodológicos y acumular una mayor cantidad de observaciones que afinen los beneficios cuantificados. Así se sentarán las bases para una estrategia de mitigación del calentamiento global con la participación de pequeños y medianos productores desde sus fincas bajo modelos de producción orgánica.

### **Literatura Citada**

Funes F. 2001. *Sistema para el análisis de la eficiencia energética de fincas integrales*. IIPF; Instituto de Investigación de Pastos y Forrajes; Cuba.



# Fijación, emisión y balance de gases de efecto invernadero en sistemas silvopastoriles de las zonas altas de Costa Rica

**Vesalio Mora C.**

## RESUMEN

Con el propósito de realizar un balance de los gases de efecto invernadero ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$  y  $\text{CO}_2$ ) en fincas lecheras con manejo de sistemas silvopastoriles y de pasturas solas en las zonas altas de Costa Rica, se desarrolló una investigación en fincas de la zona de Pacayas, Costa Rica.

Los sistemas evaluados son potreros de pasto Kikuyo y pasto Estrella africana en monocultivo y sistemas silvopastoriles.

En las fincas se midió el carbono fijado y almacenado en los estratos del sistema: suelo, pasto, animal y árbol.

El carbono del suelo se midió a cuatro diferentes profundidades (0-20, 20-40, 40-60 y 60-100 cm).

Los resultados obtenidos muestran que el suelo es un importante sumidero de carbono, principalmente los suelos cubiertos por el pasto Estrella africana en monocultivo con  $378.2 \text{ tC ha}^{-1}$ , y en especial, a una profundidad de 0-20 cm donde se almacena el 32.1% del carbono depositado en el suelo.

La presencia de árboles afecta el rendimiento y producción de materia seca y hojarasca de los pastos, así como su tasa de fijación de carbono, donde destaca el

pasto Kikuyo sin árboles con  $5.16 \text{ tC ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

En promedio el carbono fijado por las excretas de los animales fue mayor en pastos sin sombra con  $0.95 \text{ tC ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ . La especie de árboles dispersos más abundante en los potreros es el *Drymis granadensis*, mientras que el "Poró" (*Erythrina berteroana*) constituye la única especie de cerca viva, y entre ambas secuestran  $0.31 \text{ tC ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  en promedio.

La emisión y el balance de gases de efecto invernadero se estimaron mediante diferentes ecuaciones. Por ejemplo, se tomaron diferentes fincas y se agruparon en tres (3) sistemas de manejo: 1) bajos insumos, con  $260 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $5 \text{ kg concentrado vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y  $100 \text{ árboles dispersos ha}^{-1}$  en los apartos; 2) insumos medio, con  $328 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $5 \text{ kg concentrado vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y  $63 \text{ árboles dispersos ha}^{-1}$  en los apartos y 3) altos insumos, con  $350 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $8 \text{ kg concentrado vaca}^{-1} \text{ año}^{-1}$  y sin árboles dispersos en los apartos.

Para estimar la emisión del metano ( $\text{CH}_4$ ) se utilizaron las ecuaciones del grupo de expertos del IPCC; para el Oxido Nitroso ( $\text{N}_2\text{O}$ ) y el dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) se emplearon las ecuaciones del IPCC y la EPA. Los valores de éstos gases

fueron transformados a sus equivalentes de carbono para realizar el balance de los gases.

La emisión de  $\text{CH}_4$  (rumia y excretas) es de 295, 340 y 390 gr vaca lactante $^{-1}$  día $^{-1}$ , en las fincas del sistema de manejo bajo, medio y altos insumos respectivamente. Con una eficiencia de emisión de  $18,9 \pm 0,8 \text{ gr CH}_4 \text{ kg leche producido}$ .

La emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  (fertilizante y excretas) es 6.76, 8.87 y 10.91  $\text{kg N}_2\text{O ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  para las fincas con el sistema de manejo bajo, medio y altos insumos respectivamente, con una mayor emisión de  $\text{N}_2\text{O}$  por parte de los animales cuando cosechan pasto a plena exposición solar.

