

# ESTUDIO COMPARATIVO DE DIFERENTES ESPECIES DE ABONOS VERDES Y SU INFLUENCIA EN EL CULTIVO DEL MAÍZ

Margarita García<sup>✉</sup>, Mayté Álvarez y Eolia Treto

**ABSTRACT.** A field experiment was carried out on a Red Ferralitic soil of Havana province for two consecutive seasons within May-November period of 1996-1997, with the objective of evaluating the effectiveness of different leguminous species used as green manures in crop rotation with corn, also determining their N efficiency. The effect of *Crotalaria juncea*, *Stizolobium aterrimum*, *Canavalia ensiformis* and *Sesbania rostrata* was compared with two checks: one without green manure, nor mineral fertilizer and the other without green manure but with mineral fertilizer. Treatments were arranged on a randomized block design with four replications. Phytomass and nutrient contribution of green manures was studied in each case as well as their effect on soil physical characteristics, corn yield and its components. The recovery coefficient of green manure nitrogen was determined through isotopic and difference methods. Regarding the four green manure species studied, *Crotalaria juncea* and *Sesbania rostrata* presented the best behavior with corn over both seasons studied; this response depending on the high amount of phytomass and nutrients given as well as the high C:N ratio of their material. *Crotalaria juncea* and *Sesbania rostrata* supplied 7.7 and 10.5 t.ha<sup>-1</sup> and 113 and 156 kg.ha<sup>-1</sup> N respectively. Also, the nitrogen given by mucuna was more efficiently employed by corn (88.7 %) compared to the other species, whose coefficients were decreasing as follows: 39.8, 34.6 and 25.2 % for sesbania, crotalaria and canavalia respectively. Green manures increased organic matter content, natural moisture and structural stability indexes of soil aggregates. The use of green manure in both years increased corn yield compared to the first check control (1 and 2.4 t.ha<sup>-1</sup>) and the second one (0.3 and 1.38 t.ha<sup>-1</sup>), so they varied according to the species evaluated. *Crotalaria juncea* and *Sesbania rostrata* obtained an economic effectiveness of 762 and 434 \$.ha<sup>-1</sup> in 1996 whereas 295.9 and 369.5 \$.ha<sup>-1</sup> in 1997 respectively.

**Key words:** green manure, corn, soil fertility, crop rotation, GM-N efficiency

Dr.C. Margarita García y Dra.C. Eolia Treto, Investigadoras Titulares y Ms.C. Mayté Álvarez, Investigador Agregado del Departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, CP 32 700.

✉ margarita@inca.edu.cu

**RESUMEN.** En el período mayo-noviembre de los años 1996-1997, se llevó a cabo un experimento de campo durante dos campañas consecutivas, sobre un suelo Ferralítico Rojo de la provincia La Habana, con el objetivo de evaluar la efectividad de diferentes especies de leguminosas utilizadas como abonos verdes en rotación sobre el cultivo del maíz, determinando asimismo la eficiencia del N aportado por estas. Se comparó el efecto de *Crotalaria juncea*, *Stizolobium aterrimum*, *Canavalia ensiformis* y *Sesbania rostrata* con dos testigos: el primero sin abono verde y sin fertilizante mineral, el segundo sin abono verde pero con fertilizante mineral. Se distribuyeron los tratamientos en el campo mediante un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas. En cada caso se evaluó el aporte de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes estudiados, así como el efecto de estos sobre las características físicas del suelo, el rendimiento del maíz y sus componentes. Se determinó el coeficiente de aprovechamiento del nitrógeno incorporado con los abonos verdes mediante los métodos de las diferencias e isotópico. De las cuatro especies de abonos verdes evaluadas, *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* fueron las de mejor comportamiento en el cultivo del maíz en las dos campañas evaluadas, estando esta respuesta en dependencia del alto volumen de fitomasa y nutrientes aportados así como por la elevada relación C:N del material que estas incorporan. *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* tuvieron aportes de 7.7 y 10.5 t.ha<sup>-1</sup>, así como de 113 y 156 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno respectivamente. Asimismo, el nitrógeno incorporado por la mucuna fue el más eficientemente utilizado por el cultivo del maíz (88.7 %) en comparación con el resto de las especies, cuyos coeficientes variaron de mayor a menor en el siguiente orden: 39.8, 34.6 y 25.2 % para sesbania, crotalaria y canavalia respectivamente. Los abonos verdes incorporados incrementaron asimismo el contenido de materia orgánica, la humedad natural y los índices de estabilidad estructural de los agregados del suelo. El uso de los abonos verdes en los dos años evaluados, mostró incrementos de los rendimientos del maíz sobre el control entre 1 y 2.4 t.ha<sup>-1</sup> y la variante con fertilización mineral entre 0.3 y 1.38 t.ha<sup>-1</sup>, variando estos en relación con las especies evaluadas. Con la incorporación de *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata*, se obtuvo una efectividad económica de 762 y 434 \$.ha<sup>-1</sup> en 1996 y de 295.9 y 369.5 \$.ha<sup>-1</sup> en 1997 respectivamente.

**Palabras clave:** abonos verdes, maíz, fertilidad del suelo, rotación de cultivos, eficiencia N-AV

## INTRODUCCIÓN

La producción de maíz en Cuba ha estado limitada por las afectaciones económicas que ha sufrido el país; además, debido al uso de métodos inadecuados de ma-

nejo del suelo y del cultivo, se han presentado serios problemas de degradación ambiental, encontrándose degradados el 70 % de los suelos dedicados a la agricultura, en particular los Ferralíticos Rojos que sufren de compactación, pérdida de la materia orgánica y erosión laminar (1, 2).

Para dar solución a los anteriores problemas que afectan la producción agrícola actual, ha sido prioritario el desarrollo y la implementación de alternativas sostenibles a los fertilizantes químicos, para que minimicen el deterioro de los suelos y restablezcan la fertilidad perdida, como es la rotación con leguminosas como abonos verdes.

El efecto positivo de la rotación de cultivos con leguminosas se ha demostrado en numerosos países como Canadá, México, India y otros. En este sentido, algunos autores (3, 4, 5, 6, 7) han demostrado la importancia de esta práctica en los cereales, principalmente en el maíz, encontrándose por esta vía incrementos de los rendimientos de este cultivo en el orden de 4 a 5 t.ha<sup>-1</sup> y una disminución de la fertilización nitrogenada necesaria de 40 a 50 %.

De igual forma, en Cuba, se ha avanzado en los últimos tiempos en los estudios relacionados con el empleo de leguminosas como abonos verdes en rotación con cultivos económicos como el tabaco, el arroz, la papa, la calabaza y el maíz (8, 9, 10, 11, 12, 13). En este sentido, en el Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), se han continuado los trabajos anteriores dentro de un programa de integración de los abonos verdes bajo un sistema de manejo agroecológico en una amplia gama de cultivos económicos como la papa, la calabaza, el maíz y la malanga, entre otros. Como resultado se han logrado incrementos de los rendimientos de 1 a 4 t.ha<sup>-1</sup> así como sustituciones de las necesidades de nitrógeno de estos del orden de 40 a 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

A pesar de estos avances, los resultados en esta temática en Cuba han sido pocos, faltando aún investigaciones que vayan desde el conocimiento de las especies más adaptadas hasta su incorporación final a los sistemas agroproductivos, en una amplia gama de cultivos agrícolas y en particular el maíz.

Por todo lo antes expuesto se desarrolló el presente trabajo, teniendo como base la siguiente hipótesis: el uso de los abonos verdes puede constituir una práctica económicamente viable para sustituir parcial o totalmente las necesidades de fertilizantes minerales, así como para incrementar el rendimiento del maíz, coadyuvando a su vez al incremento de la fertilidad de los suelos dedicados a este cultivo.

De acuerdo con esta hipótesis, se desarrollaron en el período 1996-1997 dos experimentos de campo con los objetivos siguientes:

- ↪ determinar el efecto de diferentes especies de abonos verdes en rotación sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz
- ↪ caracterizar el aporte de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes desarrollados en las condiciones de

primavera-verano en rotación con el cultivo del maíz, seleccionando las más promisorias

- ↪ determinar el efecto de los abonos verdes sobre algunas características químicas y físicas del suelo
- ↪ determinar la eficiencia del N-abonos verdes incorporado con las diferentes especies
- ↪ determinar la factibilidad agronómica y económica del empleo del abonado verde en rotación en los sistemas agroproductivos del maíz.

