

- Leach, M; Mearns, R. Ed. 1996. The lie of the land: challenging received wisdom on the African environment. Portsmouth, NH, Heinemann.
- Leach, M; Mearns, R; Scoones, I. 1999. Environmental entitlements: dynamics and institutions in community-based natural resource management. *World Development* 27(2):225-247.
- Lok, R. Ed. 1998. Huertos caseros tradicionales de América Central: características, beneficios e importancia, desde un enfoque multidisciplinario. Turrialba, Costa Rica CATIE/AGUILA/IDRC/ETC.
- Long, N. 1992. From paradigm lost to paradigm regained? the case for an actor oriented sociology of development. In Long, N; Long, A. Ed. *Battlefields of knowledge: the interlocking of theory and practice in social research and development*. London, Routledge. p. 16-46.
- Long, N; Long, A. Ed. 1992. *Battlefields of knowledge: the interlocking of theory and practice in social research and development*. London, Routledge.
- Long, N; van der Ploeg, JD. 1994. Heterogeneity, actor and structure: towards a reconstruction of the concept of structure. In Booth, D. Ed. *Rethinking social development: theory, research and practice*. pp. 62-89. Longman Scientific and Technical: Essex, UK.
- Méndez, VE. 2000. An assessment of tropical homegardens as examples of local sustainable agroforestry systems. In Gliessman, SR Ed. *Agroecosystem sustainability: developing practical strategies*. Boca Raton FL, USA, CRC Press. p. 51-66.
- Méndez, VE. 2002. Traditional shade, rural livelihoods, and conservation in small coffee farms and cooperatives of Western El Salvador. Ph.D. Thesis. Santa Cruz, EUA, Department of Environmental Studies, University of California. (En preparación).
- Méndez, VE; Lok, R; Somarriba, E. 2001. Interdisciplinary analysis of homegardens in Nicaragua: micro-zonation, plant use and socioeconomic importance. *Agroforestry Systems* 51(2):85-96.
- Méndez, VE; Overpeck, D. 2000. Participatory research approaches in natural resource management: literature review summary and annotated bibliography. Environmental Studies Department, University of California. Paper prepared for the Graduate Seminar on Environmental Governance Santa Cruz.
- Mosse, D. 1998. Process oriented approaches to development practice and social research. In Mosse, D; Farrington, J; Rew, A. Ed. *Development as process: concepts and methods for working with complexity*. London, Routledge.
- Nair, PKR. 1993. An introduction to agroforestry. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Press/ICRAF.
- Nair, PKR. 2001. Do tropical homegardens elude science, or is it the other way around? *Agroforestry Systems* 53:239-245.
- National Research Council. 1993. *Sustainable agriculture and the environment in the humid tropics*. Washington, National Academy Press.
- Norgaard, RB; Sikor, TO. 1995. The methodology and practice of agroecology. In Altieri, MA. Ed. *Agroecology: the science of sustainable agriculture*. Boulder, USA, Westview Press.
- Peet, R; Watts, M. Ed. 1996. *Liberation ecologies*. London, Routledge.
- Power, AG. 1999. Linking ecological sustainability and world food needs. *Environment, Development and Sustainability* 1:185-196.
- PRISMA. 1995. El Salvador: dinamica de la degradacion ambiental. San Salvador, El Salvador PRISMA.
- Redclift, M. 1987. *Sustainable development: exploring the contradictions*. London, UK, Methuen.
- Rocheleau, DE. 1994. Participatory research and the race to save the planet: questions, critique, and lessons from the field. *Agriculture and Human Values* 11 (Spring-Summer):4-25.
- Rocheleau, DE. 1999. Confronting complexity, dealing with difference: social context, content and practice in agroforestry. In Buck, LE; Lassoie, JP; Fernandes, ECM. Ed. *Agroforestry in sustainable agricultural systems*. Boca Raton, FL, Lewis. p. 191-236.
- Scoones, I. 1999. The new ecology and the social sciences: what prospects for a fruitful engagement? *Annual Review of Anthropology* 28:479-507.
- Selener, D. 1997. *Participatory action research and social change*. New York, Cornell University Press.
- Thrupp, LA. 1990. Environmental initiatives in Costa Rica: a political ecology perspective. *Society and Natural Resources* 3:243-356.
- Thrupp, LA. 1993. Political ecology of sustainable rural development: dynamics of social and natural resource degradation. In Allen, P. Ed. *Food for the future: conditions and contradictions of sustainability*. New York, John Wiley. p. 47-74.
- Tilman, D; Knops, J; Wedin, D; Reich, P; Ritchie, M; Siemann, E. 1997. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes. *Science*:1300-1302.
- Tilman, D; Wedin, D; Knops, J. 1996. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystems. *Nature* 379:718-720.
- Torquëbiau, E. 1992. Are tropical agroforestry home gardens sustainable? *Agriculture, Ecosystems and Environment* 41:189-207.
- Vandermeer, JH. 1995. The ecological basis of alternative agriculture. *Annual Review of Ecological Systems* 26:201-224.
- Woodgate, G. 1991. Agroecological possibilities and organizational limits: some initial impressions from a Mexican case study. In Goodman, D; Redclift, M. Ed. *Environment and development in Latin America: the politics of sustainability*. Manchester, Manchester University Press. p. 155-183.
- Zimmerer, KS. 1996. Changing fortunes: biodiversity and peasant livelihoods in the Peruvian Andes. Berkeley, USA, University of California Press.

