

EFFECTOS DE SISTEMAS PARCIALES DE AGRICULTURA BIOLÓGICA Y CONVENCIONAL (LOCAL) EN LA FERTILIDAD DE SUELOS Y EN LA PRODUCCION DE FRIJOL EN VILLANUEVA (SANTANDER, COLOMBIA). CICLO II *¹

Effects of organic and conventional partial farming system on soil fertility and bean yield in Villanueva (Santander, Colombia)

Tomás Enrique León Sicard² Julio Enrique Cortés³

RESUMEN

Se comparó el efecto en la fertilidad del suelo y en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris*) x millo (*Sorghum* sp.) de sistemas parciales de agricultura biológica y convencional (local), durante 3 semestres (1995A-1996A), utilizando un arreglo de parcelas divididas y un diseño en bloques completos al azar con 3 replicaciones, en el que la Parcela Mayor fue el tipo de manejo de plagas (biológico o químico), la Subparcela fue el arreglo de cultivo (asocio vs cultivo) y la Sub-subparcela fue el tipo de fertilización química vs abonamiento orgánico. En ninguno de los tres semestres se presentaron diferencias significativas entre los rendimientos de frijol por efecto de los tipos de agricultura, confirmando resultados anteriores de 1994A y B. Durante 1995B, los rendimientos del millo fueron significativamente superiores en el sistema biológico, debido probablemente, a efectos

edáficos. Los Índices de Uso Eficiente de la Tierra (IET) fueron superiores a 1 en toda la experiencia, indicando el efecto positivo del asocio. Se constataron incrementos en acidez, capacidad de intercambio catiónico, bases totales y saturación total del suelo en todas las parcelas, que incidieron para que su fertilidad global aumentara de baja a moderada.

Palabras claves: Cultivos asociados (frijol x millo), propiedades químicas del suelo, propiedades físicas del suelo, erosión, sistemas de producción, índice de uso eficiente de la tierra.

SUMMARY

The effects of organic versus conventional farming methods in soil fertility and intercropping yields (*Phaseolus vulgaris* x *Sorghum* sp.) was studied throughout three growing seasons (1995A-1996A). The methodology used to conduct the study was to divide the field into parcels, applying natural vs chemical disease controls, monoculture vs intercropping and manure vs chemical fertilizers. As well as other experience carried out in 1994, neither bean growing season presented significant differences between the two agricultural systems, although the yield of sorghum in the organic farming system was superior to that of the conventional system during 1995B, probably due to edaphic effects. The Efficient Land Use Index

* Recibido en Septiembre de 1998.

- 1 Estudio realizado con el apoyo de Colciencias.
- 2 Agrólogo M. Sc. Instituto de Estudios ambientales (IDEA) Universidad Nacional de Colombia. Centro de Investigaciones Científicas Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano.
3. Ingeniero Agrónomo. Facultad de Agronomía, Universidad Nacional de Colombia. Secretariado Diocesano de Pastoral Social (SEPAS-San Gil). Unidad de Agroecología.

(IET) were superior to 1 during all over the experience, showing the benefits of the intercropping systems. There was increases on pH, exchange cationic capacity, total cations and total soil saturation that also increased soil fertility from lower to medium levels in both organical and conventional systems.

Key words: Intercropping (bean x sorghum), physical soil properties, chemical soil properties, erosion, productions systems, efficient land use index.

INTRODUCCION

Desde 1993 un grupo de investigadores de las Universidades "Jorge Tadeo Lozano" y Nacional de Colombia, con el apoyo del Secretariado Diocesano de Pastoral Social (SEPAS) de San Gil, ha venido ejecutando un Programa de Investigación tendiente a establecer, experimentalmente, los efectos generados por la aplicación parcial de criterios de agricultura biológica y convencional (local) en la fertilidad y conservación de suelos y en la producción de frijol (*Phaseolus vulgaris*) en las áreas productoras del eje San Gil, Villanueva (Departamento de Santander, Colombia). Los autores encontraron, en general, similitudes entre los dos sistemas a nivel de la producción del cultivo y algunas diferencias en la fertilidad del suelo a favor del sistema biológico (León y otros, 1994; Maitre, 1996; León y otros, 1996). En este documento se presentan los resultados del II y último ciclo de cultivo en las parcelas experimentales de Villanueva, correspondiente a los semestres A y B de 1995 y al semestre A de 1996.

MATERIALES Y METODOS

El estudio se realizó en la finca El Llano (vereda Limoncito, Villanueva) ubicada a 1400 msnm con promedios anuales de 930 m.m. de precipitación anual y 21 °C de temperatura, que corresponde a la zona de vida bosque seco premontano (bs - PM) de acuerdo con Holdridge (1978).

El suelo de la investigación, cuya génesis se presenta en León y otros (1996), posee un juego de horizontes Ap, 2A y 2B de

texturas arcillosas, estructura débil a moderada y con evidencias de compactación. El horizonte superior es fuertemente ácido (pH 5,3), con capacidad de intercambio de cationes media (14,8 meq./100 grs), bajos contenidos de materia orgánica (2,5%) y saturación total media a alta (6,5 meq/100 grs de bases y 44% de saturación) debida principalmente al calcio (5,5 meq/100 grs). El fósforo se presenta en contenidos muy bajos (5,5 ppm) al igual que el aluminio, cuya saturación alcanza sólo el 1%. La caolinita predomina en la fracción arcilla. Taxonómicamente se clasificó como Oxíc Dystropept, familia franco fina, isotérmico.

