

Fertilidad del suelo a largo plazo en sistemas biointensivos

Fernando Funes-Monzote, Alberto Hernández,
Rasiel Bello y Aurelio Álvarez



Mejorar y mantener la fertilidad de los suelos son prioridades para los sistemas agroecológicos. Junto a la preservación de la agrobiodiversidad, el uso eficiente del agua, la energía y otros recursos disponibles, un adecuado balance de nutrientes y vida en el suelo son condiciones importantes para garantizar la sostenibilidad de los sistemas agrícolas. Sin embargo, en la práctica no existe un entendimiento integral de cómo funcionan las interacciones a nivel del sistema que las favorece. La diversificación e integración de la actividad agrícola con la ganadería es una estrategia eficiente para lograr un manejo adecuado de los nutrientes y la fertilidad de los suelos en conjunto, así como para aprovechar los recursos naturales disponibles de manera eficiente.

Este estudio de caso tuvo lugar en el municipio San Antonio de Los Baños, Habana, Cuba, y en él se documentan aspectos sobre el manejo y el diseño de dos fincas integradas, basados en un uso eficiente de los recursos locales. Se realizó entre 2000 y 2004, y su objetivo final fue entender las prácticas de manejo y diseño agroecológico que permitían un manejo eficiente y sostenible, para transmitirlos a otros productores de la región.

Durante cuatro años se monitoreó el comportamiento de diferentes indicadores de sostenibilidad relacionados con la diversidad biológica de los sistemas, su productividad, eficiencia energética, manejo de nutrientes y economía de la finca. Los resultados del estudio de las propiedades de los suelos muestran que, a pesar de que estos sistemas han sido sometidos a un alto nivel de intensidad, las principales características de la fertilidad de estos suelos se mantienen en rangos considerados medios a altos. Altas tasas de reciclaje de nutrientes vía reutilización de estiércoles, incorporación al suelo de residuos de cosecha, prácticas de laboreo adecuadas, rotaciones de cultivos con leguminosas y el manejo del suelo con cultivos y pastos por más de 70 años muestran que es posible alcanzar altos rendimientos sobre la base de una utilización eficiente de la energía y los nutrientes disponibles, donde la biodiversidad establecida juega un papel importante.

El estudio tuvo seis pasos: se comenzó por la identificación participativa –agricultores e investigadores– de los puntos críticos en la región (prácticas de manejo no sostenibles), los objetivos (soluciones sostenibles) para la producción ganadera en la región, así como la

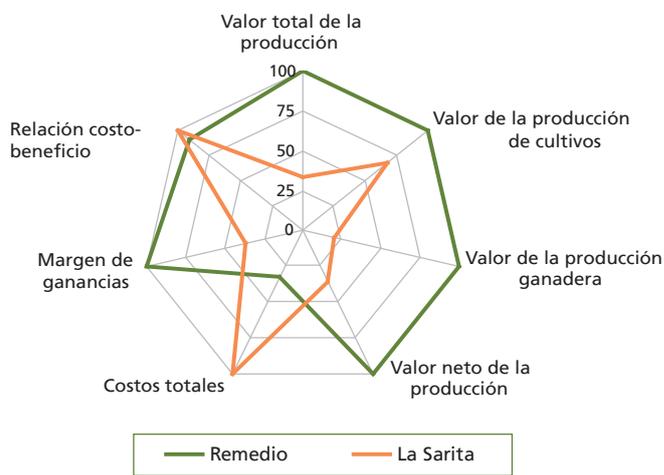
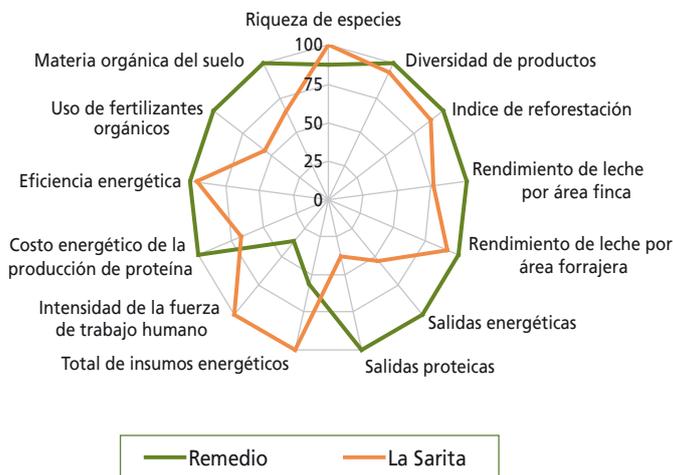
selección de fincas de ‘referencia’ (paso 1). Como parte de un diagnóstico más detallado se diseñaron mapas de biorecursos e infraestructura de las fincas seleccionadas que permitieron conocer en detalle los sistemas de manejo empleados (paso 2). Seguidamente, se caracterizaron las fincas, y se definieron los puntos críticos que limitaban o favorecían la sostenibilidad económica, ecológica y social del sistema (paso 3). En el paso 4 se seleccionaron indicadores que fueron monitoreados y la información reunida fue procesada en períodos anuales (paso 5). Finalmente, se realizó un análisis integrado y participativo de los sistemas de producción (Pretty, 1995; Checkland y Holwell, 1998) y se recomendaron prácticas beneficiosas para los sistemas agrícolas locales (paso 6).

