



# Fijación de carbono y agricultura orgánica

JONATHAN CASTRO

Evidencias científicas señalan una insostenibilidad en el mediano y largo plazos de las actuales formas de uso de los recursos naturales. Ya en 1996, el Panel Intergubernamental de Expertos en Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés) concluyó que “el balance de evidencias sugiere que hay una influencia humana perceptible en el clima global”. El calentamiento global se ha convertido en inagotable tema de discusión en los ámbitos político, científico y económico, pero aun desarticulado.

La investigación que se ha generado alrededor del tema del calentamiento global ha sido basta y abarca una amplia diversidad de temas, a pesar de lo cual aún quedan inexploradas áreas clave. La sociedad civil no ha definido claramente sus responsabilidades respecto del cambio climático, y el desarrollo de la investigación de éste, la asignación de responsabilidades y las estrategias de mitigación no profundizan en el rol fundamental que puede jugar la sociedad en colectivo frente al cambio global. Ante tal panorama resulta necesaria la profundización en el análisis y definición de alternativas integrales capaces de generar propuestas de solución en el mediano y el largo plazos a los desafíos planteados.

En 2003, la Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense (Cedeco), con el apoyo del Instituto Humanista de Cooperación con Países en Desarrollo de los Países Bajos (Hivos), emprendió 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 sobre él obligaron a generar un enfoque propio ([www.cedeco.or.cr/investigacion.htm](http://www.cedeco.or.cr/investigacion.htm)). La investigación desarrollada incluye el análisis de aspectos físicos, químicos y biológicos directamente vinculados con la dinámica de gases, así como los criterios sociales y económicos que determinan el manejo de las fincas orgánicas. Se intentó, mediante un modelo de análisis socioeconómico, validar el papel de las fincas orgánicas en la generación de servicios ambientales de menor emisión de gases, mayor fijación de carbono, conservación de biodiversidad y generación de beneficios sociales y económicos para las familias campesinas vinculadas con la producción orgánica.

Con base en criterios de diversidad natural, social y económica en regiones de trabajo de Cedeco -en tanto promotora de la agricultura orgánica en el país-, se realizó una selección estratégica de fincas a incluir en la investigación, escogiéndose fincas de producción de café, de caña de azúcar, de hortalizas, de productos pecuarios y fincas orgánicas integrales como unidades representativas que, a la vez, contribuyen a la metodología que se construye.

La investigación buscó construir una metodología de análisis integral del rol de la agricultura orgánica (basándose en estudios en fincas) en la dinámica de gases de efecto invernadero y la producción de alimentos sanos: un análisis integral del aporte de las fincas orgánicas de pequeños productores en la solución de un problema global, incorporando los aspectos sociales y económicos que interactúan con los resultados biológicos.

Uno de los aportes más importantes de la investigación es la evaluación de variables sociales y económicas. Se reconoce que el tránsito de un productor hacia la agricultura orgánica no es un evento fortuito, y que tal tránsito se ve influenciado por condiciones del contexto que promueven o limitan la adopción de un manejo orgánico. Asimismo, los beneficios ambientales investigados se ven influenciados por estas variables.

Mediante un modelo de análisis estadístico se trata de identificar, categorizar y cuantificar el peso de variables fisicoquímicas, biológicas y socioeconómicas en las que están inmersos los sistemas de producción. Así, del modelo, con el insumo del estudio directo en fincas, se derivará elementos sobre las condiciones que ejercen su influencia sobre las fincas agroecológicas y su transformación en beneficios ambientales (menor emisión de gases, fijación de carbono y producción de alimentos sanos).

*Emisión de gases con efecto invernadero desde el suelo:* El óxido di nitroso ( $N_2O$ ) es un potente gas de efecto invernadero, y los suelos, y en especial los dedicados a labores agrícolas, se comportan como fuente de este gas. Las actividades agrícolas influyen en el proceso de emisión de óxido di nitroso a la atmósfera desde el suelo, principalmente por la adición de nitrógeno por medio de fertilización y abonamiento. Técnicas de la agricultura

---

El autor, ingeniero agrónomo, es coordinador nacional de la investigación Gases de Invernadero y Agricultura Orgánica de Cedeco (Corporación Educativa para el Desarrollo Costarricense).

orgánica como la cobertura vegetal, el abonamiento orgánico y la labranza de conservación alteran las condiciones físicas y químicas del substrato edáfico y cambian los flujos de gases hacia la atmósfera. La investigación ha basado su estudio en el seguimiento de las actividades productivas y la adaptación de metodologías reconocidas internacionalmente para determinar indirectamente diferencias en emisión de óxido di nitroso desde el suelo.

