

# DETERMINACIÓN DEL USO EFICIENTE DE NITRÓGENO EN CUATRO VARIEDADES DE SORGO PARA GRANO EN LA ZONA DEL PACIFICO DE NICARAGUA

Leonardo García<sup>1</sup>, Orlando Téllez<sup>2</sup>,  
Stephen Mason<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Docente-Investigador, Universidad Nacional Agraria, (UNA),

<sup>2</sup>Investigador, Instituto Nicaragüense Tecnología Agropecuaria (INTA), <sup>3</sup>Docente de Agronomía, Universidad de Nebraska, USA.

## RESUMEN

Durante los años 2000 y 2001, en los municipios de Tisma y Posoltega, Nicaragua, se establecieron experimentos de campo con el propósito de determinar la respuesta del sorgo al Nitrógeno. Los experimentos se establecieron en un diseño de parcelas divididas en bloques completos al azar, con cuatro repeticiones. Los factores evaluados fueron cuatro variedades de sorgo y cuatro dosis de Nitrógeno. Las variedades utilizadas fueron, dos ampliamente aceptadas por los agricultores (pinolero 1 y tortillero precoz), una nueva variedad (INTA-CENIA) procedente de Nicaragua

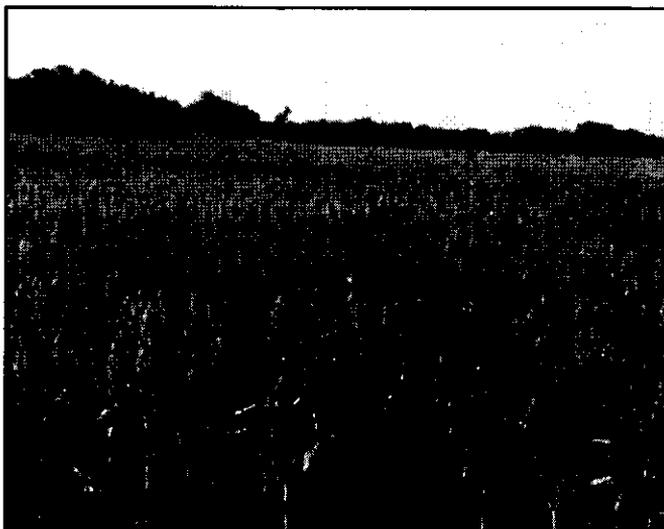
y una variedad de origen salvadoreño (CENTA-RCV). Las dosis de Nitrógeno fueron: 0, 30, 60, y 90 kg ha<sup>-1</sup>, las cuales se aplicaron fraccionadas a los 20 y 40 días después de la siembra. Las prácticas agronómicas utilizadas para el establecimiento de los experimentos fueron las que comúnmente utilizan los agricultores de las zonas de estudio. Los datos recolectados fueron: rendimiento de grano y paja, concentración de N en el grano y en la paja y nitrógeno extraído. Se calculó, además, la eficiencia del uso del Nitrógeno (EUN) y la eficiencia del uso de los fertilizantes. El análisis de varianza mostró que las variedades no difirieron en la respuesta a las dosis de N para los

parámetros evaluados. La interacción ambiente \* variedad y ambiente \* dosis de N, fueron significativas para la mayoría de los parámetros evaluados. Los ambientes variaron en la fertilidad del suelo, temperatura y precipitación. Las variedades respondieron diferenciadamente a los ambientes, con INTA-CENIA produciendo mayor rendimiento de grano. La variedad que produjo mayor rendimiento de paja y biomasa y eficiencia en el uso del nitrógeno varió entre los ambientes. La EUN de parte del grano también varió entre los ambientes, sin embargo, INTA CENIA consistentemente tuvo el mayor uso eficiente del nitrógeno el grano, el cual osciló entre 42 y 47 kg N. El rendimientos de grano y paja, varió entre los ambientes. El rendimiento de grano y de paja se incrementó de forma cuadrática, exceptuando el rendimiento de paja en el ambiente CEO2000 donde el incremento fue lineal. El mayor rendimiento de grano, que osciló entre 2820 y 4000 kg ha<sup>-1</sup> fue siempre producido con la dosis de N de 90 kg ha<sup>-1</sup>. El UEN de la biomasa se redujo con el aumento de la dosis de N en todos los ambientes según lo esperado, sin embargo, el UEN del grano varió a través de los ambientes, con la dosis de N teniendo poco efecto en los ambientes CEO2000, CEO2001 y TISMA2000. Este estudio indica que los agricultores optimizarían la producción de grano y de paja utilizando la