Todos los indicadores fueron expresados como promedio de cuatro años de evaluación. Los valores de productividad se midieron en términos de rendimiento de leche por hectárea y en términos de energía y proteína producida en el sistema (se puede solicitar a los autores mayor detalle sobre la metodología y el manejo integrado de estos sistemas vía correo electrónico).

El uso de policultivos permitió incrementar la productividad, la eficiencia energética y biológica del sistema (policultivo maíz/maní)



Foto: autores



| Indicador agroecológico | Unidad | Mejor valor | Indicador financiero (en miles de pesos cubanos) | Mejor valor |
|---------------------------------------|--|-------------|--|-------------|
| Riqueza de especies | Índice Margalef* | 7.5 | Valor total de la producción | 24.17 |
| Diversidad de la producción | Índice Shannon* | 2.4 | Valor de la producción de cultivos | 6.59 |
| Índice de reforestación | Índice Shannon* | 1.8 | Valor de la producción ganadera | 17.58 |
| Producción de leche (sistema) | ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | 1.7 | Valor neto de la producción | 15.23 |
| Producción de leche (área forrajera) | ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | 2.2 | Costos totales | 1.78 |
| Salidas energéticas** | GJ ha ⁻¹ año ⁻¹ | 22.8 | Margen de ganancias | 9.79 |
| Salidas proteicas ** | kg ha ⁻¹ año ⁻¹ | 273.0 | Relación beneficio/costo | 3.04 |
| Intensidad de la fuerza de trabajo | hr ha ⁻¹ día ⁻¹ | 1.1 | | |
| Insumos energéticos totales | GJ ha ⁻¹ año ⁻¹ | 6.1 | | |
| Costo energético (proteína producida) | MJ kg ⁻¹ | 40.0 | | |
| Eficiencia energética | GJ salida GJ ⁻¹ entrada | 2.1 | | |
| Uso de fertilizantes orgánicos | ton ha ⁻¹ año ⁻¹ | 4.5 | | |
| Materia orgánica del suelo (SOM) | % | 5.8 | | |

Figura 1. Análisis de los indicadores agroecológicos y financieros en las dos fincas estudiadas (resultados promedio de 4 años)

* Para mayor información sobre los cálculos de los índices de Margalef y Shanon, consulte Gliessman (2001).

** Las salidas energéticas y proteicas expresan la energía y proteína contenida en los productos comestibles producidos en la finca, incluyendo aquellos que son consumidos internamente.