## Un método agroecológico rápido para la evaluación de la sostenibilidad de cafetales

Miguel A. Altieri<sup>1</sup>  
Clara Inés Nicholls<sup>1</sup>

**RESUMEN.** Se propone una metodología para estimar la calidad del suelo y la salud de un cultivo, utilizando indicadores sencillos de emplear. Con base en la estimación de estos indicadores, el productor y el investigador pueden determinar el estado agroecológico de la plantación. Con los valores obtenidos para cada indicador se construyen diagramas tipo "ameba", que permiten visualizar el estado general de la calidad del suelo y la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 10, óptimo) el sistema es más sostenible. La metodología, aunque fue diseñada para café, es aplicable a otros agroecosistemas. Además permite estimar la sostenibilidad en forma comparativa o relativa, monitoreando la evolución de un mismo agroecosistema a través del tiempo, o comparando dos o más agroecosistemas con diferente manejo o estados de transición.

**Palabras clave:** Café, Manejo sostenible, Agroecología.

**ABSTRACT. A rapid agroecological method for the evaluation of sustainability in coffee plantations.** This paper describes a simple methodology to estimate soil quality and crop health as a set of indicators that provide an assessment of the agroecological status of coffee systems. With the obtained ranked values of each indicator, it is possible to design amoebas that allow visualization of the level of soil quality and crop health of each agroecosystem. The methodology involves a participatory activity in which farmers play a key role, and is applicable to a broad range of agroecosystems. It allows to monitor the status of an agroecosystem through time or compare various agroecosystems under various management regimes or undergoing various stages of conversion.

**Key Words:** Coffee, Sustainable management, Agroecology.

### Introducción

Muchos agricultores realizan la conversión del sistema de café convencional de monocultivo, manejado con insumos sintéticos a sistemas más diversificados, que incluyen árboles de sombra, con el objetivo de lograr una producción de calidad, estable en el tiempo y menos dependiente de insumos externos, lo cual reduce los costos de producción y favorece la conservación de los recursos naturales de la finca, tales como suelo, agua y biodiversidad (Altieri 1995).

El objetivo final de los investigadores que desarrollan y promueven técnicas de manejo orgánico, es llegar a diseñar agroecosistemas con gran resistencia a

plagas, buena capacidad de reciclaje y de retención de nutrientes, así como altos niveles de biodiversidad (Gliessman 1998). Un sistema más diversificado, con un suelo rico en materia orgánica y biológicamente activo es considerado un sistema no degradado, robusto y productivo. En otras palabras, un agroecosistema de café, rico en biodiversidad, la cual, a partir de una serie de sinergismos contribuye con la fertilidad edáfica, la fitoprotección y la productividad del sistema, se considera *sustentable o saludable* (Fernández y Muschler 1999).

Uno de los desafíos que enfrentan tanto agricultores, como extensionistas e investigadores es saber

<sup>1</sup> Universidad de California, Berkeley, California, Estados Unidos. agroeco3@nature.berkeley.edu

¿cuándo un agroecosistema puede ser considerado saludable?, o ¿en qué estado de salud se encuentra, después de que se ha iniciado la conversión a un manejo agroecológico? Los investigadores que trabajan en agricultura sostenible han propuesto una serie de indicadores de sostenibilidad para evaluar el estado de los agroecosistemas (Gómez *et al.* 1996, Maserá *et al.* 1999). Algunos indicadores consisten en observaciones o mediciones que se realizan a nivel de finca para determinar la fertilidad y conservación del suelo y si las plantas están sanas, vigorosas y productivas.

En este artículo se presenta una metodología para el diagnóstico de la calidad del suelo y la salud del cultivo en plantaciones de café usando indicadores sencillos. Se utilizan indicadores específicos para los cafetales de la zona de Turrialba, Costa Rica, aunque con algunas modificaciones, esta metodología puede ser aplicada a una gran diversidad de agroecosistemas en otras regiones. Los indicadores utilizados se seleccionaron porque son fáciles y prácticos de utilizar por los agricultores. Además, son precisos y fáciles de interpretar, sensitivos a los cambios ambientales y al impacto de las prácticas de manejo sobre el suelo y el cultivo, integran propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo y pueden relacionarse con procesos del ecosistema, por ejemplo determinan la relación entre diversidad vegetal y estabilidad de poblaciones de plagas (Altieri 1994).

No hay duda de que muchos productores de café poseen sus propios indicadores para estimar la calidad del suelo o el estado fitosanitario de su cultivo. Algunos reconocen ciertas malezas que indican, por ejemplo, la presencia de un suelo ácido o infértil. Para otros, la presencia de lombrices de tierra es un signo de un suelo vivo, y el color de las hojas refleja el estado nutricional de las plantas. En una zona como Turrialba, se podría compilar una larga lista de indicadores locales. No obstante, muchos de estos indicadores son específicos para un sitio y cambian de acuerdo al conocimiento de los agricultores o a las condiciones de cada finca, por lo cual dificultan las comparaciones entre fincas.