Se utilizó un arreglo de parcelas divididas y un diseño en bloques completamente al azar con tres replicaciones en el que la Parcela Mayor fue el tipo de manejo de plagas con extractos vegetales (sistema biológico) o con productos químicos (sistema convencional). La Subparcela se estructuró en términos del arreglo del cultivo (asocio o monocultivo) y la Sub-subparcela la constituyeron los tratamientos propiamente dichos, expresados como fertilización química (T1) o abonamiento orgánico (T2), realizadas de acuerdo con las instrucciones dadas por el agricultor. De esta manera, se obtuvieron 3 unidades experimentales con criterios de agricultura biológica, 6 con criterios de agricultura convencional o local y 27 con mezcla de criterios.

SEMESTRE A 1995

Como cultivo principal se utilizó la línea promisoría de frijol (*Phaseolus vulgaris*) variedad Africa 638 resistente a la antracnosis, enfermedad producida por el hongo *Colletotrichum lindemuthianum* y altamente limitante en la región. El asocio se hizo con una variedad local de millo (*Sorghum* sp.), sembrada cada dos surcos de frijol con una distancia de 1 metro x 30 cms. Para frijol se utilizaron distancias de 60 cms entre surcos y 35 cms entre plantas. La siembra se ejecutó simultáneamente el 26 de abril y el 3 de mayo se realizó una resiembra de millo por ataque de hormiga arriera.

Tabla 1. Composición química de los materiales utilizados en los dos sistemas de agricultura durante los semestres 1995 A y B y 1996 A (en porcentaje)

MATERIAL	pH	C. O.	N	P	K	Ca	MG	CIC (meq/100g)
Compost de "Biorgánicos"	7,9	9,6	0,003	0,02	0,97	0,63	0,06	35
Gallinaza	7,6	29,6	3,7	1,90	2,62	7,38	0,30	

La fertilización química (parcelas T1) se ejecutó el 29 de marzo y el 19 de mayo (aporque) con Triple-15 y gallinaza⁴ en dosis de 150 kg/ha y 1,5 tn/ha, respectivamente. El abonamiento orgánico con el compost proveniente de los residuos sólidos urbanos generados en la planta de tratamiento de basuras de San Gil y conocidos con el nombre de "Biorgánicos", se hizo en dosis de 4 tn/ha repartidas por mitad el 29 de marzo y el 19 de mayo en todas las 18 parcela T2. La composición de los materiales utilizados durante el estudio, las dosis y las épocas de aplicación, se presentan en las tablas 1 y 2.

El control fitosanitario en las 18 unidades del sistema "biológico" se realizó solamente para control de antracnosis en frijol con dos aplicaciones (1 Junio y 28 Junio) de extracto de Ruda - Manzanilla en dosis de 2,5 lt/ha. En las 18 parcelas "convencionales", se utilizaron, con el mismo fin y en las mismas fechas, 63 gr/ha de Manzate más 15 gr/ha de Benlate. La cosecha de frijol, se realizó el 27 de julio y la de millo el 5 de septiembre, después de 92 y 123 días de período vegetativo, utilizando un área útil de 22,32 metros cuadrados, cuya producción se expresó en términos de grano seco al aire.

Con los datos de rendimiento de grano seco se calculó el Índice de Uso Eficiente de la Tierra (IET) el cual relaciona la produc-

ción de los monocultivos con los respectivos socios, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$IET = \frac{PFa}{PFm} + \frac{PMa}{PMm}$$

donde:

IET = Índice de uso Eficiente de la Tierra

PFa = Producción de frijol en asociado

PFM = Producción de frijol monocultivo

PMa = Producción millo en asocio

PMm = Producción millo en monocultivo

A lo largo de toda la experiencia se evaluó la erosión de suelos en parcelas de escorrentía de 36 m².

SEMESTRE B 1995

Durante el segundo semestre se utilizó el mismo diseño experimental, pero se conservó el millo en forma de "zoca" y se reemplazó, a solicitud de los agricultores, la variedad de frijol Africa 638 por la variedad Radical, la cual es ampliamente usada en la zona.

La siembra se realizó simultáneamente el 26 de septiembre conservando las distancias señaladas. La fertilización en las 18 parcelas T1 tuvo lugar el 26 de septiembre (Gallinaza) y el 27 de octubre (Triple 15) en dosis de 1,5 tn/ha y 150 Kg/ha; en las mismas fechas se incorporó "Biorgánico" en dosis de 3 tn/ha para un total de 6 tn/ha. El control de antracnosis en las parcelas biológicas se efectuó con extracto de Fique en dosis de 2,4 kg/ha de zumo y en las convencionales se utilizó Sebin (8 Kg/ha).

4 La gallinaza se considera en este trabajo como material "químico" debido a sus elevados contenidos de calcio, a sus costos, formas de producción y comercialización y a su inclusión generalizada dentro de las prácticas tradicionales de la zona (agricultura local).

Tabla 2. Dosis y fechas de aplicación de abonos y fertilización en los tipos de manejo (1995 A y B - 1996 A)

Tratamiento	Fecha	Material	Dosis (tn/ha)	Equivalencia (kg/ha)						
				N	C	P2O5	K2O	CaO	MgO	
1	T1	Mayo 15	Triple 15	0,15	22,5	-	22,5	22,5	-	-
9		Marzo 29	Gallinaza	1,5	55,7	444	130,5	47,3	154,9	7,5
9	Total			1,65	78,2	444	153,0	69,8	154,9	7,5
5										
A	t2	Mayo 19	Compost de	2,0	0,07	192	2,2	23,6	17,6	2,3
		Marzo 29	"Biorgánicos"	2,0	0,07	192	2,2	23,6	17,6	2,3
	Total			4,0	0,14	384	4,4	47,2	35,2	4,6
1	T1	Octubre 27	Triple15	0,5	22,5	-	22,5	22,5		
9		Sep. 26	gallinaza	1,5	55,7	444	130,5	47,3	154,9	7,5
9										
5	T2	Octubre 27	Compost de	3,0	0,11	288	3,3	35,4	26,4	3,4
B		Sep. 26	"Biorgánicos"	3,0	0,11	288	3,3	35,4	26,4	3,4
	Total			6,0	0,22	576	6,6	70,8	52,8	6,8
1	T1	Mayo ^o	Triple 15	0,15	22,5	-	22,5	22,5		
9		Abril 11	Gallinaza	1,5	55,7	444	130,5	47,3	154,9	7,5
9	Total			1,65	78,2	444	153,0	69,8	154,9	7,5
6										
A	T2	Mayo 16	Compost de	3,0	0,11	288	3,3	35,4	26,4	3,4
		Abril 11	"Biorgánicos"	3,0	0,11	288	3,3	35,4	26,4	3,4
	Total			6,0	0,22	576	6,6	70,8	52,8	6,8