## ABSTRACT

A two-year experiment to determine the nitrogen response of sorghum varieties was conducted at Tisma and Posaltega, Nicaragua in 2000 and 2001. The experiment consisted of a factorial combination of 4 sorghum varieties and 4 N rates in a randomized complete block design with 4 replications. The varieties were two widely accepted (Pinolero 1 and Tortillero Precoz) and one new (INTA-CNIA) from Nicaragua, and a popular variety (CENTA-RCV) from El Salvador. Nitrogen rates of zero, 30, 60, and 90 kg ha<sup>-1</sup>

applied with a half-rate at 20 and 40 days after planting. Recommended production practices were used. Data collected consisted of grain and stover yield, and N concentration of grain and stover. Nitrogen uptake, nitrogen use efficiency (NUE) and fertilizer NUE were calculated. Analysis of variance indicated that variety did not vary with N rate for the parameters measured. Environment X Variety and Environment X N rate interactions occurred for most parameters. Environments varied in soil fertility, and temperature and rainfall with CEO-2001 producing the highest yields. Varieties respon-



ded differently across environments with INTA-CNIA producing the highest grain of 2500 to 4100 kg ha while the variety producing the highest stover yield and biomass NUE varied among environments. Grain NUE also varied among environments, but INTA-CNIA consistently had one of the highest grain NUEs ranging between 42 and 57 kg grain/kg N. Grain and stover yields varied among environments. Grain and stover yields increased quadratically except for stover yield in the CEO2000 environment when the increase was linear. The highest grain yield ranging from 2800 to 4000 kg/ha was always produces with a N rate of 90 kg ha. Biomass NUE declined with increasing N rate in all environments as expected, but grain NUEs varied across environments with N rate having little effect in the CEO2000, CEO2001 and TISMA2000 environments. This study indicates that in the within the wide range of environments used, producers would optimize gain and stover yields planting the variety INTA-CNIA with at least 90 kg ha N applied. The lack of variety X N rate interactions indicates that useful varietal differences in NUE are not present in these varieties representative of varieties available to producers, and that breeding programs in Nicaragua need to use a broader germplasm range to develop high NUE varieties.

Variedad INTA-CENIA, combinada con la utilización de al menos 90 kg ha<sup>-1</sup> de N. La ausencia de interacción entre dosis de N y variedades indica que las diferencias en el UEN no están presentes en estas variedades representativas disponibles por los agricultores. Los programas de mejoramiento, en Nicaragua, necesitan usar un rango mayor de germoplasma para desarrollar variedades con alto UEN.

**Palabras claves:** Manejo de nutrientes, cultivos básicos, genotipo ambiente.

**Abreviaturas:** NUE, nitrogen use efficiency, UEN, uso eficiente del Nitrogeno, N, nitrógeno.

**E**n Nicaragua existen condiciones óptimas para la producción de sorgo, dichas condiciones se encuentran principalmente en los departamentos de Granada, Rivas, Managua, Masaya, León, Chinandega y Estelí. En la mayoría de los sitios, las siembras en postre presentan los mejores resultados (Alemán y Tercero, 1991). El cultivo de sorgo ocupa el 16 por ciento del área sembrada de granos básicos, lo que lo cataloga como un cultivo alimenticio de gran importancia. El 56 % de la producción actual es utilizada en la elaboración de alimentos concentrados para la industria avícola, porcina y bovina, y el 44 % restantes se utiliza para alimentación humana, principalmente el sorgo con endospermo blanco (Pineda, 1997).

Los residuos de las cosechas se utilizan para la alimentación bovina durante la época seca, para lo cual, la paja con bajo contenido de humedad es empacada en forma mecánica y almacenada en lugares ventilados para su conservación (MAG, 1991).

Las cantidades de fertilizantes requeridos por la planta de sorgo, varían dependiendo del tipo y las condiciones del suelo. Son pocos los trabajos de investigación que incluye fertilización basada en elementos mayores (N, P y K) en el cultivo del sorgo.

Diagnósticos agronómicos realizados por ALMAGRO (1996), indican gran variabilidad en las cantidades aplicadas, las que oscilan entre 25 y 150 kg de formulas completas. Pineda (1997) recomienda aplicar al momento de la siembra al fondo del surco, 130 kg ha<sup>-1</sup> de la formula 18 - 46 - 0, cuando el suelo presenta buen nivel de potasio, ó 10 - 30 - 10, cuando el nivel es bajo.

