

RESPUESTA DEL MAÍZ A LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE NITRÓGENO EN ROTACIÓN CON CANAVALIA BAJO DOS TIPOS DE LABRANZA. RÍO HATO, PANAMÁ. 1993-1994.

**Román Gordón M¹.; Jorge Franco²; Nivaldo De Gracia³;
Andrés González²**

RESUMEN

Se realizó un experimento en dos años consecutivos (1993-1994), para evaluar la respuesta del maíz, en rotación con leguminosa *Canavalia ensiformis*, a la aplicación de nitrógeno. La leguminosa se estableció al inicio de la época lluviosa (mayo), mientras que el maíz se sembró en septiembre. En el ensayo se evaluaron dos tipos de labranzas. Una consistió en incorporar las leguminosas y malezas presentes, antes de la siembra (labranza convencional) y, la otra, en dejarlas sobre la superficie del suelo (cero labranza). Se evaluaron cuatro sistemas: a) parcela donde se cortaba la leguminosa y se dejaba el rastrojo en la superficie (CanR+F); b) parcela en donde creció la leguminosa, se cortó toda la parte vegetativa de las plantas y se extrajo este rastrojo de la parcela (CanR); c) parcela en donde no había leguminosas y se le colocó todo el rastrojo del área anterior (CanF); y d) parcela sin leguminosas (SLeg). Para el análisis se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, arregladas en las parcelas sub-sub-divididas. Las parcelas principales fueron los sistemas; en las sub-parcelas se evaluaron los tipos de labranza y en las sub-sub-parcelas, las dosis de N. Se encontró una respuesta altamente significativa por el efecto residual de los sistemas, siendo el grupo de más alto rendimiento el de CanR y CanR+F con 5.39 y 5.28 t/ha, respectivamente. Luego le siguió CanF (3.58 t/ha) y, por último, la parcela SLeg con un rendimiento de 2.50 t/ha. La respuesta de la aplicación del N fue altamente significativa con rendimientos promedios de 2.82, 4.54 y 4.99 t/ha, para los niveles de 0, 75 y 150 kg de N/ha, respectivamente. Las dosis de N que maximizan los rendimientos para los sistemas CanR+F, CanR, CanF y SLeg fueron 39, 30, 36 y 110 kg N/ha, respectivamente. La interacción dosis de N x sistemas, resultó altamente significativa. Se encontró que cuando no se aplica N al sistema, los mayores rendimientos se obtienen en el sistema CanR+F, superando significativamente a los otros tres sistemas.

PALABRAS CLAVES: *Zea mays*; maíz; *Canavalia ensiformis*; nitrógeno; rotación de cultivos; cero-labranza; Panamá.

¹ Ing. Agrónomo, M.Sc.; ² Agrónomo; ³ Ing. Agrónomo. Centro de Investigación Agropecuario de Azuero "Ing. Germán De León". Los Santos, Panamá. IDIAP. e-mail: idiap_azu@cwpanama.net

CORN RESPONSE TO DIFFERENT LEVELS OF NITROGEN IN ROTATION WITH CANAVALLIA UNDER TWO TYPES OF TILLAGE. RIO HATO, PANAMA. 1993-1994.

During two years (1993-1994) was carried out an experiment to evaluate the response of corn to N application in rotation with *Canavalia ensiformis*. The legume was planted at the beginning of raining season (May), while the corn was planted in September. In the experiment two types of tillage were evaluated. One method consisted in incorporate the weeds and legumes before planting (conventional tillage) and the other consisted in leave it on the top of soil (zero tillage). There were evaluated four systems: a) Plot consisted in cutting the legume and leave the stubble on the top of soil (Can R+F); b) Plot where grew the legume, cut the foliage and remove it (Can R); c) Plot without legume, but the stubble of the previous plot was move it to this (Can F); d) Plot without legume (Sleg). The experimental design was a Completely Randomized Block design in a split-split-plot with three replications. The principal plots were the systems, the sub-plots were the tillage types and the sub-sub-plots were the Nitrogen levels. A highly significant response was founded in the residual effect of legume systems. The Can R and Can R+F were the best systems with yields of 5.39 and 5.28 t/ha, respectively. The system Can F follows to these systems (3.58 t/ha) and the last was Sleg system with 2.50 t/ha. The N application response was highly significant, with mean yield of 2.82, 4.54 and 4.99 t/ha for the levels 0, 75 and 150 kg N/ha, respectively. The levels of N that optimized the yield of systems Can R+F, Can R, Can F and Sleg were 39, 30, 36 and 110 kg N/ha, respectively. The N level x System interaction was highly significant. Furthermore, it was founded when didn't apply N in the system, the best yield was obtained in the Can R+F system.