La cosecha de frijol se realizó el 20 de diciembre de 1995 y la de millo el 25 de enero de 1996, completando períodos vegetativos de 95 y 131 días respectivamente. Adicionalmente se tomaron 36 muestras de suelo para análisis físico-químicos, enviados a los laboratorios de suelos de la Secretaría de Agricultura de Santander y de la Universidad Jorge Tadeo Lozano.

SEMESTRE A 1996

Se utilizó nuevamente la variedad Radical en monocultivo y en asocio con millo, conservando igualmente las distancias de siembra y las dosis de fertilizante químico (T-15 + Gallinaza) y de abono orgánico (Biorgánicos). No se hicieron controles químicos ni biológicos porque, a diferencia de años anteriores, en esta oportunidad no se presentaron enfer-

medades ni ataques severos de plagas. La cosecha de frijol se realizó el 30 de julio y la de millo el 10 de septiembre, para un total de 95 y 137 días de período vegetativo respectivamente. Al final de la experiencia se tomaron 24 muestras de suelo para análisis físico-químico. Igualmente, se continuó con las mediciones periódicas de la erosión en las parcelas de escorrentía. Posteriormente se calculó el índice de fertilidad de acuerdo con la metodología expuesta por Ortega (1997).

RESULTADOS Y DISCUSION

COSECHA DEL PRIMER SEMESTRE DE 1995.

Los resultados generales de la producción del frijol y del millo para los tres ciclos de cosecha, se presentan en la tabla 3.

Tabla 3. Producción promedio de frijol y millo durante los semestres A y B de 1995 y 1996 A en Villanueva (Peso de grano en kg/ha).

Sistema de manejo	1995 A			1995 B			1996 A		
	Frijol	Millo	ITE	Frijol	Millo	ITE	Frijol	Millo	ITE
BIOLOGICO									
FT1	1279,8		1,44	171,6		2,15	699,7		2,19
FT2	754,2		1,87	179,2		1,00	754,2		2,10
AT1	869,9	2255,1	1,44	89,5	3210,9	2,15	961,3	2852,4	2,19
AT2	973,6	1605,4	1,87	106,4	2113,2	1,60	899,8	3375,1	2,10
MT1		2949,5	1,44		1971,3	2,15		3434,8	2,19
MT2		2777,7	1,87		2090,8	1,60		3703,7	2,10
CONVENCIONAL									
FT1	1064,7		1,36	164,2		1,20	918,5		1,48
FT2	842,9		1,69	168,1		1,20	918,5		1,48
AT1	657,8	3419,9	1,36	93,2	873,6	1,20	482,4	2225,2	1,48
AT2	707,9	3136,2	1,69	67,1	843,8	1,04	394,2	2452,2	1,56
MT1		4614,7	1,36		1381,4	1,20		2371,5	1,48
MT2		3673,8	1,69		1321,7	1,04		2676,2	1,56

$$\text{I E T: Índice de Uso Eficiente de la Tierra} = \frac{\text{Producción frijol en asocio}}{\text{Producción frijol monocultivo}} + \frac{\text{Producción millo en asocio}}{\text{Producción millo monocultivo}}$$

F = Monocultivo de frijol (AFR en 1995 A Radical en 1995 B - 1996 A).

M = Monocultivo de millo

A = Asocio frijol / millo

T1 = Fertilización química

T2 = Abonamiento orgánico

En relación con el frijol AFR 638 y a nivel general de comparación entre las dos formas de cultivo, no se encontraron diferencias significativas por efectos de los sistemas de agricultura (biológico vs convencional), ni por las interrelaciones sistema de agricultura-tipo de arreglo, sistema de agricultura-tratamiento, sistema de agricultura-tipo de arreglo-tratamiento ni por el efecto individual de cada una de estas fuentes de variación.

Lo anterior quiere decir que los niveles de rendimiento del frijol monocultivo fertilizado químicamente (1280 Kg/ha) o con

abono orgánico (754 Kg/ha) bajo el sistema biológico, son estadísticamente iguales a los obtenidos en el sistema convencional (1065 y 842 Kg/ha, respectivamente).

De igual manera son similares los rendimientos en los asociados del sistema biológico (870 Kg/ha para las parcelas con fertilizante químico (AT1) y 973 Kg/ha para aquellas con abonamiento orgánico (AT2)) y en los conseguidos en el convencional (658 y 708 Kg/ha respectivamente).

La similitud estadística reportada confirma los resultados obtenidos por el mismo equipo de investigadores en las zonas

frijoleras del Páramo y Villanueva durante cuatro ciclos de cultivo en 1993 y 1994 (León y otros, 1994, 1996), al igual que las observaciones realizadas por otros autores en diversas partes del mundo (Eggert y Kahemann 1984; Eggert, 1978; Rasmussen, 1983) sobre mayores o iguales producciones del sistema biológico en comparación con el convencional.

