

## MANEJO DE LA FERTILIZACIÓN NITROGENADA EN EL CULTIVO DE MAÍZ. AZUERO, PANAMÁ, 1996 - 1998.

Román Gordón M<sup>1</sup>, Andrés González<sup>2</sup>, Jorge Franco<sup>2</sup>

### RESUMEN

Se estableció un ensayo en 12 localidades de la Región de Azuero. Los mismos fueron sembrados en la segunda época de siembra (agosto-enero) de los años 1996, 1997 y 1998. En 10 de estas 12 localidades se observó una respuesta positiva a la aplicación de nitrógeno. El objetivo de este trabajo fue el de determinar el rango agronómico de la eficiencia de uso de N en forma de urea (N-urea) bajo distintos métodos de aplicación de este elemento. En este estudio se comparó la respuesta del maíz a la aplicación de 120 kg N/ha en forma de urea, utilizando dos y tres fraccionamientos en la aplicación. También se evaluó el efecto de aplicar diferentes cantidades o proporciones de N en las dos o tres aplicaciones; en total, se evaluaron cuatro tratamientos y dos testigos, sin nitrógeno. El diseño experimental utilizado fue el de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. La aplicación del nitrógeno en la proporción de 10% a la siembra y 40 y 50% a los 21 y 40 dds, respectivamente, logró aumentar de manera significativa la eficiencia del uso del nitrógeno (62.9% en la eficiencia de uso). Las aplicaciones tardías (30 y 38 DDS) de un alto porcentaje del nitrógeno (80 y 50%) y la aplicación de porcentajes bajos de N al momento de la siembra incrementó la eficiencia del uso del nitrógeno.

**PALABRAS CLAVES:** *Zea mays*; abonos nitrogenados; aplicación de abonos; siembra; producción; cultivo; Panamá.

### *HANDLING OF NITROGEN FERTILIZATION IN CORN CULTIVATION, AZUERO. PANAMA 1996-1998.*

The research was established in 12 locations of Azuero region. They were sowed in the second sowing season (August - January) of 1996, 1997 and 1998. Ten of 12 locations, it was observed a positive response to nitrogen application. The objective of this work was to determinate the agronomic range of the efficiency of nitrogen utilization in the form of urea

<sup>1</sup> Ing. Agrónomo, M.Sc., <sup>2</sup> Agrónomo, IDIAP, Centro de Investigación Agropecuaria de Azuero "Ing. Germán De León", Los Santos, Panama.

(N-urea) under different application methods of this element. It was compared corn response to the application of 120 kg N/ha in the form of urea, using two and three fractions in the applications. Furthermore, it was evaluated the effect of applying different quantities or proportions of nitrogen in both, two or three applications. In total, it was evaluated four treatments and two controls, without nitrogen. The experimental design was a complete block design with four repetitions. Nitrogen application in proportion of 10% at sowing, 40 and 50% at 21 and 40 days after sowing (das), respectively, obtained increase significantly, the efficiency of nitrogen utilization (62.9%). Later applications (38 and 38 das) of high percentage of nitrogen (80 and 50%) and the application of low percentages of nitrogen at the moment of the sowing increased the efficiency of nitrogen utilization.

## INTRODUCCIÓN

El uso del nitrógeno (N) es considerado como esencial en la producción del cultivo de maíz. Después de muchos estudios, se ha podido documentar la importancia de este elemento, así como la respuesta positiva de este cultivo a la aplicación de diferentes fuentes de N.

Gordón y col. (1991, 1992) encontraron que el nivel óptimo económico de la aplicación de N varió de 125 a 197 kg/ha, en los lugares en donde se realizaron experimentos de dosis de N. Después de varios años de estudio, Gordón y col. (1997) no encontraron diferencias significativas entre aplicar la urea en forma de posturas y enterrarla al lado de la planta.

Para la producción del maíz en la Región de Azuero, se realizan aplicaciones de nitrógeno (urea), que oscilaron entre 70 y 165 kg/ha, en uno o dos fraccionamientos. Una gran proporción de ésta es aplicada a la superficie del suelo al voleo

o por bandas. Esta forma superficial de aplicación de fuentes de N amoniacales pueden conducir a pérdidas considerables por volatilización directa o por escorrentía, y así contribuir a la baja eficiencia de su uso.