El Nitrógeno es uno de los elementos que mas limita los rendimientos. Esto es debido, primero, a que las reservas de N en el suelo dependen fundamentalmente de la materia orgánica y segundo, debido a que el N es un elemento muy dinámico por lo que requiere un manejo cuidadoso, sobre todo para aumentar su disponibilidad y que la planta haga uso eficiente del mismo. Una practica recomendada para incrementar la eficiencia de los fertilizantes nitrogenados, es la aplicación fraccionada del mismo. Lo anterior conduce a un mejor uso del fertilizante, mayor absorción por el cultivo y mayor rendimiento por unidad de fertilizante (Lang & Mallet, 1986).

Estudios sobre fertilización en sorgo granifero, muestran que las variedades híbridas responden a altos niveles de aplicación de N, produciendo entre 18 y 38 kg de grano por cada kg de N aplicado. (INTA, 1995). Según Youngquist *et al* (1992), el uso eficiente del N ha sido descrito en dos sentidos, uno que describe eficiencia de absorción, y otra sobre la utilización eficiente del N, siendo esta ultima mas importante, por que describe el uso que la planta hace del fertilizante.

La eficiencia de absorción del N, es definida como el total de N contenido en la planta por unidad de fertilizante aplicado, mientras que el uso eficiente del nitrógeno

(UEN), es definido como el rendimiento de grano por unidad de N en la planta a la maduración.

Según Maranville *et al.*, (1980), el UEN es definido como: la producción de biomasa por el total de N almacenado (NE<sub>1</sub>), la producción de grano por unidad de N almacenado en la planta (NE<sub>2</sub>), y como el producto de NE<sub>2</sub> y la relación entre el contenido de N en el grano y el N almacenado.

Para Moll *et al.*, (1982), la eficiencia de absorción de N y el uso relativo en la producción de grano requiere que los procesos asociados con la absorción, traslocación, asimilación y redistribución del N operen eficientemente.

Con el propósito de evaluar el uso eficiente del N por cuatro variedades de sorgo en dos condiciones climáticas (Chinandega y Masaya) el Departamento de Producción Vegetal de la Universidad Nacional Agraria y El Programa de Sorgo del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria en colaboración con el Programa internacional de Sorgo y Mijo (INTSORMIL) realizaron el presente trabajo trabajos de investigación con el objetivo de conocer las necesidades y habilidades de absorción de Nitrógeno de cuatro variedades de sorgo de grano blanco, actualmente liberadas como variedades comerciales.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos se establecieron en el Centro Experimental de Occidente (CEO), ubicado en el municipio de Posoltega, Departamento de Chinandega, a los 12° 33' de latitud Norte y 85°59' de longitud oeste, a una elevación de 80-90 metros sobre el nivel del mar. Una replica del trabajo fue establecida en Tisma, municipio de Masaya, sitio ubicado en la parte de las llanuras del pacifico del país, entre las coordenadas 12°09'07" y 11°53'47" latitud norte y 85°58'41" y 86°12'39" longitud oeste. La elevación promedio es de 100 msnm; el clima que predomina es de bosque tropical seco y bosque subtropical Húmedo, según la clasificación por zonas de vida de Holdrige. Las condiciones climáticas prevalientes durante el periodo en que se desarrollo el estudio en ambas zonas, se detallan en el Cuadro 1.

En ambos ambientes se establecieron los experimentos en los años 2000 y 2001 lo que arroja cuatro localidades, descritas de la siguiente manera: Ambiente 1, Año 2000, Tisma; Ambiente 2, año 2001, Tisma; Ambiente 3, año 2000, CEO y Ambiente 4, año 2001, CEO. Se utilizó un diseño de parcelas divididas en arreglo trifactorial, en donde el primer factor fueron las variedades con cuatro niveles. El segundo factor fue la aplicación de nitrógeno con cuatro niveles o dosis y el tercer factor las cuatro localidades. El experimento contó de 16 tratamientos establecidos en cuatro localidades, con cuatro repeticiones.