La ausencia de diferencias estadísticas no se altera tampoco cuando se corrigen los rendimientos por el factor "porcentaje de ataque de antracnosis", a pesar de haberse registrado mayores porcentajes de pérdida de grano en el sistema biológico (promedio de 7,7 %) que en el convencional (4,2%), tal como se muestra en la tabla 4. Estas producciones estadísticamente iguales revelan, por otra parte, la eficiencia relativa del extracto de Ruda - Manzanilla frente al tratamiento químico a base de Benlate - Manzate en el balance final de la producción. Desafortunadamente no se realizaron estudios más profundos en relación con la presencia de la enfermedad, que hubieran podido mostrar la severidad de la misma en diferentes etapas de desarrollo del cultivo y la acción inhibitoria de los extractos utilizados.

El análisis estadístico tampoco reporta diferencias significativas entre tratamientos, es decir, entre las parcelas que recibieron abonamiento orgánico (T2) y aquellas en donde se incorporó la mezcla de Triple 15 y Gallinaza (T1), dentro y entre los sistemas de agricultura considerados.

Esto es positivo para las parcelas T2 puesto que ellas recibieron menores cantidades absolutas de nutrientes (0,14 vs 78,2 Kg/ha de N; 384 vs 444 Kg/ha de C; 4,4 vs 153 Kg/ha de P205; 47 vs 70 Kg/ha de K20; 35,2 vs 155 Kg/ha de CaO y 4,6 vs 7,5 Kg/ha de MgO) en relación con las unidades experimentales con fertilización química, lo cual indica la eficiencia como abono orgánico de estos materiales (Biorgánicos) producidos en la planta local de transformación de basuras (tabla 2).

La igualdad estadística se presenta también en el caso del cultivo secundario (millo) para todas las condiciones de comparación, excepto para el factor "Tipo de Arreglo" (asocio vs monocultivo) en donde hubo diferencias, al 5% de confianza, a favor del rendimiento en los respectivos monocultivos, tanto dentro del sistema biológico como del convencional (2950 y 2777 kg/ha en los

Tabla 4. Producción promedio de frijol ARF - 638 corregida por el factor calidad (incidencia de antracnosis) 1995 A (kg/ha).

Sistema de manejo	Producción Total	Producción corregida por antracnosis	% de ataque *
Biológico			
FT1	1279,8	1146,3	10,3
FT2	754,2	721,1	4,3
AT1	869,9	786,8	9,6
AT2	973,6	917,8	5,5
Convencional			
FT1	1064,7	1021,9	4,0
FT2	842,9	786,9	6,2
AT1	657,8	630,3	3,8
AT2	707,9	686,0	3,0

* Granos defectuosos, partidos, manchados.

monocultivos T1 y T2 vs 2255 y 1605 kg/ha de rendimiento del millo en los socios AT1 Y AT2 dentro del sistema biológico y 4615 - 3674 Kg/ha para los monocultivos MT1 y MT2 vs 3420 y 3136 Kg/ha de los respectivos socios en el sistema convencional).

Por otra parte, el análisis estadístico realizado al interior de cada sistema de cultivo (independiente del efecto de la parcela mayor), mostró significancia al 5% en la interrelación Arreglo-Tratamiento dentro del sistema convencional, que puede interpretarse como una mejor respuesta del frijol al abonamiento orgánico cuando se cultiva asociado y a la vez como un mejor comportamiento en relación a la fertilización química cuando se establece en monocultivo.

Igualmente se encontraron diferencias significativas, al 5%, en el rendimiento del frijol dentro del sistema convencional generadas por el tipo de arreglo, a favor de los monocultivos establecidos en parcelas con abonamiento orgánico (FT2 = 843 kg/ha) y fertilización química (FT1= 1065 kg/ha) en relación con el rendimiento del frijol en el socio (708 y 659 kg/ha para AT2 y AT1). Dentro del sistema biológico no se presentaron diferencias estadísticas a este nivel.

No obstante, cuando se realiza un balance global del rendimiento de los dos cultivos (frijol x millo) en función del tipo de arreglo, aplicando el Índice de Uso Eficiente de la Tierra (IET), que expresa la eficiencia relativa de la producción agrícola en términos de la óptima utilización espacial del recurso suelo, se debilitan las evidencias estadísticas encontradas a favor del monocultivo en el sistema convencional y se refuerzan los argumentos a favor del socio en los dos tipos de agricultura.

Como puede observarse en la tabla 3 el IET alcanzó valores superiores a la unidad en todos los casos, reflejando las mayores producciones totales que se obtienen con el socio de plantas en la región. El IET fue superior en las parcelas en donde se utilizó el abono "biorgánico" que en donde se aplicó la mezcla T-15- Gallinaza (1,87 vs 1,44 en

el sistema biológico y 1,69 vs 1,36 en el convencional) lo que reafirma las ventajas anotadas sobre el rendimiento del frijol por la acción combinada del abono y del socio en los dos sistemas de cultivo.

COSECHA DEL SEGUNDO SEMESTRE DE 1995.

En esta oportunidad y tal como corresponde a todos los segundos semestres en la zona productora de frijol del eje Villanueva-San Gil, las producciones disminuyeron abruptamente debido a la reducción de los niveles de precipitación pluvial que se presentan regularmente en esta época del año. Sierra (1996), indica que alrededor del 60% de los agricultores perdieron sus cosechas y que el rendimiento por hectárea estuvo por debajo de los 400 kilos, en este segundo semestre de 1995.

Ninguna de las producciones obtenidas en las parcelas experimentales alcanzó a superar los 200 Kg/ha. Los niveles en el monocultivo de frijol Radical fluctuaron en mínimos de 164 (FT1 convencional) y máximos de 179 Kg/ha (FT2 biológico), muy bajos en relación con los obtenidos en años anteriores en este período de "travesía" (tabla 3).

