

# LOS ABONOS VERDES: UNA ALTERNATIVA PARA LA ECONOMÍA DEL NITRÓGENO EN EL CULTIVO DE LA PAPA. II. EFECTO DE LA INTERACCIÓN ABONO VERDE-DOSIS DE NITRÓGENO

Margarita García, Eolia Treto y Mayté Álvarez

**ABSTRACT.** With the objective of quantifying the contribution of N in fertilizer units of the green manure *Canavalia ensiformis* in rotation with potato, a field experiment was carried out on a Red Ferralitic soil from Havana in the 1992-1995 period. Treatments consisted of a factorial combination of the use or non use of green manures with five doses of N (0.40, 80, 120 and 160 kg.ha<sup>-1</sup>), arranged in the field according to a split plot design and five replicates. Results showed positive responses of potato to N application, green manure incorporation and the integration of both alternatives. The response magnitude to the application of several doses of N depended on the use or non use of green manure. In this sense, in 1992-1993, with the use of canavalia, maximum yields of 33 t.ha<sup>-1</sup> were recorded by only applying 53 kg.ha<sup>-1</sup> N (32 % of the maximum dose); in 1994-1995, on the other hand, maximum yields (29 t.ha<sup>-1</sup>) were reached when applying 67 kg.ha<sup>-1</sup> N (50 % of the maximum dose) and the use of canavalia. By using green manure alone, potato yields were equivalent to 80 kg.ha<sup>-1</sup> N. Without green manures the response to nitrogen fertilization was lineal, optimum yields (34.8 t.ha<sup>-1</sup>) being in 1992-1993 with the application of 160 kg.ha<sup>-1</sup> N, these being of 130 kg.ha<sup>-1</sup> in 1994-1995.

**RESUMEN.** Con el objetivo de cuantificar el aporte de N en unidades fertilizantes del abono verde *Canavalia ensiformis* en rotación con la papa, se llevó a cabo un experimento de campo en el período 1992-1995 sobre un suelo Ferralítico Rojo de La Habana. Los tratamientos consistieron en la combinación factorial del uso o no del abono verde con cinco dosis de N (0, 40, 80, 120 y 160 kg.ha<sup>-1</sup>), distribuidas en el campo de acuerdo con un diseño de parcelas divididas y cinco réplicas. Los resultados mostraron respuestas positivas de la papa a la aplicación de N, a la incorporación del abonado verde y a la integración de ambas alternativas. La magnitud de la respuesta a la aplicación de diferentes dosis de N estuvo en dependencia del uso o no del abono verde. En este sentido, en la campaña 1992-1993 con el uso de la canavalia se encontraron rendimientos máximos de 33 t.ha<sup>-1</sup> con sólo la aplicación de 53 kg.ha<sup>-1</sup> de N (32 % de la dosis máxima); en la campaña 1994-1995, por su parte, se encontraron los máximos rendimientos (29 t.ha<sup>-1</sup>) con sólo la aplicación de 67 kg.ha<sup>-1</sup> de N (50 % de la dosis máxima). Con el uso de la canavalia como abono verde solo, se obtuvieron rendimientos de la papa de 25 t.ha<sup>-1</sup> equivalentes a la aplicación de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Cuando no se emplearon los abonos verdes, la respuesta a la fertilización nitrogenada fue lineal, encontrándose los máximos rendimientos (34.8 t.ha<sup>-1</sup>) en la campaña 1992-1993 con la aplicación de 160 kg.ha<sup>-1</sup> de N, siendo estos de 29 t.ha<sup>-1</sup> con la aplicación de 130 kg.ha<sup>-1</sup> en la campaña 1994-1995.

**Key words:** potato, *Solanum tuberosum*, crop rotation, green manures, application dose

**Palabras clave:** papa, *Solanum tuberosum*, rotación de cultivos, abonos verdes, dosis de aplicación

## INTRODUCCIÓN

A pesar de sus ventajas, el empleo exclusivo de fertilizantes minerales no ha podido solucionar los múltiples problemas relacionados con la fertilidad del suelo y debido al uso intensivo de este insumo agrícola, en función de métodos inadecuados de manejo del suelo y los cultivos, se han presentado serios problemas de degradación ambiental y pérdidas de la capacidad productiva de los

suelos. Esos problemas se hacen aún más graves en las condiciones tropicales, donde existe un movimiento intenso del suelo y la destrucción rápida de la materia orgánica, la estructura y los agregados, tornándose las áreas agrícolas más vulnerables a los fenómenos climáticos, hídricos y térmicos, sufriendo los suelos serias afectaciones (Primavesi, 1990; Calegari, 1995).

Las áreas dedicadas al cultivo de la papa en Cuba, situada en suelos Ferralíticos Rojos, no escapan a esta tendencia, presentando hoy en día problemas de compactación, pH altos, fuerte erosión y, en general, baja productividad (Febles, 1994, Orellana *et al.*, 1995). Por otra parte, las altas dosis de fertilizantes nitrogenados aplicadas a este cultivo (hasta 200 kg.ha<sup>-1</sup> de N) han

Dra. Margarita García, Investigador Titular, Dra. Eolia Treto, Investigador Titular y Mayté Álvarez, Investigadora del departamento de Biofertilizantes y Nutrición de las Plantas, Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas, Gaveta Postal 1, San José de las Lajas, La Habana, Cuba.

perjudicado la calidad de las cosechas por exceso de nitratos en este y otros cultivos (Chailloux, 1990).