KEYWORDS: *Zea mays*; corn; *Canavalia ensiformis*; nitrogen; crops rotation; zero-tillage; Panama.

INTRODUCCIÓN

El uso de las leguminosas para mejorar la fertilidad de los suelos se realiza desde principios del siglo. La literatura presenta abundante información sobre los beneficios de las leguminosas de cobertura, con el fin de incorporar

nitrógeno al suelo mediante la fijación biológica (Wade y Sánchez, 1983; Yost y col., 1985; Barreto y col., 1992). Se puede sustituir hasta 170 kg de N, utilizando leguminosas de cobertura (Bouldin y col., 1989). Se ha encontrado que la *Canavalia brasiliensis* y la *Mucuna aterrima* son especies promisorias, por su tolerancia a

estrés hídrico y rápido crecimiento. Burle y col. (1992) encontraron que el maíz puede obtener hasta 80 kg de N/ha provenientes de la Canavalia.

Durante 1992, Gordón y col. (1993) realizaron un experimento en donde se evaluó la *Canavalia ensiformis* (Canavalia). El resultado de este ensayo indicó que el rendimiento de maíz en las parcelas en rotación con Canavalia superó, en 1.85 t/ha, al de las parcelas sin Canavalia.

El análisis económico de este ensayo determinó que la dosis óptima de N para aplicar en este sistema fue de 54 kg/ha, mientras que en las parcelas que no tenían Canavalia en relevo, la dosis óptima fue de 139 kg/ha, produciendo un ahorro de 85 kg de N/ha. En 1993, Gordón y col. (1994) realizaron un experimento similar, en donde se estudió el efecto de los componentes de las plantas (raíces y follaje), por separado, encontrando diferencias en la respuesta del maíz para cada sistema.

El presente trabajo tuvo como objetivo determinar los requerimientos de nitrógeno para la producción

del maíz en monocultivo, bajo un sistema de siembra alterno de Canavalia y maíz (mayo-septiembre), bajo dos tipos de labranza. Además se evaluó el aporte de la parte aérea de las leguminosas, así como el efecto de sus componentes (forraje y raíces).

MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizaron dos ensayos consecutivos (1993 y 1994), en la finca Río Hato Sur, provincia de Coclé, República de Panamá, ubicada a 8°21' latitud Norte y 80°10' longitud Oeste, a 25 msnm. Se evaluó la respuesta del maíz a tres dosis de nitrógeno (0, 75 y 150 kg N/ha), bajo el sistema de siembra de rotación del maíz con la leguminosa *Canavalia ensiformis*, además de una siembra sin leguminosas. La leguminosa fue sembrada al inicio de la época lluviosa (mayo) y el maíz en septiembre del mismo año.

Se evaluaron dos tipos de labranza, una consistió en incorporar las leguminosas y malezas antes de la siembra (labranza convencional) y, la otra, en dejar-

las sobre la superficie del suelo (labranza cero).

Para la realización de este ensayo se contó con cuatro parcelas, de un área de 324 m² (27 x 12 m), consideradas como cuatro sistemas evaluados:

1) Parcela donde creció la Canavalia; luego en septiembre se cortó el forraje y se dejó todo este material sobre la misma. Corresponde al efecto de ambos componentes de la planta (raíces y forraje) y del mejoramiento del suelo. Se le denominó Canavalia-Raíces + Forraje (**CanR+F**).

2) Parcela donde creció la Canavalia; luego se cortó toda la parte vegetativa de las plantas y se extrajo este forraje de la parcela, quedando únicamente las raíces de las leguminosas y el efecto del mejoramiento del suelo. Corresponde al sistema denominado Canavalia-Raíces (**CanR**).

3) Parcela sin leguminosas, que en septiembre se le colocó todo el forraje de la Canavalia que había en la parcela mencionada en el punto

2. Esta fue considerada como el Sistema Canavalia-Forraje (**CanF**).

4) Una parcela sin leguminosas (**SLeg**).

El suelo donde se sembró el experimento presenta una textura franco-arenosa con aproximadamente 5% de pendiente y con fertilidad considerada de media a baja. Se realizó un análisis del suelo en mayo y otro antes de la siembra del maíz (septiembre) (Cuadro 1). En este ensayo se utilizó el híbrido de maíz P-8916.

El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones, con un arreglo de parcelas sub-sub-divididas (Sistemas x Labranza x Dosis de N). La parcela principal fue el Sistema. Las sub-parcelas fueron el tipo de labranza (convencional y cero), mientras que las sub-sub-parcelas fueron las dosis de nitrógeno.