Las comparaciones entre los dos sistemas siguieron las tendencias enunciadas en el semestre A, es decir, que no hubo significancia estadística en la producción de los cultivos por los factores mencionados, con excepción de la comparación entre tipos de arreglos (socio vs monocultivo). En este contexto, las producciones de los monocultivos en frijol en los dos sistemas superaron significativamente a las registradas en los respectivos socios (172 (FT1) y 180 (FT2) vs 89 (AT1) y 106 (AT2) Kg/ha en el sistema biológico y 164 (FT1) y 168 (FT2) vs 93 (AT1) y 67 (AT2) en el convencional), resultado esperado dada la mayor densidad de siembra en el monocultivo.

Sin embargo, es posible anotar que, nuevamente, los índices del Uso Eficiente de la Tierra mostraron claras ventajas a favor de los socios ubicados en las parcelas con abonamiento orgánico, especialmente

en el sistema biológico en donde alcanzan valores de 2,1, que muestran los beneficios de este tipo de arreglo múltiple en condiciones de estrés producido por carencia de agua. En el sistema convencional, los IET estuvieron muy cerca a la unidad (1,2 para las parcelas T1 y 1,04 para las T2), sugiriendo un menor efecto del asocio en este tipo de sistema, probablemente ligado a influencias fisiológicas inducidas por la aplicación de sustancias químicas, hipótesis que, no obstante, habría que verificar con estudios más detallados.

En relación con el millo, puede afirmarse que sus producciones no fueron afectadas por el intenso verano en la misma proporción que el frijol, ya que su período vegetativo es más largo, pudiendo aprovechar, de esta manera, los aportes de agua provenientes de los posteriores aguaceros de noviembre-diciembre. En esta ocasión sin embargo, sí se presentan diferencias significativas entre los dos sistemas, a favor del biológico, cuyas producciones de millo superaron ampliamente a las obtenidas en el convencional.

Nótese, por ejemplo, que en el arreglo de asocio se obtienen 3211 Kg/ha en el sistema biológico en contraposición a los 874 Kg/ha contabilizados para el millo en el asocio del sistema convencional para las parcelas con fertilización química (T1). Para aquellas que recibieron abonamiento orgánico, esta diferencia también es amplia y significativa (2113 vs 843 Kg/ha). Tales diferencias más que a los dos tipos de control de plagas y enfermedades utilizados, podrían deberse a efectos edáficos ya discutidos por León y otros (1996), relacionados con la ubicación de las parcelas en el campo.

COSECHA DEL PRIMER SEMESTRE DE 1996.

Durante este último ciclo de cultivo (quinto desde el inicio del estudio y tercero de este reporte), tampoco se presentaron diferencias estadísticas en el rendimiento del frijol por efecto de los sistemas de agricultura o por las interrelaciones consideradas.

En efecto, las comparaciones estadísticas de los respectivos monocultivos bajo los dos tipos de agricultura no muestran diferencias significativas entre sí (700 vs 918 Kg/ha para las parcelas con fertilización química (FT1) y 754 vs 626 Kg/ha para las que recibieron abonamiento orgánico (FT2) en los sistemas biológico y convencional respectivamente), información que, contrastada con las cantidades absolutas de nutrientes recibidos por parcela y con los tratamientos de control de la antracnosis, supone una ventaja relativa del sistema biológico por lo menos en lo que se refiere a la protección del entorno biofísico.

La producción del frijol en asocio bajo el sistema biológico resultó ser estadísticamente igual a la del asocio en el convencional (tanto en parcelas T1 (Fertilización química) como T2 (Biorgánicos) que en su orden presentaron rendimientos de 951 - 900 kg/ha y 482 y 394 kg/ha). Dentro del sistema convencional se volvió a registrar la misma significancia estadística a favor del monocultivo de frijol, tal y como fue reportada para 1995A. No obstante, por fuera del análisis estadístico, la aplicación del IET muestra igualmente que los rendimientos relativos de frijol y millo en el asocio resultan ser casi 2 veces más altos (IET = 2,19 para parcelas T2 y 2,1 para las parcelas T1) en el sistema biológico y 1,5 veces mayores en el convencional que los obtenidos en los respectivos monocultivos.

Nótese, por otra parte, que el IET en el sistema biológico fue superior al obtenido en el convencional, hecho que puede atribuirse a la influencia del medio edáfico dado que, como se anotó en la metodología, en este semestre no se utilizaron materiales biológicos para controlar plagas o enfermedades.

FERTILIDAD DEL SUELO

Propiedades Químicas

En las tablas 5 y 6 se consignan los resultados del análisis químico del suelo por sistema de agricultura, tipo de arreglo y tratamiento al finalizar el cuarto (1995B) y quin-

Tabla 5. Propiedades químicas del suelo al finalizar el cuarto ciclo del cultivo (Semestre B de 1995) Promedio de tres replicaciones.

Sistema	TTMTO	pH	% M.O.	P ppm	Complejo de cambio (meq/100g)					% de Saturación	
					Ca	Mg	K	BT	CIC	Total	Calcio
B I O L O G I C O	FT1	5,6	2,06	5,8	7,2	0,9	0,27	8,6	15,3	56,0	47,1
	FT2	5,9	2,23	11	8,7	1,1	0,31	10,2	16,0	64,0	54,3
	MT1	5,3	2,06	9,3	6,2	0,8	0,25	7,5	15,7	48,0	39,7
	MT2	5,8	2,16	9,0	8,3	0,9	0,18	9,5	16,7	56,0	49,0
	AT1	6,2	2,0	19	9,5	1,3	0,49	11,4	15,3	65,0	53,4
	AT2	6,1	2,1	8,3	9,5	1,0	0,38	11,1	16,0	69,0	59,2
C O N V E N C I O N A L	FT1	5,8	2,03	33,0	6,9	1,0	0,32	8,42	17,0	50,0	41,0
	FT2	5,7	1,96	7,60	6,6	0,8	0,27	7,85	16,0	49,0	41,8
	MT1	5,5	2,03	10	5,1	0,6	0,26	6,16	16,7	37,0	30,5
	MT2	6,0	2,20	11,0	5,4	0,9	0,28	6,72	17,0	38,0	25,6
	AT1	5,4	1,86	24	4,8	0,8	0,23	5,94	16,0	37,0	30,2
	AT2	5,8	1,96	11	7,4	0,9	0,31	8,90	16,0	56,0	46,7

to (1996A) ciclos de cultivo. La tabla 7 muestra la evolución anual de las propiedades químicas desde el inicio de la experiencia (1994A) hasta su culminación en el primer semestre de 1996.