Características de las fincas seleccionadas

En el municipio San Antonio de Los Baños y de acuerdo con los criterios empíricos de los extensionistas y otros actores locales, se seleccionaron como referencia dos fincas integradas tradicionales: una de pequeña escala, Remedio (9,4 hectáreas) y otra a mediana escala, La Sarita (47 hectáreas). Ambas fincas tienen altos niveles de productividad por área y un manejo eficiente de los recursos disponibles en la localidad. El estiércol vacuno disponible ha sido utilizado regularmente en las áreas de cultivo y las áreas agrícolas y ganaderas rotadas en períodos variables. Remedio dedicó el 73% de su área total a la producción ganadera, mientras que La Sarita dispuso del 65%. El resto del área, en las dos fincas, fue destinada a cultivos y la cubierta forestal fue baja (5-6% del área total). La primera finca, de menor tamaño, tuvo un uso más intensivo de la fuerza de trabajo y una mayor biodiversidad de cultivos y animales, mientras que la segunda, unas cinco veces mayor, se dedicó mayormente a la ganadería vacuna (producción de leche y carne), además de la producción agrícola en correspondencia con su mayor área destinada a pastos y forrajes.

Agrobiodiversidad, heterogeneidad y complejidad

Alta agrobiodiversidad (expresada como el número de especies manejadas), alta heterogeneidad (en términos del número de los componentes de la finca) y alta complejidad (referida al intercambio de energía, nutrientes, así como en las relaciones socioeconómicas), son las características de las fincas estudiadas. En el momento del diagnóstico, la finca Remedio producía 26 productos comercializables (8 de procedencia animal y 18 cultivos), mientras que La Sarita producía 24 en total (5 y 19 respectivamente), incluyendo cinco especies de flores. Si adicionamos las especies de pastos y forrajes, los frutales, forestales y postes vivos (sin contar otra vegetación espontánea o plantas y animales silvestres), 38 especies fueron manejadas en la primera y 49 en la segunda. A esta alta biodiversidad se le atribuyeron funciones ecosistémicas importantes como su contribución a un reciclaje de nutrientes, con un impacto directo sobre el incremento de la productividad y eficiencia de la producción.

Las dos fincas mantuvieron un manejo integrado de alta eficiencia durante más de 70 años y, a partir del análisis

de los indicadores evaluados, los resultados muestran rendimientos agrícolas y pecuarios razonablemente altos que no comprometen la propia capacidad del sistema para seguir lográndolo en el futuro. Esto también significa producir altos niveles de energía y proteína por unidad de superficie cultivada, lo cual garantiza la autosuficiencia alimentaria de la familia e influye positivamente en los indicadores financieros y energéticos. Ambas fincas produjeron mayor cantidad de energía y proteína por unidad de superficie para el consumo humano, que la obtenida por la producción ganadera típica de la zona.

Los valores más altos de productividad se lograron en particular en la finca Remedio, que tuvo un sistema de manejo a menor escala y más dinámico en términos de rotaciones de cultivo y uso de fertilizantes orgánicos, mientras que la eficiencia energética lograda en ambos sistemas fue similar (figura 1).

Prácticas de manejo de los nutrientes y fertilidad del suelo empleadas

Ambas fincas aplicaron prácticas similares para el manejo de los nutrientes.

- Los vacunos, equinos, ovinos y caprinos tuvieron acceso al pastoreo mediante sistemas rotativos de pasturas, donde depositaban el estiércol directamente.
- Todo el estiércol colectado en los corrales y corraletas fue compostado y luego aplicado a las áreas de forrajes o a los campos de cultivo antes de la siembra, generalmente antes de la época de lluvias.
- El laboreo del suelo fue realizado combinando el empleo de tractores y bueyes, para evitar la compactación.
- El uso de rotaciones de cultivos permitió combinar cultivos con alto desarrollo del sistema radicular con otros menos profusos, incorporar especies de leguminosas alternadas con otras más extractivas, así como el uso extendido del policultivo.
- Para la alimentación animal se importaron residuos de cítricos de un centro de colecta cercano, subproductos de centrales azucareras y otros alimentos concentrados en menor cuantía, los cuales representaron fuentes de nutrientes al suelo.

Características de la fertilidad del suelo

Los nutrientes reciclados por los animales, las cantidades introducidas a través de los alimentos importados y los fijados por plantas leguminosas parecen ser suficientes para compensar la alta exportación de nutrientes de estos sistemas biointensivos. En el estudio detallado de las características de los suelos representativos de ambas fincas, no se observaron señales de deterioro de su fertilidad.