La labranza convencional consistió en dar tres pases de rastra liviana, incorporando todo el material vegetativo (forraje) que se encontraba en la superficie del suelo

CUADRO 1. ANÁLISIS DE SUELO PARA CADA PARCELA EN ROTACIÓN
RÍO HATO, PANAMA, 1993-94.

Sistema	pH	A-L-Arc	P	K	Ca	Mg	Al	M.O.	Fe	Zn
Canavalia										
Mayo'93	5.6	66-18-18	1.6	117.5	0.9	0.2	0.1	2.68	1.0	0.7
Sep'93	5.8	70-16-14	2.6	208.8	0.9	0.2	0.1	2.01	1.5	0.5
Mayo'94	5.8	70-16-14	2.6	210.8	0.8	0.2	0.1	2.35	1.5	0.5
Sep '94	5.6	66-14-20	4.1	255.0	1.3	0.3	0.1	2.80	1.9	0.3
Sin Leguminosas										
Mayo'93	5.6	58-20-22	1.7	94.1	0.9	0.6	0.1	2.28	1.7	0.4
Sep'93	5.8	70-16-14	1.9	180.0	0.6	0.2	0.1	2.55	1.1	0.2
Mayo'94	5.8	76-18-16	1.5	47.0	0.6	0.2	0.1	1.74	1.0	1.3
Sep'94	5.8	62-18-20	5.0	82.3	0.9	0.2	0.2	2.10	3.6	0.3

P, K, Fe y Zn = μ g/ml

Ca, Mg y Al= meq/100 ml

M.O.= %

(leguminosas y malezas). La cero labranza consistió en dejar el terreno sin incorporar el rastrojo que estaba sobre la superficie.

El tamaño de las unidades experimentales fue de cuatro surcos de maíz de 5.5 m de largo, separados a 0.75 m entre hileras y 0.50 m entre golpes, dejando dos plantas por golpe, para una densidad teórica de 5.33 plantas/m².

El control de malezas, después de la siembra del maíz, se realizó con la aplicación de la mezcla de atrazina, pendimetalina y glifosato a razón de 3.0 + 3.0 + 4.0 lt/ha, con posteriores limpiezas manuales, por escapes del control de algunas malezas. La fertilización consistió en aplicar, al momento de la siembra, 60 kg de P₂O₅/ha más la mitad del nitrógeno. En 1994 se aplicó, además del fósforo y el nitrógeno, la cantidad de 20 kg de S en forma de Ca₂SO₄·2H₂O. El resto del nitrógeno se aplicó, en forma de urea, 30-35

días después de la siembra (dds). Se tomaron datos del peso y contenido de N de la Canavalia, al momento de cortarla (70 dds), contenido de nitrógeno en la hoja de la mazorca al momento de la floración, número de plantas y mazorcas a la cosecha, rendimiento y porcentaje de humedad del grano. La precipitación de esta localidad en los dos años del experimento se observa en el Cuadro 2.

CUADRO 2. PRECIPITACIÓN PLUVIAL (mm) EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DE RÍO HATO, DESDE MAYO HASTA DICIEMBRE DE 1993-94.

Mes	Días		
	1-10	11-20	21-30/31
1993			
May	52.7	42.5	35.0
Jun	0.0	7.5	100.0
Jul	59.9	31.0	31.4
Ago	23.2	37.5	104.3
Sep	22.4	12.6	59.9
Oct	0.0	62.0	4.6
Nov	32.5	142.8	83.5
Dic	0.0	25.1	0.0
1994			
May	55.0	97.9	103.5
Jun	17.0	40.7	81.0
Jul	40.7	11.8	4.9
Ago	109.7	6.3	70.8
Sep	4.5	21.5	68.5
Oct	128.7	45.9	80.2
Nov	74.4	67.5	29.3
Dic	29.0	0.0	0.0

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis estadístico indicaron que hubo diferencias altamente significativas para las variables del rendimiento y algunos de sus componentes en los distintos factores estudiados, así como en algunas de las interacciones (Cuadro 3). En el análisis estadístico se observó que los factores sistemas, dosis de N, Interacción sistema x dosis y año, absorben la mayor parte de la variación del experimento (92.1%), con un 50.7, 26.6, 3.5 y 11.3%, respectivamente. Los otros componentes, a pesar de que algunos presentan diferencias estadísticas, sólo alcanzan el 7.9% de la variación total del experimento para la variable rendimiento de grano. Los demás componentes del rendimiento o variables de respuestas siguen la misma tendencia que la observada en el rendimiento. Este resultado del análisis de varianza permite discutir de manera más profunda estos tres factores.