En la actualidad, ante la baja eficiencia del uso de este nutrimento, se le suman los cambios recientes en la política económica hacia la producción agrícola, donde la liberación de los mercados es quizás lo más relevante, se necesitará una mayor eficiencia técnica y económica que permita a los productores permanecer en el mercado. En este sentido, mejorar la eficiencia en el uso de los insumos agropecuarios se convierte en un objetivo básico.

El objetivo de este estudio fue determinar el rango agronómico de eficiencia en el uso de N en forma de urea

(N-urea) bajo distintos métodos de aplicación. En este estudio se comparó la respuesta del maíz a la aplicación de 120 kg N en forma de urea/ha, aplicados en dos y tres fraccionamientos. También se evaluó el efecto de aplicar diferentes cantidades o proporciones de urea en las dos o tres aplicaciones. También se realizaron estimaciones generales de la eficiencia de uso del N en los distintos tratamientos evaluados.

### MATERIALES Y MÉTODOS

Se estableció un ensayo en 12 localidades de la Región de Azuero en los años 1996, 1997 y 1998 (Cuadro 1). El diseño experimental utilizado fue de Bloques Completos al Azar con cuatro repeticiones. Se utilizó el método de separaciones múltiples de Duncan para comparar los tratamien-

tos. Las parcelas experimentales consistieron de cinco surcos de 5.5 m de largo (16.5 m<sup>2</sup>), mientras que las parcelas efectivas fueron los tres surcos centrales (9.9 m<sup>2</sup>). La siembra se realizó a una distancia de 75 cm entre hileras y 50 cm entre golpes, dejando dos semillas por golpe, para una densidad teórica de 5.33 plantas/m<sup>2</sup>. Los cultivares utilizados fueron los híbridos

nacionales P-8916 (1996) y P-9422 (1997 y 1998). Para el control de malezas se aplicó la mezcla de los herbicidas atrazina, glifosato y pendimetalina a razón de 1.5, 1.5 y 1.23 kg i.a./ha, de cada uno, respectivamente. Todos los ensayos recibieron una fertilización de 60 kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/ha, al momento de la siembra.

**CUADRO 1. LOCALIDADES EN DONDE SE EJECUTARON LOS ENSAYOS SOBRE EFICIENCIA DE NITRÓGENO. AZUERO, PANAMÁ, 1996 - 1998**

Localidad	Año	Latitud	Longitud
1. París	96	8° 01' N	80° 32' O
2. Parita	96	8° 00' N	80° 31' O
3. El Ejido	96	7° 54' N	80° 22' O
4. Sto. Domingo	96	7° 45' N	80° 13' O
5. San José	96	7° 40' N	80° 14' O
6. Purio	97	7° 36' N	80° 04' O
7. Mariabé	97	7° 34' N	80° 03' O
8. Los Higos	97	7° 31' N	80° 05' O
9. Paraíso	98	7° 41' N	80° 09' O
10. San José	98	7° 40' N	80° 14' O
11. La Enea	98	7° 50' N	80° 16' O
12. Los Cantos	98	7° 58' N	80° 36' O

Se evaluaron seis tratamientos en el año 1996 y siete durante 1997 y 1998. Estos incluyeron una variación en el fraccionamiento (número de aplicaciones) y la proporción de nitrógeno en cada aplicación (cantidad). La dosis de nitrógeno (de urea) utilizada fue de 120 kg/ha.

Se evaluaron dos parcelas testigos o parcelas sin aplicación de nitrógeno (Cuadro 2).

La relación de la lectura de este aparato fue encontrada en ensayos previos (Gordón, 1993).