Al finalizar el año 1995 el análisis estadístico de los datos muestra, al interior del sistema biológico, diferencias significativas debidas al factor "Tipo de Arreglo" en el pH y en los contenidos de fósforo y potasio (tabla 5). En el primer caso se detectan mayores índices de pH (6,1 y 6,2) en las parcelas bajo el asocio frijol x millo que en los respectivos monocultivos. Esta ventaja estadística se repite a nivel del potasio, cuyos contenidos fueron de 0,49 y 0,38 meq/100 grs en el asocio versus 0,25 y 0,18 en los monocultivos de millo y 0,27 y 0,31 en los del frijol. En cambio, a nivel de los contenidos de fósforo la comparación favorece a las parcelas bajo

monocultivos de frijol que alcanzaron valores de 58 ppm en las que se incorporó fertilizante químico (FT1).

Los comportamientos descritos no son fáciles de explicar porque no guardan relación entre sí y además no son consistentes con la dinámica de otros elementos que pudieron verse afectados por el tipo de arreglo, como el calcio, el sodio o el magnesio y porque, además, tales parcelas recibieron cantidades similares de nutrientes vía fertilización o abonamiento. Adicionalmente, la información referente al fósforo contrasta con los resultados obtenidos en el ciclo I (1994 A y B) cuando sus contenidos fueron mayores en el asocio (León y otros 1996).

Situación parecida ocurre en el sistema convencional en donde se encontró significancia estadística debida al tipo de

Tabla 6. Variación de los parámetros químicos del suelo por sistema de agricultura, arreglo espacial y tratamiento, al finalizar el V ciclo de cultivo (1996 A) en Villanueva (Santander, Colombia)

Sistema	TTMTO	pH	% M.O.	P ppm	Complejo de cambio (meq/100g)					% de Saturación	
					Ca	Mg	K	BT	CIC	Calcio	Total
B I O L O G I C O	FT1	5,45	2,1	103	7,9	0,87	0,22	9,2	18,5	42,7	49,7
	FT2	6,5	2,3	21	10,3	0,93	0,45	11,9	18,5	55,6	64,3
	MT1	5,8	2,2	27	8,1	1,01	0,22	9,5	18,0	45,0	52,8
	MT2	6,2	1,9	6	9,7	0,77	0,16	10,8	18,5	52,4	58,4
	AT1	5,30	1,9	8	6,3	0,69	0,17	7,3	19,0	33,1	38,4
	AT2	5,80	2,0	9	8,8	0,73	0,14	9,9	18,0	48,9	55,0
C O N V E N C I O N A L	FT1	5,4	1,9	122	5,9	0,74	0,38	7,4	16,5	35,7	44,8
	FT2	6,1	1,8	12	8,6	0,73	0,48	10,1	17,0	50,5	59,4
	MT1	5,5	2,0	18	5,6	0,86	0,47	7,2	16,5	33,9	43,6
	MT2	5,3	2,1	6	5,3	0,73	0,29	6,7	16,5	32,1	40,6
	AT1	5,2	1,9	18	4,6	0,74	0,26	5,9	17,5	26,3	33,7
	AT2	5,6	2,0	9	6,2	0,79	0,41	7,7	15,0	41,3	51,3
Nivel Inicial (1994 A)		5,3	2,5	5,5	5,5	0,6	0,19	6,5	14,8	37,2	44,0

arreglo en los contenidos de magnesio, información igualmente inconsistente en términos de un análisis global.

Lo que sí resulta explicable en relación con los materiales incorporados, es la significancia estadística reportada dentro del sistema biológico para el contenido de fósforo en función de los tratamientos y de la interacción "Tipo de Arreglo-Tratamiento". Estos valores resultaron ser consistentemente mayores en las parcelas con fertilización química (FT1 = 58, MT1 = 9,3 y AT1 = 19 ppm de fósforo) que en las que recibieron "Biorgánicos", debido a los contenidos sustancialmente mayores en P2 O5 del Triple - 15 y de la gallinaza combina-

dos. De igual manera, se observa que estos mayores niveles de fósforo en el suelo se relacionan significativamente con el monocultivo de frijol (58 ppm), lo que implicaría una mayor asimilación del elemento por parte del millo tanto en asocio como en monocultivo.

Esta última situación se repite, pero sin significancia estadística, dentro del sistema convencional, donde las parcelas con monocultivo de frijol registraron los mayores contenidos de fósforo disponible en el suelo (33 ppm).

En 1996A, el fósforo vuelve a ser el único elemento que marca diferencias significativas entre los dos sistemas de agricultura.

Tabla 7. Variación de los parámetros químicos del suelo por tratamiento durante 2,5 años (1994 A - 1996 A) en parcelas experimentales de agricultura biológica y convencional en Villanueva (Santander, Colombia).