Ante esta situación, se seleccionaron indicadores de calidad de suelo y de salud del cultivo, relevantes para los agricultores y las condiciones biofísicas de los cafetales de la zona de Turrialba. Con la definición de estos indicadores, el procedimiento para evaluar la sostenibilidad es similar, independientemente de la diversidad de situaciones que existen en las fincas de la región. La *sostenibilidad* se define entonces como un

conjunto de requisitos agroecológicos que deben ser satisfechos por cualquier finca, independiente de las diferencias en manejo, nivel económico, posición en el paisaje, etc. Como todas las mediciones realizadas se basan en los mismos indicadores, los resultados son comparables, facilitando el estudio de cada agroecosistema a través del tiempo, o comparaciones entre fincas en varios estados de transición. Quizás lo más importante, es que una vez aplicados los indicadores, cada agricultor puede visualizar el estado de su finca, determinando para cada atributo del suelo o de las plantas, el estado con relación a un umbral preestablecido. Cuando la metodología se aplica en varias fincas, resulta muy útil para los agricultores porque les permite comprender las razones por las cuales algunas fincas tienen una respuesta ecológica superior a otras, y que medidas implementar para mejorar aquellos aspectos en que los indicadores mostraron valores bajos.

### Los indicadores de sostenibilidad

Una vez definidos los requerimientos de sostenibilidad de los cafetales (diversidad de cultivos, cobertura de suelo, cantidad adecuada de materia orgánica, baja incidencia de plagas, entre otros), se seleccionaron diez indicadores de calidad de suelo y diez de salud del cultivo. Estos indicadores fueron discutidos con los miembros de la Asociación de Productores Orgánicos de Turrialba (APOT) y validados en cinco fincas de productores miembros de esa asociación APOT. Esta evaluación fue realizada por los autores y por 18 profesionales que atendieron un curso internacional de agroecología realizado en CATIE, Turrialba en agosto del 2001.

Cada indicador se estima en forma separada y se le asigna un valor de 1 a 10 (siendo 1 el valor menos deseable, 5 un valor medio y 10 el valor deseado) de acuerdo a las características que presenta el suelo o el cultivo, y los atributos a evaluar para cada indicador (Cuadro 1). Por ejemplo, en el caso del indicador estructura de suelo, se asigna un valor de 1 a suelos polvosos, sin gránulos (o agregados) visibles, un valor de 5 a suelos con cierta estructura granular, y cuyos gránulos se rompen con una presión suave de los dedos, y valor 10 a suelos granuloso, con agregados que mantienen su forma aún después de humedecidos y sometidos a una presión leve. Los valores entre 1 y 5 o 5 y 10 se asignan según las características observadas. Cuando un indicador no aplica para la situación, no se evalúa, o si es necesario, se reemplaza por otro que el investigador y el agricultor estimen más relevante.

Cuadro 1. Indicadores de calidad de suelo y salud de las plantas en cafetales, con sus características y valores correspondientes

Característica y valor establecido*	Valor campo
<b>CALIDAD DE SUELO</b>	
<b>1. Estructura</b>	
Suelo polvoso, sin granulos visibles (1)	
Suelo suelto con pocos gránulos que se rompen al aplicar presión suave (5)	
Suelo friable y granular, los agregados, mantienen la forma después de aplicar presión suave, aún humedecidos (10)	
<b>2. Compactación e infiltración</b>	
Compacto, se anega (1)	
Presencia de capa compacta delgada, el agua se filtra lentamente (5)	
Suelo no compacto, el agua se filtra fácilmente (10)	
<b>3. Profundidad del suelo</b>	
Subsuelo casi expuesto (1)	
Suelo superficial delgado, con menos de 10 cm (5)	
Suelo superficial más profundo, con más de 10 cm (10)	
<b>4. Estado de residuos</b>	
Presencia de residuos orgánicos que no se descomponen o lo hacen muy lentamente (1)	
Se mantienen residuos del año anterior, en proceso de descomposición (5)	
Residuos en varios estados de descomposición, residuos viejos bien descompuestos (10)	
<b>5. Color, olor y materia orgánica</b>	
Suelo pálido, con mal olor o químico, y no se observa la presencia de materia orgánica o humus (1)	
Suelo pardo claro o rojizo, con poco olor y con algún grado de materia orgánica o humus (5)	
Suelo de negro o pardo oscuro, con olor a tierra fresca, se nota presencia abundante de materia orgánica y humus (10)	
<b>6. Retención de humedad</b>	
Suelo se seca rápido (1)	
Suelo permanece seco durante la época seca (5)	
Suelo mantiene humedad durante la época seca (10)	
<b>7. Desarrollo de raíces</b>	
Raíces poco desarrolladas, enfermas y cortas (1)	
Raíces con crecimiento limitado, se observan algunas raíces finas (5)	
Raíces con buen crecimiento, saludables y profundas, con abundante presencia de raíces finas (10)	
<b>8. Cobertura de suelo</b>	
Suelo desnudo (1)	
Menos de 50 % del suelo cubierto por residuos, hojarasca o cubierta viva (5)	
Más del 50 % del suelo con cobertura viva o muerta (10)	
<b>9. Erosión</b>	
Erosión severa, se nota arrastre de suelo y presencia de cárcavas y canchales (1)	
Erosión evidente, pero poca (5)	
No hay mayores señales de erosión (10)	
<b>10. Actividad biológica</b>	
Sin signos de actividad biológica, no se observan lombrices o invertebrados (insectos, arañas, centípedos, etc.) (1)	
Se observan algunas lombrices y artrópodos (5)	
Mucha actividad biológica, abundantes lombrices y artrópodos (10)	
<b>Promedio calidad de suelo</b>	<b>Valor campo</b>