Entre los puntos críticos de la ganadería especializada en la región se identificó la extracción continua de nutrientes, que trajo como consecuencia la disminución de la materia orgánica en los suelos. Inclusive los productores ganaderos especializados de la región consideraban la acumulación de estiércol como un problema. Además, su uso en áreas de la propia finca era limitado debido a

la falta de mano de obra o al descuido. Otras dificultades de orden práctico, como la falta de aperos de labranza y otros insumos, así como de regulaciones sobre el uso de la tierra (objeto social), limitaron el establecimiento de cultivos en áreas ganaderas especializadas. En cambio, en las fincas integradas estudiadas, Remedios y La Sarita, la producción de leche por hectárea fue más de dos veces superior (1,7 toneladas por hectárea [t/ha] respecto al área total de la finca y 2,2 t/ha si consideramos solamente el área destinada a pastos y forrajes) que en las fincas especializadas típicas de la región, a pesar de haber ocupado hasta un 35% de las tierras con cultivos. De hecho, el incremento de la eficiencia y la productividad del sistema son atribuidos, en mayor medida, a la siembra de cultivos en áreas ganaderas, algo que es posible gracias a los excelentes indicadores de suelo que mostraron ambas fincas, sobre todo si consideramos la materia orgánica como indicador de altos niveles de vida en el suelo.

La diversificación de los sistemas integrados permitió producir mayores cantidades de biomasa distribuida a través del año, lo que amortiguó las fluctuaciones estacionales en el clima e incorporó mayores cantidades de biomasa al suelo. Por ejemplo, las reservas de carbono en el suelo de la finca Remedio fueron de 89 t/ha en los primeros 50 cm de suelo y 26 t/ha de 50 a 100 cm. Los niveles de materia orgánica excedieron 5% en todos los subsistemas, excepto en el subsistema de cultivos que no fue rotado con ganadería, donde fue de 4,8%, aún alto para el suelo ferralítico en el que las fincas están situadas. Los valores observados sugieren una reducción de solo 30-40% comparado con lo esperado en condiciones naturales de referencia (Hernández y otros, 2006). Ello representó un mínimo de pérdida de carbono en áreas de cultivo.

Consideraciones finales

Los sistemas integrados estudiados sirven de referencia para un manejo o son una guía para la conversión hacia un uso más sostenible del suelo a partir de una concepción integrada de producción agrícola y ganadera. La metodología desarrollada permitió la identificación, en consulta con los actores locales, de puntos críticos que limitan la producción agropecuaria y los objetivos que se deben seguir para el desarrollo de los sistemas integrados en la región. Los resultados de este estudio muestran que es posible alcanzar altos rendimientos con el bajo uso de insumos externos y sin deteriorar la fertilidad del suelo a partir de la implementación de sistemas integrados ganadería-agricultura, lo cual crea condiciones favorables para un manejo eficiente de los recursos disponibles.

Los sistemas agroecológicos, generalmente con una alta agrobiodiversidad e integración, permiten un uso adecuado del suelo, optimizan los flujos de nutrientes y energía,

Las dos fincas mantuvieron un manejo integrado de alta eficiencia durante más de 70 años

y cumplen funciones múltiples que comprenden objetivos ecológicos, económicos y sociales. Sin embargo, aún es necesario continuar documentando este tipo de interacciones que garantizan la sostenibilidad a nivel de sistema.

Agradecemos a Héctor, Hilda y familia, y a Bernardo, Bernardito y familia, quienes con paciencia e interés participaron en este estudio. También a todas las personas que colaboraron y participaron en el estudio, en especial a Wilfredo y familia, Cari, Molina, Carlos y Camué. Un estudio más amplio que incluye los resultados de este artículo estuvo financiado por la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) bajo el proyecto No. B/3213-1. ■

Fernando R. Funes-Monzote

Estación Experimental de Pastos y Forrajes "Indio Hatuey",
Universidad de Matanzas
Central España Republicana, Matanzas.
Apartado 4029, C.P. 10400
Ciudad de La Habana, Cuba
Correo electrónico: mgahonam@enet.cu

Alberto Hernández

Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)
San José de Las Lajas, La Habana, Cuba.
Correo electrónico: ahjga@yahoo.com.mx

Rasiel Bello

Instituto de Investigaciones Porcinas del Ministerio de la
Agricultura
Carretera al Guatao, Punta Brava, Ciudad de La Habana, Cuba
Correo electrónico: iip@enet.cu