De las evaluaciones realizadas en la investigación es posible observar los siguientes resultados:

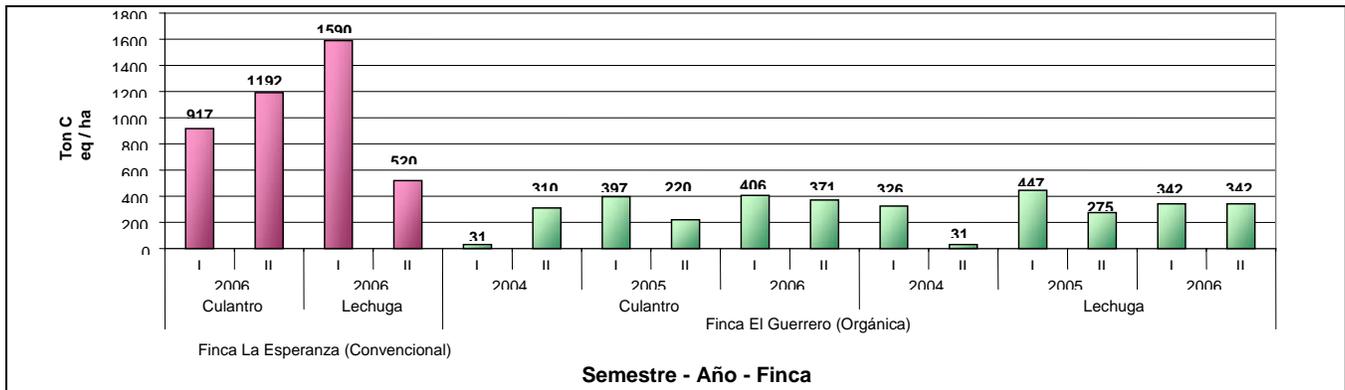


Figura 1. Emisión de carbono equivalente a partir de fertilización nitrogenada en producción de hortalizas de dos sistemas de producción (orgánico y convencional) en Zarcero, Costa Rica.

La emisión de gases desde el suelo confirma las tendencias esperadas. Las fincas orgánicas de producción de hortalizas (El Guerrero) mantienen niveles de emisión de carbono equivalente en el orden de las 500 toneladas por hectárea por ciclo. Por su lado, una finca convencional (La Esperanza) se encuentra con emisiones de hasta 1.500 toneladas de carbono equivalente por ciclo.

**Eficiencia energética de cultivos orgánicos y fincas integrales:** En la agricultura se usa energía directamente, por ejemplo utilizando máquinas, e indirectamente, aplicando productos industriales que requieren energía durante la producción y el transporte. La utilización de energía está muy relacionada con la quema de combustible fósil y otras actividades que emiten gases de efecto invernadero. Subsecuentemente, los sistemas de alimentación modernos enfrentan dos problemas mayores desde el punto de vista energético: primero, un aumento de la dependencia de combustible fósil y, segundo, la decreciente eficiencia energética de la producción. El proyecto de investigación ha rescatado las prácticas de producción orgánica que buscan disminuir dependencias externas de insumos y potencian el ciclaje interno de la energía. Se ha valorado en equivalentes energéticos las dinámicas de producción y su eficiencia en los cultivos. Esta información es el punto de partida para el análisis mediante el programa informático conocido como *sistema para el análisis de la eficiencia energética en fincas integrales* desarrollado por el Instituto de Investigación de Pastos y Forrajes de Cuba.

Los datos de eficiencia energética demuestran una tendencia similar entre las fincas. Las fincas de producción La Loma y Los Bobos (orgánicas) demuestran una baja demanda energética externa en su totalidad, en un rango de 200 a 4.000 megacalorías. Contrastando con la demanda de sistemas convencionales (como la finca Bernardo Naranjo) que, en promedio, demandan 12.800 megacalorías para su desempeño y producción.

