

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

**Román Gordón M.¹; Jorge Franco²; Nivaldo De Gracia³;
Andrés González²**

RESUMEN

Se realizó un experimento en dos años consecutivos (1993-1994) para evaluar la respuesta del maíz a tres dosis de N (0, 75 y 150 kg de N en forma de urea/ha), bajo el sistema de siembra en rotación del maíz con la leguminosa *Mucuna deeringiana*, comparado con una siembra sin leguminosas. Las parcelas de rotación se establecieron al inicio de la época lluviosa (mayo). En septiembre de cada año, se instaló un experimento con maíz, el mismo consistió en evaluar dos tipos de labranza. Uno consistió en incorporar las leguminosas y malezas presentes antes de la siembra y el otro, en dejarlas sobre la superficie del suelo. Se evaluaron cuatro sistemas: Se cortó la leguminosa y se dejó el rastrojo en la parcela (MucR+F); una parcela en donde creció la leguminosa, se cortó toda la parte vegetativa de las plantas y se extrajo este rastrojo de la parcela (MucR); una parcela en donde no había leguminosas y se le colocó todo el rastrojo del área anterior (MucF); y una parcela sin leguminosas (SLeg). Para el análisis se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar con tres repeticiones en un arreglo de parcelas subdivididas. 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 MucR y MucF con 4.97 y 4.42 t/ha, respectivamente. Luego le siguió MucR+F (4.12 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 4.81, 4.46 y 2.70 t/ha, para los niveles de 150, 75 y 0 kg de 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 MucR, superando significativamente a los otros tres sistemas.

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

PALABRAS CLAVES: Maíz; *Zea mays*; aplicación de abonos; aplicación de nitrógeno; rotación con leguminosas; *Mucuna deeringiana*; labranza del suelo; Panamá.

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

During two years (1993-1994) was carried out an experiment with the objective of evaluate the response of corn to N application (0, 75 and 150 kg N-urea/ha) in rotation with *Mucuna deeringiana*. 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 cut the legume and leave the stubble on the soil (MucR+F); b) Plot where grew the legume, cut the foliage and remove it (MucR); c) Plot without legume, but the stubble of the previous plot was move it to this (MucF); 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 found in the residual effect in legume systems. The MucR and MucF were the best system with yields of 4.97 and 4.42 t/ha, respectively. The system MucR+F follows to these systems (4.12 t/ha) and the last was SLeg system with 2.50 t/ha. The N application response was highly significant, with mean yield of 4.81, 4.46 and 2.70 t/ha for the levels 0, 75 and 150 kg N/ha, respectively. The N level x System interaction was highly significant. The best yield was obtained in the MucR system.

KEY WORDS: Corn; *Zea mays*; application of nitrogen; rotation with legumes; *Mucuna deeringiana*; type of tillage; Panama.

INTRODUCCIÓN

El empleo de las leguminosas de cobertura como rotación, para mejorar la fertilidad del suelo (abonos verdes) fue utilizado por muchos agricultores y

está documentado en la literatura (Wade y Sánchez, 1983; Yost y col., 1985; Barreto y col., 1992).

Burle y col. (1992) encontraron que la *Canavalia brasiliensis* y la

Mucuna aterrima son especies promisorias por su tolerancia a estrés hídrico y rápido crecimiento. También determinaron que el maíz pudo obtener hasta 80 kg de N/ha, provenientes de la Canavalia. Gordón y col. (1993) realizaron un experimento en donde evaluaron las leguminosas *Mucuna deeringiana* (Mucuna) y *Canavalia ensiformis* (Canavalia), sobresaliendo esta última. El resultado de este ensayo indicó que la Mucuna superó a la parcela sin leguminosas, en 0.85 t/ha. El análisis económico de este ensayo determinó que la dosis óptima de N para aplicar en este sistema fue de 123 kg de N/ha, mientras que en las parcelas que no tenían leguminosas en relevo, la dosis óptima fue de 139 kg de N/ha, produciendo un ahorro de 14 kg de N/ha.

