

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

DEPARTAMENTO DE CULTIVOS ANUALES

TRABAJO DE DIPLOMA

**Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno y
densidad sobre el rendimiento del cultivo del
Maíz.**

AUTOR: Br. MARITZA DEL CARMEN TORRES LOPEZ.

ASESOR: Ing. Rodolfo Munguía

UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA

FACULTAD DE AGRONOMIA

ESCUELA DE PRODUCCION VEGETAL

DEPARTAMENTO DE CULTIVO ANUALES

TRABAJO DE DIPLOMA

**Evaluación de diferentes niveles de nitrógeno y
densidad sobre el rendimiento del cultivo de
Maíz.**

**Presentado a la consideración del honorable Tribunal Examinador
como requisito final para optar al grado profesional de
Ingeniero Agrónomo.**

AUTORES: Br. MARITZA TORRES LOPEZ.

ASESOR: Ing. Rodolfo Munguía

Matagalpa, Nicaragua. 1993

DEDICATORIA

Con mucho cariño a mi madre Blanca Margarita López.

A mis hermanos, especialmente a Mercedes Torres, por sus esfuerzos y sacrificios que fueron ayuda fundamental para mi formación.

A la memoria de mi padre Augusto Torres (q.e.p.d.)

Maritza Torres López

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al proyecto FAO-GCPF/NIC/015/NOR por el apoyo material que brindo para la realización de este trabajo.

Al Ing. Oscar Castillo por su gran cooperación en la conducción y revisión del trabajo.

Al Ing. Rodolfo Munguía por la asesoría brindada para la realización de este trabajo.

Al Ing. Leonardo García por sus aportes y sugerencias en la revisión del trabajo.

Al productor Pastor Blandón por su ayuda en el manejo del cultivo.

A la Ing. Ninoska y Gladys Ubeda por todo su apoyo que me brindaron.

Maritza Torres López

INDICE GENERAL

SECCION	PAGINA
INDICE GENERAL	i
INDICE DE CUADROS	ii
INDICE DE FIGURAS	iii
RESUMEN	iv
1. INTRODUCCION	1
2. MATERIALES Y METODOS	4
2.1 Descripción del lugar del experimento	4
2.2 Diseño experimental	5
2.3 Fitotécnia del cultivo	6
2.4 Variables medidas	7
2.5 Análisis de los datos	8
3. RESULTADOS Y DISCUSION	9
3.1 Altura de planta (cm).....	9
3.2 Diámetro de tallo (cm).....	9
3.3 Plantas acamadas (%).....	10
3.4 Longitud de mazorca (cm).....	11
3.5 Nº de granos por hilera'	12
3.6 Peso de mil granos (kg).....	12
3.7 Mazorca por planta	14
3.8 Producción de granos por mazorca (g).....	15
3.9 Producción de granos por planta (g).....	16
3.10 Plantas Estériles (%).....	17
3.11 Rendimiento (kg/ha).....	19
3.11.1 Evaluación económica del rendimiento de grano.	20
4. CONCLUSIONES	24
5. RECOMENDACIONES	25
6. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	26

INDICE DE CUADROS

Cuadro No.		Página
1.	Propiedades físicas y químicas del suelo en el área experimental.	5
2.	Combinación de los niveles de los factores evaluados.	6
3.	Efecto de la densidad de plantas y fertilización nitrogenada sobre la altura de planta, diámetro de tallo y acame de plantas.	10
4.	Efecto de diferentes densidades de plantas y niveles de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento.	13
5.	Efecto de la densidad de población y fertilización nitrogenada sobre la esterilidad de las plantas.	19
6.	Análisis económico.	23
6.1.	Análisis económico marginal.....	23

INDICE DE FIGURAS

Figura No.		Página
1.	Distribución de la temperatura y precipitación durante el año 1992.	4
2.	Efecto de la densidad de población y niveles de nitrógeno en la producción de mazorca por planta.	14
3.	Efecto de la densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de grano por mazorca.	16
4.	Efecto de la densidad de población y fertilización nitrogenada sobre la producción de grano por planta.	18
5.	Respuesta del rendimiento del maíz a la densidad poblacional y fertilización nitrogenada.	21

RESUMEN

Con la finalidad de evaluar el comportamiento del cultivo del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6 a distintos niveles de nitrógeno (0-40-80-120 kg/ha) y densidades de población (49,815; 56,931; 64,048; y 71,164 plantas/ha) se realizó un estudio en la finca "La chiripa", ubicada en San Marcos de Apatite en el municipio de Muy-Muy departamento de Matagalpa, utilizando un diseño de bloques completos al azar con cuatro replicas y en arreglo de tratamiento en parcela divididas.