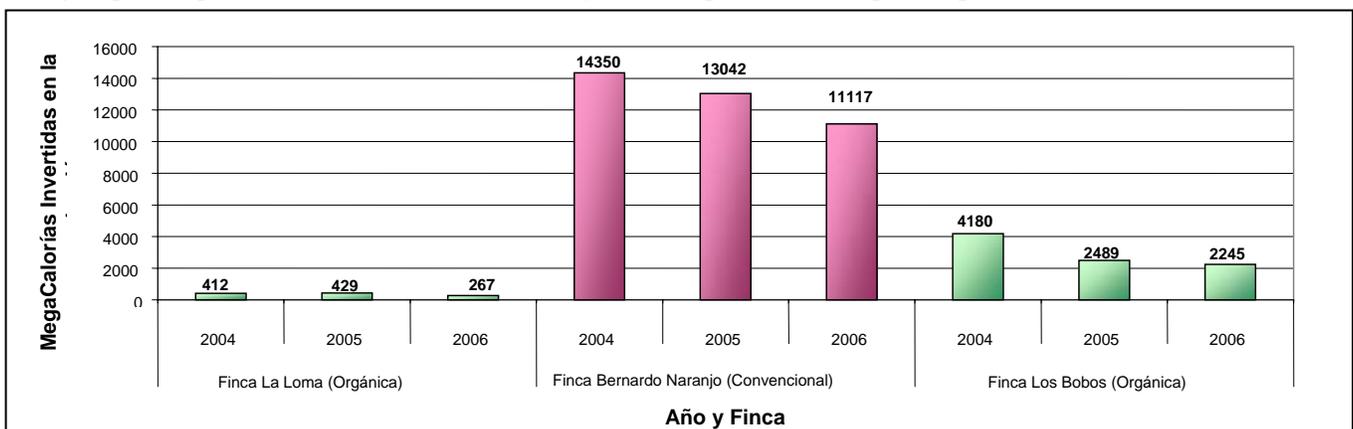


Figura 2. Inversión energética de la producción de café en sistemas orgánicos y convencionales en Caraigres, Costa Rica.

**Fijación de carbono en suelos:** El suelo también juega un papel fundamental como reservorio de carbono. Parte de la materia orgánica (sinónimo de carbono) que se acumula en la superficie del suelo se descompone y se incorpora a las capas profundas e intermedias del suelo. La intensidad de cultivo y las prácticas agronómicas (como el manejo de vegetación acompañante, la adición de materiales y abonos orgánicos 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. La investigación ha podido determinar el contenido de carbono existente en diferentes sistemas de producción a través de una evaluación exhaustiva de los suelos.

La acumulación de carbono en sistemas de producción hortícola no muestra una tendencia determinada, lo que se explica en gran parte por la diversidad de suelos que se presentan entre las fincas analizadas. Sin embargo, es interesante el contraste en la distribución del carbono almacenado en el suelo. En la finca orgánica J&B se demuestra que un 37 por ciento de su carbono está acumulado a más de 50 cm de profundidad, contrastando con la finca La Esperanza, donde tan solo un 17 por ciento está a más de 50 cm, situación que había sido descrita también en las evaluaciones de las fincas de café. Esto orienta al almacenamiento de ese carbono a un mayor plazo.