Se hace necesario, por lo tanto, detener los procesos de degradación y contaminación ambiental, a través de un conjunto de prácticas de manejo y la conservación del suelo y la materia orgánica, que contribuyan a recuperar y mantener la fertilidad del suelo y que, además, sean asequibles al agricultor de estos recursos.

Dentro de estas prácticas, el uso de las leguminosas como abono verde cobra interés en las investigaciones actuales, debido a que son una fuente barata de N, constituyendo un importante componente de los sistemas de cultivo sostenibles, especialmente para mantener la fertilidad del suelo y sobre todo en áreas donde los fertilizantes químicos son costosos o no están disponibles (Franzluebbers *et al.*, 1994).

Las investigaciones sobre el uso del abono verde se han intensificado en los últimos tiempos, en particular en Cuba, se ha demostrado la factibilidad de esta práctica en cultivos como el arroz, la papa, la calabaza, la malanga y otros (Canet *et al.*, 1995; Alfonso *et al.*, 1994; Alvarez *et al.*, 1996; García, Treto y Alvarez, 1996; García, 1996 y 1998).

En particular, en el cultivo de la papa, dentro de la época se ha demostrado la factibilidad del uso de la *Canavalia ensiformis* como abono verde y precedente (García, 1998), faltando aún estudios sobre su eficiencia que coadyuven a la introducción final de esta alternativa a los sistemas agroproductivos de este cultivo en el país.

Por las razones anteriores, se llevó a cabo el presente trabajo con los siguientes objetivos:

- evaluar el efecto de la interacción abono verde- dosis de N en el cultivo de la papa, cuantificando el aporte de N en unidades fertilizantes de la especie *Canavalia ensiformis*,
- evaluar el aporte del abono verde en fitomasa y nutrientes,
- estudiar la influencia del abono verde sobre algunas características químicas del suelo, la nutrición y el rendimiento del cultivo de la papa,
- seleccionar aquellas variantes más eficientes para ser introducidas en los sistemas agroproductivos de la papa.

## MATERIALES Y METODOS

**Condiciones experimentales.** Para alcanzar los objetivos propuestos, se llevó a cabo un experimento de campo durante dos campañas consecutivas (1992-1993 y 1994-1995) sobre un suelo Ferralítico Rojo típico en el área experimental del Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), situada a 138 m sobre el nivel del mar, en San José de las Lajas, provincia de La Habana.

El suelo se caracteriza por poseer una fertilidad de media a baja, con un pH en H<sub>2</sub>O de 6.74, MO 2.94 %, 235 ppm de P y 0.49, 11.8 y 1.84 cmol.kg<sup>-1</sup> de K, Ca y Mg respectivamente.

La temperatura promedio anual de la región es de 23.6°C, con dos estaciones bien definidas: la de seca de noviembre a abril con una precipitación de 444 mm y la de lluvia de mayo a octubre con una precipitación de 1050 mm.

**Descripción del experimento. Efecto de la interacción del abono verde y dosis de N en el cultivo de la papa.** Durante las campañas 1992- 1993 y 1994-1995, se estudió el aporte de N en unidades fertilizantes de la *Canavalia ensiformis* en el cultivo de la papa. Para ello se evaluaron 10 tratamientos en un análisis factorial (2x5), que consistieron en el uso o no del abono verde (factor A) en combinación con cinco niveles de N: 0, 40, 80, 120 y 160 kg.ha<sup>-1</sup> (factor B). La distribución de las parcelas en el campo se realizó de acuerdo con un diseño de bloques al azar y cinco réplicas, donde las parcelas principales comprendieron a los tratamientos con la canavalia y sin ella y las subparcelas a las dosis de N.

Las actividades de campo se realizaron en cuatro etapas, variando su ejecución en fecha en las diferentes campañas como sigue:

	1992-1993	1994-1995
Siembra del abono verde	28-10-1992	11-09-1994
Incorporación del abono verde	26-12-1992	12-11-1994
Plantación de la papa	6-01-1993	1-12-1994
Cosecha de la papa	11-04-1993	1-03-1995

El abono verde *Canavalia ensiformis* fue sembrado como antecedente de la papa, para lo cual se siguió el siguiente procedimiento:

- ⇒ **Siembra.** Se realizó de forma manual utilizando altas densidades (0.45 m entre hileras y alto número de semillas.m<sup>-1</sup>). Las parcelas tenían un tamaño de 21.6 m<sup>2</sup> (6 x 3.60 m), quedando compuestas inicialmente por ocho surcos de las diferentes especies.
- ⇒ **Incorporación.** Se efectuó a los 60 días después de la siembra de forma superficial con un arado de disco ADI-3M.
- ⇒ **Preparación del suelo.** Se realizó inmediatamente después de la incorporación utilizando el sistema de labranza mínima (una aradura, una o dos gradas).
- ⇒ **Plantación de la papa.** Se condujo de forma manual después de la incorporación del abono verde. Antes de la plantación se aplicó la dosis total de N de fondo en las variantes con fertilización mineral, utilizando la urea como portador y de acuerdo con los tratamientos empleados.

Para la plantación de la papa se utilizaron tubérculos de la variedad Desireé con un diámetro de 35 mm empleando una distancia de 0.90 x 0.25 m.

Las actividades fitotécnicas realizadas en el cultivo de la papa siguieron las Normas técnicas del cultivo (Cuba, 1987).