Producción de Canavalia

El resultado del análisis de laboratorio de la Canavalia (tallos más hojas) indicó que el porcentaje pro-

medio de nitrógeno en la partes analizadas fue de 3.20%. La cantidad de materia seca en las parcelas de Canavalia, al momento de realizar el corte, fue de 5.88 y 6.02 t/ha, para 1993 y 1994, respectivamente. Esto equivale a incorporar 188 y 192 kg de N/ha, en agosto de ambos años (Cuadro 4). La diferencia en el rendimiento de materia seca del forraje entre los dos años, se debió principalmente a la distribución de las lluvias durante el período de crecimiento de la leguminosa.

Efecto Residual de la Canavalia

Se encontró que hubo una respuesta altamente significativa por el efecto residual de la Canavalia y en los distintos sistemas evaluados. Los rendimientos más altos se obtuvieron en los sistemas que incluyeron la Canavalia y, por último, el sistema en rotación con esta leguminosa. Esta respuesta indica que la siembra de la Canavalia favoreció al cultivo de maíz.

En relación con los sistemas, se encontró que el grupo de más

CUADRO 3. CUADRADOS MEDIOS DE LA VARIABLE RENDIMIENTO DE GRANO Y OTROS COMPONENTES. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

F de Variación	Cuadros Medios					
	g.l.	Rend	Pmaz ²	Pta/m ²	Maz/m ²	Maz/pta
Año	1	42.85***	9728.0***	1.89**	10.94**	0.18**
Rep(Año)	2	0.30	102.0	0.01	0.04	0.002
Leg	3	63.91***	19587.0***	0.42**	7.83**	0.29**
Rep x Leg	6	0.30	63.5	0.07	0.13	0.003
Lab	1	0.28 ^{n.s.}	2.81 ^{n.s.}	0.03 ^{n.s.}	0.39 ^{n.s.}	0.02 ^{n.s.}
Leg x Lab	3	0.47 ^{n.s.}	78.60 ^{n.s.}	0.01 ^{n.s.}	0.11 ^{n.s.}	0.003 ^{n.s.}
Rep x Lab(Leg)	8	1.15	231.1	0.04 ^{n.s.}	0.21	0.01
Nit	2	50.32***	11674.0***	0.73 ^{n.s.}	13.41**	0.34**
Leg x Nit	6	2.22**	877.0**	0.10	1.74**	0.07**
Lab x Nit	2	1.24**	244.0*	0.13**	0.14 ^{n.s.}	0.01 ^{n.s.}
Leg x Lab x Nit	6	0.31 ^{n.s.}	100.8 ^{n.s.}	0.11 ^{n.s.}	0.28*	0.01 ^{n.s.}
Leg x Año	3	2.13**	1077.0**	0.13 ^{n.s.}	2.58**	0.11**
Lab x Año	1	0.03 ^{n.s.}	7.8 ^{n.s.}	0.005 ^{n.s.}	0.12 ^{n.s.}	0.001 ^{n.s.}
Nit x Año	2	0.02 ^{n.s.}	197.0*	0.06 ^{n.s.}	3.81**	0.15**
Leg x Lab x Año	3	1.61**	514.0**	0.09 ^{n.s.}	0.26 ^{n.s.}	0.01 ^{n.s.}
Leg x Nit x Año	6	0.17 ^{n.s.}	119.0 ^{n.s.}	0.10 ^{n.s.}	0.67**	0.02**
Lab x Nit x Año	2	0.22 ^{n.s.}	235.0*	0.0002 ^{n.s.}	0.15 ^{n.s.}	0.004 ^{n.s.}
Error	80	0.204	70.4	0.069	0.131	0.004
C.V. (%)		10.86	10.15	5.18	7.53	7.25

¹ Pmaz = Peso de mazorcas Pta/m² y Maz/m² = plantas y mazorcas/m²

Maz/pta = Mazorcas/planta

*, **, *** se refieren a P < F de 10, 5, 1 y 0.1%, respectivamente.

^{n.s.} No significativo estadísticamente

alto rendimiento estuvo formado por los sistemas **CanR** y **CanR+F** con 5.39 y 5.28 t/ha, respectivamente (no hubo diferencias estadísticas entre ellos). Luego le siguió **CanF** (3.58) y, por último, la parcela **SLeg** con un rendimiento de 2.50 t/ha.

Este mismo orden se observó en los componentes peso de la mazorca y mazorcas por planta, siendo sus diferencias significativas al 1 y 5%, respectivamente. Esto indica que la siembra de las leguminosas antes del maíz, favoreció el rendimiento y los otros componentes de rendimiento del cultivo.