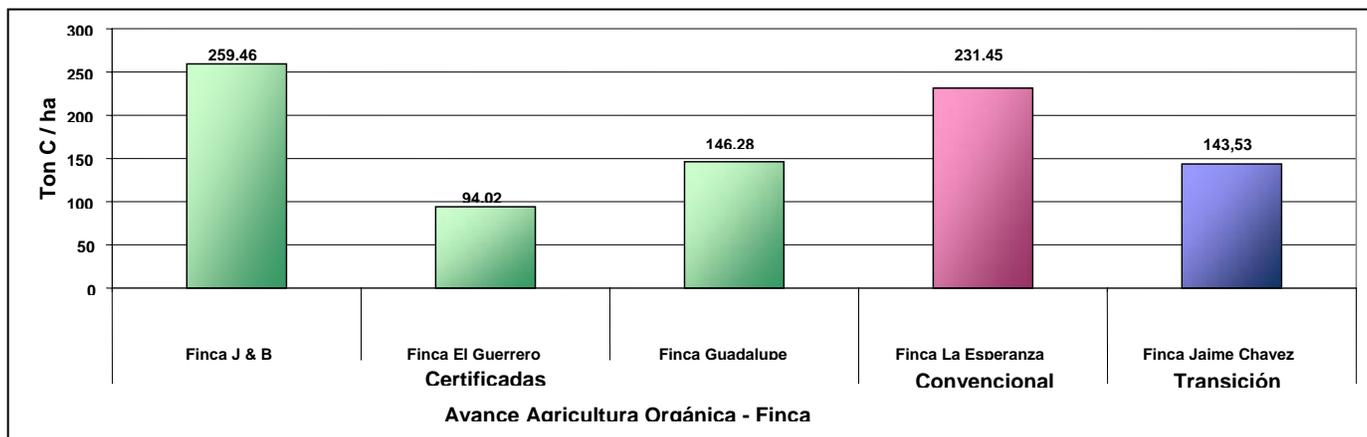


Figura 3. Toneladas de carbono orgánico por hectárea a un metro de profundidad en sistemas de producción de hortalizas según avance en producción orgánica y finca.

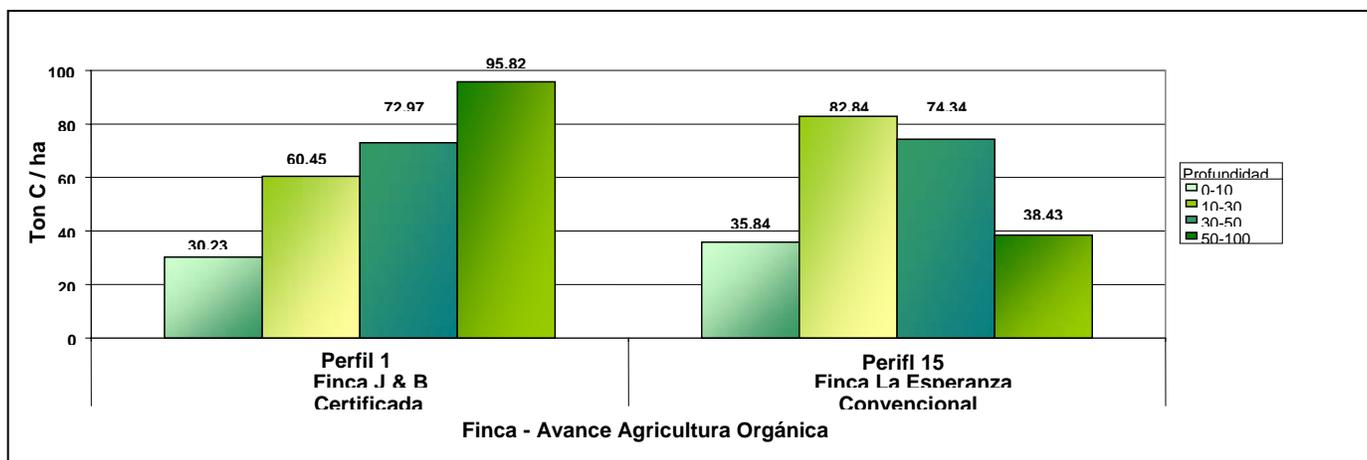


Figura 4. Distribución del carbono orgánico en toneladas por hectárea a través del perfil del suelo hasta un metro de profundidad en dos sistemas de producción de hortalizas en Zarcero, Costa Rica.

**Análisis biológico de suelos:** La composición biológica del suelo, su diversidad y su calidad están directamente relacionadas con procesos de emisión y fijación de gases de invernadero (i.e. emisión de N<sub>2</sub>O y fijación de carbono) y en las decisiones de manejo del sistema. La investigación incorpora, recientemente, la evaluación de la población biológica de suelos agrícolas y en ambientes indisturbados (bosques) en términos de cantidad, calidad y especificidad de organismos. La investigación evalúa el impacto de las prácticas agrícolas en la biología del suelo y su relación con la lógica de manejo de los sistemas agrícolas y su aporte a la mitigación de gases de invernadero.

**Análisis socioeconómico:** El proyecto hace una selección estratégica de fincas en diferentes condiciones ambientales, sociales y económicas, y las agrupa según grados de avance hacia la producción orgánica. Ya se ha avanzado en

la determinación de variables que influyen el manejo orgánico de las fincas, las cuales se integran en un modelo de análisis matemático que permitirá la ubicación de elementos clave que influyen la transición de una finca orgánica respecto de la emisión de gases y fijación de carbono, fundamentales para brindar criterios políticos que permitan apoyar la transformación de las finca.