El balance muestra valores positivos (fijación neta) de  $4,3 \text{ tC}_{\text{Equiv}} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  para la finca del sistema de manejo de bajos insumos ( $260 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $5 \text{ kg concentrado vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y  $100 \text{ árboles dispersos ha}^{-1}$ ) y de  $2,0 \text{ tC}_{\text{Equiv}} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$  para la finca del sistema de manejo de insumos medio ( $328 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $5 \text{ kg concentrado vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y  $63 \text{ árboles}^{-1} \text{ dispersos ha}^{-1}$ ), mientras que la finca del sistema de manejo de altos insumos ( $350 \text{ kg N ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ,  $8 \text{ kg concentrado vaca}^{-1} \text{ día}^{-1}$  y sin árboles dispersos en los potreros) presenta un balance ligeramente positivo de  $0.26 \text{ tC}_{\text{Equiv}} \text{ ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

# Importancia de la cobertura arbórea para la conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas

## Experiencias del proyecto Enfoques Silvopastoriles en Esparza, Costa Rica

**Diego Tobar, Muhammad Ibrahim, Mario Chacón, Cristóbal Villanueva y Francisco Casasola <sup>1</sup>.**



### Introducción

En América Latina, la transformación de los bosques naturales en áreas ganaderas manejadas de forma convencional (principalmente pasturas extensivas con baja cobertura arbórea y alto uso de insumos agroquímicos) ha traído como consecuencia cambios en el tamaño y la distribución de los bosques naturales y la transformación del paisaje original (Myers *et al.* 2000, Harvey *et al.* 2005). Esta transformación del paisaje ha generado diversos problemas ambientales, como la erosión y la reducción en la fertilidad del suelo, pérdida de diversidad

biológica, cambios en la composición de las comunidades bióticas y la contaminación de aguas subterráneas y de ríos (Gibbs y Stanton 2001, Murgueitio *et al.* 2005).

Generalmente en donde ha habido deforestación, quedan algunos fragmentos de bosques naturales rodeados por usos de la tierra agrícolas y ganaderos, denominados algunas veces paisajes ganaderos. En estos paisajes predomina un manejo convencional de los sistemas productivos que, se caracteriza por la baja producción de alimentos, el bajo ingreso económico para las familias y la degradación de los recursos

naturales. Antes estos problemas, en los últimos años, instituciones como Fundación NITLAPAN de Nicaragua, el Centro Agronómico de Investigación y Enseñanza (CATIE) en Costa Rica y la Fundación CIPAV de Colombia, han puesto en práctica la adopción de sistemas silvopastoriles (SSP) en pequeñas y medianas fincas ganaderas.

Los SSP, son sistemas de producción animal que consideran el uso de árboles y arbustos dentro del sistemas de producción ganadero, ejemplos de estos sistemas son los bancos forrajeros, los árboles dispersos en potreros y las cercas vivas (Ibrahim *et al.* 2003). Los SSP son importantes por que promueven el aumento de la cobertura arbórea en las unidades produc-



tivas, la integración de animales, cultivos y árboles y la diversificación de la producción agropecuaria. Con la implementación de los SPP se espera incrementar la productividad de las tierras ganaderas y de la misma manera, promover la conservación de los recursos naturales y de la biodiversidad al contrarrestar los efectos del aislamiento y la fragmentación de los bosques en los paisajes ganaderos (Ibrahim *et al.* 2000, Harvey y Haber 1999). Desde el punto de vista de conservación de la biodiversidad, los SPP proveen hábitats, conectividad y recursos que facilitan la persistencia de muchas especies de plantas y animales dentro de paisajes ganaderos (Harvey 2001, Harvey *et al.* 2005).

El presente documento, provee información relevante sobre los avances del proyecto *Enfoques silvopastoriles integrados al manejo de ecosistemas* sobre la importancia y conservación de la biodiversidad en las fincas ganaderas del Pacífico central de Costa Rica.

### **Aumento de la cobertura arbórea en las fincas: la integración de bosques, árboles en potrero y cercas vivas**

Una buena planificación de fincas debería tomar en cuenta el aumento de la cobertura arbórea ya sea como árboles aislados en potreros, como cercas vivas o aumentando las áreas de regeneración naturales en las fincas (charrales o tacotales principalmente).