## MATERIALES Y MÉTODOS

*Condiciones experimentales.* Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevaron a cabo dos experimentos de campo en el período 1996-1997 sobre un suelo Ferralítico Rojo en la Estación Central del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA) situada a 138 m sobre el nivel del mar, en San José de Las Lajas, provincia La Habana, a 23° 00' de latitud norte y 32° 12' de longitud oeste.

La región se caracteriza por poseer una temperatura promedio anual de 23.7 °C y dos estaciones bien definidas: seca (noviembre-abril) y lluvia (mayo-octubre).

Las principales características químicas del suelo, así como las condiciones climáticas imperantes en el período experimental se presentan en las Tablas I y II.

**Tabla I. Características químicas del área experimental (0-30 cm)**

pH (H <sub>2</sub> O)	Materia orgánica (%)	P (ppm)	Cmol/100g		
			K	Ca	Mg
<b>1996</b>					
6.50	2.42	365.55	0.66	12.87	2.51
<b>1997</b>					
6.30	2.74	384.75	0.63	11.62	2.58

*Descripción.* El experimento se llevó a cabo durante dos campañas consecutivas: la primera en el período comprendido de mayo a noviembre de 1996 y la segunda de mayo a noviembre de 1997, con el objetivo de conocer el efecto de diferentes especies de abonos verdes sobre el cultivo del maíz (*Zea mays*). Para ello se comparó el efecto de cuatro especies de leguminosas: *Crotalaria juncea*, *Canavalia ensiformis*, *Sesbania rostrata* y *Stizolobium aterrimum*, con dos testigos: el primero sin abono verde y sin fertilizante mineral y el segundo sin abono verde y con fertilizante mineral.

Los tratamientos se distribuyeron en el campo, de acuerdo con un diseño de bloques al azar con cuatro réplicas.

La siembra de los abonos verdes se llevó a cabo en las dos campañas evaluadas en mayo de 1996 y 1997 de forma manual, utilizando diferentes densidades de siembra, de acuerdo con las especies estudiadas.

A los 10 días de germinadas las plantas, se procedió a fertilizarlas con <sup>15</sup>N a razón de 50 kg.ha<sup>-1</sup> de nitrógeno en forma de urea en solución, con una abundancia de 3.48 at% <sup>15</sup>N en un área de 1.80 m<sup>2</sup> (2 X 0.90), situada en los dos metros centrales del tercer surco de cada parcela.

**Tabla II. Condiciones climáticas en el período experimental**

Años	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Total
Precipitación (mm)								
1996	127.8	159.9	154.5	149.6	127.1	207.1	55.4	981.4
1997	165.3	517.1	143.1	179.2	242.1	150.3	170.3	1080.3
Humedad relativa (%)								
1996	82	83	83	83	84	86	83	
1997	80	87	81	82	86	83	79	
Temperatura promedio (°C)								
1996	24.9	25.8	26.6	26.6	25.7	24.7	22.8	25.3
1997	26.2	25.8	26.9	26.7	25.7	24.5	23.8	25.6

A los 60 días de la siembra, en ambas campañas (julio, 1996 y 1997) se incorporaron los abonos verdes, evaluándose antes el aporte de fitomasa fresca, fitomasa seca y NPK, mediante un muestreo de plantas completas.

Antes de la siembra del maíz se fertilizaron las cuatro parcelas correspondientes a la variante con fertilización mineral (NK), aplicando una dosis de 150 kg.ha<sup>-1</sup> de N en forma de urea y 100 kg.ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O como cloruro de potasio. El 40 % de la dosis total de N fue aplicada en la siembra y el 60 % restante a los 45 días de la germinación del maíz.

La siembra del maíz (julio, 1996 y 1997), variedad Francisco mejorado, se llevó a cabo a los 15 días de la incorporación del abono verde, teniendo en cuenta que esta puede realizarse desde el momento de la incorporación hasta los 45 días de incorporado (14). La siembra se realizó a una distancia de 0.90 m x 0.25 m.

A los dos meses de incorporadas las leguminosas (octubre 1996-1997) se realizó un muestreo de suelo, para evaluar el efecto de los tratamientos sobre las propiedades físicas del suelo.

La cosecha del maíz se realizó a los 90 días de la germinación (noviembre de 1996-1997), haciendo antes un muestreo de plantas completas, con el objetivo de determinar la acumulación total de fitomasa fresca, fitomasa seca y la extracción total de NPK por el cultivo.

Se evaluó al final de la cosecha, el efecto de los tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes.

Se determinó el porcentaje de utilización de los abonos verdes mediante dos métodos: el isotópico y el de las diferencias, utilizando las siguientes ecuaciones.

#### Método isotópico:

$$\% \text{ de utilización} = \frac{\% \text{ de Nddf} \times \text{N total absorbido} (\text{kg.ha}^{-1})}{\text{Dosis de fertilizante aplicado} (\text{kg.ha}^{-1})}$$

#### Método de las diferencias:

$$\% \text{ de utilización} = \frac{\text{kg de N.ha}^{-1} \text{ extraído (Variante fert. mineral)} - \text{kg.ha}^{-1} \text{ N extraído (variante control)}}{\text{Dosis de N aplicado kg.ha}^{-1}} \times 100$$

Las labores culturales y atenciones fitosanitarias fueron realizadas de acuerdo con las normas técnicas del cultivo del maíz.

**Procedimiento para el manejo de los abonos verdes.** El abono verde se utilizó como precedente cultural del maíz, siendo el procedimiento para su manejo de forma similar para ambas campañas.

**Siembra de los abonos verdes.** Se realizó de forma manual, utilizando altas densidades (0.45 m entre hileras y alto número de semillas por metro), dependiendo del número de semillas por metro de las especies empleadas:

☞ *Crotalaria juncea*: 0.9 g/m

☞ *Sesbania rostrata*: 2 g/m

☞ *Stizolobium aterrimum*: 5 g/m

☞ *Canavalia ensiformis*: 9.75 g/m.

**Incorporación de los abonos verdes.** Se efectuó a los 60 días después de la siembra de forma superficial, con un arado de disco ADI-3M (cubano).

**Preparación del suelo.** Se realizó inmediatamente después de la incorporación, utilizando el sistema de labranza mínima (una aradura; una o dos gradas).

**Siembra del maíz.** Se condujo de forma manual 15 días después de la incorporación del abono verde.

**Evaluaciones realizadas.** Se hicieron las evaluaciones siguientes:

**Extracción de plantas.** Para evaluar el aporte de fitomasa fresca, fitomasa seca y NPK de los abonos verdes, se procedió a realizar un muestreo de plantas completas antes de su incorporación (60 ddg). Para ello se tomaron las plantas correspondientes a un área de 0.45 m<sup>2</sup>/parcela (1 x 0.45 m), subdividiéndose éstas en sus respectivos órganos. A cada órgano se le determinó el peso fresco, tomándose una muestra de 100 g para hallar el aporte de fitomasa seca y NPK.

**Análisis foliar:** Se evaluaron los contenidos totales de N, P, K por digestión húmeda con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y determinación del N- Nessler, P-molibdato de amonio y K- fotometría de llama.

**Análisis de suelo:** Para evaluar las características químicas del suelo se determinó el pH-H<sub>2</sub>O, MO (Walkley-Black), P (Oniani) K, Ca y Mg intercambiable, de acuerdo con los métodos descritos por Black.

**Determinación de <sup>15</sup>N:** Se determinó el at % <sup>15</sup>N en un espectrómetro de emisión NOI-6, calculándose el porcen-

taje de nitrógeno derivado del aire y el coeficiente de aprovechamiento del nitrógeno incorporado con los abonos verdes.

**Propiedades físicas.** Las características evaluadas son:

- humedad natural: método gravimétrico
- estabilidad de los agregados
- índices de estabilidad: los coeficientes de estructuración en seco y húmedo fueron determinados mediante las siguientes fórmulas:

$$K_{es} = \left[ \frac{\sum \text{de los \% Agr. } 0.25 \text{ mm hasta } 10 \text{ mm}}{\left[ \% > 10 \text{ mm} + \% < 0.25 \text{ mm} \right]} \right]$$

cuando ( $K_{es} >$  mejor será la estructura).

$$K_{eh} = \left[ \frac{\sum \text{de Agr. } > 0.25 \text{ mm}}{\left[ \% \text{ Agr. } < 0.25 \text{ mm} \right]} \right]$$

cuando ( $K_{eh} <$  es mejor para la estructuración).

$$I_e = \frac{(\text{Tamiz húmedo}) \sum \text{de los \% Agr. } > 0.25 \text{ mm}}{(\text{Tamiz seco}) \sum \text{de ( Agr. } > 0.25 \text{ mm)}}$$

Cuando  $I_e$  tiende a 1, más estabilidad tiene el suelo.

