

## Evaluación del impacto tecnológico sobre el recurso suelo, en sistemas agrícolas representativos del municipio de Santa Clara

### Evaluation of the technological impact on soil resource, in agricultural systems representative from Santa Clara municipality

Nils Max Rafael McCune\*, Yanetsy Ruiz González, Osvaldo Fernández Martínez, Edith Águila Alcántara.

1. Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Carratera a Camajuani, km 5 1/2, Santa Clara, Cuba.

E-mail: mccune@uclv.edu.cu

---

**RESUMEN.** Se desarrolló un estudio para evaluar la influencia de las tecnologías de producción sobre el recurso suelo en los sistemas agrícolas estatal, cooperativo y campesino que producen cultivos varios en los suelos pardos mullidos carbonatados del municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara. Con el uso de una metodología participativa, se cuantificó el grado de intensificación agrícola y la calidad ecológica de la tecnología en los sistemas antes mencionados. Como resultado se obtuvo que el sistema estatal muestra tendencias tecnológicas más complejas y cercanas a la agricultura convencional con alto grado de intensificación, influyendo más notoriamente sobre el recurso suelo, en relación con los sistemas campesino y cooperativo, que resultaron menos intensivos e impactantes sobre la calidad del suelo.

**Palabras clave:** Calidad ecológica, intensificación agrícola, sistemas agrícolas, tecnología agrícola.

**ABSTRACT.** The study was developed for evaluating the influence of production technologies on soil resource in the state, cooperative, and private agricultural systems, dedicated to various crops and located on brown calcareous soils in Santa Clara municipality, Villa Clara province. Using a participative methodology, it was quantify the agricultural intensification degree and the ecological quality of the technology in the selected agroecosystems. The results showed that the state farms have more complex technological tendencies and also, more similar to conventional agriculture with high degree of intensification, and as a consequence it has more notorious influence on soil quality indicators, compared to the cooperative and private farms, which presented less intensive effects and a lower impact on soil quality.

**Key words:** Ecological quality, agricultural intensification, agricultural systems, agricultural technology.

---

## INTRODUCCIÓN

El planeta, al final de la primera década del siglo XXI, enfrenta un conjunto de varias crisis a la vez: ecológicas, financieras, económicas, alimentarias, energéticas y de salud. El modo de desarrollo dominante que prevalece desde el siglo pasado no está siendo capaz de poder enfrentar los problemas del futuro. Cada vez más las soluciones requeridas necesitan de análisis interdisciplinarios, en los cuales las interrelaciones entre factores son frecuentemente más importantes que los análisis unifactoriales. Nada

es más cierto en la agricultura, donde el desarrollo que ignora la complejidad y multifactorialidad de los sistemas alimentarios, tiende al desequilibrio y a tener consecuencias a largo plazo.

La proliferación de las tecnologías y políticas agrícolas de la llamada "Revolución Verde" causó la pérdida de cientos de variedades tradicionales de semillas, aceleró la consolidación de la tenencia de la tierra agrícola en muchos países bajo el régimen

del mercado y resultó en la degradación del suelo agrícola debido al uso irracional de tecnologías de alto impacto ambiental como los fertilizantes minerales, pesticidas, etc.

La utilización de patrones tecnológicos provenientes de la “Revolución Verde” o agricultura convencional ha contribuido a la aceleración de la degradación del recurso suelo, influyendo además sobre la rentabilidad de los sistemas agrícolas por el incremento exponencial de la adquisición de insumos necesarios para mantener la capacidad agro-productiva del mismo.

Para lograr un acercamiento a la relación entre las tecnologías de producción agrícola utilizadas y su influencia sobre el recurso suelo se precisa evaluar las manifestaciones de los indicadores que caracterizan al sistema de producción, la tecnología predominante y el efecto que ejercen sobre los principales indicadores de la capacidad agro-productiva del suelo.