El aumento de la cobertura arbórea, puede ayudar a reducir el

impacto humano como la deforestación o extracción de plantas sobre las áreas de bosque, puesto que los productores pueden integrar o mantener grupos de árboles de especies forestales en las pasturas y en otros usos de la tierra como en los tacotales, donde podrían aprovechar la madera. De esta manera, los productores también pueden mantener bancos de semillas de gran variedad de especies arbóreas nativas, que contribuyen a mantener gran parte de la diversidad de la región a futuro (Harvey *et al.* 1998).

También resulta importante, el poder incrementar la cobertura arbórea en las fincas mediante la combinación de diferentes usos de la tierra, debido a que algunas especies de animales requieren de uno o de varios tipos de hábitats específicos para sobrevivir. Un ejemplo de esto es lo observado en fincas ganaderas en Esparza, pacífico central de Costa Rica.

En Esparza, el proyecto *Enfoques silvopastoriles integrados al manejo de ecosistemas* esta llevando a cabo un monitoreo de aves y mariposas en distintos usos de la tierra con distin-

**Cuadro 1. Número total de especies observadas en siete diferentes usos de la tierra en Esparza, Costa Rica**

<b>Usos de la tierra</b>	<b>Aves<sup>1</sup></b>	<b>Mariposas<sup>2</sup></b>
Tacotal	44	41
Bosque secundario	36	46
Pastura mejorada alta densidad	36	27
Bosque ripario	35	46
Cerca viva multiestrato	29	34
Pastura mejorada baja densidad	29	18
Cerca viva simple	19	23
<b>Total</b>	<b>159</b>	<b>103</b>

tas densidades de cobertura arbórea. Los resultados de este monitoreo, resaltan que la mayor riqueza de especies (# total de especies) para aves se presentó en los tacotales, seguido de los bosques secundarios, pasturas mejoradas de alta densidad de árboles y bosque riparios. Para la comunidad de mariposas, los valores más altos se encontraron en los bosques secundarios, bosques riparios, seguidos de los tacotales y cercas vivas multiestrato (Cuadro 1).

### **Recursos arbóreos en los potreros: árboles aislados y cercas vivas**

Uno de los aspectos más importantes que contribuyen a la biodiversidad en las fincas ganaderas, consiste en mantener e incrementar la cobertura de árboles en los potreros, mediante el establecimiento de árboles dispersos y cercas vivas, y el aprovechamiento de la regeneración natural y la siembra de árboles.

Los árboles en las pasturas promueven el aumento de la heterogeneidad o diversificación de los potreros y de la finca, lo cual facilita la generación de ambientes adecuados para el mantenimiento y conservación de la fauna y flora silvestre. De la misma manera, los árboles en los potreros pueden ayudar a promover los movimientos de muchas especies de animales silvestres dentro el paisaje ganadero.

#### *Árboles dispersos en potreros*

Los árboles dispersos en los potreros, pueden ser árboles remanentes del bosque original, árboles sembrados o árboles que han rege-



nerado de forma natural. El número de especies de árboles aislados que se pueden encontrar en los potreros y en las fincas es muy variable y los tipos de especies arbóreas a menudo representan una buena proporción de las que existían originalmente en los bosques naturales (Esquivel 2004).

En la zona de Esparza, Costa Rica, se realizó un inventario de árboles en las fincas, encontrándose

un total de 189 especies. De las 189 especies registradas, el 20% eran especies nativas. A pesar que hay muchas especies en la región, los potreros, se encontraron dominados principalmente por las especies *Cordia alliodora* (Laurel), *Tabebuia rosea* (Roble de sabana), *Acrocomia aculeata* (Coyol), *Psidium guajava* (Guayaba), *Enterolobium cyclocarpum* (Guanacaste) y *Guazuma ulmifolia* (Guácimo ternero), especies apreciadas por su madera y belleza escénica.

