



## Sistemas conservacionistas, una alternativa ambiental para la agricultura de los Andes Nororientales de Colombia

### Conservationist Systems: An Environmental Alternative for the Northeastern Colombian Agriculture

Jaime Villamizar Moreno

#### RESUMEN

En el artículo se discuten los resultados de una propuesta de manejo alternativo del agroecosistema tabaco - frijol y maíz, principal actividad agrícola de los Andes Nororientales de Colombia. Este sistema, es la base de la seguridad económica y alimentaria, y el principal factor de degradación de los recursos naturales de la región. El trabajo busca desarrollar las rotaciones diversificadas, como componente esencial de la diversidad biológica, el laboreo reducido como estrategia de protección del suelo y la promoción de la agroecología como nuevo modelo de desarrollo agrícola. Los resultados del trabajo muestran que el alto volumen de residuos orgánicos provenientes de la rotación tabaco - frijol - maíz, transformados en compost en el campo y la reducción de la labranza, promueven la estabilidad de los componentes productivos de los suelos, y sus rendimientos agrícolas. Los mayores niveles de materia orgánica y de porosidad total, generados por la mayor actividad biológica, indican que las alternativas tecnológicas de la propuesta, retardan los efectos de la degradación originados por la agricultura convencional. Estas alternativas pueden ser incluidas en los programas regionales de producción agrícola, como principio de solución y como estrategia para el desarrollo sostenible de la región.

**Palabras Claves:** Suelos, degradación, conservación, agroecología, desarrollo sostenible.

#### ABSTRACT

This paper presents an alternative management proposal to the tobacco-bean and corn agroecosystem, which is the most important agricultural activity at the Northeastern Andes of Colombia. This system is the economic and food security basis and the region's main cause of natural resources degradation. The study aimed to develop diversified rotations as an essential component of biologic diversity; reduced tillage as soil protection strategy and agroecology promotion as new model of agricultural development. The results show that the high volume of organic residues resulting from the tobacco - bean - corn rotation, transformed into compost in the field and the tillage reduction, helped the productive components of soil stability, as well as its productivity. The higher organic matter levels and total porosity generated by the increased biologic activity indicate that this technologic alternative delays the degradation effects caused by conventional agriculture. These alternatives can be included in the agricultural production regional programs as a principle of solution and as a strategy for a sustainable development of the region.

**Key Words :** Soils, degradation, conservation, agroecology, sustainable development.

## INTRODUCCION

En la región Oriental del departamento de Santander y las Provincias Norte y Gutiérrez de Boyacá, territorio de aproximadamente 1000 Km<sup>2</sup>, la agricultura es un componente esencial de su desarrollo económico y social y es, a la vez, causa principal del deterioro ambiental. En esta región, el tabaco - frijol // maíz representa la principal actividad económica en un sistema convencional que domina el 70 % del total del área que se siembra anualmente con cultivos transitorios; sistema que, en la actualidad, se ha experimentado una progresiva y significativa reducción en los rendimientos físicos y económicos. Estudios realizados por Corpoica en el C.I. "EL ARSENAL" han reportado disminuciones hasta del 68.7 % en el rendimiento de la hoja de tabaco, en tan sólo tres ciclos continuos de cosecha, (Coronado, 1998), y en un período de cuatro años de siembras alternas de maíz y frijol los rendimientos de éstos cultivos decayeron en un 41.5 y 78.6 %, respectivamente.

En concordancia con los principios de manejo ecológico de suelos (Agricultura Orgánica, 1995), dos problemas de importancia económica estarían asociados con la

situación problemática descrita; uno debido a la poca capacidad de autorregulación que presentan los suelos, consecuencia de la reducida cadena de producción (rotación); más si va acompañada por la expoliación de los residuos de cosecha (por presunción sanitaria), y el otro, es la pérdida de la bioestructura del suelo ocasionada por la mecanización; las dos asociadas a la pérdida de la materia orgánica (erosión). En concordancia con estas consideraciones, se ha encontrado que más del 80 % de los cultivos de maíz y frijol, en mal estado de desarrollo agronómico y productivo, están asociados a estas dos circunstancias.

Dada la importancia que el sistema tiene para la población rural de la región y en consideración a que los estudios existentes en estas temáticas son escasos, en el área, se decidió realizar este trabajo con el objetivo de cuantificar las pérdidas e identificar alternativas de manejo de tierras y cultivos orientadas por los conceptos y principios del Desarrollo Sostenible (CUNMAD, 1992), en función del desarrollo y modernización de la agricultura tradicional, asegurando la sostenibilidad de los recursos naturales.