Al momento de la siembra, se aplicó 191 kg de fertilizante completo. Posterior a la siembra se aplicaron 64.5, 142 y 193.6 kg ha<sup>-1</sup> de urea 46 % N, de forma fraccionada a los 20 y 45 dds, aplicando el 50 % de la dosis en cada aplicación. Las cuatro variedades fueron: Pinolero 1,

Tortillero Precoz, INTA LP-2001 y CENTA – RCV (Salvado-reña). Las dosis de nitrógeno fueron: 0.0, 30, 60 y 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, todos en forma de urea.

La parcela útil la constituyeron los dos surcos centra-les de cada parcela. Los datos de concentración de nitró-

## RESULTADOS Y DISCUSION

El análisis de varianza encontró diferencias altamente sig-nificativas en las variables: localidades, variedades, am-biente \* variedades, dosis de nitrógeno, y ambientes \* do-

Cuadro 1. Promedios de las precipitaciones mensuales y temperaturas ocurridas de agosto a diciembre durante los dos años en ambas zonas (Masaya y Chinandega).

Meses	Tisma				Posoltega			
	2000		2001		2000		2001	
	Pp (mm)	T (°C)	Pp (mm)	T (°C)	Pp (mm)	T (°C)	Pp (mm)	T (°C)
Agosto	63	25.6	194	28	192	29.5	86.36	28.3
Septiembre	213	24.8	225.8	27.5	603	26.3	105.6	28.6
Octubre	176	23.4	97.8	22.7	425	25.4	100.3	30.3
Noviembre	4.7	24.2	12.6	30.7	106	30.8	6.2	31.5
Diciembre	0.4	23.4	1.5	27.3	17.2	27.1	10.4	27.3

geno en el grano y en el rastrojo se tomaron al momento de la cosecha, las muestras se llevaron al laboratorio de la UNA y se les analizó el N total. El método utilizado para el análisis de nitrógeno fue el Kjeldhal. Se recolectaron muestras de suelo en cada sitio y se les realizó el análisis. Los resultados se presentan en el Cuadro 2.

Las variables medidas fueron: rendimiento de grano al 14 % de humedad, concentración de nitrógeno en el grano y rastrojo, concentración de nitrógeno total (se sumó la concentración en el grano más la concentración en el rastrojo),

sis de nitrógeno. Los resultados del ANDEVA de todas las variables evaluadas se presentan en el Cuadro 3.

**Comportamiento de las variedades.** La variedad de más alto rendimiento fue INTA-CNIA, la cual difiere estadísticamente de las restantes variedades (Cuadro 4). La variedad INTA-CNIA, fue la que menor cantidad de biomasa produjo (Cuadro 4), por tanto fue la que menor cantidad de N concentró en la biomasa. Sin embargo, en términos de uso eficiente, no es diferente de las que produjeron mayor cantidad de rastrojo. Esta variedad es superior

Cuadro 2. Análisis químico de suelo de los lotes donde se establecieron los experimentos durante los dos años de estudio

Ambiente	pH	M O	P	K	Ca	Mg	Textura Clase
	H <sub>2</sub> O	%	ppm (1.2.5)	Meq / 100 gramos de suelo			
Tisma 2000	7.2	3.40	8.50	2.27	18.70	6.40	Franco Arcilloso
Tisma 2001	6.2	2.27	5.50	0.57	13.60	4.80	Franco Arcilloso
Posoltega 2000	6.8	1.20	1.50	1.14	12.80	3.80	Franco Arcilloso
Posoltega 2001	6.7	1.37	54.55	1.45	14.70	4.78	Franco

uso eficiente de nitrógeno por la biomasa, uso eficiente del nitrógeno por el grano y uso eficiente del fertilizante. Los cálculos fueron:

Uso eficiente del nitrógeno en la biomasa = (cantidad de nitrógeno en la biomasa (grano + rastrojo) / Cantidad de nitrógeno en la biomasa

Uso eficiente del nitrógeno en el grano = Rendimiento de grano / cantidad de nitrógeno en la biomasa.

Uso eficiente del fertilizante = cantidad de nitrógeno en plantas con aplicación de nitrógeno - cantidad de nitrógeno en plantas sin aplicación de nitrógeno / cantidad de nitrógeno aplicado X 100.

A las variables cuyo análisis de varianza mostró diferencias significativas al 0.05 de probabilidad, se les hizo la Prueba de Rangos Múltiples de Tuckey al 0.05 de probabilidad para determinar diferencias estadísticas entre medias.

en la eficiencia en el grano, lo que indica que esta variedad transloca con facilidad el N que acumula en la biomasa y lo traduce en rendimiento. Esto se ratifica en el uso eficiente del fertilizante, donde es superado ligeramente por Pinolero y Tortillero precoz.