Para la producción en la finca, estos árboles en los potreros ayudan a mejorar la alimentación del ganado y regula las condiciones microclimáticas, lo cual genera aumentos en la productividad ganadera de las fincas. Un ejemplo de esto, fue lo observado en finca ganaderas en Cañas Guanacaste, en donde se observó que, durante la época lluviosa, las novillas pastoreando en potreros con alta cobertura arbórea ganaron en promedio 116 g/animal/día más que las novillas que pastoreaban en potreros con baja cobertura arbórea (Restrepo, 2001).



Funciones	PBD	PAD	CM	CVS	CVM
<b>a. Conservación</b>					
Recursos para vida silvestre	-	+	—	-	+
Ambientes propicios para animales y plantas	-	+	—	-	+
Conservación de suelos y agua	-	+	—	+	+
Conectividad en el paisaje	-	+	—	+	+
<b>b. Productivos</b>					
Sombra para el ganado	-	+	—	+	+
Forraje y frutos	-	+	—	-	+
Madera	-	+	—	- (1)	+
leña y postes	-	+	—	+	+

Cuadro 2. Aportes de las cercas vivas, para la conservación de la biodiversidad, Donde (+) importante para la conservación y producción en la finca y (-) muy bajo para la conservación de la biodiversidad, (—) sitios no propicios para la fauna y flora que habita en las fincas ganaderas. PBD: Pasturas con baja densidad arbórea, PAD: Pasturas con alta densidad arbórea CM: Cerca muertas (postes), CVS: cerca vivas simples, CVM: cercas vivas multiestratos.

(1). La producción de madera va a depender si la especie establecida para la cerca viva es maderable o no. Ibraim et al. 2005

En cuanto a la conservación de biodiversidad, se ha apreciado que la riqueza de aves y mariposas en Esparza, las pasturas mejoradas con alta densidad de árboles, presentan mayor riqueza de especies (36 especies de aves y 27 de mariposas), que la registrada en pasturas con baja densidad de árboles (29 especies de aves y 18 especies de mariposas). Estos resultados

muestran que las con muchos árboles y con diversas especies de árboles, contribuyen a la conservación y mantenimiento de la biodiversidad más que las pasturas en monocultivos o con poca cantidad de árboles en los potreros. La importancia de los árboles en este caso, es por que ofrecen un hábitat de mayor calidad desde el punto de vista de la finca y del paisaje, ya que

permite mejorar la conectividad y la disponibilidad de sitios para el albergue de muchas especies de fauna y flora silvestre (Harvey y Haber, 1999, Chacón y Harvey in press).

### Cercas Vivas

Las cercas vivas elementos lineales formados por especies leñosas (árboles y arbustos), que pueden ser establecidas, por la siembra directa de árboles, estacones y/o regeneración natural. El uso de árboles en cercas vivas sirve para remplazar parcial o totalmente los postes muertos. Las cercas vivas son utilizadas para delimitar los linderos de la finca, dividir potreros y separar los usos de la tierra. De manera similar, las cercas vivas proveen en los sistemas agropecuarios múltiples productos para las fincas como, sombra para ganado, madera y leña (Harvey et al. 2004).



Cerca viva multiestrato

Las cercas vivas pueden diferenciarse en dos tipos de cercas con base en la estructura y composición de las especies arbóreas que las conforman: cercas vivas simples y cercas vivas multiestrato:

- a. **Cercas vivas simples:** son aquellas que tienen una o dos especies, generalmente se podan cada dos años y tienen alta capacidad de rebrote, con frecuencia se utilizan leguminosas arbóreas como: madero negro (*Gliricidia sepium*) y poró (*Erythrina* spp.) en las zonas húmedas, mientras que en las zonas secas se utilizan especies no leguminosas como Jiñocuabe (*Bursera simaruba*), Jocote (*Spondias purpurea*) y Pochote (*Pachira quinata*) (Ibrahim *et al.* 2000).
- b. **Cercas vivas multiestratos:** son aquellas que tienen más de dos especies arbóreas, con diferen-

tes alturas, usualmente presentan dos estratos diferenciados (arbustivo y arbóreo) donde prevalece el estrato arbóreo, son utilizadas para diferentes usos: maderables, frutales, forrajeras, medicinales, ornamentales, entre otras. Por lo general, la poda en este tipo de cercas es poco frecuente. Estas pueden ser más importantes para la conservación de la biodiversidad

Las cercas vivas pueden tener un papel ecológico importante mediante el incremento de la cobertura arbórea en las fincas, la cual contribuye al incremento de hábitat y recursos para la vida silvestre, conservación del suelo, y mejora la conectividad del paisaje (Harvey *et al.* 2004; Chacon and Harvey in press) (Figura 2, Cuadro 2).