### Evaluaciones realizadas:

- ➔ **Contenido de fitomasa y nutrientes de los abonos verdes.** Se procedió a realizar un muestreo de plantas completas antes de su incorporación (60 días). Para ello se tomaron las plantas correspondientes a

un área de 0.45 m<sup>2</sup>/parcela, subdividiéndose estos en sus respectivos órganos. A cada órgano se le halló el peso fresco, tomándose una muestra de 100 g para determinar el aporte de fitomasa seca y NPK. En todos los casos se evaluaron los contenidos totales de NPK por digestión húmeda con H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> y la determinación del N-Nesster, P (molibdato de amonio) y K (fotometría de llama).

➔ **Análisis de suelo.** Se realizó un muestreo de suelo a los 60 días después de incorporados los abonos verdes, tomándose para ello una muestra compuesta por cinco puntos individuales en el área de cálculo de cada parcela. En cada muestra se determinó el pH, H<sub>2</sub>O, MO (Walkey-Black), P (Oniani), K, Ca y Mg intercambiables (NH<sub>4</sub>AcO 1 N, pH 7), de acuerdo con los métodos descritos por Black (1965).

➔ **Análisis foliar.** Se tomaron muestras al azar de hojas completamente desarrolladas de seis plantas por parcela en el momento de máximo crecimiento vegetativo. El procedimiento para el análisis de NPK en el laboratorio fue similar al seguido para los abonos verdes.

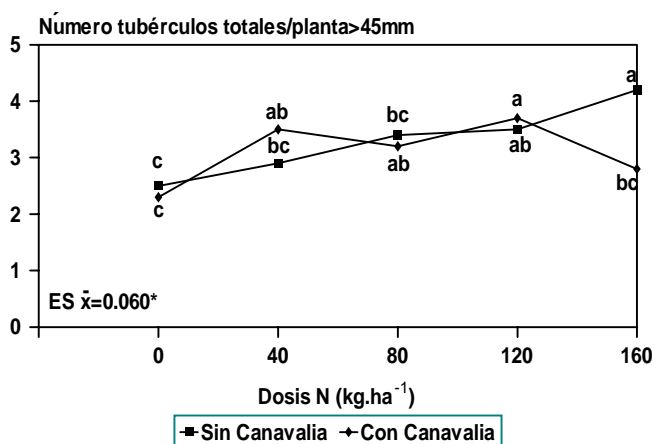
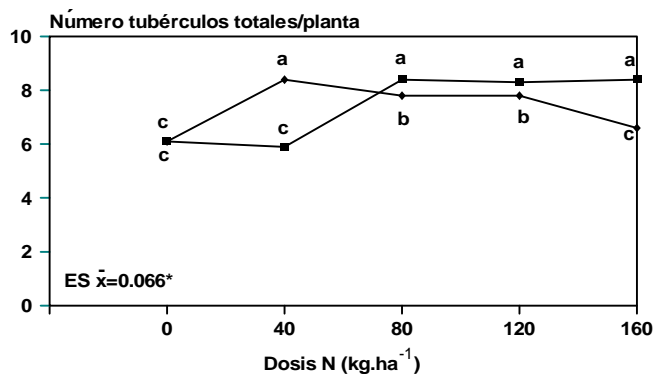
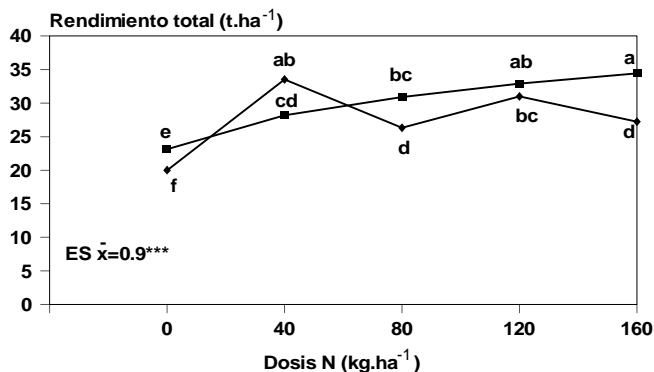
➔ **Evaluaciones de la cosecha.** En el momento de la cosecha se clasificaron los tubérculos de la papa de acuerdo con su calibre en: <28, 28-35, 35-45, 45-55 y >55 mm. Se realizó el conteo del número de tubérculos por calibre y se determinó el peso correspondiente a cada calibre. Con los datos anteriores se calculó el rendimiento total (peso de todos los calibres) y el rendimiento comercial (peso de calibres >30 mm) de acuerdo con las Normas cubanas.

**Análisis estadístico.** Los datos obtenidos fueron procesados mediante un análisis de varianza de clasificación doble y las medias se compararon según dódima de rangos múltiples de Duncan.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

**Análisis del efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de la papa y sus componentes.** Campaña 1992-1993. Se observan (Figura 1) incrementos de los rendimientos de la papa por la aplicación del fertilizante nitrogenado, la incorporación del abono verde y por la interacción de ambas alternativas sobre el rendimiento del cultivo de la papa y sus componentes.

Se obtuvieron incrementos en el rendimiento total por la aplicación del fertilizante nitrogenado en las variantes sin incorporación de la *Canavalia ensiformis* hasta una dosis de 160 kg.ha<sup>-1</sup>. Al incorporar la *Canavalia ensiformis* se obtuvo igual rendimiento con sólo el 25 % de esta dosis, es decir, con sólo 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N, no lográndose incrementos de los rendimientos con dosis superiores.