El número de plantas/m² presentó diferencias significativas al 2%, en donde el promedio de la población de los diferentes sistemas estuvo entre 5.19 a 4.94 plantas/m². El número de mazorcas/m² presentó diferencias al 1% de probabilidad, observándose el promedio más bajo en el sistema **Sleg** con 4.16 maz/m². En relación con el tamaño de la mazorca, las más grandes se lograron con los sistemas **CanR** y **CanR+F** con 105 y 100 g/mazorca, respectivamente, mientras que los tamaños más pequeños se obtuvieron con los sistemas **CanF** y **SLeg** (Cuadro 5).

CUADRO 4. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE CANAVALIA. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

Canavalia	Rend. Mat. seca t/ha	%N	kg N incorporado/ha
1993			
Mat. Verde	5.88	3.2	188.1
1994			
Mat. Verde	6.02	3.2	192.6

Los resultados muestran que el sistema que sólo contenía las raíces (**CanR**), logró rendimientos superiores en comparación al sistema que evaluaba el efecto del forraje (**CanF**). Esto sugiere que la mayoría del N que acumulan las hojas y tallos de la leguminosa, no es aprovechado por el cultivo en rotación. Las ganancias o respues-

CUADRO 5. RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES, SEGÚN SISTEMAS EVALUADOS. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

Sist	Rend t/ha	Pta/m ²	Maz /m ²	Pmaz g	Maz /Pta
CanR	5.39	5.16	5.08	105	0.98
CanR+F	5.28	5.19	5.28	100	1.01
CanF	3.58	4.94	4.74	74	0.96
SLeg	2.50	5.10	4.16	53	0.81

tas positivas observadas en las parcelas que sólo contenían las raíces, por su parte, sugieren que el mejoramiento físico que puede sufrir el suelo, además de la cantidad de N que se fija durante el crecimiento o desarrollo de las leguminosas, así como el contenido de N que tienen las raíces, es aprovechado o revierte en mayor beneficio para el cultivo de rotación. Otra explicación posible es que, debido al crecimiento de las raíces de la leguminosa, se aumenta la población de *Rhizobium* en el suelo, favoreciendo el mejor desarrollo del cultivo en rotación.

Respuesta a las Dosis de Nitrógeno

La respuesta de la aplicación del nitrógeno fue altamente signifi-

cativa ($P < 0.01$). El rendimiento obtenido para las dosis de 0, 75 y 150 kg de N/ha fue de 2.82, 4.54 y 4.99 t/ha, respectivamente. Con relación al peso de las mazorcas, se observó que a medida que aumenta la cantidad de N, el tamaño de la mazor-

ca es mayor. Para las variables plantas/m² y mazorcas/m² se observó que los promedios más bajos se encuentran en las parcelas sin nitrógeno (Cuadro 6).

Efecto de la Labranza

En relación con el sistema de labranza, no hubo diferencias estadísticas significativas, aunque el promedio de las parcelas en labranza de conservación fue mayor que las parcelas en labranza convencional (4.20 y 4.11 t/ha, respectivamente). La precipitación pluvial que se presenta comúnmente en esta zona del país es muy variable y parece favorecer a las parcelas con residuos sobre la superficie, de tal manera que la poca humedad existente se conserva mejor.

CUADRO 6. RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES, SEGÚN DOSIS DE N APLICADAS. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

Dosis de N	0	75	150
Rend (t/ha)	2.82	4.54	4.99
Pmz (g)	61.87	89.09	95.12
Maz/pta	0.83	0.98	1.00
Pta/m ²	4.93	5.13	5.20
Maz/m ²	4.12	5.02	5.21

El resto de los componentes de rendimiento no mostró diferencias significativas entre sí (Cuadro 7). Resultados similares encontraron Gordón y col. (1993; 1994), de manera que el efecto de disminuir las pérdidas de la humedad del suelo, sumado al efecto positivo encontrado en los sistemas que sólo incluyen las raíces, indica que es mejor dejar las plantas de la leguminosa a manera de mantillo y practicar la labranza de conservación. Contrario a estos resultados, Costa y col. (1990) encontraron que las parcelas donde no se incorporaban las leguminosas rendían menos, en

comparación con las que sí hubo incorporación, debido a mayores pérdidas de nitrógeno.