## MATERIALES Y METODOS

En el C.I. "EL ARSENAL", entre 1994 y 1998, se llevó a cabo una investigación para determinar el efecto de dos métodos de labranza sobre las propiedades del suelo y los rendimientos del maíz y el frijol, componentes principales de rotación del sistema tabaco. El lugar está ubicado en la subregión natural río Chicamocha, zona Norte de la Cordillera Oriental, a 1450 m.s.n.m., con 21.6° C de temperatura media mensual y 1036 mm / año de precipitación. El suelo, es ondulado con pendientes entre 7 y 12%, moderadamente profundo, de textura FarA, clasificado taxonómicamente como Dystropepts. De acuerdo con los datos químicos, el suelo presenta un pH de 6.7 y un contenido de materia orgánica igual a 2.96 % con más de 100 ppm de P (BRAY II) y la disponibilidad de Potasio, Calcio y magnesio, en términos de me / 100 g de suelo, es de 0.25, 14.2 y 1.75 respectivamente.

Los ensayos se desarrollaron en un suelo de buena calidad, sin mayores limitaciones físicas aparentes, comparando los dos modelos de rotación predominantes, el sistema tabaco - frijol // maíz (R<sub>1</sub>) y los monocultivos frijol - maíz (R<sub>2</sub>) con dos sistemas de laboreo de tierras: Uno el convencional (L<sub>1</sub>), que consiste en dos pases cruzados de arado de discos y una surcada con arado de chuzo tradicional, practicado en cada ciclo de siembras, y el otro reducido (Labranza Mínima: L<sub>2</sub>), en el cual las labores de preparación, para los cultivos de rotación, se redujeron a un trazo manual de los surcos, hecho con herramientas de pico, permaneciendo las labores de labranza convencional para el establecimiento de la cabeza de la rotación (semestres A de cada año).

Con el objeto de observar el comportamiento del rendimiento de los cultivos y el efecto sobre las propiedades físicas del suelo, (en término de porosidad total), biológicas (en términos de población microbiana) y químicas (en término de materia orgánica), los ensayos se repitieron en un suelo con restricciones físicas (degradado) determinadas por el contenido de macroporos, circunstancia que estaría reduciendo el desempeño de las raíces.

Las pruebas se realizaron durante cuatro años consecutivos utilizando un diseño de parcelas divididas con cuatro repeticiones (años), en donde las parcelas principales correspondieron a las diferentes calidades de suelo en lotes de 0.1 hectáreas y en las subparcelas se instalaron, en un arreglo aleatorio, los diferentes tratamientos : dos niveles de rotación, R<sub>1</sub> (tabaco - frijol //maíz) y R<sub>2</sub> (frijol - maíz) y dos niveles de labranza, L<sub>1</sub> (laboreo convencional) y L<sub>2</sub> (laboreo reducido), cada una con un tamaño de 250 m<sup>2</sup>. Las prácticas de manejo nutricional y de protección sanitaria se ajustaron a las medidas de base orgánica como principio de introducción de componentes de sostenibilidad en el sistema.

Al inicio de la prueba se tomaron muestras de suelos a 20cm de profundidad, las cuales se analizaron, en el laboratorio de suelos de Corpoica Tibaitatá, en los parámetros químicos, físicos y biológicos; igual procedimiento se hizo al finalizar la prueba. La información de campo sobre el rendimiento de los cultivos, fue analizada e interpretada mediante la aplicación del paquete estadístico SAS.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Efectos sobre las propiedades del suelo.** En la Tabla 1, se presentan las respuestas de las propiedades del suelo consideradas en el estudio; Así por ejemplo, se observa que las poblaciones de organismos del suelo están influenciadas por los programas de labranza y por las rotaciones aplicadas. De acuerdo con los resultados se puede afirmar que la diversidad de organismos aumentó y, que la cantidad de biomasa microbiana total también aumentó por efecto de los programas de manejo. La combinación labranza reducida rotación diversificada, integrada con los residuos de cosecha, en el suelo de buena calidad, promovió una población de microorganismos mayor, con un total de  $74.4 \times 10^7$  U.F.C./g, comparada con  $36.2 \times 10^6$  U.F.C./g de los sistemas convencionales. La reducción fue más severa en los suelos degradados con un registro de  $16.2 \times 10^5$  U.F.C./g. Estos resultados concuerdan con los trabajos de Lavelle y Pabanasi, citados por Alteiri (1985), al observar en suelos intensamente cultivados en el Perú reducciones de la biota del suelo superiores al 50; estas disminuciones no son tan severas en los sistemas tradicionales de bajos insumos. La alta correlación entre la microbiota del suelo con el rendimiento ( $r = 0.84$ ) podría tomarse como un indicador del ambiente biofísico más adecuado que las prácticas de manejo conservacionista brindaron al potencial productivo del suelo y de las plantas.