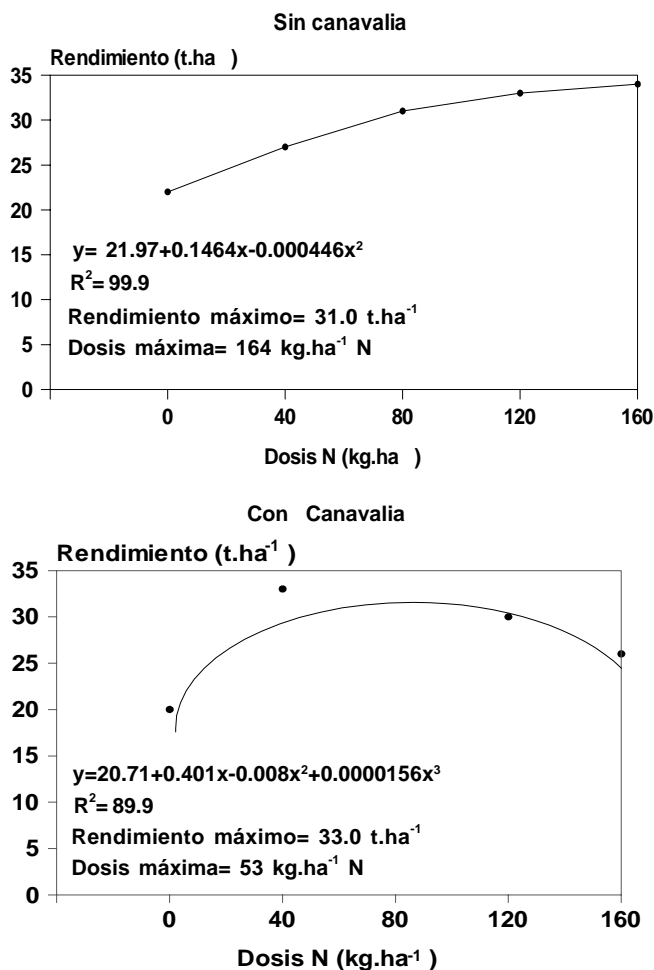


**Figura 1. Efecto de la interacción abonos verdes-dosis de N en el cultivo de la papa. Campaña 1992-1993**

Lo anterior se corroboró en el análisis de regresión realizado (Figura 2), mostrándose una relación de dependencia de naturaleza cuadrática y altamente significativa ( $r^2=0.999$ ) entre los niveles de N empleados y el rendimiento de papa obtenido, encontrándose el rendimiento máximo estable de 31 t.ha<sup>-1</sup> con una dosis de 164 kg.ha<sup>-1</sup> de N sin el empleo del abono verde. Con el empleo del abono verde se encontró una relación de dependencia de naturaleza cúbica entre las dosis de N empleadas y los rendimientos obtenidos ( $r^2=0.89$ ), alcanzándose los máximos rendimientos (33 t.ha<sup>-1</sup>) con la aplicación de sólo 53 kg.ha<sup>-1</sup> de N (32 % de la dosis de N óptima).

En el número de tubérculos totales por planta, se observó respuesta similar al rendimiento total, obteniéndose un máximo de 8.4 tubérculos con dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N o superior sin incorporar la *Canavalia ensiformis*. Al incorporar la canavalia se obtuvieron iguales valores con solo 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Dosis superiores a 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N no repercutieron significativamente en este índice.

En el número de tubérculos por planta mayores de 45 mm, se obtuvieron los mayores valores con dosis superiores a 160 kg.ha<sup>-1</sup> de N sin la incorporación de la canavalia; valores similares fueron obtenidos con la aplicación de sólo 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N y la incorporación de la *Canavalia ensiformis*, encontrándose efectos depresivos de las dosis superiores.



**Figura 2. Relación entre las dosis de N empleadas y el rendimiento obtenido con la utilización de la *Canavalia ensiformis* como abono verde en el cultivo de la papa. Campaña 1992-1993**

*Análisis del efecto de los tratamientos sobre las características químicas del suelo y la nutrición del cultivo. Campaña 1992-1993.* Se encontró influencia significativa de los tratamientos estudiados sobre las características químicas del suelo y la nutrición de las plantas (Tablas I y II). Se muestra (Tabla I) con el uso de la *Canavalia ensiformis* un incremento significativo del P asimilable

del suelo y del contenido de cationes canjeables. La mejora en el suelo con el empleo de los abonos verdes, repercutió de forma positiva en el incremento de la concentración foliar de nutrientes en el cultivo (Tabla II), observándose en estos índices influencia de las dosis de N empleadas, de la incorporación del abonado verde y de la interacción de ambas alternativas. En este sentido, se obtuvieron los más altos contenidos de NPK en el tejido foliar con el empleo de los abonos verdes y altas dosis de N. Las concentraciones foliares alcanzadas con el empleo de los abonos verdes fueron similares a las obtenidas con las dosis de N iguales o superiores a 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

**Tabla I. Efecto de la incorporación de la *Canavalia ensiformis* sobre las características químicas del suelo. 60 ddi. Campaña 1992-1993**

Tratamientos	pH H <sub>2</sub> O	P (ppm)	K	Ca (cmol/100)	Mg
Sin canavalia	7.00	263 b	0.53 b	11.53 b	2.26 b
Con canavalia	7.18	275 a	0.67 a	12.23 a	2.99 a
ES x	0.218NS	4.95**	0.0009*	0.149***	0.083**