**Procedimiento estadístico:** Los resultados de las mediciones, evaluaciones y análisis químicos fueron procesados, de acuerdo con los diseños experimentales utilizados en cada caso, docimándose las medias de los tratamientos sobre la base de la prueba de Rango Múltiple.

**Determinación del rendimiento y sus componentes:** Se determinó el rendimiento de maíz tierno ( $t \cdot ha^{-1}$ ), asimismo se evaluaron los componentes del rendimiento consistentes en el conteo del número de mazorcas clases A, B y C, de acuerdo con el tamaño y grosor de la mazorca.

**Análisis económico:** Se realizó sobre la base de los rendimientos obtenidos, calculándose para cada variante beneficios netos (ganancias), así como la relación valor/costo. Se calcularon los indicadores económicos, de acuerdo con las siguientes fórmulas:

$$\text{Beneficio neto} = \frac{\text{Valor del aumento del rendimiento (\$)}}{\text{Costo del fertilizante (\$)}}$$

$$\text{Relación valor/costo} = \frac{\text{Valor del aumento de rendimiento}}{\text{Costo del fertilizante}}$$

Relación:

V/C > 1 Significa que el fertilizante aportó un beneficio,

> 2 Indica que el fertilizante aportó un beneficio de 100 %

> 3 Significa que el beneficio del fertilizante fue muy notable.

Para el análisis económico se utilizó la siguiente lista oficial de precios de venta:

Maíz tierno: 345 \$/t

Semillas de leguminosas: 1027 \$/t.

Urea: 290 \$/t

KCl: 200 \$/t

⇒ Costo de los abonos verdes: 72.50 \$/ha

Se desglosa como sigue:

Precio de la semilla: 23.50 \$ (en dependencia de la especie y las normas de siembra)

Siembra: 5.00 \$

Preparación de suelo: 20.00 \$

Riego: 4.00 \$

Incorporación: 20.00 \$

⇒ Precio de venta de *Sesbania rostrata* (0.13 \$/kg) (SEMHY-Brasil)  
(0.12 \$/kg) (MINAGRI-Cuba)

⇒ Precio de las especies según Empresa de Semillas  
*Crotalaria juncea*: 9.50\$/kg  
*Canavalia ensiformis*: 6.30 \$/kg  
*Stizolobium aterrimum*: 6.50 \$/ha.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Aporte de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes incorporados.** Según se muestra en la Tabla III, en la campaña de 1996, las especies de abonos verdes empleadas acumularon en general volúmenes considerables de fitomasa y nutrientes superiores a  $2 t \cdot ha^{-1}$  de masa seca y  $40 kg \cdot ha^{-1}$  de nitrógeno, consideradas estas cantidades mínimas permisibles para la consecución de un efecto significativo sobre la fertilidad del suelo y el rendimiento del cultivo. De las especies evaluadas, la mucuna y canavalia aportaron los volúmenes más bajos al sistema. Las especies *Sesbania rostrata* y *Crotalaria juncea*, por su parte, fueron las más sobresalientes en este sentido, con aportes de fitomasa fresca de  $27.5$  y  $25.3 t \cdot ha^{-1}$  y de  $7.8$  y  $7.35 t \cdot ha^{-1}$  de fitomasa seca, respectivamente.

**Tabla III. Aportes de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes incorporados. 1996**

Especies	Masa fresca ( $t \cdot ha^{-1}$ )	Masa seca ( $t \cdot ha^{-1}$ )	N	P ( $kg \cdot ha^{-1}$ )	K
Canavalia	16.02 c	3.01 c	87.15 c	13.97 c	76.25 c
Mucuna	10.51 d	2.02 d	52.07 d	6.57 d	32.12 d
Sesbania	27.52 a	7.89 a	147.92 a	19.85 a	130.72 a
Crotalaria	25.32 b	7.35 b	125.12 b	17.32 b	102.10 b
ES x	0.457***	0.15***	0.781***	0.685***	2.101***

La cantidad de nitrógeno acumulado por las especies varió de  $52 kg \cdot ha^{-1}$  con mucuna a  $148 kg \cdot ha^{-1}$  con sesbania; los aportes de potasio por su parte variaron de  $32 kg \cdot ha^{-1}$  con mucuna a  $131 kg \cdot ha^{-1}$  con crotalaria.

A diferencia de la campaña anterior (Tabla IV) solo dos de las especies evaluadas, *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata*, tuvieron altos aportes de fitomasa y nutrientes, siendo estos superiores incluso a la campaña anterior, no así *Stizolobium aterrimum* y *Canavalia ensiformis*, con las cuales se lograron muy bajos aportes, siendo estos inferiores a  $2 t \cdot ha^{-1}$  de masa seca y a  $40 kg \cdot ha^{-1}$  de nitrógeno. Lo anterior se debe, entre otros factores y en particular en la *Canavalia ensiformis*, a los ataques observados de insectos transmisores de virus (*Bemisia tabaci* y *Empoasca fabae*), los cuales ocasionan el enrollamiento de las hojas, inoculándolas con elementos tóxicos que paralizan el crecimiento de la planta. Se observó, además, el ataque de otro insecto, el gusano del alambre (*Conoderus amplicollis* Gull), el cual causó daños al sistema radical de las especies.

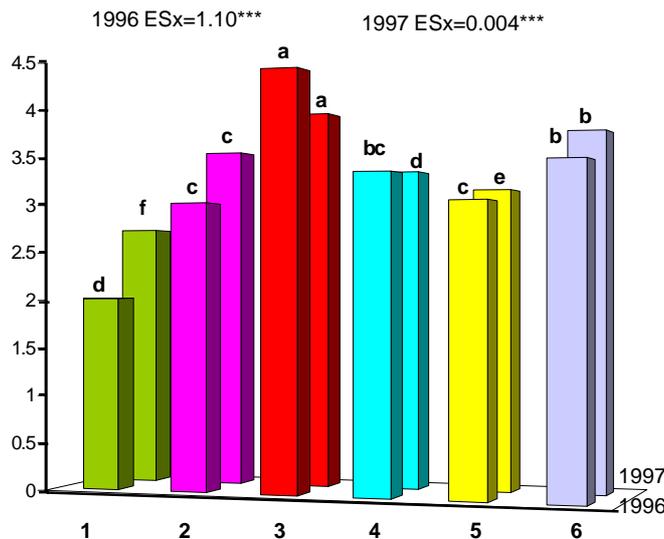
**Tabla IV. Aportes de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes incorporados. 1997**

Especies	Masa fresca (t.ha <sup>-1</sup> )	Masa seca (t.ha <sup>-1</sup> )	N	P (kg.ha <sup>-1</sup> )	K
Crotalaria	31.20 b	8.09 b	101.0 b	15.2 b	116.0 b
Mucuna	1.68 d	0.26 c	7.12 c	2.7 c	5.3d
Sesbania	34.65 a	13.30 a	164.8 a	40.5 a	222.2 <sup>a</sup>
Canavalia	8.9 c	1.05 c	26.9 c	4.4 c	22.0c
ES x	0.166***	0.329***	3.133***	1.938***	4.536***

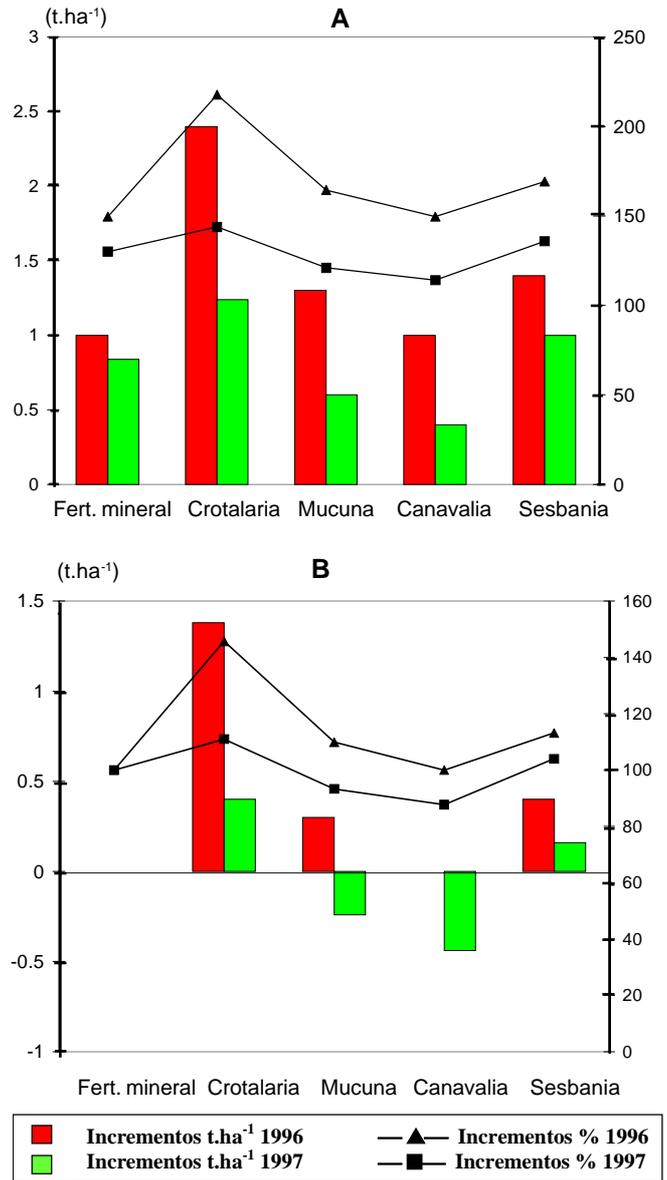
En general, los altos aportes realizados por las especies *Sesbania rostrata* y *Crotalaria juncea* se debieron a los altos volúmenes de fitomasa formada así como a la elevada concentración de nutrientes en sus órganos.