Conocer las relaciones entre elementos del manejo tecnológico y la capacidad agro-productiva del suelo en los sistemas agrícolas más representativos de Cuba, permitirá identificar las manifestaciones que caracterizan dicha relación, facilitando la optimización tecnológica de dichos sistemas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La investigación se realizó en siete unidades agrícolas del municipio de Santa Clara, provincia de Villa Clara. Se seleccionaron dentro del municipio tres consejos populares: Base Aérea, Universidad y Hatillo-Yabú. Se escogieron estos consejos populares considerando factores como tipo de suelo, representatividad de las formas de producción predominantes en Cuba (empresa estatal, cooperativas de producción agropecuaria, fincas de campesinos) y homogeneidad en las especies cultivables y factores climáticos. Las unidades seleccionadas fueron:

Consejo Popular Hatillo-Yabú: Granja estatal “Albarrán”; Granja estatal “Pararrayos” y Productor campesino (Rubén Torres).

Consejo Popular Base Aérea: Cooperativa de producción agropecuaria (CPA) “Ovidio Rivero” y

Productor campesino (Orlando Rodríguez).

Consejo Popular Universidad: Cooperativa de producción agropecuaria (CPA) “Eduardo García” y Productor campesino (Guillermo Sosa).

En cada unidad agrícola se seleccionaron dos campos típicos de 10 000 m<sup>2</sup>, considerando que las especies cultivables más representativas son las viandas, hortalizas y granos (sistema radical extendido verticalmente que explora entre los 10 y 30 cm de profundidad en el suelo). Estos campos están sobre un suelo pardo mullido carbonatado (Hernández *et al.*, 2008; Ministerio de Agricultura, Delegación Municipal de Santa Clara, 2008). La diferenciación con carbonatos fue verificada en el laboratorio con la aplicación de una solución de HCl al 10 %.

En la zona donde se encuentran ubicadas las unidades agrícolas antes mencionadas, los factores climáticos se comportan de forma homogénea.

Para la caracterización de la tecnología en los sistemas de producción se recopiló información sobre la tecnología de producción empleada en cada unidad agrícola (campos típicos), utilizando la metodología de Sánchez (1993) modificada para evaluar el efecto de estas sobre el recurso suelo.

Esta metodología incluye los aspectos siguientes:

I. Informaciones generales sobre los agroecosistemas seleccionados.

a) Dinámica histórica de las actividades agrícolas.

b) Estructura actual del agroecosistema (características organizacionales, riesgos, salidas y entradas del sistema, tipo de organización, estructura decisional, delimitación física).

c) Recursos del agroecosistema.

II. Cuantificación de la intensidad de producción en las unidades agrícolas seleccionadas.

En los siete agroecosistemas seleccionados, se valoró el grado de intensificación agrícola, utilizando la fórmula siguiente:

$$I = T + N + P + E + A/5$$

donde, I es el grado de intensificación. T es la intensidad de uso de la tierra (cuyo valor representa el por ciento de tierra cultivada anualmente en un rango de 0 a 1); N es el uso de fertilizantes externos al sistema (cuyo valor representa el por ciento de fertilizantes importados anualmente en un rango de 0 a 1), P es el manejo de plagas (cuyo valor representa el % de productos químicos o biológicos importados, en un rango de 0 a 1); E es el insumo energético por hectárea (cuyo valor representa el por ciento de utilización de la energía por día de trabajo en un rango de 0 a 1) y A es manejo de agua (cuyo valor representa el por ciento de tierra cultivable cubierto con sistema de riego en un rango de 0 a 1).

Se calcula el grado de intensificación agrícola dividiendo la suma de los parámetros antes mencionados entre la máxima calificación posible en cada uno de ellos (5), considerando que el valor de intensificación 0 se acerca más a un ecosistema natural (con bajo nivel de intervención externa) y el valor 1 a un ecosistema modificado artificialmente (con alto nivel de intervención externa). Los parámetros de la fórmula utilizada son modificados a partir de trabajos teóricos desarrollados al respecto por Giller *et al.* (1997), Pretty (2008) y Hooper *et al.* (2005).