**Tabla II. Efecto de la interacción abono verde- dosis de N en la concentración foliar de los nutrientes en el cultivo de la papa (% MS). Campaña 1992-1993**

Dosis de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	N		P		K	
	sin canavalia	con canavalia	sin canavalia	con canavalia	sin canavalia	con canavalia
0	2.07 d	4.44 b	0.41 e	0.45 cde	3.45 f	3.96 cde
40	3.94 c	4.48 b	0.48 de	0.52 b	3.56 f	4.27 bcd
80	4.46 b	4.87 b	0.46 cde	0.47 cd	3.79 def	4.16 bcd
120	4.43 b	4.46 b	0.45 cd	0.45 cde	3.81 def	4.40 bc
160	4.76 b	5.10 a	0.48 bc	0.57 a	4.16 bcd	4.96 a
ES x	0.141***		0.015***		0.0159***	

*Análisis del efecto de los tratamientos sobre el rendimiento y sus componentes. Campaña 1994-1995.* En esta campaña, a diferencia de la anterior, se observó una mayor efectividad del abono verde incorporado en el incremento de los rendimientos de la papa y sus componentes (Figura 3), lo cual estuvo en relación con los altos aportes de N que realizó la canavalia (Tablas III y IV).

**Tabla III. Aportes de fitomasa y NPK de la *Canavalia ensiformis***

Campaña	Masa verde	Masa seca (t.ha <sup>-1</sup> )	Concentración (%)			Aportes (kg.ha <sup>-1</sup> )			
			N	P	K	N	P	K	
1992-1993 nov.-ene.	Hoja	2.11	0.684	3.25	0.36	2.07	20.15	2.50	13.52
	Tallo	2.06	0.450	1.55	0.29	2.35	6.74	1.31	10.84
	Total	4.17	1.139				26.89	3.81	24.36
1994-1995 sept.-nov.	Hoja	18.66	4.06	4.27	0.28	1.48	173.40	11.38	60.18
	Tallo	6.22	1.42	1.87	0.20	1.13	26.60	2.83	16.04
	Flores	0.73	0.12	4.13	0.38	1.63	5.00	0.46	2.00
Total	25.61	5.60				205.00	14.67	78.22	

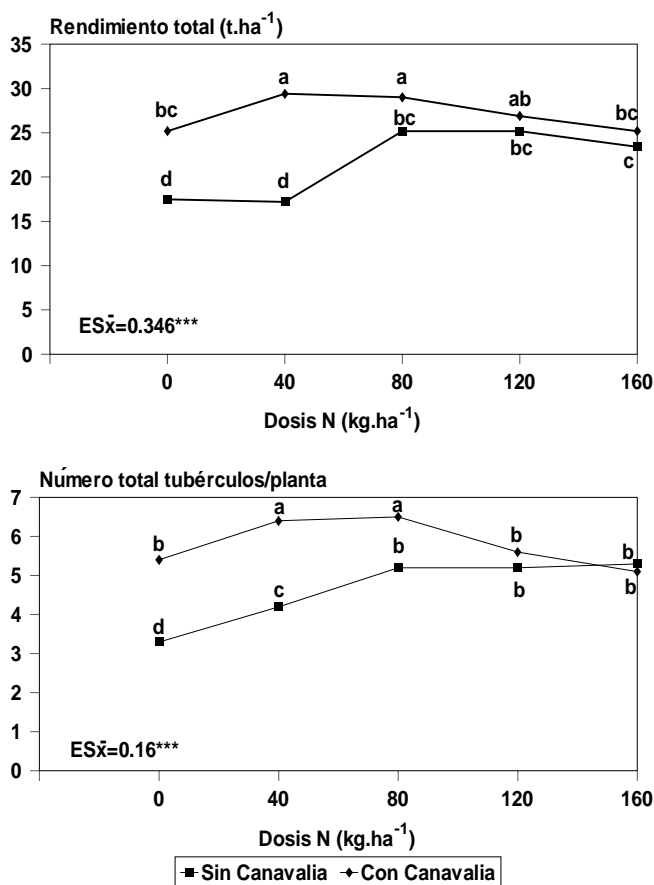


Figura 3. Efecto de la interacción abonos verdes-dosis de N en el cultivo de la papa. Campaña 1994-1995

Tabla IV. Composición de las diferentes partes del sistema aéreo de la *Canavalia ensiformis*

	N (%)	C (%)	Relación C/N
Hojas	3.25	42.0	12.9
Tallos	1.55	43.0	27.7
Hojas+Tallos	2.40	42.4	17.7

De forma similar a la campaña anterior, se observó en ésta efectos positivos de la aplicación del fertilizante nitrogenado, el abono verde, así como de la interacción de ambas alternativas sobre el rendimiento del cultivo de la papa y sus componentes, encontrándose la más alta efectividad cuando se utilizaron ambas alternativas (Figura 3). Con la aplicación del fertilizante nitrogenado, se encontró la más alta respuesta del cultivo a dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup>; rendimientos similares a esta variante fueron alcanzados con la incorporación de la canavalia sin la aplicación del fertilizante nitrogenado.