Los resultados confirman lo indicado por numerosos autores (15, 16, 17), los cuales refieren que la sesbania y crotalaria son especies de exuberante desarrollo, que se adaptan a las condiciones tropicales de altas lluvias, altas temperaturas y días largos, produciendo abundante fitomasa seca que varía de 4 a 8 t.ha<sup>-1</sup> y de nitrógeno que oscila de 140 a 160 kg.ha<sup>-1</sup> respectivamente.

*Efecto de los abonos verdes incorporados sobre el rendimiento del maíz y sus componentes.* Según se observa (Figuras 1 y 2) en la campaña de 1996, los abonos verdes incorporados tuvieron una influencia positiva y significativa sobre el rendimiento del maíz. Los más altos rendimientos del cultivo se obtuvieron con la incorporación de *Crotalaria juncea*, con la cual se lograron incrementos por encima del control absoluto de 2.4 t.ha<sup>-1</sup> (218 %), siendo estos asimismo superiores a la aplicación del fertilizante mineral en 1.38 t.ha<sup>-1</sup> (145 %). Comportamientos intermedios se observaron con el resto de las especies evaluadas, obteniéndose con la incorporación de la canavalia, mucuna y sesbania rendimientos similares a la variante con aplicación del fertilizante mineral y superiores al testigo absoluto en valores que oscilaron de 1 a 1.4 t.ha<sup>-1</sup>.

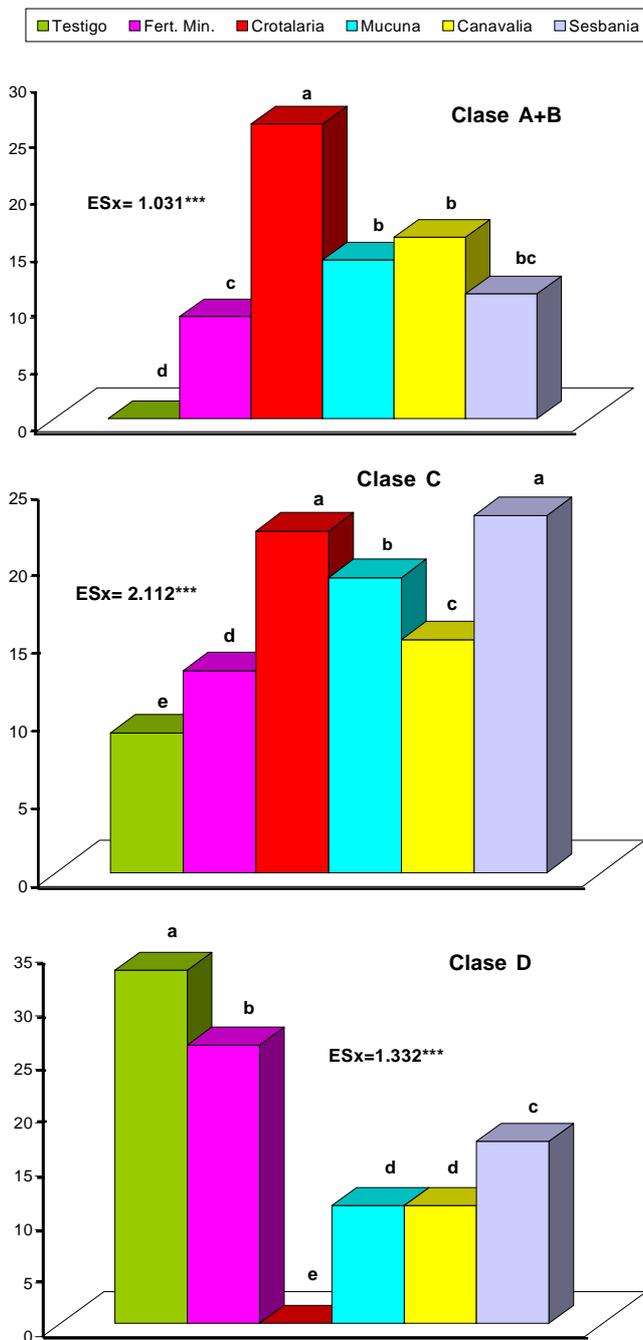


**Figura 1. Efecto de los tratamientos sobre el rendimiento del maíz**



**Figura 2. Incremento de los rendimientos en base a: A) testigo, B) fertilizante mineral**

El índice correspondiente al número de mazorcas por parcela se comportó de forma similar al rendimiento por área en los tratamientos evaluados (Figura 3). En este sentido, el número de mazorcas clase A fue de 10 a 13 veces superior al testigo absoluto, cuando se utilizaron los abonos verdes y de dos a tres veces superior a la variante con fertilizante mineral. El número de mazorcas clase B fue significativamente superior al testigo absoluto, cuando se emplearon los abonos verdes sin diferencias entre las especies. Sin embargo, el número de mazorcas clase C de inferior calidad fue superior en las variantes de peor comportamiento (testigo absoluto y fertilización mineral), siendo de forma inversa en las variantes donde se incorporaron los abonos verdes.



**Figura 3. Efecto de los tratamientos en el número de mazorcas por parcela**

De forma similar a la campaña anterior, en 1997, los abonos verdes ejercieron un efecto positivo sobre el rendimiento del maíz (Figuras 1 y 2). En este sentido, crotalaria y sesbania fueron las especies con mejor comportamiento, lográndose con estas los más altos rendimientos del maíz. Mucuna y canavalia tuvieron los peores comportamientos con rendimientos del maíz inferiores a la aplicación del fertilizante mineral y significativamente superiores al testigo (barbecho).

De igual forma, en la Figura 2 se observa que con la incorporación de la *Crotalaria juncea* se lograron incre-

mentos en el rendimiento del maíz superiores al testigo absoluto en  $1.24 \text{ t.ha}^{-1}$  (144 %), siendo así mismo superiores a la aplicación de fertilizante mineral en  $0.4 \text{ t.ha}^{-1}$  (111 %). Con la incorporación de *Sesbania rostrata* se lograron incrementos del rendimiento del maíz en  $1 \text{ t.ha}^{-1}$  (136 %) y de  $0.16 \text{ t.ha}^{-1}$  (104 %) por encima del control absoluto y de la variante con fertilizante mineral respectivamente.

Como se muestra en los resultados con la incorporación de la mucuna y canavalia, se observaron diferencias con respecto a la campaña anterior, donde estas tuvieron comportamientos similares a la variante con fertilizante mineral. El peor comportamiento de estas especies se pudo deber al ataque de plagas observado en condiciones de campo.

De acuerdo con numerosos autores y en coincidencia con los resultados encontrados, es ampliamente reconocida la factibilidad del empleo de los abonos verdes para lograr incrementos sustanciales en los rendimientos de los cultivos agrícolas. Así, en condiciones similares a las estudiadas en Cuba (17), en el cultivo de la calabaza indicaron que la especie *Crotalaria juncea* fue la que presentó mejor comportamiento en las condiciones de primavera, al incrementar los rendimientos de ésta de 4 a  $6 \text{ t.ha}^{-1}$  por encima de la fertilización mineral y del control respectivamente. Igualmente de acuerdo con otros autores (18), al utilizar diferentes leguminosas en rotación con el maíz, obtuvieron los mejores resultados con el empleo de *Crotalaria juncea*. Por otra parte, en Panamá, al utilizar la canavalia, la mucuna y el caupí en rotación con el maíz, se observó que el rendimiento de este cultivo fue incrementado hasta en un 91 % por el efecto de la rotación con estas especies (19).