Los resultados reflejan que la densidad de población no tuvo influencia significativa sobre ninguna de las variables evaluadas, sin embargo el mayor rendimiento se obtuvo con la población de 64,048 plantas/ha, mientras que con la fertilización nitrogenada se obtuvo una respuesta positiva, aumentando los rendimientos a medida que aumenta la dosis de nitrógeno hasta un nivel de 80 kg/ha, siendo este resultado similar estadísticamente a lo obtenido con la aplicación de 120 kg de N/ha; lográndose el máximo rendimiento con 108.84 kg de N/ha y óptimo económico con 100.3 kg de N/ha, si la relación *costo/valor* es igual a 5.29.

No se detecto efecto de interacción entre los niveles de los factores evaluados, no obstante el mayor rendimiento se obtuvo con el tratamiento de 71,164 ptas/ha y 120 kg/ha.

1. INTRODUCCION

El maíz (*Zea mays* L.) es una de las especies cultivadas más difundida en el mundo, ocupando el tercer lugar en superficie y producción, pero es el primero en rendimiento de grano por hectárea (FAO, 1984). En Nicaragua, el maíz es importante debido a su gran consumo alimenticio y aporta un alto número de calorías a la dieta alimenticia nacional (MIDINRA, 1985).

El maíz se cultiva en una amplia gama de suelos, pero los rendimientos más altos se obtienen en suelos profundos con buen drenaje y buena aireación; en relación al pH los mejores suelos son los debilmente ácidos y neutros, ya que éste influye en la disponibilidad de los elementos minerales del suelo (Gamboa, 1980). La obtención de buenos rendimientos, está limitado por diversos factores, después de los climáticos se pueden mencionar los agronómicos modificables, entre ellos están: el manejo de la fertilización del cultivo (Livio, 1976), y la densidad de población por la competencia que se genera entre las plantas individuales (Tapia, 1980). El deficiente manejo de estos últimos ha dado como resultado rendimientos bajos que a nivel nacional los promedios para los ciclos 88-89 fue de 1330.29, 89-90 de 1259.25, 90-91 de 1130.1 y 91-92 con 1097.82 kg/ha. (Miranda, 1990).

Corville (1962), observó que la densidad de siembra en maíz ha sido reconocida como uno de los factores más importantes que contribuyen a la producción de grano. Según Rutger y Crowder (1967), la densidad de siembra óptima en maíz está sujeta a cambios, por tanto, las densidades varían con la fertilidad y humedad del suelo. Así mismo Domínguez (1984) y Berger (1975), coinciden en señalar una interdependencia mutua entre la densidad de plantas y el nivel de aplicación de fertilizantes, con especial consideración al nitrógeno.

Es conocido que para la obtención de cosechas económicas cuando no existen otras limitantes en la producción se hace necesaria la aplicación de fertilizantes inorgánicos de forma planificada, por la extracción del cultivo mismo que puede contribuir al empobrecimiento del suelo si los nutrimentos extraídos no son reemplazados (Arzola *et al*, 1981), y al hecho que las fuentes de abono orgánico no son capaces por si sólo de mantener la producción agrícola (FAO, 1980); teniendo éstos últimos como mayor limitante el no poder suministrar suficiente nitrógeno para satisfacer las necesidades de los cultivos con altos niveles de rendimiento (Sánchez, 1981).

Para el maíz, diferentes autores (Ballesteros, 1972; Fox, 1974; Quintana, 1983; Clavijo, 1984; Lemcoff y Loomis, 1986; Tosheva y Marinov, 1985; Richardson, 1968; Raij, 1991) reportan respuestas positivas a las aplicaciones de nitrógeno. Karim *et al* (1983), Berger (1975), y FAO (1976), consideran que el rendimiento del maíz es altamente dependiente de la cantidad de nitrógeno aplicado.

Varios autores citados por Cuadra (1988), refieren el uso de diferentes niveles de nitrógeno en variadas regiones del mundo y estas oscilan entre los 70 a 224 kg de N/ha. Salazar (1964), en estudios realizados en la zona del Pacífico de Nicaragua, encontró que los suelos en general son deficientes en nitrógeno, manifestándose la respuesta del maíz cuando se aplicó en niveles de 31 a 63 kg/ha en suelos que van de livianos a pesados. En nuestro país se recomienda el uso de 65 kg de N/ha y una densidad de siembra de 56,931 a 64,047 plantas por hectárea (MIDINRA, 1985).