Con base en las orientaciones determinadas por la investigación y el avance en cada una de las áreas de medición, se ha podido generar una concepción acerca del modelo de análisis ideal que sería la base para el estudio de cada una de las variables dependientes (Y): emisión de gases a la atmósfera (CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>), rescate de carbono, uso eficiente de la energía. El uso de este modelo matemático ideal depende de que se cuente con la información precisa (en cuanto a cantidad y calidad) de todos los niveles de los factores en estudio.

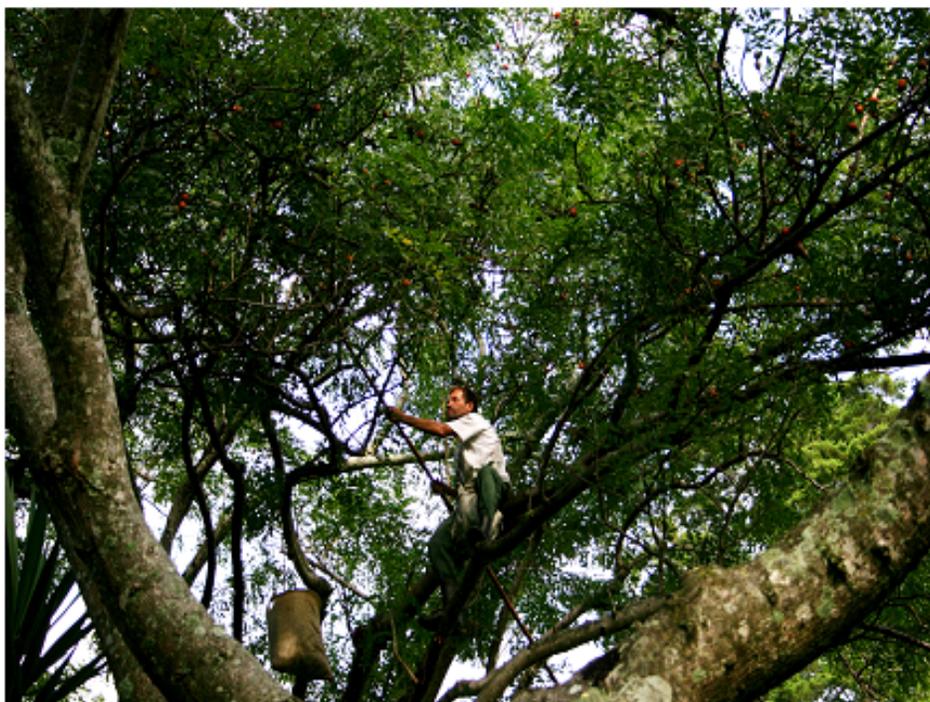
$$Y_{ijklmno} = \mu + P_i + E_j + S_k + F_l + Q_m + B_n + D_o + C_{ijklmno}$$

[Y<sub>ijklmno</sub>: valor de cada variable dependiente en los niveles ijklmno de cada factor fijo del estudio. M: media poblacional. Pi: efecto debido al nivel de sistema de producción en estudio, donde se contempla orgánicos, transición y convencionales. Ej: efecto debido al nivel económico en estudio. Sk: efecto debido al nivel social en estudio. Fl: efecto debido al nivel de variables físicas en estudio. Qm: efecto debido al nivel de variables químicas en estudio. Bn: efecto debido al nivel de variables biológicas en estudio. Do: efecto debido al nivel biodiversidad en estudio. C<sub>ijklmno</sub>: error aleatorio.]

Se mantendrá un monitoreo y una actualización constantes de las metodologías de medición según las orientaciones de los organismos internacionales acreditados (IPCC, UNFCCC-MDL-EB y otros) en áreas afines a las propuestas de evaluación de investigación de Cedeco. Sistemáticamente, se incorporará métodos y técnicas internacionalmente reconocidas a las generadas desde esta investigación.

A raíz de la escasa información y referencias para enriquecer y seleccionar variables adecuadas, se ha contactado otras organizaciones: el Centro Ecológico de Brasil y el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas de Cuba, con las que se pretende desarrollar procesos paralelos de investigación que incorporen, para el caso de Brasil, otras actividades orgánicas, arroz, banano y cítricos, y, para el caso de Cuba, fincas orgánicas integrales y producción animal, con el propósito de desarrollar un intercambio metodológico entre los tres procesos.

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 de seguimiento y de más observaciones para validar variables, hacer recomendaciones e incorporar las fincas orgánicas al reconocimiento de servicios ambientales.



Finca orgánica Los Bobos, Aserri