**Dosis de Nitrógeno.** El tratamiento con la mayor dosis de N tendió a presentar mayores valores en todas las variables evaluadas. La dosis que presentó mayor rendimiento de grano fue la de 90 kg ha<sup>-1</sup> de N, sin diferencia estadística con la dosis de 60 kg ha<sup>-1</sup> y 30 kg ha<sup>-1</sup> de N (Cuadro 5). Las tres dosis de N aplicadas superaron estadísticamente al testigo sin nitrógeno, el cual presentó 42, 41 y 27 % menos rendimiento que las dosis de 90, 60 y 30 kg de N, respectivamente.

**Ambientes.** Aunque los ensayos se establecieron en dos localidades (Tisma y Posoltega), las condiciones variaron en cada uno de los años. Los Cuadros 1 y 2, muestran que las condiciones de fertilidad natural del suelo son diferentes. Por otro lado, las temperaturas y precipitaciones fueron mayores para el ciclo 2001. La localidad que presentó el mayor rendimiento de grano fue CEO-2001, la cual difiere estadísticamente respecto a las restantes localidades.

El Cuadro 6 muestra que el comportamiento de los ambientes en el año 2001 fue estadísticamente diferentes al comportamiento de los ambientes en el año 2000, tanto

era menos fértil (menos nitrógeno, menos fósforo, menos potasio disponible) que el sitio utilizado en el año 2000, lo que se traduce en una condición menos favorable para el cultivo, pero propicia mayor respuesta del mismo a las aplicaciones de fertilizantes.

**Porcentaje de Nitrógeno en el Grano y la Biomasa.** El análisis estadístico mostró diferencias significativas y altamente significativas entre los factores en estudio para las variables % de N en grano y % de N en el rastrojo. Para las

Cuadro 3. Análisis de varianza para todas las variables en estudio. Combinado TISMA-CEO-2000-2001. Nicaragua

Fuente de Variación	Grados libertad	RG	RR	% NG	% NR	NTG	NTR	NT	ENG	ENB	%EF
Bloques	3	NS	NS								
Ambientes	3	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Error (A)	9										
Variedades	3	**	**	**	**	**	*	**	**	NS	**
Amb x Var	9	**	**	*	NS	**	**	**	**	**	**
Dosis N	3	**	**	**	**	**	**	**	*	**	**
Amb x Dosis N	9	**	**	NS	**	**	**	**	NS	**	NS
Var x Dosis N	9	NS	NS								
A x V x D	27	*	NS	NS							
Error (B)	180										
<b>R<sup>2</sup></b>		0.86	0.87	0.49	0.65	0.77	0.62	0.78	0.57	0.76	0.51
<b>CV %</b>		21.44	24.30	21.03	29.50	33.17	43.48	27.62	29.83	22.56	8.09

RG = Rendimiento de grano (kg ha<sup>-1</sup>)

RR = Rendimiento de rastrojo (kg ha<sup>-1</sup>)

% NG = Nitrógeno en el grano

% NR = Nitrógeno en el rastrojo

NTG = Nitrógeno en el grano (kg ha<sup>-1</sup>)

NTR = Nitrógeno en el rastrojo (kg ha<sup>-1</sup>)

NT = Nitrógeno total (kg ha<sup>-1</sup>)

ENG = Eficiencia del nitrógeno en el grano

ENB = Eficiencia del nitrógeno en la biomasa

% EF = Eficiencia del fertilizante

en N en el rastrojo como N en el grano. Lo anterior, pudo haber sido afectado por las condiciones climáticas. El % de eficiencia de la fertilización fue separada en dos catego-

variables dosis, ambiente y variedad, las diferencias fueron altamente significativas (Cuadro 7).

Cuadro 4. Separación de medias entre variedades según la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 95 % de confiabilidad. Combinado TISMA-CEO-2000-2001. Nicaragua

Variedad	Rendimiento Rastrojo	Rendimiento grano	Nitrógeno rastrojo	Nitrógeno grano	Nitrógeno total	Eficiencia nitrógeno	Eficiencia Nitrógeno	Eficiencia fertilizante
	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	Biomasa	grano	
Tortillero precoz	5879 a	2264 c	32.41 a	31.97 b	64.38 ab	135.8 a	39.03 b	17.78 a
Pinolero 1	5342 ab	2265 c	29.30 ab	29.32 b	58.63 b	138.3 a	40.12 b	17.60 a
CENTA-RCV	5082 b	2832 b	30.79 ab	38.51 a	69.30 a	132.4 a	41.50 b	17.56 b
INTA-CNIA	4483 c	3155 a	25.40 b	40.42 a	65.83 ab	129.4 a	50.68 a	16.92 b

rias, obteniéndose la mayor eficiencia en el ambiente TISMA 2001. El suelo donde se estableció el ensayo en el 2001

Cuadro 5. Separación de medias por dosis de nitrógeno aplicado según la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 5% de Probabilidad. Combinado TISMA-CEO-2000-2001. Nicaragua.