En las fincas ganaderas de Esparza, se registró que las cercas vi-

vas multiestrato podían encontrarse un total de 68 especies arbóreas, en donde las especies predominantes fueron *Bursera simaruba* (Indio desnudo), *Bombacopsis quinata* (Pochote), *Spondias purpurea* (Jocote), *Anacardium occidentale* (Marañón), *Cordia alliodora* (Laurel), *Tabebuia rosea* (Roble de sabana) y *Erythrina fusca* (Poró), a diferencia en las cercas vivas simples que estuvieron dominadas por las especies conocidas como Indio desnudo y Pochote.

Las cercas multiestrato se caracterizan por una estructura y composición compleja, lo cual da mayores aportes para la conservación de la biodiversidad que las cercas simples. Cuanto mayor es la complejidad estructural de la cerca (dap, altura, diámetro de copa) y composición, mayor es la riqueza y diversidad de aves y mariposas. Esto ha sido apreciado en Esparza, donde la

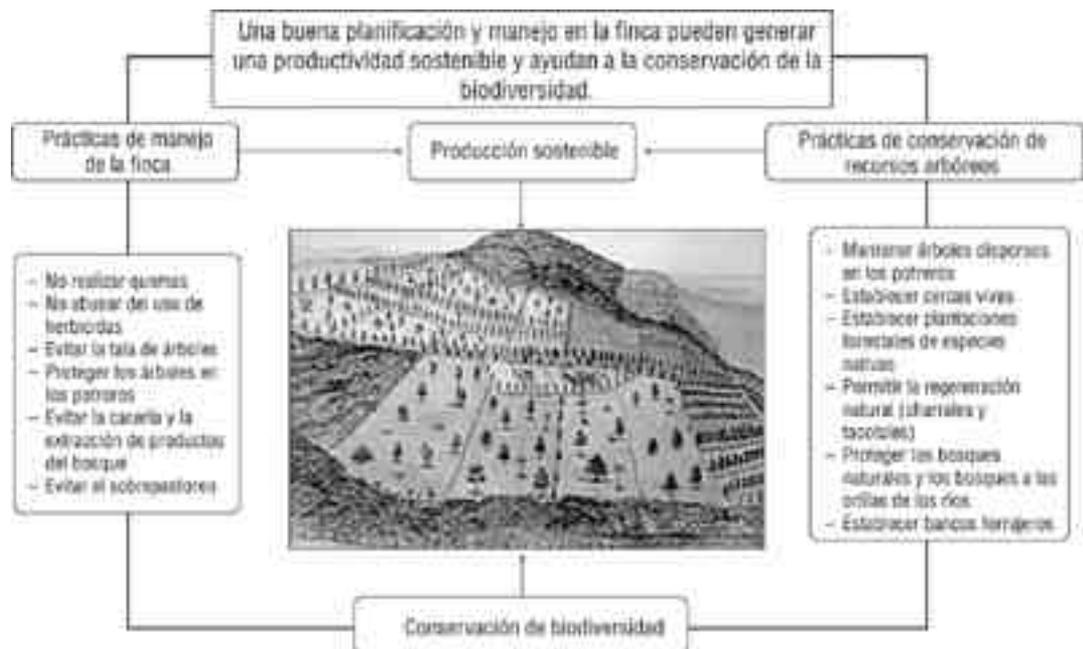


Figura 3. Buenas prácticas de manejo de la finca y de conservación de cobertura arbórea en fincas ganaderas.

mayor riqueza y diversidad de aves y mariposas fue registrada en la cercas vivas multiestrato, donde se encontraron 29 especies de aves y 34 de mariposas, mientras que en las cercas vivas simples se registró un número menor, con 19 especies de aves y 23 de mariposas.