Por otra parte, cuando se incorporó el abono verde, se obtuvieron los más altos rendimientos del cultivo con solo 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N, los cuales no fueron alcanzados con ninguna de las variantes donde se aplicó el fertilizante nitrogenado, aún cuando se utilizaron dosis eleva-

das (160 kg.ha<sup>-1</sup> de N). Estos rendimientos fueron superiores en 4 t.ha<sup>-1</sup> a los alcanzados con la dosis óptima de N (80 kg.ha<sup>-1</sup>).

Se observó así mismo que con solo la incorporación de la canavalia pudieron ser incrementados los rendimientos del cultivo en 8 t.ha<sup>-1</sup>, que fueron equivalentes a los obtenidos con una dosis de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N en forma de urea.

Las dosis elevadas de fertilizantes nitrogenados, ya sea con la incorporación de la canavalia o sin ella causaron cierto efecto depresivo sobre el rendimiento del cultivo de la papa y sus componentes.

Los resultados anteriores fueron corroborados en el análisis de regresión entre las dosis de N empleadas y los rendimientos obtenidos (Figura 4). Se observaron relaciones de dependencia entre las variables analizadas de naturaleza cúbica, variando la dosis máxima en dependencia de la utilización o no del abono verde. Con el empleo del abono verde se obtuvo la máxima respuesta (25 t.ha<sup>-1</sup>) a una dosis de 131 kg.ha<sup>-1</sup> de N; rendimientos superiores (29 t.ha<sup>-1</sup>) fueron alcanzados con el uso de la *Canavalia ensiformis* y la aplicación de sólo 67 kg.ha<sup>-1</sup> de N ( $r^2=0.999$ ), o sea, con el 50 % de la dosis de N óptima encontrada.

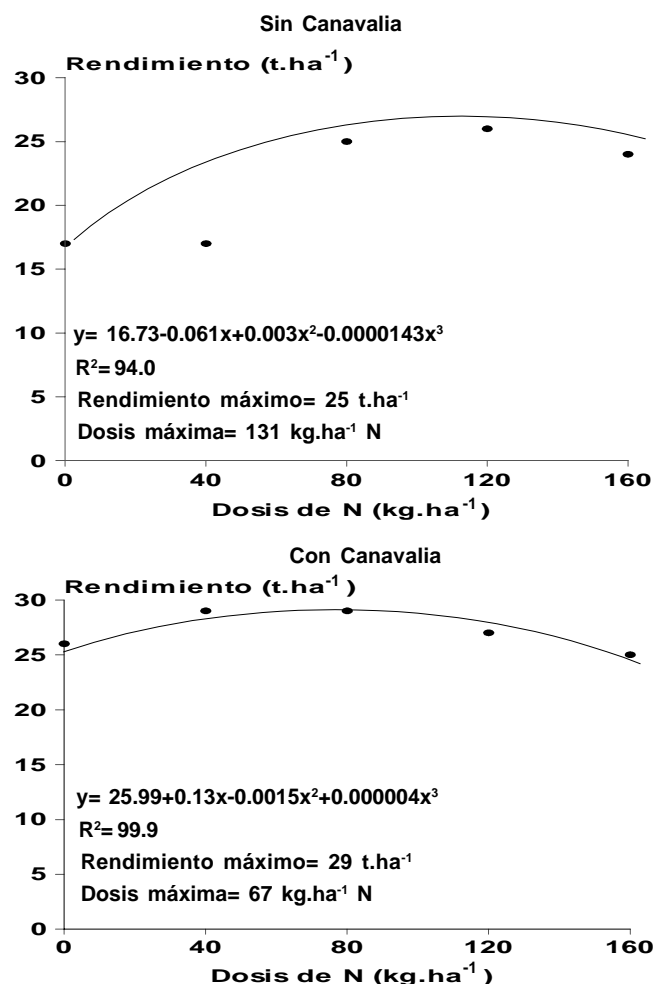


Figura 4. Relación entre las dosis de N empleadas y el rendimiento obtenido con la utilización de la *Canavalia ensiformis* como abono verde en el cultivo de la papa. Campaña 1994-1995

Se debe tener en cuenta que tanto el déficit de N como el exceso tuvieron influencia marcada en la tuberización del cultivo de la papa, lo que es necesario tener en cuenta sobre todo cuando se emplean los abonos verdes.

Se observó en las dos campañas evaluadas (Figuras 1 y 3) los más altos índices de eficiencia de la planta, para utilizar el N aplicado cuando se empleó la canavalia como abono verde y una dosis baja de N, obteniéndose la más baja eficiencia con el empleo de la dosis más alta de N en combinación con el abono verde, así como con las aplicaciones de dosis de N superiores a 40 kg.ha<sup>-1</sup> de N.

Los resultados encontrados coinciden con lo indicado por Rana (1988), el cual refiere que el abono verde no solamente suministra N sino que incrementa la eficiencia del aplicado. De acuerdo con este autor, este comportamiento se debe a la acción conjunta del abono verde en la mejora de las características del suelo y al suministro de nutrientes, dando lugar a un mayor y más profundo crecimiento radical, que permite a las plantas una gran absorción de N del suelo y aplicado.

Resultados similares a los obtenidos en el experimento fueron asimismo alcanzados por Becker *et al.* (1995), los cuales encontraron que hasta 75 kg.ha<sup>-1</sup> de N las plantas de arroz utilizan más eficientemente el N del abono verde que el aplicado en forma de N-urea. En este sentido, Hussain *et al.* (1995) indicaron un incremento del aprovechamiento del N incorporado en el cultivo del arroz, cuando se utilizó en conjunto la urea granulada en combinación con el abono verde en comparación con el uso solo de la urea granulada; de acuerdo con estos autores, los abonos verdes pueden ser una fuente barata de N que permiten al pequeño agricultor obtener rendimientos sostenibles en rotaciones de arroz-trigo.