Dosis de N	Rendimiento Rastrojo kg ha <sup>-1</sup>	Rendimiento grano kg ha <sup>-1</sup>	Nitrógeno rastrojo kg ha <sup>-1</sup>	Nitrógeno grano kg ha <sup>-1</sup>	Nitrógeno total kg ha <sup>-1</sup>	Eficiencia nitrógeno Biomasa	Eficiencia nitrógeno Grano	Eficiencia Fertilizante (%)
90	5785 a	3438 a	36.5 a	47.7 a	84.2 a	114.5 a	43.6 a	17.7 a
60	5739 ab	3034 b	33.4 ab	42.0 b	75.4 b	122.1 bc	43.4 a	17.9 a
30	5191 b	2549 c	27.7 b	32.4 c	60.1 c	131.1 c	44.9 a	17.7 a
Testigo sin N	4070 c	1495 d	20.3 c	18.1 d	38.4 d	168.2 a	39.4 a	16.4 b

La separación de medias para localidades, separa al % de N en grano en tres categorías (Cuadro 7), obteniéndose en mejor % de N en el grano en el ambiente TISMA-2001 y el menor en el ambiente CEO-2000 (Cuadro 7).

Las mejores condiciones de clima en el ciclo 2001 y el nivel de fertilidad en el suelo, favorecieron el comportamiento de algunas de las variables evaluadas en el cultivo.

En el Cuadro 5, se muestra que la mayor cantidad de N (kg ha<sup>-1</sup>) extraída por el rastrojo se obtuvo en el ambiente TISMA-2001, sin embargo el Cuadro 6, muestra que fue el ambiente TISMA-2001 el que obtuvo el menor valor (%) de N en el rastrojo.

La mayor cantidad de N extraído por la biomasa, se debió a que fue en este ambiente en el que se produjo una mayor cantidad de rastrojo. A la luz de estos resultados podríamos pensar que en estos tipos de ambiente de suelos de baja fertilidad la traslocación de N de la biomasa al grano, se ve favorecida.

Al evaluar el factor variedad, fue la variedad Tornillero la que presentó mayor % de N en el grano, sin diferencias estadísticas en el % de N en el rastrojo. Al analizar las dosis de N, los mayores % de N tanto en grano como en rastrojo se obtuvieron con la dosis más alta (89 kg de N/ha) disminuyendo las concentraciones en la medida que se disminuyeron las dosis aplicadas.

Traore y Maranville (1999), estudiando cuatro genotipos de sorgo encontraron que el uso eficiente del nitrógeno por

La dosis de nitrógeno con el mejor uso eficiente del fertilizante fue 59.4 kg ha<sup>-1</sup> sin diferencias estadísticas con las dosis de 29.7 y 89.01. Las tres dosis de nitrógeno fueron estadísticamente superiores al testigo sin aplicación de nitrógeno (Cuadro 4)

El mejor uso eficiente del fertilizante se encontró en la localidad TISMA-2001, sin diferencia estadística con las localidades CEO-2000, CEO-2001 y TISMA-2000 (Cuadro 5).

Traore y Maranville (1999), reportan que la aplicación de N incrementó la producción de biomasa y la concentración de N en la misma. De igual forma reportan que el uso eficiente del N fue mayor para líneas tropicales que para híbridos, tanto en antesis como a la maduración. Resultados similares reportó Maranville, et al. (1980).

**Interacción ambiente \* variedad.** El Cuadro 3 muestra que la interacción ambiente \* variedad presentó diferencias altamente significativas en nueve de las 10 variables estudiadas. El comportamiento de las variedades está influenciado por el tipo de ambiente en el que se desarrollan.