TTMTO	Año	pH	% M.O.	P ppm	Complejo de cambio (meq/100g)							% de Saturación	
					Ca	Mg	Na	K	A	CIC	BT	Calcio	Total
Biolog. T1	1994A*	5,3	2,5	5,5	5,5	0,6	0,21	0,19	0,15	14,8	6,6	37,2	44,6
	1994B	5,3	2,7	9,2	5,7	0,8	0,11	0,16	0,20	15,0	7,0	37,8	46,6
	1995B	5,7	2,0	28,6	7,6	1,0	0,26	0,34	-	15,4	9,2	49,3	59,7
	1996A	5,5	2,1	46,3	7,4	0,9	0,21	0,21	-	18,5	8,7	40,0	47,0
Biolog. T2	1994A	5,3	2,5	5,5	5,5	0,6	0,21	0,19	0,15	14,8	6,6	37,2	44,6
	1994B	5,6	2,7	7,3	6,8	1,0	0,10	0,25	0,06	15,1	8,2	45,0	52,6
	1995B	5,9	2,2	9,9	8,8	1,0	0,20	0,31	-	16,0	10,3	55,0	63,2
	1996A	6,1	2,1	12,1	8,1	0,8	0,20	0,25	-	18,3	9,3	44,2	50,8
Quím. T1	1994A	5,3	2,5	5,5	5,5	0,6	0,21	0,19	0,15	14,8	6,6	37,2	44,6
	1994B	5,4	2,2	5,7	4,6	0,7	0,09	0,20	0,14	14,6	5,7	31,5	39,0
	1995B	5,6	2,0	11,3	7,4	0,9	0,20	0,31	0,29	15,4	9,1	48,0	59,1
	1996A	5,4	2,0	53	5,3	0,8	0,24	0,37	0,25	16,8	7,0	31,5	41,6
Quím. T2	1994A	5,3	2,5	5,5	5,5	0,6	0,21	0,19	0,15	14,8	6,6	37,2	44,6
	1994B	5,4	2,2	6,0	6,0	0,9	0,10	0,31	0,15	14,3	7,5	41,9	52,4
	1995B	5,8	2,5	5,5	5,5	0,6	0,21	0,19	0,15	14,8	6,6	37,2	44,6
	1996A	5,7	2,0	9,2	6,7	0,7	0,27	0,39	0,16	16,2	8,22	41,3	50,7

* Nivel inicial

ra, igualmente a favor del sistema biológico y por las razones edáficas anotadas. Al interior de este sistema nuevamente se presentan diferencias significativas en el pH y en los contenidos de fósforo debidas al efecto individual de los tratamientos y a la interacción "Tratamiento-Tipo de arreglo".

En el primer caso, la ventaja se encuentra en las parcelas T2 que registraron niveles mínimos de 5,8 y máximos de 6,35 en comparación con los índices de pH en las parcelas químicas que tuvieron mínimos de 5,3 y máximos de 5,8. Esta situación indicaría un efecto positivo del material "Biogánicos" sobre la acidez del suelo que deja algunos interrogantes por cuanto el

aporte de bases intercambiables especialmente de calcio, es casi tres veces mayor en los materiales químicos y los contenidos finales de bases totales son sólo ligeramente mayores en las parcelas T2.

Por otra parte, puede observarse en la tabla 7 que los contenidos finales de materia orgánica en el suelo son casi idénticos para todas las unidades experimentales y es bien conocido que este factor incide fuertemente en la regulación de pH del suelo.

En el caso del fósforo se acentúan mucho más los elevados niveles del elemento en las parcelas con el monocultivo de frijol, que alcanzan valores extremos de 103

ppm en el sistema biológico y de 122 en el convencional, atribuibles a las características de los materiales utilizados y a la naturaleza de los cultivos, ya discutidas en apartes anteriores.

Cuando se analiza la evolución de las propiedades químicas del suelo en los dos años y medio del estudio (tabla 7), se puede observar que ocurrieron cambios positivos en términos de pH, contenidos de calcio, magnesio, potasio y fósforo, capacidad de intercambio, bases totales y saturación total. La materia orgánica disminuyó en todos los tratamientos en tanto que los niveles de sodio se mantuvieron constantes y el aluminio presentó un comportamiento no consistente. Tales cambios, aunque de magnitud variable y pequeña en muchas ocasiones, sirvieron para que la fertilidad global del suelo aumentara en todos los tratamientos .

El pH se incrementó en todas las parcelas desde el nivel inicial de 1994 (5,3 = fuertemente ácido) hasta valores de 5,7 (medianamente ácido) y 6,1 (ligeramente ácido) en las parcelas con abonamiento orgánico (T2). El fósforo pasó de 5,5 ppm (bajo) a contenidos altos en las parcelas T1 (46 Y 53 ppm en promedio para los sistemas biológico y convencional) en tanto que los niveles de potasio aumentaron desde una apreciación muy baja (0,19 meq/100 grs) hasta niveles considerados altos (superiores a 0,3 meq/100 grs) en las parcelas T1 y T2 del sistema convencional.

En consecuencia, la evaluación de la fertilidad global del suelo realizada por el sistema cuantitativo de orden químico presentada por Ortega (op.cit) reveló que, en todos los casos, la fertilidad del medio edáfico se incrementó desde una apreciación "baja" que se le adjudicó por ese procedimiento al inicio de la experiencia en 1994, hasta una valoración "moderada" al finalizar el estudio en 1996 A (tabla 8). Este resultado contrasta igualmente con las diferencias en fertilidad que se observaron durante 1995B, año en el cual las parcelas con fertilización química (T1) de los dos sistemas presentaron índices de fertilidad baja y las

que recibieron materiales orgánicos obtuvieron índices de fertilidad moderada (León y otros, op.cit).