En 1993, Gordón y col. (1994) realizaron un experimento similar en donde se evaluó el efecto de los componentes de las plantas (raíces y follaje) por separado, encontrando diferencias en la respuesta del maíz en cada sistema. Bouldín y col. (1989) encontraron que se pueden sustituir hasta 170 kg de N, utilizando leguminosas de cobertura.

El presente trabajo tuvo como objetivos determinar los requerimientos de nitrógeno en forma de urea, para la

producción del maíz en monocultivo, bajo un sistema de siembra alterno de leguminosas en primera coa (mayo) y maíz en segunda (septiembre), bajo dos sistemas de labranza (incorporando la leguminosa y dejándola sobre la superficie del suelo), además de evaluar el aporte de la parte aérea de las leguminosas, así como el efecto de sus componentes (forraje y raíces). También se evaluó la dinámica del nitrógeno y cuantificar la equivalencia del N aportado por las leguminosas.

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 *M. deeringiana*, 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 evaluó dos tipos de labranza, uno consistió en incorporar las leguminosas y malezas antes de la siembra (labranza convencional) y el otro en dejarlas sobre la superficie del suelo (labranza de conservación).

Para la realización de este ensayo se contó con cuatro parcelas, cada una con un área de 324 m² (27 x 12 m) y representaron a los cuatro sistemas evaluados:

1) Parcela donde creció la Mucuna, 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 mejoramiento del suelo, es denominado Mucuna Raíces + Forraje (**MucR+F**).

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

3) Parcela sin leguminosas, que en septiembre se le colocó todo el forraje de la Mucuna que había en la parcela mencionada en el punto 2. Esta fue considerada como el Sistema Mucuna-Forraje (**MucF**).

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

El suelo donde se sembró el experimento es franco arenoso con aproxi-

madamente 5% de pendiente y con fertilidad 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 Completamente al Azar en un arreglo de parcelas subdivididas (Sistemas x Labranza x Dosis de N). La parcela principal fue el Sistema, las sub-parcelas fueron el tipo de labranza (convencional y conservación), mientras que las sub-sub-parcelas fueron las dosis de nitrógeno.

La parcela considerada como labranza convencional consistió en una parcela que se le procedió a dar tres pases de rastra liviana, incorporando todo el material vegetativo (forraje) que se encontraba en la superficie (leguminosas y malezas). La parcela de labranza de conservación consistió en una parcela que no se preparó, sólo se cortó la leguminosa y/o maleza (según el Sistema) y, posteriormente se le aplicó el herbicida Round-up a razón de 4.0 lt/ha.

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,

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

Sistema	pH	A-L-Arc	P	K	Ca	Mg	Al	M.O.	Fe	Zn
Mucuna										
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	5.6	38-38-26	2.4	161.0	0.9	0.2	0.1	3.08	2.5	0.4
Mayo'94	5.6	38-38-24	2.4	110.8	0.8	0.2	0.1	2.25	2.5	0.4
Sep'94	5.6	38-32-30	2.6	98.0	0.9	0.2	0.2	2.50	3.0	0.4
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 = mg kg⁻¹Ca, Mg y Al = cmol kg⁻¹

M.O. = %

dejando dos plantas por golpe, para una densidad teórica de 5.33 plantas/m². Después de la siembra del maíz, se realizó el control de malezas con la aplicación de la mezcla de atrazina más pendimentalina a razón de 1.5 + 1.5 kg i.a./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 le aplicó, además del fósforo y el nitrógeno, la cantidad de 20 kg de S en forma de sulfato de calcio dihidratado. El resto del nitrógeno se aplicó en forma de urea 30-35 días después de la siembra (dds).

Se tomaron datos del peso de las leguminosas y el contenido de N al mo-

mento de cortarlas (70 días después de la siembra), 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 de experimento se observa en el Cuadro 2.

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 aná-

CUADRO 2. PRECIPITACIÓN PLUVIAL (mm) EN EL CAMPO EXPERIMENTAL DE RÍO HATO DESDE MAYO HASTA DICIEMBRE DE 1993-1994.