Respuesta de la Interacción Sistemas x Dosis de Nitrógeno

La respuesta de la aplicación del N fue altamente significativa y depen-

dió del manejo de los residuos de las leguminosas. En el análisis de varianza, leguminosas por dosis de N fue significativa ($P < 0.01$). Además del análisis de varianza se determinó la curva de rendimiento máximo estable

CUADRO 7. RENDIMIENTO Y SUS COMPONENTES, SEGÚN TIPO DE LABRANZA. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

Labranza	Conven- cional	Conser- vación
Rend (t/ha)	4.11	4.20
Pmz (g/maz)	82.31	82.88
Maz/pta	0.93	0.95
Maz/m ²	4.75	4.85
Pta/m ²	5.08	5.11

(*plateau*) en función de las dosis de N aplicado en forma de urea, para cada sistema (Cuadro 8). El aporte de N al cultivo, por parte de los sistemas evaluados, se puede observar en el rendimiento del maíz en el intercepto de la curva con el eje del rendimiento, el cual representa el rendimiento del cultivo cuando no se aplica N al sistema. En el sistema **SLeg**, el valor del intercepto fue de 0.81 t/ha. Este bajo rendimiento se puede explicar, por el bajo contenido de materia orgánica que muestran los distintos análisis del suelo en esta parcela. El incremento en el rendimiento de grano, sin aplicar N a los sistemas **CanR+F** y **CanR**, fue significativamente superior, ya que el valor del intercepto fue de 4.72 y 4.24 t/ha. Estos valores superaron al testigo **SLeg** por el orden de 3.91 y 3.43 t/ha, respectivamente (Cuadro 8).

En este análisis se encontró que el rendimiento máximo (*plateau*) que se puede obtener en el sistema **SLeg** es de 3.86 t/ha, el cual es superado por los sistemas **CanR**, **CanR+F** en más de 1.5 t/ha, ya que el *plateau* en éstos fue de 5.91 y 5.50 t/ha, para cada sistema, respectiva-

mente. Este incremento en el techo del rendimiento, que se puede lograr implementando la rotación de la Canavalia en la producción del maíz, mejoraría la eficiencia de los productores de 43 a 54%.

El punto de inflexión de las curvas indica la dosis en la cual la respuesta del cultivo permanece estable, es decir, el rendimiento no aumenta por incrementos en las dosis de N aplicado. Al analizar los valores encontrados, se observa que en el sistema **SLeg** se necesitan 110 kg/ha, para lograr el rendimiento máximo, mientras que en los sistemas que involucran a la Canavalia, la dosis óptima oscila de 30 a 40 kg N/ha. Esta reducción implica un ahorro significativo en el uso de urea para la producción del cultivo (Figura 1).

Se debe señalar que el efecto de la rotación de las leguminosas, parece involucrar algo más que el aporte de N calculado en base a la producción de biomasa, como lo puede ser, el mejoramiento en la estructura del suelo o algunos componentes que no se pudieron medir en este trabajo.

CUADRO 8. VALORES PARA LA CURVA DE RESPUESTA DEL RENDIMIENTO DE GRANO EN FUNCIÓN DE LAS DOSIS DE N APLICADA. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

Sistemas	Intercepto (b_0)	Pendiente (b_1)	Rend Máximo (<i>Plateau</i>)	Dosis N de inflexión	R ²
Can R+F	4.72	0.020	5.50	39	0.71*
Can R	4.24	0.055	5.91	30	0.97**
Can F	2.14	0.060	4.30	36	0.94**
S Leg	0.81	0.027	3.83	110	0.94**

*, ** se refieren a P>F de 1 y 0.1%, respectivamente.