Si bien es cierto que una correcta aplicación de fertilizantes es una inversión productiva que da como resultado beneficios superiores a la inversión, también es conocido que el

inadecuado uso de los mismos puede facilitar el desarrollo de trastornos que son negativos para la planta (Teuscher y Adler, 1981; DGTA, 1983) con la consiguiente pérdida económica. Es conveniente realizar estudios, en base a lo utilizado por el productor en la zona de San Marcos de Apatite, en relación a dosis de nitrógeno y densidades de siembra en el cultivo del maíz, ya que éstas están definidas sobre una base muy general sin considerar el potencial nutritivo del suelo, por tal razón nos hemos planteado los siguientes objetivos:

OBJETIVO GENERAL:

- Evaluar en condiciones de campo el comportamiento del maíz a distintos niveles de nitrógeno y densidades de población.

OBJETIVOS ESPECIFICOS:

- Determinar el máximo rendimiento del maíz y el óptimo económico inducido por la fertilización nitrogenada.
- Evaluar agronómica y económicamente la respuesta del maíz a la densidad de población.

2. MATERIALES Y METODOS.

2.1 Descripción del lugar del experimento.

El experimento se condujo en la Finca "La Chiripa", ubicada en San Marcos de Apatite en el municipio de Muy-Muy, departamento de Matagalpa (12°48'12'' Lat. Norte y 85°43'45'' Long. Oeste) a una altitud de 280 metros sobre el nivel del mar con temperatura media anual de 25 °C y precipitación total anual de 1479 mm (figura 1).

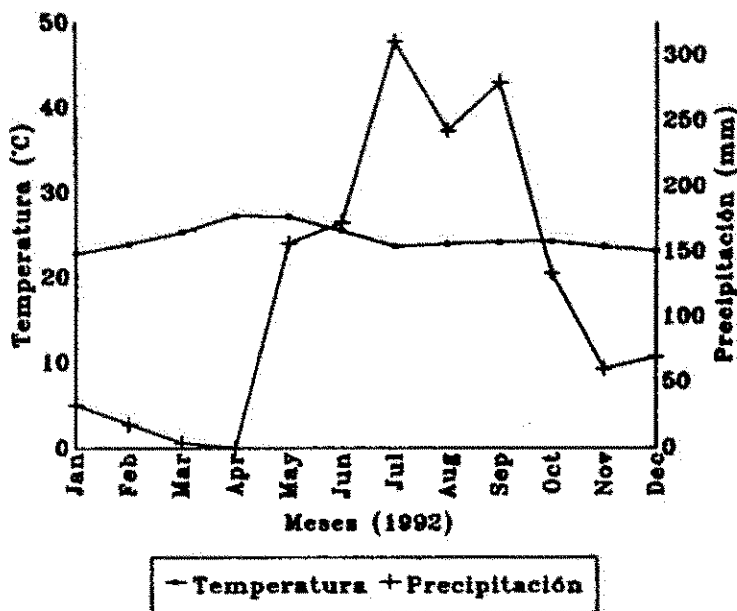


Figura 1.- Distribución de la temperatura y precipitación durante el año. Estación de Muy-Muy, Matagalpa (1992).

De acuerdo a la zonificación bioclimática propuesta por Holdridge (1963) la región pertenece a la zona de vida Bosque Tropical Húmedo con transición a Subtropical.

Los suelos del sitio experimental taxonómicamente se clasifican dentro del Orden de los Molisoles y pertenecen a la serie Olama, con una pendiente plana. Las propiedades físicas y químicas del suelo se presentan en el cuadro 1.

2.2 Diseño experimental.

El diseño utilizado fue Bloques completos al azar con cuatro réplicas y en arreglo de tratamientos de parcelas divididas. Los factores estudiados fueron: densidad de siembra, asignada a la parcelas grandes, y fertilización nitrogenada que se ubicó en las subparcelas.

Cuadro 1. Propiedades físicas - químicas del suelo en el área experimental. Finca la chiripa, Muy-Muy. (Lab. Matagalpa, 1992).

PROPIEDAD	VALOR	CLASIFICACION *
Textura		Franco Arcillo-limoso
pH (H ₂ O)	6.20	Ligeramente ácido
M.O. (%)	3.71	Rico
P (ppm)	14.26	Alto
Cu (ppm)	2.61	Alto
Zn (ppm)	11.90	Alto
K (meq/100 gr suelo)	1.40	Alto
Ca (meq/100 gr suelo)	16.01	
Mg (meq/100 gr suelo)	4.70	
C.I.C. (meq/100 gr suelo)	40.50	Alta

* Departamento de Suelo-Fertilidad. Laboratorio Matagalpa (1987)

En el cuadro 2 se muestran las combinaciones de los factores en estudio originando dieciséis tratamientos que se distribuyeron al azar en los bloques. Para obtener los niveles del factor densidad se varió la distancia entre planta de 25.09, 21.95, 19.52 y 17.56 cm; fijando la distancia entre surcos en 0.80 m.