### III. Caracterización de la tecnología

Se realizó empleando una encuesta (complementada con entrevistas) sobre la forma en que se desarrollan nueve parámetros tecnológicos con influencia directa sobre el recurso suelo. Los parámetros tecnológicos evaluados fueron:

- a) Agroforestería.
- b) Medidas de protección y conservación de suelos.

- c) Preparación de suelos.
- d) Fertilización.
- e) Riego y manejo de la humedad.
- f) Manejo de las especies productivas.
- g) Rotación de cultivos.
- h) Labores de cultivo.
- i) Asociación de cultivos.

Para garantizar la validez y la fiabilidad de las informaciones se compararon los resultados de las entrevistas con otras medidas consideradas como válidas (opiniones de informantes clave, productores e informaciones obtenidas a través de la indagación bibliográfica) y se consideró el grado de acuerdo a los codificadores (método de triangulación).

En el caso de las encuestas se procedió al análisis utilizando tabulación de datos y representación gráfica con el Microsoft Office Excel. Las respuestas más comunes de cada sistema fueron interpretadas como indicativas de las tendencias del mismo y su valor en una escala 0-3 fue incluido en el cálculo del índice de calidad ecológica.

### IV. Cálculo del índice de calidad ecológica de las tecnologías de producción agrícola (Modificado de Sánchez, 1993)

Se obtuvo sumando la puntuación obtenida por los parámetros de caracterización de la tecnología, y dividiendo por el valor que se obtiene sumando la puntuación máxima posible de dichos parámetros. Se establece el rango de evaluación a partir de una escala de valores que fluctúa entre 0 y 3.

- 0. Sin beneficios o con efectos desfavorables para el suelo.
  - 1. Ofrece beneficios reducidos o débiles.
  - 2. Ofrece beneficios amplios pero aún insuficientes.
  - 3. Ofrece beneficios óptimos para el mantenimiento

RANGOS DEL INDICE DE CALIDAD ECOLÓGICA	POR TIPOS DE TECNOLOGÍAS	
	TECNOLOGÍAS SIMPLES	TECNOLOGÍAS COMPLEJAS
HASTA 0,25	T1	T4
DE 0,26 A 0,49	T2	T4
DE 0,50 A 0,74	T3	T5
DE 0,75 A 1,00	T3	T6

El valor calculado se evaluó con la escala siguiente:

*Tecnología simple:* Aquella que considera elementos locales y hasta un elemento externo para el manejo y conservación del recurso suelo.

*Tecnología compleja:* Aquella que considera elementos locales y dos o más elementos externos que inciden directamente en el manejo y conservación del recurso suelo.

La tecnología T1 es simple, considera elementos locales que influyen en el manejo y conservación del recurso suelo, pero practicados sin criterios definidos.

La tecnología T2 es simple, considera elementos locales que influyen en el manejo y conservación del recurso suelo, practicados con criterios definidos.

La tecnología T3 es simple, considera elementos locales y hasta un elemento externo que influye en

el manejo y conservación del recurso suelo, practicados con criterios definidos.

La tecnología T4 es compleja, considera elementos locales y dos o más elementos externos que influyen en el manejo y conservación del recurso suelo, practicados sin criterios definidos.

La tecnología T5 es compleja, considera elementos locales y hasta dos elementos externos que influyen en el manejo y conservación del recurso suelo, practicados con criterios definidos.

La tecnología T6 es compleja, considera la combinación de elementos locales y externos que influyen en el manejo y conservación del recurso suelo, practicados con criterios definidos.