**CUADRO 2. ESTRUCTURA DE TRATAMIENTOS DEL ENSAYO DE EFICIENCIA DE USO DE NITRÓGENO. AZUERO, PANAMÁ, 1996-1998.**

Trat	% de urea aplicada			
	0 dds	21 dds	30 dds	40 dds
1	0	0	0	0
2	0	0	0	0
3	20	40	0	40
4	20	0	80	0
5	0	50	0	50
6	10	30	0	60
7	10	40	0	50

La aplicación de la urea después de la siembra (21, 30 y 40 DDS) se efectuó por posturas superficiales 5 cm al lado de la planta. En los ensayos en donde no hubo humedad al momento de aplicar la urea, la misma se enterró y tapó con un chuzo. La precipitación promedio de las dos provincias en donde se llevaron a cabo los experimentos se observa en el Cuadro 3.

En este ensayo se usó un clorofilómetro modelo SPAD-502, Minolta, para estimar el contenido de clorofila en la hoja de la mazorca, al momento de la floración, en 12 plantas por parcela y transformarlo en porcentaje de nitrógeno.

Se tomaron datos de rendimiento, número de plantas y mazorcas cosechadas, porcentaje de humedad del grano y rendimiento de rastrojo. Se hizo un análisis combinado de los tres años de todas las variables, previo a un análisis de homogeneidad de varianzas. Se realizó un análisis de separación múltiple de medias de Duncan.

Para el análisis físico-químico del suelo, se tomó una muestra compuesta de 0-20 cm de profundidad en cada uno de los bloques. Las muestras fueron enviadas al Laboratorio de Suelos del IDIAP y se realizó el análisis según Hunter (1976).

**CUADRO 3. PRECIPITACIÓN PLUVIAL EN DOS LOCALIDADES EN DONDE SE EJECUTARON LOS ENSAYOS DE NITRÓGENO. AZUERO, PANAMÁ, 1996-1998.**

Mes	Parita			Los Santos		
	1996	1997	1998	1996	1997	1998
May	374	0	119	0	3	134
Jun	123	275	51	0	145	70
Jul	105	65	225	53	64	126
Ago	113	57	183	153	59	148
Sep	205	134	184	305	101	100
Oct	152	158	312	157	108	220
Nov	139	157	315	157	126	197
Dic	—	12	153	168	0	241
Tot	1211	858	1542	993	606	1236

CUADRO 4. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS DE LOS ENSAYOS. AZUERO, PANAMÁ, 1996-1998.

	1996				1997				1998			
	Parita	París	Ejido	San José	Sto. Dom.	Purio	Mariabé	Los Higos	Paraiso	San José	La Enea	Los Cantos
pH	6.0	5.5	5.2	4.9	5.3	6.2	5.4	5.8	4.9	4.9	6.0	6.0
P	tr	tr	tr	tr	3.0	16.0	tr	tr	tr	tr	3	7
K	78.0	172.0	47.0	196.0	43.0	71	67	82	86	78	184	63
Ca	0.9	0.5	0.6	1.9	1.1	2.3	0.8	0.6	1.2	2.1	2.2	1.8
Mg	0.4	0.2	0.5	0.8	0.8	1.34	0.42	0.35	0.53	1.76	2.00	1.60
Al	0.1	0.1	0.1	0.2	0.1	0.3	0.2	0.2	0.3	0.4	0.1	0.1
M.O	5.8	5.6	2.9	5.4	4.3							
Fe	21.0	28.0	32.0	49.0	39.0	28.0	17	17	20	15	24	15
%Are	46	44	44	34	30	40	54	44	44	34	33	28
%Lim	28	26	22	20	20	32	22	24	22	18	17	26
%Arc	26	30	34	46	50	28	28	32	34	48	50	46

P, K, Mn, Fe, Zn, y Cu = ug/ml tr = Trazas Ca, Mg y Al = meq/100ml M.O = %

**CUADRO 5. RENDIMIENTO DE GRANO, RASTROJO E ÍNDICE DE COSECHA DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS EN EL ENSAYO DE EFICIENCIA DE N (COMBINADO 12 LOCALIDADES), AZUERO, PANAMÁ. 1996-1998.**