Propiedades Físicas

Los análisis de varianza no detectaron ninguna diferencia significativa a nivel de las comparaciones realizadas en las propiedades físicas de los suelos bajo los diferentes sistemas de agricultura, tipos de arreglo o tratamientos durante los años 1995B y 1996A. No obstante, un análisis general de la información consignada en la tabla 9 permite hacer las siguientes observaciones :

En primer lugar, se destaca la reducción en los niveles de densidad aparente que pasaron de valores cercanos a 1,50 gr/cc en todas las parcelas en 1994B a cifras de 1,1 (T1 biológico), 1,2 (T1 y T2 convencional) y 1,3 (T2 biológico), que revelan un mejoramiento evidente en las condiciones de intercambio líquido y gaseoso de los suelos estudiados.

La consecuencia inmediata de esta disminución de la densidad aparente se registra en los aumentos concomitantes de porosidad que, al finalizar la experiencia, se situaron alrededor del 50% para todos los casos anulando las evidencias de compactación del suelo registradas durante el inicio del estudio por el mismo grupo de investigadores. Esta evidente mejoría de la densidad aparente, sin embargo, no se puede correlacionar con la materia orgánica, fase a la cual normalmente se le atribuyen efectos benéficos sobre la porosidad y compactación del suelo, debido a la ya citada disminución del carbono orgánico en todas las parcelas en relación con el nivel inicial de 1994. Restaría atribuir el incremento anotado a la eliminación de la carga de ganado que sostenía el terreno experimental antes del estudio y a los beneficios derivados del cambio de uso de la tierra hacia la agricultura.

Por su parte, la estabilidad estructural del suelo medida en términos del Diámetro Ponderado Medio (DPM), presentó un comportamiento oscilatorio que no permite dilu-

cidar una tendencia clara: en efecto, de un nivel promedio cercano a 3,6 mm de diámetro de agregados estables al agua que se obtuvo en 1994B, ascendió a valores superiores o iguales a 5,1 para descender nuevamente a niveles cercanos a 3,2 mm (tratamiento T2 biológico y T1 convencional), 4,0 (T2 convencional) y 2.7 (T1 biológico) en 1996A.

La secuencia anterior no corresponde con las fluctuaciones de la materia orgánica de los suelos estudiados, cuyo comportamiento tiene una tendencia descendente en casi todos los casos y no permite establecer correlaciones con los cambios anuales registrados en el Diámetro Ponderado Medio.

Erosión del Suelo

Las tasas de erosión registradas en las parcelas experimentales de agricultura biológica y convencional entre 1995A y 1996A se presentan en la tabla 10.

La información colectada para 1995 muestra que los promedios obtenidos no difieren sustancialmente entre las dos parcelas ubicadas respectivamente en los sistemas biológico (13,6 kg/ha/día) y convencional (15,4 kg/ha/día) durante el intervalo del 24 de mayo al 18 de julio que abarcó 56 días continuos de observaciones.

Durante el segundo semestre de 1995, debido a la disminución del régimen de lluvias, las velocidades de pérdida de suelos llegaron a tasas diarias que fluctuaron entre 6,1 y 1,2 en el sistema biológico y entre 5,9-2-3 kg/ha en el convencional, órdenes de magnitud similares a las reportadas durante 1994B.

Durante el semestre A de 1996, la información tomada fue continua a lo largo de un período de 135 días (20 de marzo al 10 de agosto) y de ella nuevamente se encuentra una gran similitud en la cantidad de sedimentos atrapados en las parcelas de escorrentía (promedios diarios de 7,8 kg/ha en el sistema biológico y de 7,4 kg/ha en el convencional, confirmando los datos de los años anteriores en el sentido que, en pendientes de poca inclinación (1-3%) y bajo un

régimen reducido de lluvias, las tasas de erosión suelen ser bajas e independientes de los arreglos utilizados.

BIBLIOGRAFIA

EGGERT, F. P. 1978. Preliminary results from plots trials to compare the efficacy of several soils management systems as determined by a number of soil parameters and the yields of some vegetable crops. En: Towards a sustainable Agriculture. International Conference Sissach (Switzerland) of IFOAM. Papers. De. IFOAM. Oberwill, Suiza, pp 77-85.

EGGERT, F. P. AND KAHRMANN, C. L. 1984. Response of three vegetable crops to organic and inorganic nutrient sources. American Society of Agronomy. No. 46 pp 97-109.

HOLDRIDGE, L. R. 1978. Ecología basada en zonas de vida. San José de Costa Rica. IICA. 216 p.

MAITRE, A. Y LEON, S. T. 1996. "Evaluación participativa de un ensayo con dos variedades de frijol (*Phaseolus vulgaris*) bajo sistemas de agricultura biológica y convencional " En: Geotrópica, revista del área de recursos naturales, Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, No. 1 pp 22-29.

LEON, S. T., ESPINOSA, J. D. MAITRE, D., BARRAGAN, L. Y RODRIGUEZ, E. 1994. "Efectos de la agricultura biológica y Convencional en la fertilidad y conservación de suelos y en la producción de frijol (San Gil-Santander)". En: Memorias de la Primera Reunión de agroecología y Producción Sostenible en San Gil (Santander, Colombia). Documento de trabajo No. 135, CIAT. pp. 80-105.

LEON, S. T., ESPINOSA, J. D., CORTES, J. E., REMOLINA, J. 1996. "Aplicación parcial de criterios de agricultura biológica y convencional (local) y sus efectos en la fertilidad de suelos y en la producción de frijol en Villanueva (Departamento de Santander-Colombia). Ciclo 1. En: Geotrópica, Vol 1. No. 1 pp 30-43.

RASMUSSEN, J. 1983. Comparissons between farming systems in Denmark. Rapport. Institutionen for Vaxtodling, Sveriges Lantbruksuniversitet. No. 124. 88p.

SIERRA, L. E. 1996. Producción de frijol en la zona de Villanueva, Santander en los años 1993, 1994 y 1995. Informe interno. Cooperativa de Servicios Múltiples Villanueva. 4p.