Los resultados obtenidos de la caracterización tecnológica fueron evaluados en una base de datos del software Excel XP, aplicándose lo mismo para efectuar gráficos ilustrativos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Según la metodología empleada, la tecnología de producción de cultivos varios en el sistema estatal se clasifica como una tecnología T4, compleja, que

basándose en elementos locales, contiene dos o más aspectos externos empleados en forma prejudicial para el recurso suelo. (Tabla 1)

**Tabla 1. Cálculo del índice de calidad ecológica de la tecnología empleada en los sistemas evaluados**

Parámetros	Evaluación obtenida Sistema estatal	Evaluación obtenida Sistema cooperativo	Evaluación obtenida Sistema campesino
1. Preparación del suelo	0	2	2
2. Manejo de la fertilidad	0	2	2
3. Labores de cultivo	2	2	3
4. Manejo de cultivos	2	2	3
5. Manejo del agua	1	3	3
6. Protección y conservación del suelo	1	1	2
7. Asociación de cultivos	1	3	3
8. Rotación de cultivos	1	3	3
9. Agroforestería	2	3	3
<b>ICET</b>	<b>10/27 = 0,37</b>	<b>21/27 = 0,78</b>	<b>24/27 = 0,89</b>

Las unidades agrícolas seleccionadas para caracterizar el sistema de producción estatal tienen los elementos que definen a la agricultura convencional (riego en gran escala, monocultivo, baja relación trabajador-tierra) y responden a la lógica de la misma (economía de escala, alto insumo energético) según las categorías planteadas por Walker (2004).

En el sistema estatal se producen fenómenos como los descritos por autores como Fundora *et al.*, (2006), quienes han señalado que el manejo de la fertilidad en dicho sistema se caracteriza por el uso indiscriminado de fertilizantes químicos, a veces muy por encima de los niveles óptimos, desde las perspectivas económica y productiva. También ha sido señalado cómo el cultivo mecanizado, con uso

de tractores, y el control químico de plantas indeseables han contribuido a exacerbar daños al recurso suelo en este tipo de sistema (Arias *et al.*, 2008)

La tecnología de producción en el sistema cooperativo se clasifica como una Tecnología T5, compleja, que basándose en elementos locales, contiene dos o más aspectos externos que se controlan empleando criterios ecológicos (Tabla 1). De forma general podemos afirmar que el sistema cooperativo se caracteriza por su baja intensidad de producción y a la vez de uso de insumos para producir en comparación con el sistema estatal. Al contrario de algunas presunciones, la baja intensidad de producción no siempre tiende a la sostenibilidad, argumenta Pretty (2008). Este mismo autor percibe que el agroecosistema sostenible es aquel que más aprovecha los recursos locales y disponibles en función del incremento productivo.

A pesar de la baja intensidad productiva, este tipo de sistemas realiza sus producciones desarrollando prácticas favorables a la conservación del recurso suelo, aun cuando no se realicen dentro de una estrategia definida. La utilización del barbecho, por ejemplo, puede estimular procesos ecológicos de sucesión en el suelo con impactos positivos sobre la biodiversidad edáfica, como han señalado Altieri y Nicholls (2007). También el uso de las asociaciones de cultivo ha sido señalado por autores como Onduru y Du Preez (2007), quienes han demostrado que dichas asociaciones tienen efectos positivos sobre parámetros químicos del suelo como N total, P disponible, P total, K disponible y K total.

Por otra parte la tecnología de producción de cultivos varios en el sistema campesino se clasifica como una Tecnología T3 (Tabla 1), simple, que considera elementos locales y hasta un elemento externo que influye en el manejo y conservación del recurso suelo, practicados con criterios definidos.

De forma general el sistema campesino se caracteriza por un uso eficiente de la tierra y los recursos disponibles. El uso de la tierra es intensivo, con producciones constantes y estables, según ha sido definido por autores como Giller *et al.* (1997). El uso eficiente de la fuerza de trabajo y de la tracción animal es también un rasgo distintivo de este tipo de sistema.

La aplicación de la fertilización orgánica (estiércol procesado) constituye otro rasgo distintivo del sistema campesino. Autores como Craswell y Lefroy (2001) señalan que esta práctica contribuye a proteger la fertilidad del suelo, mantener los agregados estables y una gran diversidad de actividades biológicas beneficiosas.