Variables	Rend Grano (t/ha)			Rend Rastrojo (t/ha)			Índice de cosecha (%)				
	1996	1997	1998	1996	1997	1998	1996	1997	1998	Prom	
1. 0 N	3.72	3.44	2.75	4.64	5.28	3.76	4.51	45.4	33.5	37.8	39.7
2. 0 N	4.11	3.79	3.20	4.83	5.66	4.43	4.91	47.7	34.3	35.2	40.3
3. 20-40-40	5.12	3.85	5.61	6.16	6.56	6.79	6.47	46.1	31.6	39.1	40.1
4. 20-0-80-0	5.27	4.12	5.65	5.97	6.67	6.33	6.26	47.6	32.4	40.1	41.3
5. 0-50-50	5.11	3.89	5.75	6.01	6.34	6.05	6.10	46.6	31.9	42.4	41.5
6. 10-30-60		3.98	5.88		6.93	6.96	6.80		31.1	39.9	40.3
7. 10-40-50	5.53	4.07	5.93	6.50	6.51	6.94	6.65	46.1	32.7	39.5	40.6
Promedio	4.81	3.88	4.97	5.68	6.28	5.89	5.96	46.6	32.5	39.1	40.6

**CUADRO 6. MAZORCAS POR METRO CUADRADO, PESO DE MAZORCAS Y % DE N EN LA HOJA DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS EN EL ENSAYO DE EFICIENCIA DE N (COMBINADO 12 LOCALIDADES), AZUERO, PANAMÁ, 1996-1998.**

Variables	Mazorcas/m <sup>2</sup>			Peso Mazorca (gr)			Nitrógeno en Hoja (%)					
	1996	1997	1998	Prom	1996	1997	1998	Prom	1996	1997	1998	Prom
1. 0 N	4.10	3.37	4.04	3.84	89.8	101.1	54.7	81.9	2.15	2.30	1.68	2.04
2. 0 N	4.43	3.60	4.49	4.17	92.5	104.9	56.6	84.7	2.21	2.32	1.75	2.09
3. 20-40-40	4.60	3.50	4.87	4.32	110.8	109.2	93.4	104.5	2.60	2.57	2.51	2.56
4. 20-0-80-0	4.56	3.61	4.91	4.36	115.9	114.0	93.3	107.7	2.58	2.62	2.52	2.57
5. 0-50-50	4.47	3.50	4.81	4.26	115.8	110.0	97.2	107.6	2.56	2.60	2.56	2.58
6. 10-30-60		3.65	4.87	4.26		108.9	98.4	103.7		2.55	2.55	2.55
7. 10-40-50	4.67	3.63	5.03	4.44	117.8	111.9	95.2	108.3	2.61	2.66	2.54	2.61
Promedio	4.47	3.55	4.72	4.24	107.1	108.6	84.1	99.8	2.45	2.52	2.30	2.43

El análisis de suelo por localidad se observa en el Cuadro 4; los suelos presentan bajo contenido de fósforo, con valores entre alto a medio de potasio, bajos en aluminio y textura un tanto arcillosa. En cuanto al contenido de materia orgánica, en los años 1997 y 1998, no se pudo obtener esta información del laboratorio, pero en general, el contenido de éste es muy parecido al de los suelos de los ensayos de 1996.

La eficiencia aparente de uso se estimó con las diferencias de rendimiento entre los tratamientos con 120 kg de N aplicado y el testigo absoluto (Gordón, 1997).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el Cuadro 5 y 6 se puede observar el rendimiento de grano y otras características agronómicas de los tratamientos evaluados durante los tres años que duró el experimento. Los Cuadrados Medios del análisis de varianza de algunos de estos componentes se observa en el Cuadro 7. De todas las fuentes de variación evaluadas en este análisis, las fuentes, año y tratamiento son las que absorben la mayor variabilidad del experimento, por lo tanto explican el resultado observado.

**CUADRO 7. ANÁLISIS ESTADÍSTICO COMBINADO DE LAS 12 LOCALIDADES. AZUERO, PANAMÁ. 1996-1998.**

F. de V	g.l.	Cuadrados Medios			
		RendG	Mzm <sup>2</sup>	Pmz	CNIt
Año	2	33.09**	34.9**	21900*	1 332**
Loc (Año)	9	12.23**	0.99**	4438**	0.358**
Rep(LocxAño)	36	0.69	0.25	228	0.036
Trat	6	28.53**	1.40**	7376**	3.035**
TratxAño	12	5.32**	0.38*	896**	0.292**
TratxLoc(Año)	54	1.08**	0.27*	312**	0.089**
Error	216	0.487	0.18	155	0.028
CV(%)		15.0	9.9	12.4	7.0

\*\* ,\* , se refieren a diferencias estadísticas al 1 y 5%, respectivamente.