\* Valor establecido (calculado en puntos) entre paréntesis.

## SALUD DEL CULTIVO

### 11. Apariencia

- Cultivo clorótico o descolorido, con signos severos de deficiencia de nutrimentos (1)
- Cultivo verde claro, con algunas decoloraciones (5)
- Follaje verde intenso, sin signos de deficiencia (10)

### 12. Crecimiento del cultivo

- Cultivo poco denso, de crecimiento pobre. Tallos y ramas cortas y quebradizas. Muy poco crecimiento de nuevo follaje (1)
- Cultivo más denso, pero no uniforme, con crecimiento nuevo y con ramas y tallos aún delgados (5)
- Cultivo denso, uniforme, buen crecimiento, con ramas y tallos gruesos y firmes (10)

### 13. Resistencia o tolerancia a estrés (sequía, lluvias intensas, plagas, etc.)

- Susceptibles, no se recuperan bien después de un estrés (1)
- Sufren en época seca o muy lluviosa, se recuperan lentamente (5)
- Soportan sequía y lluvias intensas, recuperación rápida (10)

### 14. Incidencia de enfermedades

- Susceptible a enfermedades, más del 50 % de plantas con síntomas (1)
- Entre 20-45% de plantas con síntomas de leves a severos (5)
- Resistentes, menos del 20% de plantas con síntomas leves (10)

### 15. Competencia por malezas

- Cultivos estresados dominados por malezas (1)
- Presencia media de malezas, cultivo sufre competencia (5)
- Cultivo vigoroso, se sobrepone a malezas, o malezas chapeadas no causan problemas (10)

### 16. Rendimiento actual o potencial

- Bajo con relación al promedio de la zona (1)
- Medio, aceptable con relación al promedio de la zona (5)
- Bueno o alto, con relación al promedio de la zona (10)

### 17. Diversidad genética \*\*

- Pobre, domina una sola variedad de café (1)
- Media, dos variedades (5)
- Alta, más de dos variedades (10)

### 18. Diversidad vegetal

- Monocultivo sin sombra (1)
- Con solo una especie de sombra (5)
- Con más de dos especies de sombra, e incluso otros cultivos o malezas dominantes (10)

### 19. Diversidad natural circundante

- Rodeado por otros cultivos, campos baldíos o carretera (1)
- Rodeado al menos en un lado por vegetación natural (5)
- Rodeado al menos en un 50 % de sus bordes por vegetación natural (10)

### 20. Sistema de manejo

- Monocultivo convencional, manejado con agroquímicos (1)
- En transición a orgánico, con sustitución de insumos (5)
- Orgánico diversificado, con poco uso de insumos orgánicos o biológicos (10)

## PROMEDIO SALUD DEL CULTIVO

\* Aunque la presencia de mayor número de variedades de café significa mayor diversidad genética, podría ser que algunas de estas variedades sean altamente susceptibles a determinado patógeno o que la calidad de algunas para bebida no sea buena o posea algunas características no deseables.

También a medida que el usuario se familiariza con la metodología, las observaciones se pueden hacer más detalladas, usando algunos instrumentos adicionales. Por ejemplo, en el caso del indicador 10 de calidad de suelo, además de observar directamente signos de actividad biológica como presencia de invertebrados y lombrices, es posible aplicar un poco de agua oxigenada a una muestra de suelo y observar el grado de efervescencia. Si hay poca o ninguna efervescencia es porque el suelo tiene poca materia orgánica y poca actividad microbiana. Cuando hay bastante efervescencia, es porque el suelo es rico en materia orgánica y en vida microbiana. También si después de la adición de unas 2-3 gotas de ácido hidrocórico no hay efervescencia, probablemente se deba a que no hay carbonatos en el suelo, un aspecto importante para estimar la calidad de suelo.

Los indicadores de salud del cultivo se refieren a la apariencia del cultivo, al nivel de incidencia de enfermedades, la tolerancia del cultivo al estrés (sequía u otros factores) y a las malezas, crecimiento del cultivo y de las raíces, así como rendimiento potencial. Las observaciones sobre niveles de diversidad vegetal (cantidad de especies de árboles de sombra, e incluso malezas dominantes), diversidad genética (cantidad de variedades de café), diversidad de la vegetación natural circundante, y tipo de manejo del sistema (por ejemplo, en transición a orgánico, con mucho o poco uso de insumos externos) se hacen para evaluar el estado de la infraestructura ecológica del cafetal, asumiendo que un cafetal con mayor diversidad vegetal y genética, un manejo diversificado que aprovecha las sinergias de la biodiversidad y que está rodeado por vegetación natural tiene condiciones de entorno más favorables para la sostenibilidad (Guharay *et al.* 2001).