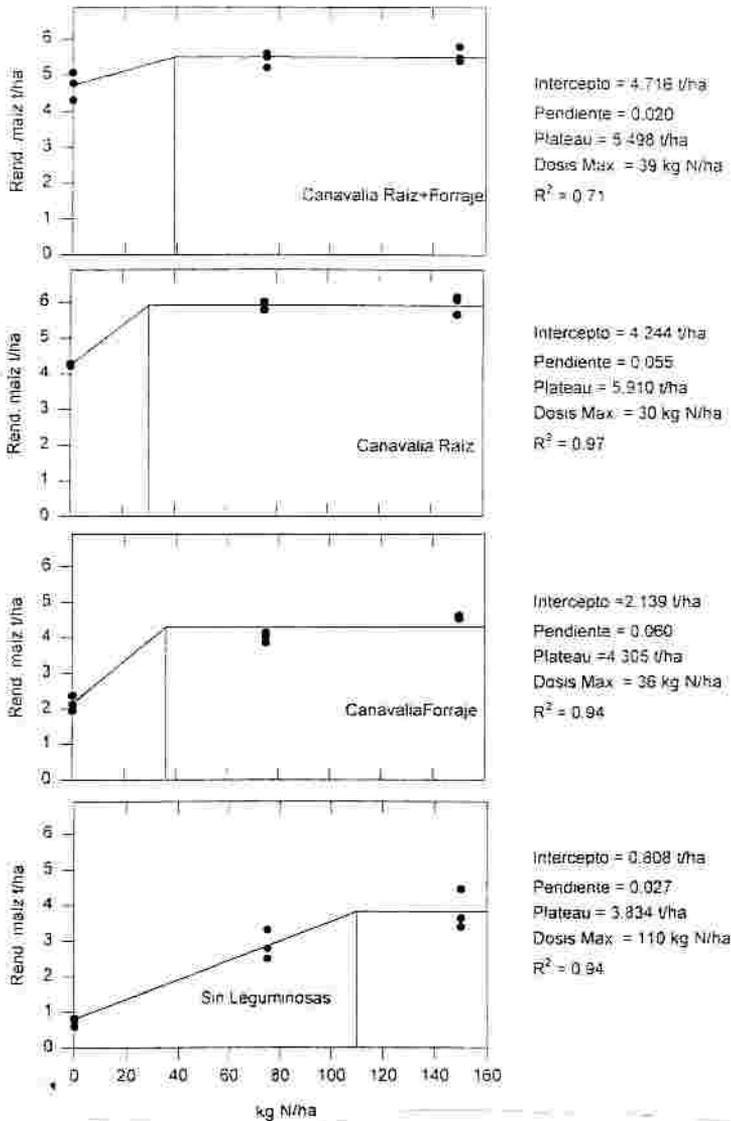


FIGURA 1. CURVAS DE RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS QUE INCLUYERON CANAVALIA Y EL SISTEMA SIN ROTACIÓN DE LEGUMINOSAS. RÍO HATO, PANAMÁ. 1993-1994.

Interacción Sistemas x Dosis de N

La dosis de cero nitrógeno fue el factor que más reducción produjo en el número de mazorcas por planta, en las parcelas **SLeg**. Alrededor de 42% de plantas abortaron las mazorcas en el nivel de 0 N, en comparación con los niveles de 75 y 150 kg con 13 y 4% de aborto, respectivamente. En los sistemas **CanR+F** y **CanR** no se observó este efecto, ya que el porcentaje de abortos fue menor del 5%, para todos los niveles. En el sistema **CanF**, el nivel de 0 N presentó 14% de plantas sin mazorcas. Los factores plantas/m², mazorcas/m², peso de mazorca y número de mazorcas/planta, explican el por qué se obtuvieron bajos rendimientos con la dosis de 0 N (Cuadro 9).

Cuando se observa el promedio general (a través de dosis) de los distintos sistemas, los datos sugieren que el forraje de la Canavalia no tiene mucho aporte en el rendimiento, ya que no hay diferencias significativas entre los sistemas **CanR** y **CanR+F** (6.01 vs 6.00 y 4.73 vs 4.59 t/ha, para los años 1993 y 1994, res-

pectivamente). Al analizar la interacción Leg x Dosis, en ambos años, se observó que al pasar de la dosis de 0 a 75 kg N/ha en el sistema **CanR**, hubo ganancias de 1.76 y 1.58 t/ha, que representaron 36.9 y 43.8% de incremento, con respecto a la dosis de 0 N. Por el contrario, en el sistema **CanR+F** el incremento en la dosis sólo aumentó los rendimientos en 0.50 y 0.82 t/ha (8.9 y 20.8% de incremento). Es decir, que en ambos años, el nivel de 0 N en el sistema **CanR+F** superó al rendimiento observado en el sistema de **CanR**. En el sistema **CanF** este incremento de dosis representó un porcentaje mayor del rendimiento (68.9 y 111.7%). En los tres sistemas que involucran la rotación con Canavalia, se observó que no hay respuesta a la aplicación de nitrógeno en el rango de 75 a 150 kg N/ha (Cuadro 10).

CONCLUSIONES

- ◆ Las parcelas de Canavalia aportan suficiente nitrógeno disponible al cultivo de maíz que es sembrado en rotación (**CanR** y **CanR+F**),

CUADRO 9. MEDIAS DE RENDIMIENTO DE GRANO Y MAZORCAS POR PLANTA, SEGÚN SISTEMAS Y DOSIS DE N. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

Sistemas	Dosis de N		
	0	75	150
	Rend (t/ha)		
Can R+F	4.68	5.43	5.56
Can R	4.25	5.86	5.96
Can F	2.14	4.02	4.56
S Leg	0.81	2.87	3.83
	Maz/planta		
Can R+F	0.99	1.04	1.01
Can R	0.93	1.01	1.01
Can F	0.87	0.98	1.03
S Leg	0.58	0.88	0.96