A partir de los resultados obtenidos de la caracterización de los sistemas agrícolas estatal, cooperativo y campesino; podemos establecer patrones tecnológicos que los distinguen y favorecen su clasificación.

Los valores alcanzados durante la evaluación del grado de intensificación agrícola que se representan en la Figura 1, reflejan la intensidad del uso de recursos agrícolas en las unidades seleccionadas, y por ende, el grado de perturbación que sobre el recurso suelo ocasiona dicha intensificación.

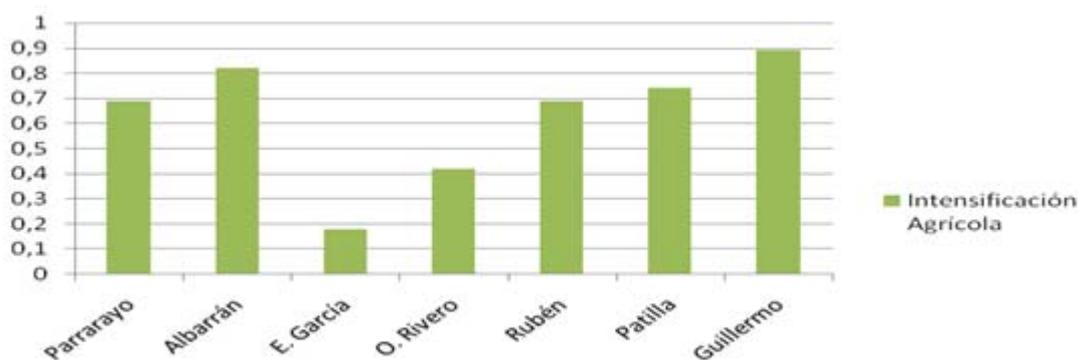


Figura 1. Intensificación agrícola de las siete unidades agrícolas seleccionadas

El concepto de intensificación agrícola incluye cambios en la estructura de los agroecosistemas, mayormente en el suelo, y se caracteriza por tres acciones: el uso frecuente del suelo, la pérdida de la biodiversidad en la capa vegetal y el alto grado en la utilización de la mecanización, energía y pesticidas (Giller *et al.*, 1997).

En este sentido se pudo determinar que existen dos sistemas con grado de intensificación similar, el estatal y el campesino, fundamentalmente motivado por el uso intensivo del suelo y de los recursos para producir; aunque el tipo y calidad de dichos recursos y las prácticas para su manejo es completamente diferente.

El sistema estatal podría caracterizarse como el sistema agrícola cubano que más coincide con la definición de la agricultura convencional ofrecida por Pretty (2008), donde su intensidad agrícola es una consecuencia de su alto nivel de mecanización, acceso a combustibles y otros insumos externos, baja utilización de mano de obra, alta utilización de pesticidas y, por ende, con impacto negativo sobre el subsistema suelo. En este tipo de sistemas es común observar que en la medida que se va degradando el suelo, la respuesta típica es el incremento del uso de insumos externos para estabilizar los niveles de producción, lo cual en vez de resolver el problema lo agrava. (Tilman *et al.*, 2002)

La alta intensificación del sistema campesino, sin embargo, tiene otros rasgos: Allí predominan las rotaciones intensivas y complejas de cultivos, la gran variedad de especies y estrategias de fertilización que incorporan en mayor escala la fertilización orgánica, mayor eficiencia en la utilización de los recursos humanos, menor dependencia de la mecanización y pesticidas. En resumen, presenta un alto grado de intensificación, pero con prácticas tecnológicas menos agresivas para el recurso suelo.

Para autores como Pretty (2008), en algunos sistemas campesinos se suelen tener altos grados de intensificación, aunque su manejo tecnológico es extremo en comparación con sistemas convencionales, contribuyendo a reducir el impacto sobre el subsistema suelo.

Por otra parte, el sistema cooperativo resulta una media entre los extremos tecnológicos que representan el sistema campesino y el estatal (Figura 2). Presenta una infraestructura y organización para desarrollar una agricultura convencional, sin embargo ha incorporado prácticas agrícolas que lo acercan al sistema campesino (de donde teóricamente surge).