Después de asignar los valores a cada indicador, se suman y se divide entre el número de indicadores evaluados, y se obtiene el promedio para la calidad de suelo y la salud del cultivo. Las fincas con valores de calidad de suelo y/o de salud del cultivo inferiores a 5 se encuentran por debajo del *umbral de sostenibilidad*, y por lo tanto requieren una manejo que permita mejorar los aspectos en que los indicadores tienen valores bajos. Los valores de los indicadores son más fáciles de observar si se grafican los resultados de cada finca en una figura tipo "ameba". Esto permite visualizar el estado general de la calidad del suelo o la salud del cultivo, considerando que mientras más se aproxime la "ameba" al diámetro del círculo (valor 10) más sostenible es el sistema. La "ameba" permite

también observar en que aspectos hay debilidades (valores menores a 5), lo cual permite priorizar el tipo de intervenciones agroecológicas necesarias para corregir ciertos atributos del suelo, del cultivo o del agroecosistema. En ocasiones, la intervención para corregir un atributo, por ejemplo incrementando la diversidad de especies o el nivel de materia orgánica en el suelo, es suficiente para corregir otros atributos. La adición de materia orgánica, además de incrementar la capacidad de almacenamiento de agua, puede aumentar la actividad biológica del suelo, lo que a su vez puede mejorar la estructura del suelo.

Los promedios de varias fincas se pueden graficar, permitiendo visualizar el estado de las fincas en relación al umbral 5 de calidad de suelo y salud de cultivo (Fig. 1). Esto permite identificar las fincas que presentan promedios altos. Las fincas cuyos valores son más altos son consideradas "farcos agroecológicos", en los cuales se pueden estudiar las interacciones y sinergismos ecológicos que explican el adecuado funcionamiento del sistema. El aspecto clave no es que los agricultores copien las técnicas que usa el agricultor en la finca "faro", sino que emulen los procesos e interacciones promovidos por la infraestructura ecológica de esa finca, que conllevan al éxito del sistema desde el punto de vista de calidad de suelo y salud fitosanitaria. Puede ser que en la finca "faro" la clave es la alta actividad biológica o la cobertura viva del suelo. Los agricultores de otras fincas cercanas no necesariamente tienen que usar el mismo tipo de compost o cobertura que el agricultor de la finca "faro", sino técnicas que estén a su alcance y que optimicen los mismos procesos.

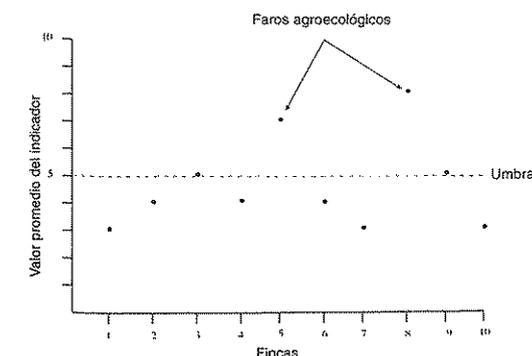


Figura 1. Comparación de promedios combinados de índices de calidad de suelo y salud de cultivos en varios cafetales en Turrialba, Costa Rica. Se destacan las fincas faros.

## Estudios de caso

### Finca del Sr. Guillermo Campos

Un grupo de seis agrónomos visitaron la finca del Sr. Campos, ubicada en San Juan Sur, Turrialba. La visita se realizó el 23 de agosto del 2001 y tuvo una duración de 4 horas. Durante esta visita, los agrónomos y el agricultor aplicaron la metodología para estimar la calidad de suelo y salud del cultivo en dos secciones de la finca: un cafetal con sombra (principalmente poro y plátanos) manejado orgánicamente durante los últimos 4 años y un cafetal convencional (sin sombra) con dos años de transición a orgánico. El cuadro 2 presenta los valores asignados a cada indicador. El sistema convencional presenta un promedio de 5,7 para calidad de suelo y de 4,4 para salud del cultivo. El sistema orgánico presenta promedios positivos en cuanto a calidad de suelo (9,5) y un poco más bajos en lo que respecta a la salud del cultivo (7,5) aunque siempre fueron superiores a los valores alcanzados por el sistema convencional.