Las cercas vivas además, tienen un alto potencial para aumentar la conectividad dentro de las fincas y en el paisaje en general, lo cual puede facilitar el incremento de los movimientos de animales silvestres, por medio del incremento de la cobertura arbórea dentro del paisaje agropecuario. Además las cercas vivas pueden aumentar los sitios para refugios, alimentación, construcción de nidos para aves y murciélagos, al mismo tiempo que contribuye a la reducción de la energía que los animales necesitan para realizar sus movimientos a través de los paisajes ganaderos (Cuadro 2).

Por otra parte, el establecimiento de nuevas cercas vivas en los potreros, hace que se dividan grandes áreas de pasturas en áreas de pasturas más pequeñas (apartos) y además se crea una red de cercas en la finca que mejora la conectividad del paisaje y disminuye el aislamiento de los fragmentos de bosques en el paisaje (Harvey et al. 2004, Chacón y Harvey in press).

Sin embargo, para la conservación de la biodiversidad en fincas, no es posible únicamente con siembra de árboles, sino que se debe realizar una buena planificación de los usos de la tierra en la finca y realizar prácticas de manejo amigables como el ambiente (Figura 3).

## Consideraciones finales

La cobertura arbórea en la finca, ya sea como sistemas silvopastoriles (árboles dispersos en potreros o cercas vivas), plantaciones forestales, conservación de bosques naturales o regeneración natural (charrales y tacotales), poseen un alto potencial para la conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas en paisajes fragmentados.

El aumentar la cobertura arbórea dentro de la finca se están dando mayores posibilidades para que los organismos obtengan refugio, alimento y sitios para anidar y reproducirse. Además, el aumento de cobertura arbórea hace un paisaje más heterogéneo en donde hay diferentes usos de la tierra en lugar de solo tener potreros sin árboles. Por último, las cercas vivas mejoran la conectividad de las fincas dentro de ellas como en el paisaje en general.

La cobertura arbórea resulta ser un opción sencilla y comprobada para conservar la biodiversidad y mejorar la productividad de las fincas mediante un manejo sostenible de los recursos naturales.

## Bibliografía

American Bird Conservancy, 2005. Proyecto Regional Nicaragua, Costa Rica, Colombia: Enfoques Silvopastoriles Integrados para el Manejo de Ecosistemas. Informe de línea base del monitoreo de biodiversidad. 243 p.

Brack, A. 2004. Diversidad biológica y mercados. En línea: [www.sepia.org.pe/sepia/Sepia%20VIII/Brack%20\(Sepia%208\).pdf](http://www.sepia.org.pe/sepia/Sepia%20VIII/Brack%20(Sepia%208).pdf), consultado en mayo de 2005.

Camargo, J. C. 1999. Factores ecológicos y socioeconómicos que influyen en la regeneración natural de *Cordia alliodora* ((Ruíz y Pavón) Oken) en sistemas silvopastoriles del trópico húmedo y subhúmedo de Costa Rica. Tesis Mag. Sc. Turrialba. Costa Rica. CATIE. 159 p.

Chacón, M., Harvey, C.A. Live fences and landscape connectivity in a neotropical agricultural landscape. *Agroforestry System* in press.

Esquivel, M.J. 2005. Riqueza y diversidad de plántulas de árboles y arbustos en potreros activos con diferente composición de pasturas y diferente historia de uso de quemadas, en el municipio de Muy Muy, Matagalpa, Nicaragua. Tesis Mag. Sc. Turrialba. Costa Rica. CATIE. 127 p.

Forman, R. T. and J. Baudry. 1984. Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology. *Environmental Management*, 8(6): 495-510.

González del Tángano, M. Tángano. 2002. Las riberas, elementos clave del paisaje y en la gestión del agua. Dpto. Ing. Forestal. Universidad de Madrid. En Línea: [http://www.us.es/ciberico/archivos\\_acrobat/zarapongtanago.pdf](http://www.us.es/ciberico/archivos_acrobat/zarapongtanago.pdf).

Guariguata M. R., Rheingans R. y Montagnini F. 1995. Early woody invasion under tree plantations in Costa Rica: implications for forest restoration. *Restoration Ecology* 3(4): 252-260.