En general, los resultados anteriormente obtenidos reflejan una relación directa entre los rendimientos del maíz y la magnitud de los aportes de fitomasa y nutrientes de las especies de leguminosas en rotación; en este sentido, la crotalaria y sesbania con los mayores aportes, fueron las que repercutieron en mayor magnitud sobre los rendimientos del maíz; la mucuna y canavalia, por su parte, con los más bajos aportes tuvieron menos influencia en el rendimiento del cultivo posterior. Por otra parte, la relación C: N de estas especies pudo haber influido en la respuesta encontrada. En este sentido, se ha demostrado que la crotalaria y sesbania poseen una alta relación tallos/hojas (1.85), donde estos al predominar tienden a imponer su comportamiento de inmovilización, como consecuencia de su alta relación C: N, a los mayores contenidos de lignina y posiblemente de polifenoles (20, 21). Este N inmovilizado pudo ser liberado posteriormente y en coincidencia con la fase de mayor demanda por el cultivo del maíz, debido a las altas lluvias y altas temperaturas. El maíz, por tanto, pudo hacer un uso más eficiente del nitrógeno aportado por la crotalaria y sesbania, debido a la mayor permanencia de este en relación con el aportado por el resto de las especies (canavalia y mucuna).

Efecto de los abonos verdes incorporados sobre las propiedades físicas del suelo. Se observa un efecto positivo de los abonos verdes incorporados sobre algunas de las características físicas del suelo evaluadas. En este sentido, los abonos verdes incrementaron en ambas campañas (1996, 1997) de forma positiva y significativa el contenido de materia orgánica así como la humedad natural del suelo (Figuras 4 y 5), observándose los mejores comportamientos con el uso de *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata*, con las cuales los índices evaluados fueron significativamente superiores al resto de los tratamientos estudiados.

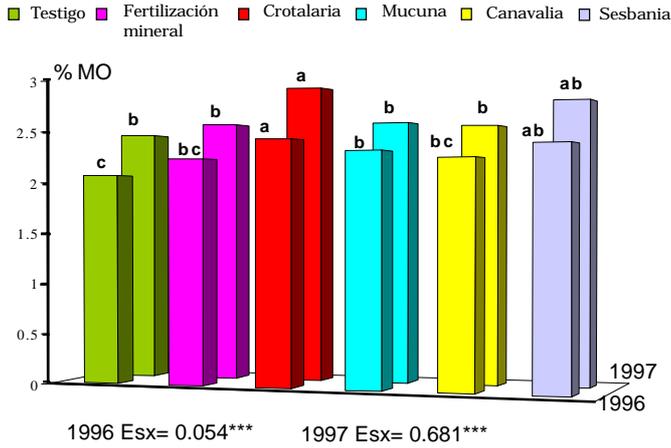


Figura 4. Influencia de los tratamientos sobre el contenido de materia orgánica del suelo

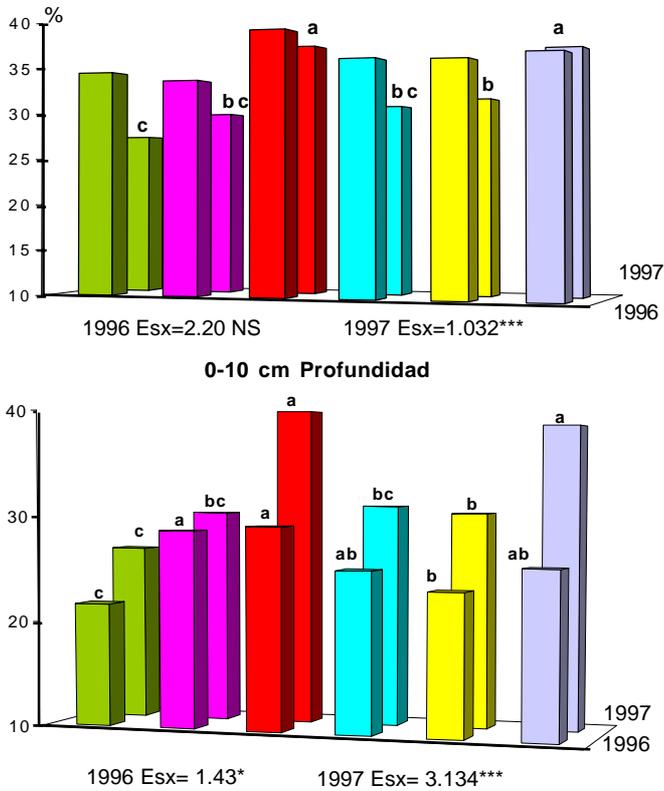


Figura 5. Influencia de los tratamientos sobre la humedad natural del suelo

Asimismo, y en especial en la campaña 1996, la incorporación de los abonos verdes favoreció la distribución de los agregados del suelo (Figuras 6 y 7), fundamentalmente aquellos superiores a 5 mm, en tamiz seco, destacándose en este sentido la crotalaria, por ser la especie que más incrementó este índice, con valores significativamente superiores al resto de los tratamientos evaluados.