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

lisis estadístico se observó que los factores Dosis de N, Año y Leguminosas (Sistemas), absorben la mayor parte de la variación del experimento (90.9%), con un 37.6, 27.9 y 25.4%, respectivamente. Los otros componentes, a pesar de que ciertos factores presentan diferencias estadísticas, sólo alcanzan el 9.1% de la variación total del experimento para la variable rendimiento de grano. Los otros componentes del rendimiento o variables de respuestas si-

guen la misma tendencia que la observada en el rendimiento. Este resultado del análisis de varianza permite discutir de manera más profunda estos tres factores. Algunas interacciones dobles y triples a pesar de ser significativas, por su bajo peso en la variabilidad del experimento pueden ser omitidas al momento de discutir los resultados más que todo porque son muy difíciles de interpretar.

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA DE LAS VARIABLES RENDIMIENTO DE GRANO Y SUS COMPONENTES, RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-94.

F de Variación	Cuadrados Medios						
	g.l.	Rend	Pmaz	Pta/m ²	Maz/m ²	Maz/pta	
Año	1	43.95**	13986**	0.13 ^{n.s.}	6.41**	0.367**	
Rep(Año)	2	0.74	401	0.02	0.03	0.003	
Leg	3	40.06**	13818**	0.38 ^{n.s.}	5.48**	0.202**	
Rep x Leg	6	1.10	387	0.16	0.09	0.007	
Lab	1	0.04 ^{n.s.}	21.2 ^{n.s.}	0.16 ^{n.s.}	0.08 ^{n.s.}	0.0001 ^{n.s.}	
Leg x Lab	3	0.52 ^{n.s.}	318 ^{n.s.}	0.13 ^{n.s.}	0.24**	0.008 ^{n.s.}	
Rep x Lab(Leg)	8	0.25	128	0.06	0.05	0.004	
Nit	2	59.31**	13499**	0.81**	16.57**	0.4133**	
Leg x Nit	6	1.72**	769**	0.17 ^a	1.69**	0.062**	
Lab x Nit	2	0.12 ^{n.s.}	67.1 ^{n.s.}	0.27 ^a	0.09 ^{n.s.}	0.013 ^a	
Leg x Lab x Nit	6	0.14 ^{n.s.}	95.1 ^{n.s.}	0.06 ^{n.s.}	0.06 ^{n.s.}	0.001 ^{n.s.}	
Leg x Año	3	3.38**	1016**	0.45**	3.34**	0.074**	
Lab x Año	1	0.76 ^a	45.9 ^{n.s.}	0.03 ^{n.s.}	0.31 ^{n.s.}	0.011 ^{n.s.}	
Nit x Año	2	0.46 ^{n.s.}	18.34 ^{n.s.}	0.09 ^{n.s.}	3.64**	0.205**	
Leg x Lab x Año	3	2.53**	712**	0.02 ^{n.s.}	0.58**	0.023**	
Leg x Nit x Año	6	0.94**	180*	0.27**	0.82**	0.017**	
Lab x Nit x Año	2	1.38**	421**	0.09 ^{n.s.}	0.29 ^{n.s.}	0.007 ^{n.s.}	
Error	82	0.285	87.47	0.089	0.164	0.005	
C.V. (%)		13.38	11.55	5.82	8.57	7.68	

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

Producción de Leguminosas

El resultado del análisis de laboratorio de la Mucuna indicó que el porcentaje promedio de N fue de 2.93%, mientras que para el residuo en la superficie del suelo, el porcentaje obtenido fue de 1.20%. La cantidad de materia seca en las parcelas de Mucuna, al momento de realizar el corte (agosto)

efecto residual de la Mucuna y los distintos sistemas evaluados. Los rendimientos más altos se obtuvieron en las parcelas que tenían la Mucuna y, por último, la parcela sin rotación.

Con relación a los sistemas, se encontró que el rendimiento más alto se obtuvo en el sistema **MucR** con 4.97 t/ha, le siguió **MucF** (4.42 t/ha), **MucR+F** (4.12 t/ha), y por último, la parcela **SLeg** (2.50 t/ha). Todos fueron estadísticamente diferentes al 1% de probabilidad.