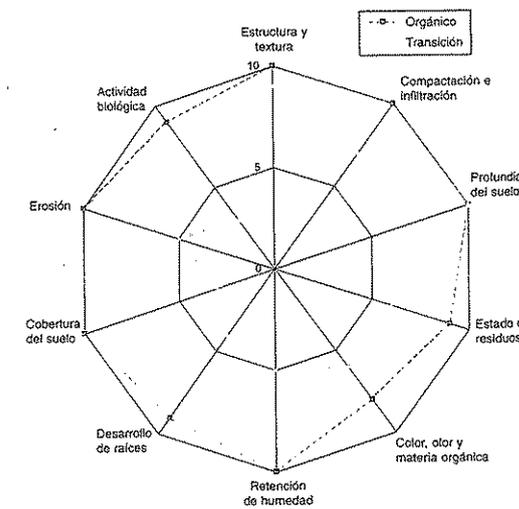
La comparación de la calidad de suelo en las dos secciones evaluadas en la finca del Sr. Campos, muestra que el cafetal orgánico tiene mejor calidad de suelo con respecto al que está en transición a orgánico (Fig. 2). La metodología además permite determinar que este último cafetal requiere mejoras como uso de cobertura de suelo, incremento de la actividad biológica y condiciones edáficas para optimizar el desarrollo radicular.

En cuanto a salud del cultivo, los dos agroecosistemas requieren intervenciones claves para incrementar la diversidad genética y de especies, así como diversificación de los linderos del cafetal, aunque el cafetal en transición requiere prácticas adicionales para mejorar el vigor y apariencia del café y disminuir la incidencia de enfermedades como el ojo de gallo (Fig. 3).

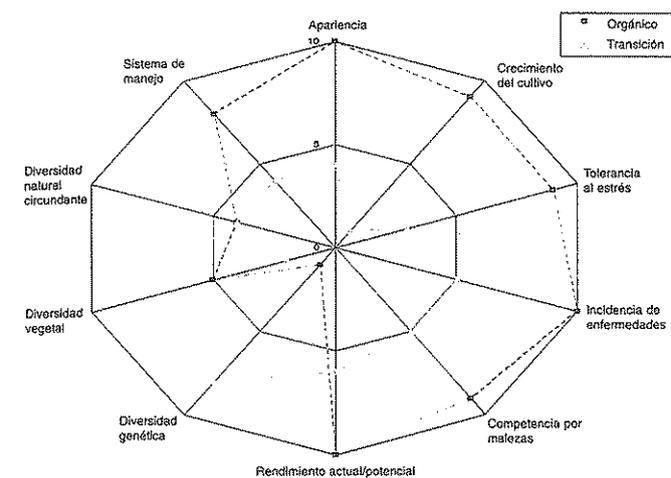
Después de este diagnóstico, los agrónomos y el agricultor discutieron los problemas en la plantación de café en transición que el productor consideraba prioritarios y el tipo de intervenciones a realizar para superar tales limitantes. Entre las opciones discutidas se destacan: el trazado de curvas de nivel e incremento de la cobertura del suelo, uso de otros tipos de abono orgánico, tales como fermentados y lombricompost, diversificación de las especies de sombra, sembrar cercas vivas alrededor del cafetal y establecer un banco de forraje para lograr la integración de animales, lo cual permite el reciclaje de biomasa y producción *in-situ* de boñiga.

**Cuadro 2.** Valores asignados a los indicadores de calidad de suelo y salud de cultivo en un cafetal orgánico y otro en transición en la finca del Sr. Guillermo Campos, en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

Indicadores	Valor	
	Orgánico	Transición
<b>Calidad del suelo</b>		
1. Estructura y textura	10	9
2. Compactación e infiltración	10	7
3. Profundidad del suelo	10	10
4. Estado de residuos	9	6
5. Color, olor y materia orgánica	8	6
6. Retención de humedad	10	5
7. Desarrollo de raíces	9	4
8. Cobertura del suelo	10	3
9. Erosión	10	5
10. Actividad biológica	9	3
<b>Promedio</b>	<b>9,5</b>	<b>5,8</b>
<b>Salud del cultivo</b>		
1. Apariencia	10	4
2. Crecimiento del cultivo	9	1
3. Tolerancia al estrés	9	3
4. Incidencia de enfermedades	10	5
5. Competencia por malezas	9	5
6. Rendimiento actual/potencial	10	6
7. Diversidad genética	1	8
8. Diversidad vegetal	5	2
9. Diversidad natural circundante	4	4
10. Sistema de manejo	8	4
<b>Promedio</b>	<b>7,5</b>	<b>4,2</b>



**Figura 2.** "Arneba" representativa del estado de calidad de suelo de dos cafetales en la finca del Sr. Guillermo Campos, en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.



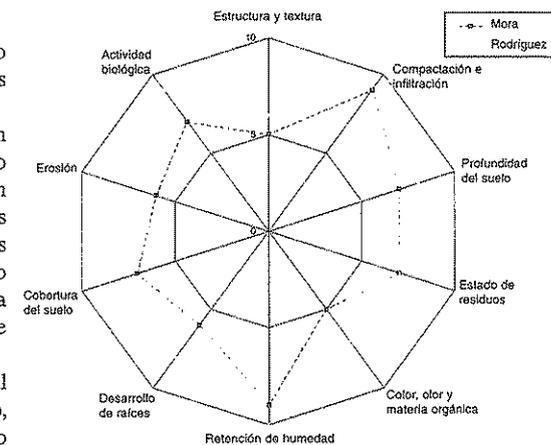
**Figura 3.** "Arneba" representativa del estado de salud de cultivo en dos cafetales en la finca del Sr. Guillermo Campos en San Juan Sur, Turrialba, Costa Rica.