El sistema cooperativo, emplea con intensidad moderada los recursos agrícolas como la tierra, fertilizantes, agua, energía y mecanización. Para autores como Giller *et al.* (1997), estos son los sistemas menos perturbadores para el subsistema suelo.

Según lo referido por Guadarrama (2000), las diferencias tecnológicas entre los diferentes sistemas agrícolas (Figura 2), pueden concebirse como subsidios ecológicos en el caso de los sistemas campesino y cooperativo en relación con el sistema estatal.



Figura 2. Calidad ecológica de la tecnología de producción de los sistemas agrícolas estatal, cooperativo y campesino

## CONCLUSIONES

1. La evaluación de la intensificación agrícola muestra que los sistemas agrícolas estatal y campesino son de alta intensidad respecto al uso de recursos, mientras el sistema cooperativo es de baja intensidad.

2. La caracterización de la calidad ecológica de las tecnologías de producción agrícola indica que el sistema campesino ofrece más beneficios al mantenimiento de la capacidad agro-productiva del suelo que los sistemas cooperativo y estatal.

3. Las distintas formas de manejo tecnológico en los sistemas agrícolas evaluados producen impactos negativos sobre la capacidad agro-productiva de los suelos, resultando menos impactado el sistema campesino, medianamente impactado el sistema cooperativo y el más impactado el sistema estatal.

## BIBLIOGRAFÍA

1. Giller K.E.; M.H. Beare; P. LaVelle; A. Izac and M.J. Swift: "Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function," *Applied Soil Ecology* 6: 3-16, 1997.

2. Guadarrama, C.: *The Transformation of Coffee Farming in Central Veracruz, Mexico: Sustainable Strategies?* Tesis de Doctorado, University of California, Santa Cruz, California, EEUU. 2000.

3. Hernández A; M. Morales; Ascanio M; Morell F. Manual para la aplicación de la nueva versión de clasificación genética de los suelos de Cuba. INCA, La Habana, pp. 1-193, 2008.

4. Craswell E. and R. Lefroy: "The role and function of organic matter in tropical soils," *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 61: 7-18, 2001.

5. Altieri, M. A. and C. I. Nicholls: "Conversión agroecológica de sistemas convencionales de producción: teoría, estrategias y evaluación," *Ecosistemas* 16(1): 1-10, 2007.

6. Onduru, D. D. and C. C. Dupreez: "Ecological and agro-economic study of small farms in sub-Saharan Africa. *Agronomy and Sustainable Development* 27:197-208, 2007.

7. Walker, R. A.: *The conquest of bread: 150 years of agribusiness in California*. The New Press, New York, EE.UU.; 382 pp., 2004.

8. Fundora, O.; B. Eichler; O. Yepis; I. Lugo y O. Batista: "Reducción de la fertilización nitrogenada de la papa para limitar daños medioambientales sin afectar el rendimiento," *Centro Agrícola* 33 (4): 23-28, 2006.

9. Arias, M.; E. López; E. Martínez; J. Simal; J. Mejuto y L. García: "The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources." *Agriculture, Ecosystems and Environment* 123: 247-260, 2008.

10. Pretty, J.: "Agricultural sustainability: concepts, principles and evidence," *Philosophical Transactions of the Royal Society of Britain* 363: 447-465, 2008.

11. Sánchez, R.: *Ecología, producción y desarrollo campesino*. Tipologías, impacto y factibilidad. Aportes para una metodología de investigación y seguimiento, Lima, Convenio CUSOJUNC-EDAC-CEDEPAS. 1993.

12. Tilman, D.; K. Cassman; P. Matson; S. Naylor, and S. Polasky: "Agricultural sustainability and intensive production practices," *Nature* 418: 671-677, 2002.

Recibido: 17/septiembre/2008

Aceptado: 11/marzo/2009