CUADRO 4. PRODUCCIÓN DE MATERIA SECA DE MUCUNA, RÍO HATO, PANAMÁ, 1993-1994.

Mucuna	Rend t/ha	%N	kg N/ha
1993			
Mat. Verde	6.13	2.93	179.6
Residuo	2.62	1.20	31.4
		Total	211.0
1994			
Mat. Verde	5.90	2.93	172.9
Residuo	2.45	1.20	29.4
		Total	202.3

fue de 6.13 y 5.90 t/ha, más 2.62 y 2.45 t/ha del residuo, para 1993 y 1994, respectivamente. Esto equivale a incorporar 211 y 202 kg de N/ha, en agosto de ambos años (Cuadro 4).

Efecto Residual de la Mucuna

Se encontró que hubo una respuesta altamente significativa por el

rendimiento del cultivo. En relación con el tamaño de la mazorca, las más grandes se lograron con los sistemas **MucR** y **MucR+F** con 98 y 90 g/mazorca, mientras que los tamaños más pequeños se obtuvieron con los sistemas **MucF** y **SLeg**. El número de plantas/m² no presentó diferencias significativas, en donde el promedio de la población de los diferentes sistemas estuvo

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

Sistema	Rend t/ha	Pta/m ²	Maz/m ²	Pmaz g	Maz/Pta
MucR	4.97	5.16	4.99	98.	0.97
MucR+F	4.42	5.06	4.83	90	0.96
MucF	4.12	5.28	4.96	83	0.94
SLeg	2.50	5.10	4.16	53	0.81

entre 5.28 a 5.06 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 mazorcas/planta (Cuadro 5).

Los resultados muestran que el sistema que sólo contenía las raíces (**MucR**) logró rendimientos superiores en comparación al sistema que evaluaba el efecto del forraje (**MucF**). Esto sugiere que la mayoría del contenido de N que acumulan las hojas y tallos de las leguminosas, no es aprovechado por el cultivo en rotación. Las ganancias o respuestas 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 es fijado durante el crecimiento o desarrollo de las leguminosas, así como el contenido de N que tienen las raíces, es aprovechado o revierten en mayores beneficios para el cultivo de

rotación. Otra explicación posible es que, debido al crecimiento de las raíces de la leguminosa, se aumenta el contenido de micorrizas en el suelo, favoreciendo el mejor desarrollo del cultivo en rotación.

Dentro de los resultados observados sobresa-

le el hecho de que las parcelas con **MucR** superaron en rendimiento a las parcelas de **MucR+F** y **MucF**. Esta situación se pudo deber, a que, al momento de la siembra del maíz, los dos sistemas que incluyen el forraje de la *Mucuna*, presentaron un alto volumen de materia seca en la superficie (mantillo), dificultando de este modo la emergencia del maíz, situación que no se dio en la parcela que no incluyó el forraje. Debemos señalar además, de que es posible, que el crecimiento del maíz se vea afectado por la descomposición de la gran cantidad de materia verde de esta leguminosa.

Respuesta a las Dosis de Nitrógeno

La respuesta de la aplicación del nitrógeno fue altamente significativa. Los rendimientos obtenidos para el promedio de las dosis de 0, 75 y 150 kg de N/ha fue de 2.70, 4.46 y 4.81 t/ha, res-

pectivamente. En relación con el peso de las mazorcas se observó que a medida que se aumenta la cantidad de N el tamaño de la mazorca 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).

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)	2.70	4.46	4.81
Pmaz (g/maz)	61.39	87.90	93.37
Maz/pta	0.81	0.96	0.98
Pta/m ²	5.00	5.21	5.23
Maz/m ²	4.04	5.01	5.13

Efecto de la Labranza

En relación con el sistema de labranza, el mismo no mostró diferencia estadística, aunque, el promedio de las parcelas en labranza convencional fue ligeramente mayor, que las parcelas en labranza de conservación (4.03 vs 3.96 t/ha, respectivamente). La precipitación pluvial errática, que se presenta comúnmente en esta zona del país, parece favorecer a las parcelas con residuos sobre la superficie, de tal manera, que se conserva mejor la poca humedad

existente. Pero, en este caso, en la labranza de conservación, debido a la excesiva cantidad de material sobre la superficie del suelo al momento de germinar las plantas, esta capa dificulta la emergencia de las plántulas, debilitando las mismas y de esta manera puede influenciar el rendimiento final del grano.