CUADRO 10. MEDIAS DE RENDIMIENTO DE GRANO OBTENIDOS EN EL ENSAYO DE ROTACIÓN, SEGÚN SISTEMAS, DOSIS DE N Y AÑO. RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

Sistemas	1993			
	kg N/ha			
	0	75	150	Prom.
Can R	4.77	6.56	6.72	6.01
Can R+F	5.60	6.10	6.17	6.00
Can F	2.41	4.07	4.85	3.78
	1994			
Can R	3.61	5.19	5.19	4.73
Can R+F	3.94	4.76	4.96	4.59
Can F	1.87	3.96	4.33	3.39

garantizando aumentos de rendimiento que superan de 5.2 a 5.8 veces al rendimiento obtenido en parcelas de maíz sin rotación con Canavalia, cuando no se aplica nitrógeno a la parcela (4.24 y 4.71 vs 0.81 t/ha).

- ◆ Se encontró una respuesta altamente significativa a la aplicación del nitrógeno en las parcelas que no fueron rotadas con Canavalia. Esta respuesta no fue tan significativa en las parcelas que fueron rotadas con **Can R+F**, **CanR** y **CanF**.
- ◆ La siembra de maíz en rotación con Canavalia puede efectuarse tanto con labranza de conservación como con labranza convencional, ya que no se encontró diferencia significativa entre los dos métodos.
- ◆ El sembrar leguminosas en un terreno aumenta el potencial del rendimiento que se puede obtener al sembrar maíz en rotación, ya que se encontró que el rendimiento máximo aumentó de 3.83 t/ha en el siste-

ma sin rotación (**SLeg**) a 5.91, 5.50 y 4.30 t/ha, para los sistemas **CanR**, **Can R+F** y **CanF**, respectivamente.

- ◆ Para obtener el máximo rendimiento en los sistemas de maíz en rotación con Canavalia se debe utilizar entre 30 a 39 kg de N/ha (según el sistema utilizado), reduciendo de esta manera en aproximadamente 70 kg N/ha la cantidad de N necesaria para obtener este máximo, al compararlo con el sistema de siembra sin rotación de Canavalia.

BIBLIOGRAFÍA

- BARRETO, H. J.; PÉREZ, C.; FUENTES, M. R.; QUEMÉ, J.L. 1992. Efecto de dosis de urea-N, insecticida y genotipo en el comportamiento del maíz (*Zea mays* L.) bajo un sistema de labranza mínima en rotación con dos leguminosas de cobertura. En Síntesis de los Resultados Experimentales

- del PRM, 1991. pp. 175-192.
- BOULDIN, D.R.; QUINTANA, J.; SUHET, A. 1989. Evaluation potential of legume residues. *In* (Claude, N., ed.). Trop. Soils Technical Report 1986-1987. North Carolina State University. Raleigh, N. C. pp. 304-305.
- BURLE, M.; SUHET, A.; PEREIRA, J.; RESCK, D.; PERES, J.; CROAVO, M.; BOWEN, W.; BOULDIN, D.; LATHWELL, D. 1992. Legume green manures: Dry season survival and the effect on succeeding maize crops. Soil Management CRSP. NCSU, Raleigh, N.C. Bulletin Nº 92. 35 p.
- COSTA, F.; BOULDIN, D.R.; SUHET, A.R. 1990. Evaluation of N recovery from Mucuna placed on the surface or incorporated in a Brazilian oxisol. *Plant and Soil* 124: 91-96.
- GORDÓN, R.; FRANCO, J.; DE GRACIA, N.; MARTÍNEZ, L.; GONZÁLEZ, A.; DE HERRE-
RA, A.; BOLAÑOS, J. 1993. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con Canavalia y Mucuna, bajo dos tipos de labranza. Río Hato, Panamá, 1992 - 1993. *En Síntesis de Resultados Experimentales del PRM*, Vol. 4. pp. 106-110.
- GORDÓN, R.; FRANCO, J.; DE GRACIA, N.; GONZÁLEZ, A. 1994. Respuesta del maíz a la aplicación de diferentes dosis de nitrógeno en rotación con Canavalia y Mucuna, bajo dos tipos de labranza. Río Hato, Panamá, 1993-1994. (En ed.).
- WADE, M. K.; SÁNCHEZ, P. A. 1983. Mulching and green manure applications for continuous crop production in the amazon basin. *Agronomy Journal* 75: 39-45.
- YOST, R.S.; EVANS, D.O.; SAIDY, N.A. 1985. Tropical legumes for N production: growth and N content in relation to soil pH. *Trop. Agric. (Trinidad)* 62: 20-24.