La Figura 1 muestra el resultado de la interacción entre ambiente y variedad para la variable rendimiento de grano. La Figura 2, muestra la interacción ambiente \* variedad para la variable eficiencia del fertilizante. Las variedades INTA-CENIA y CENTA obtuvieron los mayores rendi-

Cuadro 6. Separación de medias por localidad según la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 5% de Probabilidad. Combinado TISMA-CEO-2000-2001. Nicaragua.

Ambientes	Rendimiento Rastrojo kg ha <sup>-1</sup>	Rendimiento grano kg ha <sup>-1</sup>	Nitrógeno rastrojo kg ha <sup>-1</sup>	Nitrógeno grano kg ha <sup>-1</sup>	Nitrógeno total kg ha <sup>-1</sup>	Eficiencia nitrógeno Rastrojo	Eficiencia nitrógeno grano	Eficiencia Fertilizante (%)
TISMA-2001	8650 a	2734 b	37.0 a	42.4 a	79.4 a	167.3 a	33.3 b	18.2 a
TISMA-2000	4733 b	2083 c	24.5 b	24.2 b	48.7 b	151.9 b	45.7 a	17.0 b
CEO-2001	4122 c	3363 a	34.7 a	45.2 a	80.0 c	97.3 c	43.3 a	17.2 b
CEO-2000	3281 d	2336 c	21.7 b	28.4 b	50.1 d	119.4 d	49.1 a	17.3 b

la biomasa decreció al disminuir la relación NO<sub>3</sub><sup>-</sup> / NH<sub>4</sub><sup>+</sup> e la misma.

**Uso Eficiente del Fertilizante.** La variedad con el mejor uso eficiente del fertilizante fue tornillero precoz, sin diferencia estadística con las variedades Pinolero 1, CENTA-RCV e INTA-CNIA (Cuadro 3)

mientos. En este mismo ambiente para el ciclo 2001, estas mismas variedades incrementaron sus rendimientos hasta un 50 % respecto al ciclo 2000. Para el ambiente TISMA, la variedad CENTA fue la que obtuvo el más bajo rendimiento, sin embargo para el ciclo 2001, CENTA incrementó su rendimiento hasta en un poco más de 100 %.

Cuadro 7. Separación de medias de los factores en estudio según la Prueba de Rangos Múltiples de Tukey al 5% de Probabilidad para porcentaje de N en el grano y porcentaje de N en el rastrojo. Medias promediadas en los dos años de estudio

Ambiente	% de N en grano	% de N en rastrojo	Variedad	% de N en grano	% de N en rastrojo	Dosis de N (kg ha <sup>-1</sup> )	% N en grano	% N en rastrojo
TISMA-2001	1.49 a	0.41 d	Pinolero	1.26 bc	0.64 a	30	1.22 b	0.55 c
CEO- 2001	1.34 b	0.82 a	Tortillero	1.43 a	0.59 a	60	1.27 ab	0.57 bc
TISMA-2000	1.25 bc	0.67 b	INTA	1.19 c	0.58 a	90	1.37 a	0.57 ab
CEO-2000	1.15 c	0.51 c	CENTA	1.34 ab	0.59 a	Sin N	1.37 a	0.66 a

Las otras variedades alcanzaron un ligero incremento en el rendimiento en el ciclo 2001, siendo CENIA y CENTA las que alcanzaron los mayores rendimientos.

Para el caso de la interacción sobre la eficiencia del fertilizante, la Figura 2 muestra que la mayor eficiencia se logró en el ambiente TISMA 2001 para todas las variedades, para el ambiente CEO la eficiencia se mantuvo similar para tres de las cuatro variedades evaluadas, y solamente CENTA fue la que presentó la menor eficiencia a pesar de haber sido esta la que presentó mayor rendimiento en ese ambiente.

Al realizar el análisis de regresión en esta interacción, se encontró que los valores de R variaron entre 0.0 y 0.01, lo que indica que no existe dependencia de las variables evaluadas en la interacción.

## CONCLUSIONES

El comportamiento de las variables evaluadas durante los dos años de estudio, difirieron entre las variedades, dosis de fertilizantes y los ambientes.

Las variedades mejoradas (CENTA y CENIA-INTA) presentaron mejores rendimientos que las variedades restantes en estudio.

Las variedades Tortillero y CENIA fueron más consistentes en el rendimiento durante los dos años de estudio en los cuatro ambientes.

La eficiencia de la fertilización fue similar para todos los factores evaluados, pero los mayores valores se obtuvieron por la variedad Tortillero, la dosis de 60 kg de N/ha y en el ambiente TISMA-2001.