Aurelio Álvarez

Instituto de Investigaciones de Pastos y Forrajes del Ministerio
de la Agricultura
Carretera 43, km 1 ½, Cangrejeras, Bauta, Ciudad de La
Habana, Cuba
Correo electrónico: auralva@cima-minag.cu

Referencias

- Altieri, M.A., 2002. **Agroecology: The science of natural resource management for poor farmers in marginal environments.** *Agriculture, Ecosystems and Environment* 93, 1-24.
- Checkland, P., Holwell, S., 1998. **Action research: Its nature and validity.** *Systemic Practice and Action Research* 11 (1), 9-21.
- Funes-Monzote, 2008. **Farming like we're here to stay: The mixed farming alternative for Cuba.** PhD thesis Wageningen University. Países Bajos.
- Gliessman, S.R., 2001. **Agroecology: Ecological processes in sustainable agriculture.** CRC Lewis Publishers, Boca Raton, USA.
- Hernández, A., Morell, F., Ascanio, M.O., Borges, Y., Morales, M., Yong, A., 2006. **Cambios globales de los suelos Ferralíticos Rojos Lixiviados (Nitisoles ródicos éutricos) de la provincia Habana.** *Cultivos Tropicales* 27 (2), 41-50.
- Lal, R., Follett, R.F., Stewart, B.A., Kimble, J.M., 2007. **Soil carbon sequestration to mitigate climate change and advance food security.** *Soil Science* 172, 943-956.
- Pretty, J.N., 1995. **Participatory learning for sustainable agriculture.** *World Development* 23, 1247-1263.

convocatoria

LEISA 24-4 (marzo 2009)

Cambio climático y resiliencia

A lo largo de la historia, los campesinos han adaptado sus sistemas agrícolas para responder a situaciones de crisis como las sequías, las inundaciones, la degradación del suelo y los conflictos sociales. También han respondido a oportunidades positivas como son los nuevos cultivos y los mercados emergentes. El no haber podido responder o adaptarse a una nueva situación ha significado muchas veces el desastre: la gente ha tenido que abandonar su tierra y algunos sistemas agrícolas han desaparecido.

Existe ahora un amplio consenso científico de que el clima global está cambiando, afectando los regímenes de lluvia y aumentando la temperatura alrededor del mundo. En algunas áreas podría llevar a una mayor desertificación y a un declive en la producción de alimentos. Irónicamente, la agricultura es uno de los factores más importantes en el cambio climático. La producción de fertilizantes emite una gran cantidad de gases de efecto invernadero y su aplicación acidifica los suelos. Debido a prácticas como la deforestación y la agricultura desmesurada, los suelos están perdiendo su contenido de carbono y emitiéndolo a la atmósfera, contribuyendo así al calentamiento global.

El cambio climático ha sido descrito como "una amenaza para la humanidad", y no hay duda de que las áreas más pobres sufrirán más. Probablemente las zonas tropicales recibirán un mayor impacto del cambio climático, y es precisamente ahí donde se encuentran los países más pobres. La agricultura sostenible puede ayudar a reducir las amenazas del cambio climático. Por un lado, puede reducir el impacto de la agricultura en el clima por medio de métodos sostenibles (por ejemplo, integración de cultivos diversos, manejo de suelos, comercialización local). Por otro lado, los cambios drásticos significan una nueva situación que plantean nuevos retos para las sociedades rurales. Si los agricultores se adaptan a ellos y responden a nuevas oportunidades construyendo sistemas agrícolas más resilientes, es posible que el impacto del cambio climático sea menor.

El próximo número sobre el cambio climático busca ejemplos concretos sobre cómo la agricultura sostenible y la agroecología pueden ayudar a construir resiliencia. ¿Cómo perciben los campesinos los cambios de su ambiente, y cómo se enfrentan a ellos? ¿Cómo se anticipan? ¿Cómo han estado enfrentando estos impactos y problemas en el pasado? ¿Cómo podemos hacer para que estas estrategias sean más importantes en el futuro?

Fecha límite para la recepción de contribuciones: 3 de enero de 2009