El resto de los componentes del rendimiento no mostró diferencias significativas entre sí (Cuadro 7). Resultados similares encontraron Gordón y col. (1993 y 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, indican que es mejor de-

jar 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 incorporó las leguminosas rindieron menos, en comparación con las que sí hubo incorporación, debido a que en las no incorporadas había mayores pérdidas de nitrógeno.

Interacción Leg x Dosis de N

La respuesta de la aplicación del N fue altamente significativa y dependió del manejo de los residuos de las

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

Labranza	Convencional	Conservación
Rend (t/ha)	4.03	3.96
Pmaz (g/maz)	80.78	81.09
maz/pta	0.92	0.92
Maz/m ²	4.76	4.70
Pta/m ²	5.19	5.11

leguminosas. En el análisis de varianza se observó que la interacción leguminosa por dosis de N fue significativa ($P < 0.01$). Además del análisis de varianza, se realizó un análisis para determinar la curva de rendimiento máximo estable (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, lo que quizá contribuyó a una baja dispo-

nilidad de nitrógeno a las plantas. El incremento en el rendimiento de grano sin aplicar N a los sistemas **MucR** y **MucR+F** fue significativamente superior, ya que, el valor del intercepto fue de 3.83 y 3.20 t/ha, para ambos, respectivamente. Estos valores superan al testigo **SLeg** por el orden de 3.05 y 2.39 t/ha (Cuadro 8).

En este análisis se encontró que el rendimiento máximo (plateau) que se puede obtener en el sistema **SLeg** es de 3.83 t/ha, el cual es superado por los sistemas **MucR** y **MucF** en más de 1.5 t/ha, ya que, el plateau en éstos fue de 5.65 y 5.33 t/ha, para cada sistema, respectivamente. 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.

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 cómo en el sistema **SLeg** se necesitan 110 kg/ha, para lograr el

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

Sistemas	Intercepto (b_0)	Pendiente (b_1)	Rend Máximo (Plateau)	Dosis N de inflexión	R ²
MucR+F	3.20	0.020	4.59	69	0.867***
MucR	3.86	0.021	5.65	86	0.92***
MucF	3.04	0.027	5.33	94	0.81***
SLeg	0.81	0.027	3.83	110	0.94***

CUADRO 9. MEDIAS DE RENDIMIENTO DE GRANO OBTENIDO EN EL ENSAYO DE ROTACIÓN, SEGÚN SISTEMAS Y DOSIS DE NITRÓGENO, RÍO HATO, 1993-94.

Sistemas	Dosis de N		
	0	75	150
Rend (t/ha)			
MucR+F	3.20	4.69	4.48
MucR	3.86	5.42	5.67
MucF	2.96	4.86	5.33
S Leg	0.81	2.87	3.83
Maz/planta			
MucR+F	0.99	1.04	1.01
MucR	0.93	1.01	1.01
MucF	0.87	0.98	1.03
S Leg	0.58	0.88	0.96

rendimiento máximo, mientras que en los sistemas que involucran la mucuna la dosis óptima se redujo en 40 kg/ha cuando se rotó con el sistema **MucR+F**, esta reducción fue menor en los otros dos sistemas. Esta reducción implica un ahorro significativo en la utilización de urea en 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 basándose en 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.