Las interacciones más positivas se lograron entre ambiente \* variedad y ambiente \* dosis de Nitrógeno.

Las variedades nacionales fueron las que mejor respondieron a la interacción ambiente \* variedad y ambiente \* dosis, tanto en rendimiento como en eficiencia a la aplicación de N.

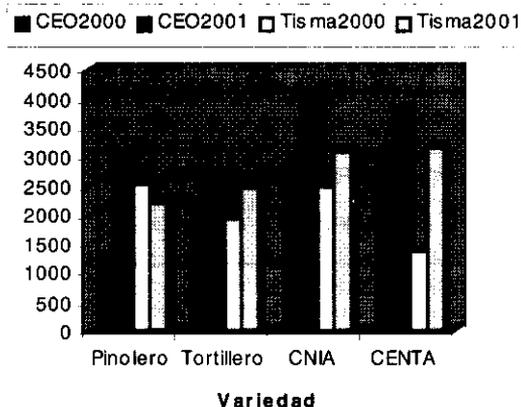


Figura 1. Rendimiento de grano interacción Ambiente x Variedad sobre el rendimiento (kg ha<sup>-1</sup>)

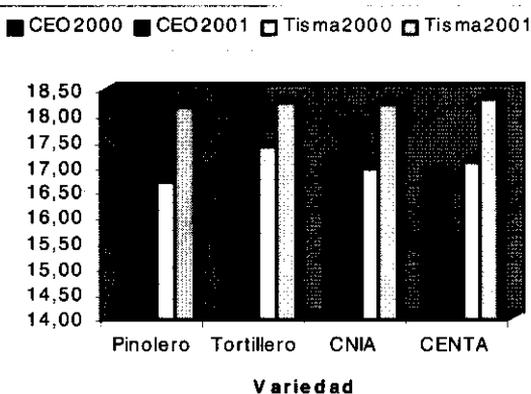


Figura 2. Interacción ambiente x variedad en la eficiencia del fertilizante.

**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

- ALEMAN, F., & I. TERCERO. 1991. Inventario de la información generada en agronomía ( Relación clima, suelo, planta y hombre ) en granos básicos: arroz, Maíz, Sorgo y Fríjol en Nicaragua. PRIAG/ UNA. Managua, Nicaragua. Pag # 72.
- ALMAGRO. 1996. Diagnostico de la producción de sorgo en la zona del pacifico. Documento de trabajo. Masaya, Nicaragua. 15 p.
- INTA. 1995. Guías tecnológicas para el cultivo de los Granos Básicos. Guía Tecnológica No 5. Cultivo del sorgo. Managua, Nicaragua.
- LANG Y MALLET. 1986. The effects of tillage system and rate and time of nitrogen application on maize performance on a sandy Avalon soil. S. Afr. Journal plant. soil. 4 (3). Pp
- MAG. 1991. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Guía tecnológica para la producción de Maíz y Sorgo. Centro Nacional de Investigaciones en Granos Básicos, Nicaragua. 36p.
- MARANVILLE, J.W., R.B. CLARCK & W.M. ROSS. 1980. Nitrogen efficiency in grain sorghum. J. Plant. Nutri. 2:577-589.
- MOLL, R.H., E.J. KAMPRATH & W.A. JACKSON. 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy J. 74: 562-564.
- PINEDA, L. 1997. Comportamiento del sorgo granifero del PCCMCA. Agronomía Mesoamericana. Órgano divulgativo del PCCMCA. P 15.
- QUINTERO, F. & CASANOVA, E. 2000. Respuesta a la fertilización en el cultivo del sorgo en el oriente del estado Guarico, Venezuela. Agronomía Tropical 50(3), 499-507.
- TRAORE, A. & MARANVILLE, J.W. 1999. Effect of nitrate/ amonium ratio on biomass production, nitrogen accumulation, and use efficiency in sorghum of different origin. Journal of plant nutrition 22(4&5) 813-825.
- TRAORE, A & MARANVILLE, J.W. 1999. Nitrate reductase activity of diverse grain sorghum genotypes and its relationship to nitrogen use efficiency. Agronomy Journal 91(5) 863-869.
- YOUNGQUIST, J.B; BRAMEL-COX, P & MARANVILLE, J.W. 1992. Evaluation of alternative screening criteria for selecting nitrogen-use efficient genotypes in sorghum. Crop Science 32 (6) 1310-1313.