En el cultivo de la papa, Singh y Sharma (1983) indicaron que con la incorporación de *Sesbania cannabina* como precedente de la papa, se logró incrementar los rendimientos del tubérculo en 51 q.ha<sup>-1</sup>, cuyos incrementos fueron equivalentes a 35 kg.ha<sup>-1</sup> en unidad de fertilizante; se incrementó también el rendimiento del trigo con el efecto residual del abono verde, correspondiendo este efecto a 80 kg.ha<sup>-1</sup> aplicado al cultivo de la papa.

De igual forma, Chen (1990) indicó incrementos del rendimiento del trigo en 35 % con la aplicación combinada del abono verde y el fertilizante mineral si se compara con la no aplicación. De acuerdo con este autor, dicho comportamiento se debe a la mejora de las características del suelo y al suministro de nutrientes cuando se incorpora el abono verde, de modo que el cultivo puede realizar una mayor absorción de estos e incrementar su resistencia a plagas y enfermedades.

Por otra parte y coincidente con los resultados experimentales, en el cultivo del arroz numerosos autores indican sustituciones de N de 35 a 90 kg.ha<sup>-1</sup> por el empleo del abono verde (Becker *et al.*, 1995; Cabello, Rivero y Canet, 1995; Hussain *et al.*, 1995).

En el cultivo del maíz en condiciones favorables de crecimiento en Nicaragua, se obtuvieron los más altos rendimientos con la incorporación de la mucuna y la

canavalia en comparación con la utilización del caupí y el barbecho (Bravo, 1998). De acuerdo con este autor, con solo aplicar 29.6 kg.ha<sup>-1</sup> de N más la mucuna y la canavalia, fueron obtenidos beneficios netos considerables (213 y 57 % respectivamente) en este cultivo. Coincidente con los resultados anteriores en las condiciones de Panamá, Gordon *et al.* (1998) observaron un alto efecto residual de la incorporación de la mucuna en el cultivo del maíz, encontrándose rendimientos de 5.6 t.ha<sup>-1</sup> con los abonos verdes en comparación con el barbecho que fue de 3.83 t.ha<sup>-1</sup>.

*Efecto de los tratamientos sobre las características químicas del suelo y la nutrición de las plantas. Campaña 1994-1995.* De forma similar a la campaña anterior, el abonado verde ejerció influencia significativa de los tratamientos estudiados sobre las características químicas del suelo (Tabla V) y la nutrición de las plantas (Tabla VI), obteniéndose un incremento de los contenidos de P asimilable y cationes canjeables con el empleo de los abonos verdes, no observándose efecto de los tratamientos sobre el pH del suelo y el contenido de materia orgánica. Se obtuvo asimismo una mejora de la concentración foliar de NP con el empleo de abonos verdes y los fertilizantes nitrogenados. Se observó con solo el empleo de abonos verdes, concentraciones foliares de NP similares a las obtenidas con dosis iguales o superiores a 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N (Tabla VI).

**Tabla V. Efecto de los tratamientos sobre las características químicas del suelo. Campaña 1992-1993**

Variantes	pH-H <sub>2</sub> O	P(ppm)	K	Ca	Mg
Sin canavalia	6.9	256 b	0.42 b	11.8 b	2.55 a
Con canavalia	7.0	297 a	0.67 a	13.0 a	2.92 b
ES x	0.21 NS	7.29**	0.043***	0.233***	0.212**

**Tabla VI. Efecto de los tratamientos sobre la concentración foliar de nutrientes (%MS). Campaña 1994-1995**

Dosis de N (kg.ha <sup>-1</sup> )	N		P		K	
	sin canavalia	con canavalia	sin canavalia	con canavalia	sin canavalia	con canavalia
0	3.22 d	3.56 bc	0.39 c	0.48 ab	3.19	3.63
40	3.32 d	3.29 d	0.41 bc	0.45 abc	3.22	3.66
80	3.39 cd	3.60 bc	0.45 abc	0.45 abc	3.56	3.59
120	3.66 b	4.33 a	0.43 abc	0.49 a	3.57	3.63
160	3.56 bc	4.51 a	0.43 abc	0.48 ab	3.58	3.88
ES x	0.0062		0.0025***		0.29 NS	

El incremento observado en la absorción de nutrientes cuando se incorporó el abono verde, se pudo deber al desarrollo de un mejor y más profundo crecimiento radical, lo cual es resultado de la mejora de las propiedades físicas, a los incrementos de los procesos de mineralización y a la liberación de sustancias promotoras del crecimiento, así como a la reducción de sustancias

fitotóxicas cuando se incorporan las leguminosas como abonos verdes (Calegari, 1995).

Por otra parte y coincidiendo con los resultados encontrados (Duque, 1996), el aumento de los elementos asimilables en el suelo se pudo deber al conocido efecto de los abonos verdes en el aporte, reciclaje y la movilización de nutrientes, en particular, de las formas estables de P y K, convirtiéndolas en asimilables para las plantas; los abonos verdes ayudan asimismo a la formación de ácidos orgánicos fundamentales en el proceso de solubilización de minerales del suelo.