Harvey, C. A. 2001. La conservación de la biodiversidad en sistemas silvopastoriles.

- Simposio Internacional sobre Sistemas Silvopastoriles y Segundo Congreso sobre Agroforestería y Producción de Gado en América Latina, San José, Costa Rica, 2001 p80-87.
- Harvey, C. A., C.F. Guindon, W. A. Haber, D. Hamilton DeRosier, and K.G. Murray. 2000. The importance of forest patches, isolated trees and agricultural windbreaks for local and regional biodiversity: the case of Monteverde, Costa Rica. XXI IUFRO World Congress, 7-12 August 2000, Kuala Lumpur, Malaysia, International Union of Forestry Research Organizations, Subplenary sessions, Vol 1: p 787-798.
- Harvey, C.A. and W. A. Haber. 1999. Remnant trees and the conservation of biodiversity in Costa Rican pastures. *Agroforestry Systems*, 44: 37-68.
- Harvey, C.A., Haber, W.A., Mejias, F., Solano, R., 1998. Remnant trees in Costa Rican pastures. Tools for conservation? *Agroforestry Trees* July-Sept. 1998, 7-9.
- Harvey, C.A.; Villanueva, C.; Villacís, J.; Chacón, M.; Muñoz, M.; López, M.; Ibrahim, I.; Gomez, R.; Taylor, R.; Martínez, J.; Navas, A.; Sáenz, J.; Sánchez, D.; Medina, A.; Vilchez, S.; Hernández, B.; Pérez, A.; Ruiz, F.; López, F.; Lang, I.; Kunth, S. y Sinclair, F.L. 2003. Contribución de las cercas vivas a la productividad e integridad ecológica de los paisajes agrícolas en América Central. *Revista Agroforestería en las Américas*, 10 (39/40): 30-39.
- Harvey C.A., Alpizar F., Chacón M. and Madrigal R. 2005. Assessing linkages between Agriculture and Biodiversity in Central America: Historical overview and Future perspectives. *Mesoamerican and Caribbean Region, Conservation Science Program. The Nature Conservancy (TNC), San Jose, Costa Rica*. 140 pp.
- Ibrahim, M. y Camargo, J.C. 2001. Como aumentar la regeneración de árboles maderables en potreros? *Agroforestería en las Américas*. 8 (32): 35-41.
- Ibrahim, M., A. Camero, J. Camargo y H. Andrade. 2003. Sistemas Silvopastoriles en América Central. *Experiencias de CATIE*. En Línea: <http://www.cipav.org.co/redagrofor/memorias99/IbrahimM.htm>
- Ibrahim, M., Camero, A., Camargo J. C. y Andrade, H. 2000. Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE. *Revista Agroforestería de las Américas*.
- Ibrahim, M., Camero, A., Camargo J. C. y Andrade, H. 2000. Sistemas Silvopastoriles en América Central: Experiencias de CATIE. *Revista Agroforestería de las Américas*.
- Ibrahim, M., Casasola, F., Tobar, D., Villanueva, C. 2005. Buenas prácticas para la conservación de la biodiversidad en fincas ganaderas. *Serie de cuadernos de campo No. 5*
- Kremen, C. Merenlender A. & Murphy, D. 1994. Ecological monitoring: a vital need for integrated conservation and development programs in the tropic. *Conservation Biology* 8(2):388-397.
- Montagnini F. 2001. Strategies for the recovery of degraded ecosystems: experiences from Latin America. *Interciencia* 26(10): 498-503.
- Murcia, C. 1995. Edge effects in fragmented forest: implications for conservations. *Trends in Ecology and Evolution*. 10:58-62.
- Noss, R. 1994. Cows and conservation biology. *Conservation Biology*, 8(3): 613-616.
- Restrepo, C. 2002. Relaciones entre la cobertura arbórea en potreros y la producción bovina en fincas ganaderas en el trópico seco, Cañas, Costa Rica. M Sc Tesis, Turrialba, CR, CATIE. 102 p.
- Stiles, G. 1985. Conservation of forest birds in Costa Rica: problems and perspectives. En: *Conservation of Tropical Forest Birds*. International Council for Bird Preservation. Technical Publication No. 4
- Tacón, A. 2004. Conceptos generales para la conservación de la biodiversidad. Proyecto: Ecorregión Valdiviana: Mecanismos Público-Privados para la Conservación de la Biodiversidad en la Décima Región "CIPMA, Valdivia, Chile. 28 p.