La respuesta con relación a la materia orgánica fue

**TABLA 1.** Propiedades físicas y biológicas de los suelos

S u e l o s	Sistemas	Materia Orgánica	Porosidad Total	Bacterias 107 109	Hongos 104	Actinomicetos 105
B u e n o s	Convencionales	2.76	45.4	$37.6 \times 10^6$	$11.8 \times 10^2$	$22.6 \times 10^4$
	Alternativos	3.04	54.62	$72.3 \times 10^6$	$48.6 \times 10^2$	$20.5 \times 10^5$
Degradados	Convencionales	1.97	38.00	$15.4 \times 10^6$	$47.5 \times 10^2$	$56.1 \times 10^4$
	Alternativos	2.26	42.94	$35.6 \times 10^6$	$37.8 \times 10^2$	$45.3 \times 10^4$

Fuente: Laboratorio de suelos Corpoica Tibaitatá

Efecto sobre el rendimiento. En la Figura 1, se observa que los sistemas conservacionistas conformados por la labranza reducida y por las rotaciones diversificadas e integrando los residuos de cosecha a los procesos de descomposición "in situ", registran en un suelo de buena calidad diferencias altamente significativas en el rendimiento de los cultivos de rotación (frijol y maíz). De acuerdo con los resultados, el efecto de la labranza mínima sobre la expresión del rendimiento es de una clara tendencia a la estabilidad; así lo indican sus bajos coeficientes de variación, siendo estos, más favorables en los suelos que incluyeron rotaciones diversificadas (CV 5.06%). Esto se debe a que las prácticas que promueven un incremento de la población microbiana, actúan

consistente con la de los microorganismos, aumentando o disminuyendo en relación inversa con la perturbación del suelo y la presencia de residuos de cosecha en el campo. El menor contenido de macroporos que se observa en los sistemas convencionales (38% en suelos degradados), frente al sistema integrado labranza reducida - rotación diversificada, en un suelo de buena calidad (54.52%), está indicando en primer lugar que la pérdida de la productividad de los suelos no se explica en su baja capacidad de cambio, sino fundamentalmente en la pérdida de la bioestructura, (Agricultura Orgánica, 1995). "Un suelo con abundante cantidad de macroporos favorece una rápida infiltración y un mejor almacenamiento del agua en el suelo, lo mantiene aireado y permite un mejor desarrollo y penetración de las raíces más que ante una situación adversa (Magdoff, 1996; Agricultura orgánica, 1995).

En segundo lugar, que el programa de manejo de bajo impacto, contribuyó a la estabilidad de la materia orgánica y ésta, en la mayoría de los casos, modifica positivamente los efectos de ciertas propiedades del suelo: "un suelo con gran cantidad de materia orgánica presenta una mejor agregación, una mayor diversidad biológica y, por ser la principal fuente de capacidad de intercambio catiónico (CIC), ayuda a almacenar los nutrientes disponibles y los protege de la lixiviación que produce el agua" (Magdoff, 1996)

positivamente sobre el balance de la materia orgánica del suelo favoreciendo, en consecuencia, la recomposición y/o mantenimiento de la bioestructura (Casanova y Fernández, 1994); condiciones favorables para el crecimiento y salud de las plantas.

En contraste, las respuestas de las rotaciones monoculturales (frijol - maíz) son heterogéneas y sus rendimientos fuertemente declinantes a través de los años, en especial cuando los sistemas de laboreo incluyeron la remoción total del suelo.

En este caso, los rendimientos del frijol pasaron de 1.5 t/ha y los del maíz de 2.7 t/ha, a 0.7 y 1.5 t/ha, en orden

respectivo, entre 1994 y 1998 con coeficientes de variación de 30.2%, en el caso del frijol y del 25.4%, en el caso del maíz.