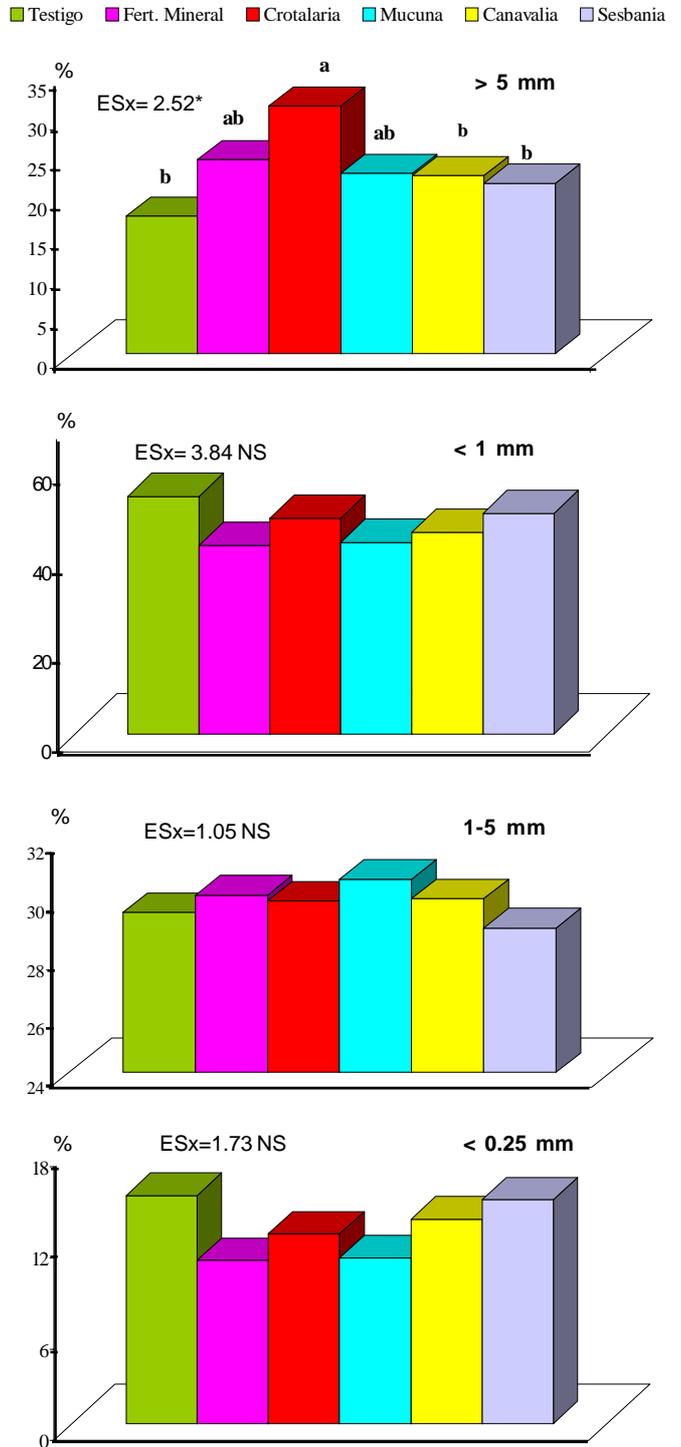
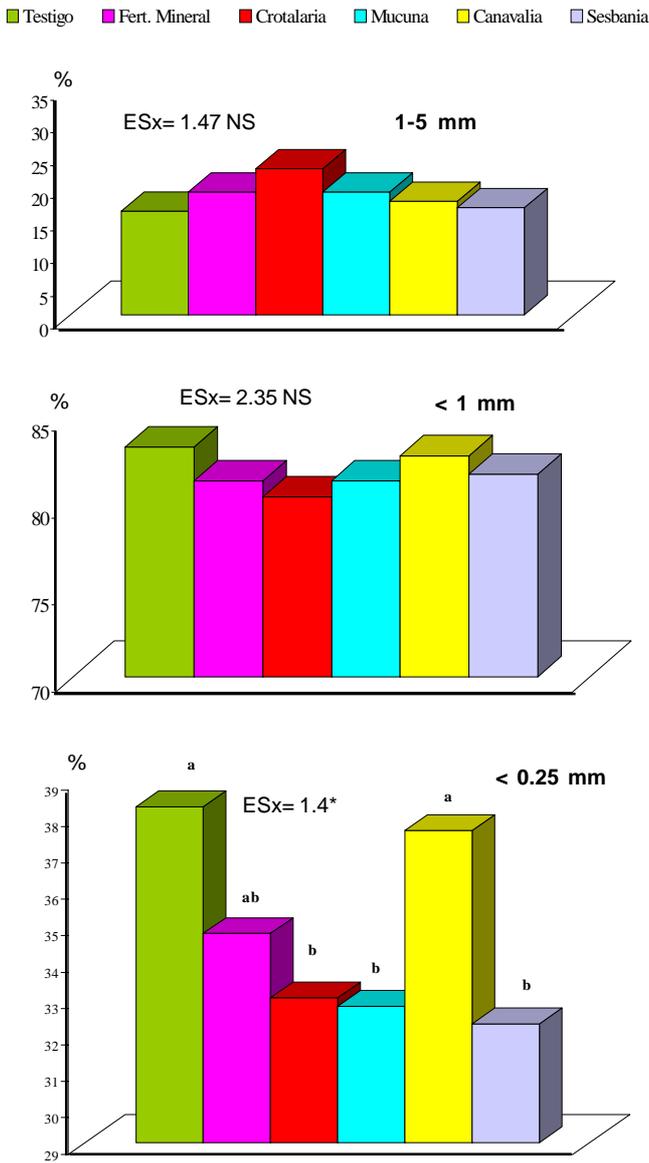
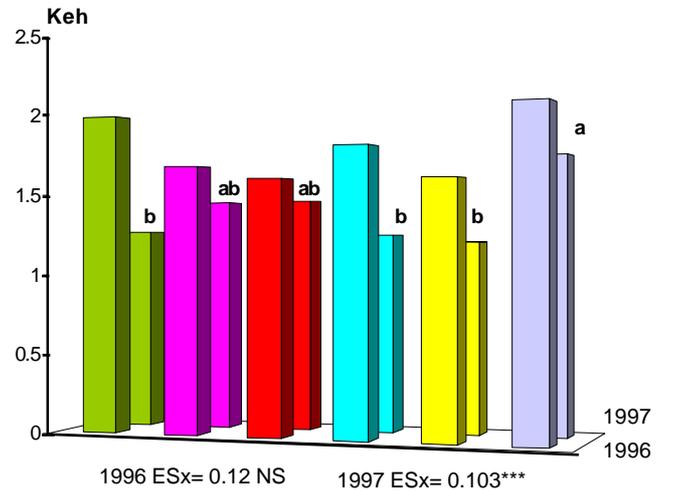
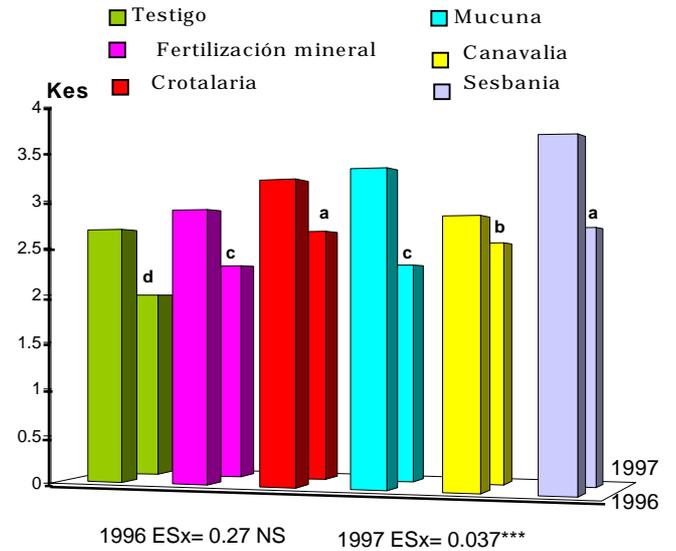


Figura 6. Influencia de los tratamientos en la distribución de los agregados del suelo. Tamiz seco



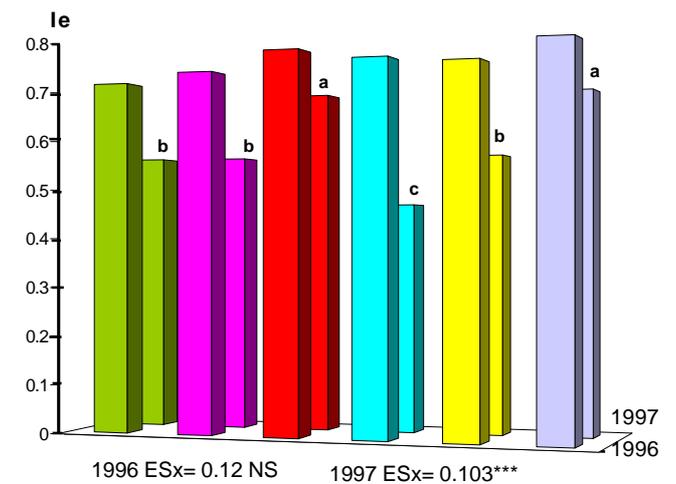
tendencias observadas fueron significativas, demostrándose que con la incorporación de los abonos verdes y en especial con el uso de *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* se mejora la estabilidad estructural de los agregados.



**Figura 7. Influencia de los tratamientos en la distribución de los agregados del suelo en el cultivo del maíz. Tamiz húmedo**

Por otra parte, se observa en la Figura 7 que con la incorporación al suelo de las especies *Crotalaria juncea*, *Mucuna aterrimum* y *Sesbania rostrata*, disminuyeron significativamente el porcentaje de agregados menores de 0.25 mm, los cuales son los de menor valor agronómico pues tienden a obstruir los macroporos y, por tanto, a provocar la compactación del suelo.

Los anteriores resultados se corroboraron al evaluar el coeficiente de estructuración en seco y húmedo, y la relación tamiz húmedo/tamiz seco (Figura 8). En este sentido, en la campaña de 1996, con todas las variantes estudiadas se observó una tendencia a incrementarse la estabilidad estructural, destacándose la especie *Sesbania rostrata* por favorecer en mayor medida el incremento de estos índices en relación con el resto de los tratamientos evaluados. En particular, en la campaña de 1997, estas



**Figura 8. Influencia de los abonos verdes sobre los coeficientes de estructuración en seco (Kes), en húmedo (Keh) y el índice de estabilidad (Ie)**

Estos resultados pueden ser atribuibles también al alto contenido de hierro que presentan los suelos Ferralíticos Rojos, demostrándose en numerosos estudios que los agregados más estables son los que están revestidos con óxidos de hierro, los que se destruyen cuando se elimina este material cementante (22).

En general, el comportamiento más efectivo de *Sesbania rostrata* y *Crotalaria juncea* en la mejora del suelo en relación con el resto de las especies, estuvo en correspondencia con el alto volumen de fitomasa (verde y seca) que estas incorporan, así como por la calidad de este material (alta relación C:N). Estos altos volúmenes provocaron variación significativa de la materia orgánica del suelo, la cual mejoró asimismo la capacidad de retención del agua del suelo, así como las características físicas favorables del suelo relacionadas con el porcentaje de agregados más favorables agrónomicamente.

Los resultados anteriores confirman lo planteado por Ram y Zwerman (5), los cuales obtuvieron un incremento en los agregados del suelo (>0.5 mm) con la utilización de abonos verdes. De acuerdo con estos autores, se observó que con la utilización del abono verde *Lolium multiflorum* Lam, se mejoró la estabilidad de los agregados, la distribución del tamaño de las partículas, así como el volumen de los poros. Las rotaciones abonos verdes-maíz mejoran las propiedades físicas del suelo, principalmente la estabilidad de los agregados (15).