### Comparación entre fincas

Otro equipo de agrónomos participantes en el curso de Agroecología realizó un diagnóstico de dos fincas de café aledañas, ubicadas en Chitaría de Turrialba.

a. La finca del Sr. Germán Mora, posee un cafetal en transición a orgánico, con sombra de laurel, poro y plátano, y en algunas secciones de la plantación tiene maíz y frijol intercalado con el café. Además posee un establo con cinco vacas y la boñiga es usada directamente como abono o como insumo para preparar abonos foliares fermentados. La finca está rodeada, casi en su totalidad, por bosque secundario.

b. La finca del Sr. Edgar Rodríguez posee un cafetal en transición a orgánico, con sombra rala de poro, rodeada en un lado por bosque natural y en el otro por otros cafetales convencionales.



**Figura 4.** Comparación de indicadores de calidad de suelo de dos cafetales en transición a orgánico en Chitaría, Turrialba.

Como se observa en la figura 4, en las plantaciones de café de las dos fincas, los valores para los indicadores de calidad de suelo fueron superiores al umbral (Fig. 4), aunque los valores de la finca del Sr. Rodríguez fueron mayores debido, principalmente, a que el suelo es más rico en materia orgánica y tiene mayor cobertura.

En ambas fincas, los valores de los indicadores de salud del cultivo también son mayores, en la mayoría de los casos al umbral (5), destacándose la finca del Sr. Mora por poseer mayor diversidad genética, de especies y un entorno más diversificado, lo que posiblemente explica la menor incidencia de enfermedades (Fig. 5).

En las reuniones con los agricultores se discutie-

ron varias opciones de manejo para incrementar los valores de algunos indicadores observados. En el caso de la finca del Sr. Mora se recomendó establecer zanjas de infiltración, sembrar cultivos de cobertura para ser utilizados como abono verde en áreas erosionadas y diversificar con árboles frutales y cultivos anuales en áreas de la finca donde sea posible.

Las recomendaciones para la finca del Sr. Rodríguez fueron iniciar la producción del lombricompost, introducir animales, como pollos para la producción de estiércol y diversificar la finca, plantando árboles frutales y cultivos anuales con valor comercial.

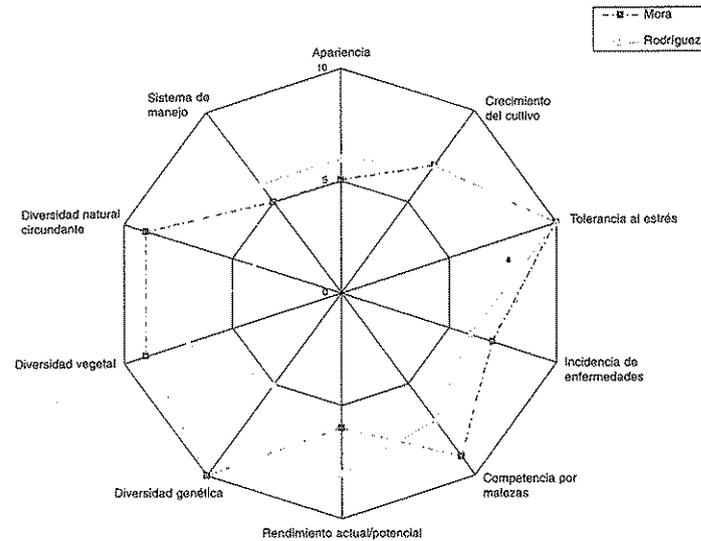


Figura 5. Comparación de indicadores de salud de cultivo en dos cafetales en transición a orgánico en Chitaría, Turrialba, Costa Rica.

### Consideraciones finales

Actualmente, la estimación de la sostenibilidad de los agroecosistemas es una preocupación prioritaria de muchos investigadores agrícolas. Se han propuesto muchas listas de atributos para evaluar la productividad, estabilidad, resiliencia, y adaptabilidad de agroecosistemas (Maser *et al.* 1999), pero existen pocas metodologías rápidas y sencillas, que usen pocos indicadores y que puedan ser utilizadas por agricultores con el propósito de determinar el estado de sus agroecosistemas. Además esto les permitiría tomar decisiones de manejo para superar las limitantes detectadas.

La metodología presentada es una herramienta preliminar para evaluar la sostenibilidad de cafetales de acuerdo a valores asignados a calidad de suelo y salud del cultivo. Esta metodología involucra una actividad participativa y es aplicable a una amplia gama de agroecosistemas en una serie de contextos geográficos

### Literatura citada

- Altieri, MA. 1995 Agroecology: the science of sustainable agriculture. Westview Process, Boulder.
- Fernández, CE; Muschler, R. 1999 Aspectos de sostenibilidad de los sistemas de cultivo de café en América Central. In Desafíos de la caficultura en Centroamérica. Bertrand, B Ed. San José, Costa Rica, IICA-PROMECAFE-CIRAD.
- Gliessman, SR. 1998 Agroecology: ecological processes in sustainable agriculture. Michigan, Ann Arbor Press.

y socioeconómicos, siempre y cuando, se reemplacen algunos indicadores por otros que sean relevantes para el agroecosistema a evaluar.