CONCLUSIONES

- Las parcelas de Mucuna aportan suficiente nitrógeno disponible al cultivo de maíz que es sembrado en rotación, garantizando aumentos de rendimiento que superan de 3.7 a 4.7 veces al rendimiento obtenido en parcelas de

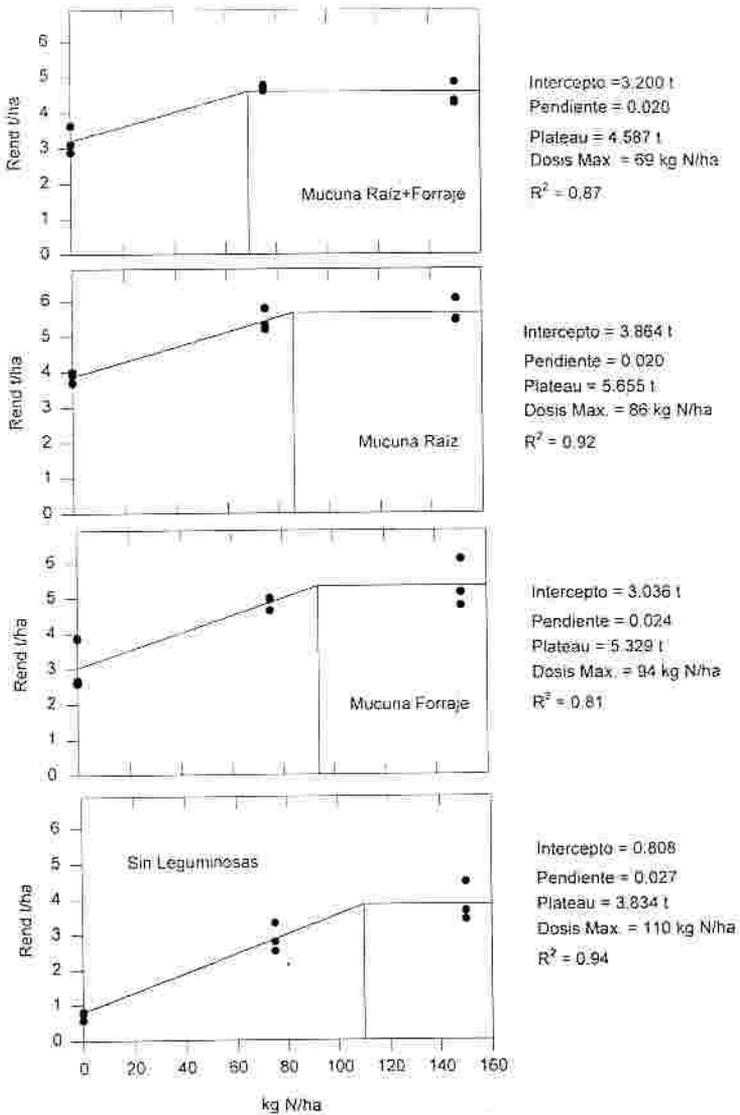


FIGURA 1. CURVAS DE RENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS QUE INCLUYERON MUCUNA Y EL SISTEMA SIN ROTACIÓN DE LEGUMINOSAS, RÍO HATO, PANAMÁ. 1993-1994.

maíz sin rotación con Mucuna, cuando no se aplica nitrógeno a la parcela.

- ☀ Se encontró una respuesta altamente significativa a la aplicación del nitrógeno en las parcelas que no fueron rotadas con Mucuna. Esta respuesta no fue altamente significativa en las parcelas que fueron rotadas con **MucR+F**, **MucR** y **MucF**.
- ☀ La siembra de maíz en rotación con Mucuna puede ser utilizando tanto la Labranza de conservación como Convencional, ya que no se encontró diferencias significativas entre estos dos métodos.
- ☀ Se encontró que el rendimiento máximo que se puede obtener en los sistemas **SLeg**, **MucR**, **MucF** y **MucR+F** fue de 3.83, 5.65, 5.33 y 4.59 t/ha, para cada sistema.
- ☀ Las dosis de N que maximizan los rendimientos para los sistemas **MucR+F**, **MucR**, **MucF** y **SLeg** fueron de 69, 86, 94 y 110 kg N/ha, respectivamente.

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. *En* (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.S.A.; 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.; HERRERA, A. DE; 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 edición. 11 p.*
- 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.