Por otra parte y de acuerdo con lo indicado (23), se demostró que con la utilización de *Crotalaria juncea* durante cuatro años se mejoraron las propiedades físicas del suelo, aumentando la retención de agua y disminuyendo la densidad aparente. En las condiciones de Cuba, estudios realizados (17) demostraron que la especie *Crotalaria juncea* fue la de mejor influencia en las propiedades físicas del suelo, al utilizarla en rotación con el cultivo de la calabaza.

**Coefficiente de aprovechamiento del nitrógeno incorporado por los abonos verdes.** El coeficiente de aprovechamiento del nitrógeno incorporado con los abonos verdes en la campaña 1996 varió en dependencia de las especies estudiadas (Tabla V). En este sentido, el nitrógeno incorporado con la mucuna fue el más eficientemente utilizado por el cultivo del maíz en comparación con el resto de las especies que variaron en el siguiente orden: 17, 32.3 y 40.2 % para canavalia, crotalaria y sesbania respectivamente.

Se observa, en general, un bajo aprovechamiento del nitrógeno incorporado con las diferentes especies por el cultivo del maíz, teniendo en cuenta que excepto el nitrógeno-mucuna que tuvo un 81.4 % de aprovechamiento por el maíz, el resto de las especies presentaron coeficientes iguales o inferiores al 40 %, estando esta diferencia relacionada con los altos niveles de mineralización de la mucuna en comparación con las otras especies evaluadas. Lo anterior se demuestra en las diferencias que existen en la composición porcentual de hojas y tallos de las diferentes especies de abonos verdes estudiadas. La crotalaria y sesbania se caracterizaron por tener más del 50 % de tallos en su composición, con una relación tallos/hojas superior a 1. El resto de las especies se caracterizaron por tener en su composición el predominio de hojas en relación con los tallos, con relaciones inferiores a 1, observándose las más bajas relaciones con *Canavalia ensiformis* y *Mucuna aterrimum*.

El índice de eficiencia del nitrógeno incorporado con las diferentes especies evaluadas no tuvo relación directa con la respuesta encontrada en el rendimiento del maíz, por lo que todo parece indicar que la alta eficiencia del N-abono verde incorporado con la mucuna se pudo deber a diferentes factores que interactúan y finalmente se complementan, como son:

- ★ bajo volumen de N incorporado
- ★ baja relación C:N del material incorporado
- ★ condiciones climáticas que favorecieron la rápida mineralización del nitrógeno incorporado.

En este sentido, la planta de maíz con altos requerimientos de N al ser rotada con la mucuna estuvo en presencia de deficiencias agudas de este elemento, provocadas por el bajo volumen del material incorporado así como de nitrógeno. A su vez dicho material con baja relación C:N, baja relación tallo/hoja (0.75) y, por ende, alta y rápida velocidad de mineralización provocó la presencia de formas de N rápidamente asimilables, favorecido el anterior proceso por las altas temperaturas y lluvias reinantes en la época, provocando todo lo anterior una alta absorción del N incorporado con esta especie por el maíz y, por tanto, una alta eficiencia del N. Se manifestó en esta situación las conocidas "leyes del mínimo" y de los "rendimientos decrecientes" (24).

La aplicación del método de las diferencias presenta resultados similares a los obtenidos por el método isotópico; esto ocurre principalmente en la medida que el

**Tabla V. Coeficiente de utilización del N incorporado con los abonos verdes en el cultivo del maíz. Método isotópico y de las diferencias. 1996**

Variantes	N total maíz (kg.ha <sup>-1</sup> )	N aportado (kg.ha <sup>-1</sup> )	% utilización AV (método isotópico)	% utilización (Método de las diferencias)	Rendimiento maíz (t.ha <sup>-1</sup> )	Relación tallo/hoja
Crotalaria	73.1	125.12	27.6 bc	32.3 b	4.40a	1.90
Mucuna	74.4	52.07	88.7 a	81.4 a	3.32bc	0.75
Sesbania	81.3	147.9	30.8 b	40.2 b	3.42b	2.20
Canavalia	54.6	87.15	25.2 c	17.0 c	3.02c	0.87
Fertilización mineral	97.0				3.02c	
Testigo	30.6				2.02d	
Es x			2.500 ***	2.134 ***	1.10***	

suelo aporte menos nitrógeno, es decir, suelos con bajos contenidos de materia orgánica y nitrógeno total.

En la campaña correspondiente a 1997 (Tabla VI), debido a los problemas de ataque de plagas y enfermedades sufridas por las especies mucuna y canavalia, lo cual provocó muy bajos aportes al sistema, no fue factible determinar el coeficiente de aprovechamiento del nitrógeno aportado por estas. Por el contrario, crotalaria y sesbania fueron especies con altos aportes al sistema, así como con elevados coeficientes de aprovechamiento del nitrógeno incorporado con valores ligeramente superiores a la campaña anterior.

Los resultados anteriores están acordes con otros indicados (25), con una alta eficiencia de utilización del N con la mucuna (81 %), no siendo así para *Crotalaria juncea*, con la cual se obtuvieron valores más bajos (47 %). Los resultados confirman así mismo lo indicado por algunos autores (26) en condiciones de laboratorio, los cuales al estudiar la velocidad de mineralización de tratamientos integrados de plantas de crotalaria, obtuvieron una inmovilización neta del nitrógeno; sin embargo, la canavalia presentó una mineralización neta. Los residuos de mucuna se descomponen más rápido que los de la crotalaria, observándose que entre los 40 y 60 días después de la incorporación, el N-crotalaria se mineralizó

solo un 50 % en comparación con la mucuna que fue de 75 % o más.

*Factibilidad económica del empleo de los abonos verdes en los sistemas agroproductivos del maíz.* Se realizó el análisis económico de los resultados obtenidos en la investigación (Tabla VII) en ambas campañas (1996, 1997), para observar el comportamiento desde el punto de vista económico de los abonos verdes utilizados como precedentes del maíz.

Por concepto de incremento de los rendimientos y disminución de la dosis de fertilizantes, los resultados muestran altos beneficios netos de las especies de abonos verdes evaluadas, en particular *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata*, a los sistemas agroproductivos del maíz, obteniéndose con ambas valores de 762 y 434 \$/ha para 1996, y 295.9 y 369.5 \$/ha para 1997 respectivamente.

La relación valor/costo fue mayor de tres para todas las variantes estudiadas, significando esto que el beneficio del fertilizante fue muy notable, aunque es de destacar que con las especies *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* se obtuvieron altos valores en este índice: por tanto, estas especies pueden ser muy eficientes en los sistemas de producción sostenible de maíz (bajos insumos).

**Tabla VI. Coeficiente de utilización del N incorporado con los abonos verdes en el cultivo del maíz. Método isotópico y de las diferencias. 1997**

Variantes	N total maíz (kg.ha <sup>-1</sup> )	N aportado (kg.ha <sup>-1</sup> )	% utilización AV (Método isotópico)	% utilización (Método de las diferencias)	Rendimiento maíz (t.ha <sup>-1</sup> )	Relación tallo/hoja
Crotalaria	73.3	101.0 b	41.65	55.85	4.0	2.1
Sesbania	81.3	164.8 a	48.92	36.77	3.7	2.5
Fertilización mineral	110.4				3.6	
Testigo	40.5				2.7	
Esx			3.873 n.s.	4.262 n.s.		

**Tabla VII. Factibilidad económica de los resultados**

Tratamientos	Rendimiento del maíz		Incremento del rendimiento del maíz		Costos y beneficios		
	(t.ha <sup>-1</sup> )	(\$.ha <sup>-1</sup> )	(t.ha <sup>-1</sup> )	(\$.ha <sup>-1</sup> )	Costo fertilizante (\$.ha <sup>-1</sup> )	Beneficio neto (\$.ha <sup>-1</sup> )	Relación (V/C)*
<b>1996</b>							
Testigo	2.02	697	-	-	-	-	-
Fertilización mineral	3.02	1042	1.00	345	64.0	281	5
Canavalia	3.02	10.42	1.00	345	55.3	290	6
Mucuna	3.32	11.45	1.30	448	55.5	392	7
Sesbania	3.42	11.80	1.40	483	49.1	434	8
Crotalaria	4.40	1518	2.40	821	58.5	762	13
<b>1997</b>							
Testigo	2.76	952	-	-	-	-	-
Fertilización mineral	3.60	1242	0.84	290	64.0	226	4
Canavalia	3.16	1090	0.40	138	55.3	82.7	2
Mucuna	3.36	1159	0.60	207	55.5	151.5	3
Sesbania	3.76	1297	1.00	345	49.1	295.9	7
Crotalaria	4.00	1380	1.24	428	58.5	369.5	7