La metodología permite medir la sostenibilidad en forma *comparativa* o *relativa*, ya sea comparando la evolución de un mismo sistema a través del tiempo, o comparando dos o más agroecosistemas con diferentes manejos y/o estados de transición. La comparación de varios sistemas permite a los agricultores identificar los sistemas *más saludables*. Los sistemas que sobresalen se convierten en una especie de faros demostrativos, donde los agricultores e investigadores intentan descifrar los procesos e interacciones ecológicas que posiblemente explican el mejor comportamiento de estos sistemas. Esta información después se traduce a prácticas específicas que optimizan los procesos deseados en los cafetales que exhiben valores promedios por debajo del umbral.

- Gómez, AA; Sweete, DE; Syers, JK; Coughlan, KJ. 1996. Measuring sustainability of agricultural systems at the farm level. In Methods for assessing soil quality. SSSA Special Pub. 49, Madison, Wisconsin.
- Guharay, F; Monterroso, D; Staver, C. 2001 El diseño y manejo de la sombra para la supresión de plagas en cafetales de América Central. Agroforestería en las Américas (Costa Rica) 8: 22-29.
- Masera, O; Astier, M; López-Ridaura, S. 1999 Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: el marco de evaluación MES-MIS. Mexico, Mundiprensa.

## Los geminivirus, patógenos de importancia mundial

Claudia Zúñiga-Vega<sup>1</sup>  
Pilar Ramírez<sup>2</sup>

**RESUMEN.** Actualmente, América Latina ha sido la región más afectada por el complejo geminivirus-mosca blanca, tanto por el número de cultivos afectados como por las pérdidas por cosecha y el área agrícola devastada. Las infecciones por geminivirus dentro de los agroecosistemas son dinámicas, porque son interacciones complejas que involucran factores diversos que son cambiantes, como: los geminivirus, los sistemas de producción, el ambiente y los biotipos del vector. Por tanto, la identificación de geminivirus debe ser un proceso permanente, dado que los nuevos patógenos requieren cambios continuos en las estrategias de manejo. En esta revisión se analiza la organización del genoma en *Begomovirus*, la multiplicación general y estrategias de transcripción viral, así como la diversidad filogenética y las hipótesis más recientes que intentan explicar la variabilidad molecular de estos patógenos. También se revisa la transmisión por el insecto vector y el uso de técnicas moleculares como herramientas para el diagnóstico y caracterización de los geminivirus. Se incluyen además estrategias por ingeniería genética para el manejo del complejo geminivirus-mosca blanca.

**Palabras clave:** Geminivirus, América Latina, Diversidad molecular, Diagnóstico molecular, Ingeniería genética.

**ABSTRACT.** *Geminivirus, pathogens of worldwide importance.* At present, Latin America has been the region most affected by the whitefly-geminivirus complex, both by number of crops affected and by yield losses, and the agricultural area devastated. Infections by geminivirus within agrosystems are dynamic, because they are complex interactions that involve various factors that can change, such as: the geminivirus, the systems of production, the environment and the biotypes of the vector. For this reason, identification of the virus must be a permanent process, given that new pathogens will require continuous change in management strategies. In this review the organization of the genome in *Begomovirus*, general multiplication and viral transcription strategies as well as phylogenetic diversity and the most recent hypotheses that try to explain the molecular diversity of these pathogens, is analyzed. Also transmission by the insect vector and the use of molecular techniques as tools for identification and characterization of geminivirus, are reviewed. Furthermore, genetic engineering strategies for the management of the geminivirus-whitefly complex are included.

**Key words:** Geminivirus, Latin America, Molecular diversity, Molecular diagnosis, Genetic engineering.

### Introducción

Desde 1986, varios cultivos en América Central y el Caribe se han visto afectados por geminivirus, transmitidos por la mosca blanca *Bemisia tabaci*, Gennadius (Homoptera: Aleyrodidae). En la actualidad, Latinoamérica ha sido la región más afectada por el complejo geminivirus-mosca blanca, tanto por el número de cultivos afectados como por las pérdidas de cosecha y el área agrícola devastada. Millones de kilómetros cuadrados de tierra apta para la agricultura, en 20 países, sufren el ataque de más de treinta geminivirus (Morales y Anderson 2001). Por décadas, los

geminivirus y su insecto vector coexistieron en esta región geográfica, sin afectar seriamente las especies de plantas cultivadas, pero actualmente, este complejo es considerado "la plaga del siglo" (Morales y Anderson 2001).

*B. tabaci* ha causado problemas como plaga directa o como vector de geminivirus, en al menos 17 cultivos, tanto de consumo básico (frijol, tomate, chile dulce, ayote), como industrial y de exportación (algodón, soya, melón entre otros); por lo que muchos agricultores se han visto forzados a abandonar sus cultivos (Hilje 1995, 1998).

<sup>1</sup> Escuela de Biología del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago, Costa Rica. czuniga@iter.ac.cr

<sup>2</sup> Escuela de Biología de la Universidad de Costa Rica. San José, Costa Rica. pramirez@cibcm.ucr.ac.cr