Las interacciones mostradas (Trat x Año y Trat x Loc (año)), a pesar de ser significativas, explican muy poco las diferencias encontradas en este ensayo. La misma respuesta se encontró para las variables mazorcas por metro cuadrado, peso de mazorca y contenido de nitrógeno en la hoja de la mazorca. En relación con esta última variable, los mayores valores se encontraron en el año 1997, mientras que los menores valores se presentaron en el año 1998 (Cuadro 6).

### Efecto de Año

Con relación al rendimiento de grano, el experimento mostró que el promedio de los tres años de todos los tra-



tamientos superó significativamente a los tratamientos sin aplicación de nitrógeno (Tratamientos 1 y 2), lo que indica una alta respuesta a este elemento.

Al analizar la respuesta en cada año se observó que ésta fue diferente en cada uno de los tres años evaluados. La mayor diferencia que se observó fue en 1998 con un promedio de 3.04 t/ha, le siguió la encontrada en 1996 con un valor promedio de 1.53 t/ha y el valor promedio en el año 1996 fue de 0.54 t/

ha. Este valor prácticamente no difiere del tratamiento con 0N (Cuadro 8).

Al correlacionar esta respuesta con la precipitación anual caída en cada uno de estos años, se puede observar claramente que a mayor precipitación mayor respuesta a la aplicación de este elemento. El año 97 fue el de menor precipitación, este fue considerado un año 'Niño'. Esta respuesta puede explicarse porque a mayor precipitación mayor fue el lavado de los suelos; otra posible explicación es que en años con menor pre

**CUADRO 8. DIFERENCIAS EN RENDIMIENTO (t/ha) DE LOS CINCO TRATAMIENTOS EVALUADOS Y PORCENTAJE DE EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO. AZUERO, PANAMÁ. 1996-1998.**

Tratamientos	Dif en Rend de Grano (t/ha)			
	1996	1997	1998	Prom
T3-0N	1.39	0.4	2.86	1.66
T4-0N	1.54	0.67	2.90	1.80
T5-0N	1.39	0.45	3.00	1.71
T6-0N		0.54	3.13	1.76
T7-0N	1.81	0.63	3.18	1.99
<b>Promedio</b>	<b>1.53</b>	<b>0.54</b>	<b>3.04</b>	<b>1.78</b>
Eficiencia de Nitrógeno (%)				
T3 20-40-40	37.7	16.1	91.6	51.7
T4 20-80	40.5	26.0	90.2	54.4
T5 0-50-50	37.2	17.5	88.5	51.5
T6 10-30-60		21.6	98.1	54.7
T7 10-40-50	49.0	24.1	100.4	61.4
<b>Promedio</b>	<b>41.1</b>	<b>21.1</b>	<b>93.7</b>	<b>54.7</b>

cipitación el crecimiento de las plantas es menor, por lo que, a menor crecimiento hay menor es el consumo de N por parte de la planta. Con respecto a los tratamientos la mayor diferencia se observó con el tratamiento 10-40-50 (T7) con un promedio de 1.99 t/ha (Cuadro 8).

El efecto observado en la diferencia de rendimiento de los tratamientos versus la ausencia de aplicación de nitrógeno con respecto a los años, se observó para la variable eficiencia aparente de uso de N, en donde los mayores porcentajes se obtuvieron en 1998 con un promedio general de 93.7%, seguidos por el 96 (41.1%) y el menor valor se observó en el 97 con una media de

21.1%. La mayor eficiencia de uso se encontró en el tratamiento 10-40-50 con una media de 61.4% (Cuadro 8.)