## CONCLUSIONES

- ◆ Las especies *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* desarrolladas en las condiciones de primavera-verano presentaron los mejores comportamientos en las dos campañas evaluadas, al utilizarlas como abono verde y en rotación en el cultivo del maíz.
- ◆ Los más altos rendimientos del cultivo del maíz en ambas campañas se obtuvieron con la incorporación de *Crotalaria juncea*, con la cual se lograron incrementos por encima del control absoluto de 2.4 t.ha<sup>-1</sup> (218 %) y de 1.38 t.ha<sup>-1</sup> (145 %) por encima de la variante con fertilizante mineral en 1996 y en 1997 se lograron incrementos superiores al testigo absoluto en 1.24 t.ha<sup>-1</sup> (144 %), siendo así mismo superiores a la aplicación de fertilizante mineral en 0.4 t.ha<sup>-1</sup> (111 %).
- ◆ *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* fueron las especies con mejor comportamiento sobre las características físicas del suelo evaluadas, repercutiendo de forma positiva en los índices de: materia orgánica, humedad natural, distribución y estabilidad de los agregados del suelo.
- ◆ El coeficiente de aprovechamiento del nitrógeno incorporado con los abonos verdes varió en dependencia de las especies estudiadas, no estando en relación directa con los rendimientos obtenidos, siendo este de 88.7, 25.2, 39.8 y 34.6 para la mucuna, canavalia, sesbania y crotalaria respectivamente.
- ◆ Los rendimientos obtenidos en el cultivo del maíz estuvieron en correspondencia con la magnitud de los aportes de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes incorporados, de la calidad (composición) del material incorporado y de la influencia positiva de estos sobre la fertilidad física y química del suelo.
- ◆ Con la incorporación de *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* en rotación con el maíz, se obtuvo una efectividad económica de 762 y 434 \$.ha<sup>-1</sup> en 1996 y de 295.9 y 369.5 \$.ha<sup>-1</sup> en 1997, respectivamente.

## RECOMENDACIONES

- Llevar a escala de extensión agrícola los resultados obtenidos, recomendando los abonos verdes en especial *Crotalaria juncea* y *Sesbania rostrata* en rotación con el cultivo del maíz
- Utilizar los resultados obtenidos en la enseñanza de pregrado y posgrado.

## REFERENCIAS

1. Febles, J. M. Manejo ecológico de los suelos. En: Conferencia de curso de Postgrado. ISCAH. "Agroecología" FAO TCP /CUB / 4452, 1994.
2. Orellana, R.; Valdés, M.; Hernández, O. y Quintero, P. Consecuencias de la aplicación excesiva de fertilizantes minerales en el estado físico de los suelos. Programa y Resúmenes. En: Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. (2:1999 may 17-19:La Habana), 1995.
3. Lobo, M. Legume Manures Dry-Season survival and the effect on succeeding maize crops. *Soil Management Bulletin*, 1992, no. 4, p. 35.
4. Burkles, D. El frijol terciopelo: una planta "nueva" con historia. Documento interno. C. México : CIMMYT, 1994.
5. Astier, M. Evaluación del potencial de leguminosas para ser utilizadas como abonos verdes en sistemas de maíz campesinos en suelos de Ando del Altiplano de México. Agricultura sostenible.Tecnologías para su implementación .En: Encuentro de Agricultura orgánica. Libro Resumen. (4:2001:La Habana), 2001.
6. Gordon, R.; Gracia, F. J. de y Gonzalez, N. Respuesta del maíz y la rotación con canavalia bajo dos tipos de labranza, Río Hato, Oanamá ,1993-1994. *Agronomía Mesoamericana*, 1997, vol. 8, no. 2, p. 78-84.
7. Bierderbeck, V.; Campbell, C. A.; Urasiah, R. P. y Guang, W. . Soil quality attributes as influenced by annual legumes used as green manure. *Soil Biology and Biochemistry*, 1998, vol. 30, no. 8-9, p. 1177-1185.
8. Cancio, T.; Peña, J. L. y Peña, F. Uso de los abonos verdes en áreas tabacaleras de la región del Escambray. *Centro Agrícola*, 1989, vol. 16, no. 4, p. 59-67.
9. Canet, R.; Cabello, R.; Galiano, R. y Chaviano, M. Uso de la *Sesbania rostrata* como abono verde en la fertilización de variedades de arroz de bajos insumos. *Revista Cubana del Arroz*, 1999, vol. 1, no. 1, p. 23-29.
10. García, M.; Villatoro, M. A.; Urquiaga, S.; Alves, J. R. y Boddey, R. Quantification of the contribution of biological nitrogen fixation to tropical green manure crops and the residual benefit to a subsequent maize crop using 15N-isotope techniques. *Journal of Biotechnology*, 2001, vol. 91, p. 105-115.
11. Álvarez, M. Eficiencia del nitrógeno incorporado con diferentes especies de abonos verdes en el cultivo del maíz. En programa y resúmenes del Seminario Científico del INCA. (11:1998 nov:La Habana), 1998.
12. García, M. Abono verde: Una solución natural y económica para la agricultura, Normativas para su introducción. La Habana : INCA. 1993. 29 p.
13. García, M.; Treto, E. y Álvarez, M. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales*, vol. 22, no. 4, p. 11-16, 2001.
14. Da Costa , M. B.; Da Costa, B. Aduacao verde no sal de Brasil. Río de Janeiro, 1991, 350 p.
15. García, M.; Treto, E. y Alvarez, M. Comportamiento de diferentes especies de plantas para ser utilizadas como abonos verdes en las condiciones de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 2001, vol. 22, no.4, p. 5-10.
16. Martín ,G. Descomposición del nitrógeno de los abonos verdes y su participación en la nutrición del maíz cultivado sobre suelo Ferralítico Rojo. [Tesis de Maestría], INCA, 2002.
17. García M.; Treto, E.; Álvarez, M.; Fernández, L. y Hernández, T. Estudio comparativo de diferentes especies de abonos verdes y cuantificación del aporte de nitrógeno en el cultivo de la calabaza. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, no. 3, p. 9-16.
18. Clement, A.; Ladha, J. K. y Chalifour, F. P. Nitrogen dynamics of various green manure species and the relationship to lowland rice production. *Agr. J. American Society of Agronomy*, 1998, vol. 90, no.2, p.149-154.

19. Bravo, J. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes niveles de nitrógeno en rotación con abonos verdes. En: Reunión Anual. PECMCA. (54:1998:Río San Juan), 1998.
20. Henegan, L.; Coleman, D. C.; Crossley, D. A. y Xiaming, Z. Nitrogen dynamics in decomposing chestnut oak (*Quercus prinus* L.) in mesic temperate and tropic forest. *Soil Science Alert*, 2000, vol. 25, p.
21. Scagniozzi, A. /et.al./ Nutrient release from decomposing crop residues in soil: A laboratory experiment. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1997, vol. 2, no. 1, p. 10-13.
22. Frómeta, M. E. Variaciones producidas en algunas propiedades de un suelo Ferralítico Rojo típico durante el cultivo continuado. [Tesis de grado], INCA, 1984. 143 p.
23. Ghuman, B.; Sur, H. y Lal, K. Effect of green manuring on soil properties and yield of wheat under dryland conditions. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 1997, vol. 45, no. 1, p' 99-103.
24. Mejía, G. M. Agricultura para la vida. Movimientos alternativos frente a la agricultura química. Cuarta parte: Las cincuenta proposiciones agrícolas de Liebig. Cali, Colombia, 1995, 252 p.
25. Douglas, J. L. Legume green manures. *Trop. Soils Bulletin*, 1990, no. 1, p. 30.
26. Martín, G. M. y Rivera, R. Mineralización de dos especies de abonos verdes en suelo Ferralítico Rojo (Ferralsol) mediante el método de incubación aeróbica. *Cultivos Tropicales*, 2000, vol. 21, no. 2, p. 73-78.

Recibido: 18 de septiembre del 2001

Aceptado: 31 de enero del 2002

# Cursos de Verano

Precio: 250 USD

## Producción y manejo de biofertilizantes en condiciones del trópico

Coordinador: Dr.C. Nicolás Medina Basso

Duración: 35 horas

Fecha: 8 al 12 de julio



### SOLICITAR INFORMACIÓN

Dr.C. Walfredo Torres de la Noval  
Dirección de Educación, Servicios Informativos  
y Relaciones Públicas  
Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA)  
Gaveta Postal 1, San José de las Lajas,  
La Habana, Cuba. CP 32700  
Telef: (53) (64) 6-3773  
Fax: (53) (64) 6-3867  
E.mail: posgrado@inca.edu.cu