Los resultados de ambas campañas demostraron la posibilidad de obtener hasta 8 t.ha<sup>-1</sup> de papa por encima del barbecho con la incorporación solo del abono verde, lo que equivale a la aplicación de 80 kg.ha<sup>-1</sup> de N. Por otra parte, se evidenció que es posible incrementar los rendimientos de la papa hasta 4 t.ha<sup>-1</sup> por encima de la variante con fertilización mineral óptima de N, con sólo la aplicación de 40 kg.ha<sup>-1</sup> y la incorporación del abono verde, permitiendo de esta forma alcanzar ahorros considerables de N al aplicar de 60-115 kg.ha<sup>-1</sup> en unidades fertilizantes (30-50 % de las necesidades del cultivo).

## REFERENCIAS

- Alfonso, C. A., *et al.* Influencia del los abonos verdes sobre las propiedades de los suelos y el reciclaje de nutrientes. [Informe de resultado]. Instituto de Suelos, 1994, 34 p.
- Alvarez M., *et al.* Efecto de diferentes tipos de leguminosas intercaladas sobre el rendimiento de la malanga. *Cultivos Tropicales*, 1996, vol. 17, No. 2, p. 5-8.
- Becker, M., *et al.* Agronomic and economic evaluation of *Sesbania rostrata* green manure establishment in irrigated rice. *Field Crops Research*, 1996, vol. 40, p. 135-141.
- Black, C. A. Methods of soil analysis. Part. II. Chemical and Microbiological Properties. *Agronomy Journal*. American Society of Agronomy. Inc. Publisher. Madison, Wisconsin, USA, 1965.
- Bravo, J. C. Producción con conservación. En Resúmenes XLIV Reunión Anual PCCMCA. Reunión Mesoamérica de Agronomía, abril 20-23, 1998. Nicaragua : Instituto Nicaragüense de tecnología agropecuaria. 1998.
- Calegari, A. Leguminosas para adubacao verde de verao no Paraná. *IAPAR. Circular*, 1995, vol. 80, p. 118.
- Cabello, R., Rivero, L. y Canet, R. Uso de la *Sesbania rostrata* y soya como cultivos precedentes al arroz en la reducción de la fertilización mineral. En II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, mayo 17-19, La Habana, 1995.
- Canet, R., *et al.* El uso de la *Sesbania rostrata* como abono verde en la producción de arroz. En II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica, Mayo 17-19, La Habana, 1995.
- Chailloux, M. Nutrición y fertilización nitrogenada del pimiento en las condiciones de los suelos Ferralíticos Rojos. [Tesis de Grado]. La Habana : Instituto de Investigaciones Hortícolas «Liliana Dimitrova». 1990.
- Chen, L. The studies on green manure in China. Soil and Fertilizer. Beijing : Soil and Fertilizer Institute CAAS, 1990, 45 p.
- Duque, F. F. Utilizacao maís intensiva e diversificada de adubos verdes. *Lavoura Arroceira*, 1996, vol. 20, no. 3.
- Febles, J. M. Manejo ecológico de los suelos. Conferencia de cursos de Posgrado. Universidad Agraria de la Habana ( UNAH). "Agroecología" FAO TCP/ CUB/ 4452, 1994.
- Franzluebbers, K., *et al.* Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposing in most and in repeatedly dried and wetted soil. *Soil Biol. Biochem*, 1994, vol. 26, no. 10, p. 1379-1387.
- García, M., Treto, E. y Alvarez, M. Los abonos verdes: Una alternativa natural y económica para mejora la fertilidad de los suelos. *Agricultura Orgánica*, 1996, vol. 2, no. 1, p. 21-22.
- García, M. Estudio comparativo de las 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.
- García, M. Contribución al estudio y utilización de los abonos verdes en cultivos económicos desarrollados sobre un suelo Ferralítico Rojo de la Habana. [Tesis de Doctorado]. La Habana : Universidad Agraria de la Habana (UNAH), 1998.
- Gordon, R., *et al.* Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con mucuna bajo dos tipos de labranza. Síntesis de resultados experimentales, 1993- 1995, Río Hata y Panamá, 1998.
- Hussain, T., *et al.* Transition from conventional to alternative agriculture in Pakistan: The role of green manures in substituting for inorganic N fertilizers in a rice wheat forming system. *American Journal of Alternative Agriculture*, 1995, vol. 10, no. 3, p. 133-137.
- MINAGRI. Instructivo técnico del cultivo de la papa. Ciudad de La Habana, 1987.
- Orellana, R., *et al.* Consecuencias de la aplicación excesiva de fertilizantes minerales en el estado físico de los suelos. En II Encuentro Nacional de Agricultura Orgánica. Mayo 17-19, La Habana, 1995.
- Primavesi, A. Manejo ecológico do solo. A agricultura en regiones tropicales. Sao Paulo, 2t, 1990.
- Rana, D. S. Economy of fertilizer nitrogen through green-manuring in rice (*Oryza sativa*). *Indian Journal of Agricultural Sciences*, 1988, vol. 58, No. 1, p. 848-849.
- Singh, R. P y Sharnia, R. C. Effect of farmyard manure green manure and preceding maíz on nitrogen needs of potatoe and wheat. *Indian Journal of agriculture Sciences*, 1983, vol. 53, No. 4, p. 216-224.

Recibido: 3 de mayo de 1999

Aceptado: 16 de julio de 1999