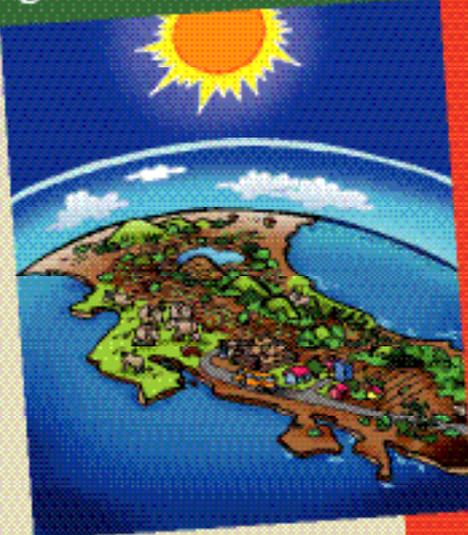
1 Investigadores del Grupo Ganadería y Ambiente, Departamento de Agricultura y Agroforestería, Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). Correo electrónico para correspondencia [dtobar@catie.ac.cr](mailto:dtobar@catie.ac.cr)

# Publicaciones de CEDECO sobre Gases de Efecto Invernadero

Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense



"Determinación de la emisión de gases con efecto invernadero y fijación de CO<sub>2</sub> en fincas agroecológicas"



San José, Costa Rica 2004

## INFORMACION

[www.cedeco.or.cr](http://www.cedeco.or.cr)

La dirección

[www.cedeco.or.cr/investigacion.htm](http://www.cedeco.or.cr/investigacion.htm)

trata específicamente el tema abordado por la revista Aportes N° 132 de forma más amplia.

CORPORACIÓN EDUCATIVA PARA EL DESARROLLO COSTARRICENSE



## "GASES DE EFECTO INVERNADERO Y AGRICULTURA ORGÁNICA"

Proyecto de investigación de emisión de gases de efecto invernadero y fijación de carbono en Fincas Orgánicas.

Tercer Separata Informativa.



### QUE ES CEDECO:

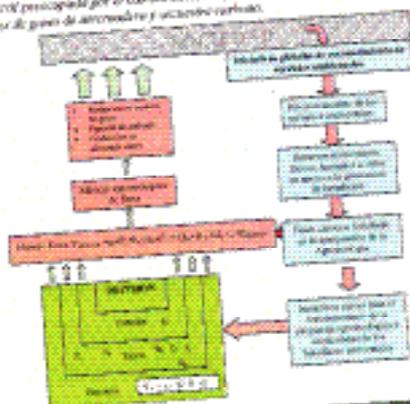
La Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (CEDECO), fue fundada en 1984. Es una organización con el fin de tener presente por cada vez más a los productores y consumidores orgánicos en la promoción de procesos, iniciativas y proyectos tendientes al desarrollo de agricultores orgánicos y al desarrollo sustentable.



### PROPUESTA METODOLÓGICA:

CEDECO es una organización que no se especializa en la investigación, sino que promueve a los pequeños productores orgánicos en contextos globales. En conjunto se generan experiencias para el reconocimiento de servicios ambientales por sus fincos orgánicos.

Esta investigación se centró en un modelo de finca donde se cultivan de las frutas orgánicas. El modelo involucra la toma de decisiones en la finca y sus beneficiarios. Se debe observar cuidadosamente para establecer un punto clave de análisis que permita evaluar por el cambio climático y otros organismos orgánicos que reduce emisiones de gases de invernadero y captura carbono.



### CONTACTOS:

Miguel Ángel y Andrea Castro  
Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense, CEDECO  
Avenida 20 y 21, San José, Costa Rica  
TEL: (506) 221 71 00, FAX: (506) 221 14 04  
[www.cedeco.or.cr](http://www.cedeco.or.cr)  
cedeco@cedeco.or.cr

Proyecto de Investigación