### Efecto de Tratamientos

Para determinar el efecto de la proporción del N cuando se divide la aplicación suplementaria después de la siembra, se compararon los tres tratamientos en donde se dividió la aplicación suplementaria de nitrógeno en forma de urea (Tratamientos 3, 6 y 7). Los resultados de esta comparación mostró que la proporción 10-40-50 (T7) superó en los tres años de evaluación a la proporción 20-40-40 (T3). Esta diferencia fue menor al compararlo con el tratamiento 10-30-60 (T6), durante los dos años que se evaluó esta proporción (Cuadro 9).

**CUADRO 9. DIFERENCIAS EN RENDIMIENTO (t/ha) Y PORCENTAJE DE EFICIENCIA DEL USO DE NITRÓGENO DE LOS CINCO TRATAMIENTOS EVALUADOS. AZUERO, PANAMÁ. 1996-1998.**

Tratamientos	Dif. en Rend de Grano (t/ha)			
	1996	1997	1998	Prom
T7-T3	0.42	0.22	0.31	0.32
T7-T6		0.09	0.04	0.07
T7-T4	0.26	-0.14	0.28	0.17
T4-T5	0.16	0.23	-0.10	0.09
	Dif. en Eficiencia de N(%)			
T7-T3	10.10	8.48	9.25	9.28
T7-T6		1.73	2.27	2.00
T4-T5	2.91	10.26	2.27	5.15
T7-T4	7.71	-2.20	9.93	5.15

Para determinar si es conveniente dividir la aplicación suplementaria de la urea en una o dos aplicaciones, se comparó el mejor tratamiento de dos aplicaciones suplementarias (T7) versus el tratamiento sin fraccionamiento (T4). El resultado de este análisis indicó que la precipitación influye en el resultado encontrado, ya que, en los años con precipitación normal o excesiva (1996 y 1998) el fraccionamiento en dos aplicaciones (T7) superó al tratamiento sin fraccionamiento. Mientras que en el año con menor precipitación (1997) el resultado fue inverso. Resultados similares se observaron en la diferencia de las eficiencias aparentes en el uso de N.

Para el análisis del tratamiento que evaluó la ausencia de aplicación de N al momento de la siembra, se realizó la comparación del rendimiento del T4 versus éste. El resultado del mismo indicó que en los años con mayor precipitación (1998) la ausencia de aplicación al momento de la siembra fue mayor y en el año con menos lluvia (1997) ésta fue superada por el T4.

### CONCLUSIONES

▼ La respuesta al método de aplicación de urea (fraccionamiento) varió de acuerdo a la precipitación.

▼ De los resultados de este ensayo, el beneficio del fraccionamiento de la urea en dos aplicaciones después de la siembra fue mejor en los años con más precipitación.

▼ En los años con menos lluvia la aplicación de toda la urea a los 30 DDS superó el rendimiento obtenido con el fraccionamiento de la misma.

▼ La aplicación del nitrógeno en la proporción de 10% a la siembra y 40 y 50% a los 21 y 40 DDS, respectivamente, logró aumentar significativamente la eficiencia en la utilización del nitrógeno en el cultivo de maíz en los tres años que se realizó el experimento.

### BIBLIOGRAFÍA

- GORDÓN, R. y col. 1997. Eficiencia del uso de nitrógeno en forma de urea en diferentes proporciones de aplicación en Maíz. Azuero, Panamá. 1996-1997. IDIAP. En edición. 5 p.
- GORDÓN, R. y col. 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, 1992-93. pp. 106-110. En J. Bolaños y col. (Eds) Síntesis de Resultados Experimentales del PRM, 1992. Vol. 4. CIMMYT, Guatemala.

- GORDÓN, R. y col. 1992. Evaluación de la respuesta física y económica al Nitrógeno, Fósforo y Potasio en el cultivo de Maíz en la Región de Azuero, Panamá, 1991. *En Síntesis de los Resultados Experimentales del Programa de Maíz*. Panamá. 1991 - 1992. pp. 135-141.
- GORDÓN, R. y col. 1991. Evaluación de la respuesta física y económica al Nitrógeno y Fósforo en tres localidades de Azuero en el cultivo de Maíz, Panamá, 1990. *En Resultados de Investigación*. IDIAP, 10 p.