Este efecto, se explica por el progresivo deterioro a que son sometidas las propiedades biofísicas y nutricionales del suelo, haciendo evidente la necesidad de adiciones crecientes de nutrientes en busca de mantener estables los niveles de productividad.

El efecto resulta ser más drástico en los suelos degradados, en especial cuando incluyen programas de labranza reducida asociados con los residuos de cosecha de la rotación diversificada (R1), donde se observaron las respuestas más heterogéneas. "Factores asociados a la compactación actúan desfavorablemente sobre la actividad de las raíces y en la dinámica de la materia orgánica, haciéndola mas lenta , casi nula o llegando inclusive a favorecer pérdidas de N por desnitrificación " (Casanova y Fernandez, 1994).

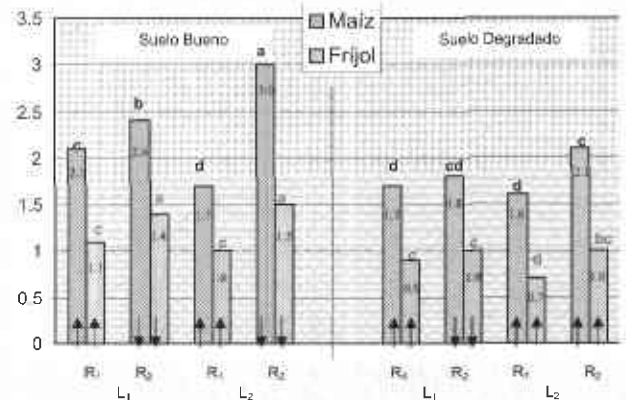


Figura 1. Rendimiento ( t/ha ) del maíz y frijol bajo dos sistemas de labranza y dos sistemas de rotación.

Tratamientos con la misma letra no son significativamente diferentes en la prueba de rango múltiple de Duncan. Altos coeficientes de variación, Bajos coeficientes de variación

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- El manejo del suelo y de los cultivos modifican los componentes que determinan la calidad de la tierras cultivadas y el comportamiento de las plantas en el campo.
- La degradación de los componentes de productividad y sus efectos negativos sobre la calidad y rendimiento de los sistemas agrícolas se pueden disminuir, mediante la incorporación de sistemas de manejo que promuevan el desarrollo de grandes cantidades de masa viviente en el suelo.
- Estas prácticas tienen un efecto positivo sobre el balance de la materia orgánica y ayudan a mantener una población biológicamente diversificada en el suelo. Estas, son condiciones que propician un ambiente favorable para el desarrollo sano y productivo de las plantas, contribuyendo a la sostenibilidad de la agricultura regional.
- Los resultados señalan la necesidad de continuar el desarrollo de trabajo científico y tecnológico para precisar con más detalle los fenómenos biológicos, físicos y nutricionales que derivan de las prácticas conservacionistas, en favor de los suelos de los Andes nororientales y en aras de mejorar los procesos productivos de sus tierras en el área tecnológica, social y económica.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Agricultura Orgánica. (1995). "EL SUELO: Base de la agricultura". Año 1. Artículo basado en la interpretación que del suelo hace la Dra. Ana Primavisi en su libro manejo agroecológico del suelo.
- Altieri, M. A. 1985. "Agroecología. Bases científica de la agricultura alternativa". Cetal- Chile. Imp. Ed. Interamericana.
- Casanova, M. R. y Fernández, C. F. 1994. "Fertilización del maíz en sistemas conservacionistas" Avance agroindustrial. p. 23-26.
- Conferencia de la Naciones Unidas sobre el medio ambiente y desarrollo sustentable. Río de Janeiro (Brasil), 1992.
- Coronado, S. R. 1998. "Efectos de la labranza tradicional sobre los suelos y la producción de cultivos en la zona tabacalera de Santander". Corpoica Regional 7 C.I. "EL ARSENAL".
- León, S.T.(1993). " La agricultura con métodos biológicos una alternativa ambiental para los países andinos". La Tadeo. N° 36. p46-48.
- Magdoff, F. 1996. "Calidad y manejo del suelo". Agroecología y desarrollo. N° 10. p 25-33
- Sadourny, R. 1992. "El hombre ¿Modifica el clima?". Mundo científico. N° 26. p 615-625.