La unidad experimental constó de seis surcos de 6.0 m de longitud con un área de 28.8 m²; la parcela útil estuvo conformada por los 4 surcos centrales, dejando en cada extremo un borde de 0.50 m², siendo el área de 16.0 m². El área de la parcela grande fue de 115.2 m² y el área de cada réplica de 460.8 m², dejando 1 m de separación entre réplicas. El área total del experimento fue 2073.6 m².

Cuadro 2. Combinación de los factores evaluados.

Tratamientos	Densidad (Plants/ha)	Nitrógeno (Kg/ha)
1	49,815	0
2		40
3		80
4		120
5	56,931	0
6		40
7		80
8		120
9	64,048	0
10		40
11		80
12		120
13	71,164	0
14		40
15		80
16		120

2.3 Fitotécnia del cultivo.

La preparación del terreno se realizó según la utilizada por el agricultor, consistente en dos pases de arado tradicional con bueyes.

En el experimento se usó la variedad NB-6 con un ciclo de 110 días y un rendimiento potencial promedio de 4,205 a 4,528 kg/ha. Esta variedad es de polinización libre y tolerante al achaparramiento (DGTA 1983).

La siembra se efectuó el 4 de junio de 1992, colocando manualmente 2 a 3 semillas por golpe para ralea a lo 21 días después de la siembra para obtener las población deseada.

La fertilización se hizo con Urea 46 % N fraccionada en: 33 % a la siembra y 67 % a los 45 días después de la siembra (dds); la fertilización base o de fondo se hizo con superfosfato triple (46% P₂O₅) en dosis de 80 kg de P₂O₅/ha y Cloruro de potasio (60%

K₂O) en dosis de 30 kg de K₂O/ha, aplicado al fondo del surco al momento de la siembra.

El control de malezas se hizo mediante atomización pre-emergente de la mezcla de Atrazina 80 WP (Atrazina) en dosis de 1.55 kg de i.a./ha con Dual 960 EC (Metolachlor) en dosis de 1.36 kg de i.a./ha.

En el período de crecimiento (35 dds) se presentó ataque de cogollero (*Spodoptera frugiperda*), este se controló mediante la aplicación de Filitox 600 CS (Metamidophos) a razón de 852 g de i.a./ha.

La recolección de la cosecha se realizó de forma manual a los 115 días después de la siembra.

2.4 Variables medidas.

Durante el crecimiento del cultivo.

Altura de planta (cm): Para medir la altura de planta se seleccionaron 10 plantas al azar en cada parcela, y se midió a partir de la base del tallo hasta la lígula de la hoja de bandera, a los 65 días después de la siembra.

Diámetro del tallo (cm): Se midió sobre 10 plantas tomada al azar en cada parcela a una altura de 10 cm a partir de la base o cuello del tallo.

A la cosecha.

Número de plantas cosechadas por parcela útil: Se realizó el conteo del total de plantas en cada parcela útil.

Número de plantas estériles: Se contaron por parcela, considerándose como estériles las carentes de inflorescencia

femenina y aquellas que aunque florecieron no formaron granos.

Número de plantas acamadas: Conteo de plantas con acame de raíz y tallo.

Número Total de mazorcas cosechadas: Conteo de todas las mazorcas sanas cosechadas.

Longitud de mazorca (cm): Se tomó al azar una muestra de 15 mazorcas, midiendo la longitud del raquis.

Número de granos por hilera: Conteo en muestra de 15 mazorcas sobre 4 hileras en pares opuestos de cada mazorca.

Peso de mil granos (g): Se obtuvo a partir de la muestra de 15 mazorcas.

Rendimiento (kg): Se peso todas las mazorcas cosechadas y destuzadas. Para el cálculo del rendimiento se hizo ajuste a humedad constante del 14 % y el porcentaje de desgrane se obtuvo experimentalmente con la muestra de 15 mazorcas.

2.5 Análisis de datos

Se realizó análisis de varianza, y separación de promedios de Newman and Keuls a un nivel de 5 % de probabilidad de riesgo, así como análisis de correlación y regresión para el ajuste de datos a curvas que expliquen la relación entre las variables.

En la evaluación económica del experimento se utilizó la metodología de análisis económicos de opciones tecnológica en café por Alvarado (1990), efectuándose análisis de dominancia y análisis marginal para conocer con cual de las alternativas se obtiene la mejor tasa de retorno.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1 Altura de planta

Aunque la densidad de plantas no influyó significativamente en la altura de planta, se presentó una ligera tendencia de aumento a medida que se incrementó la densidad hasta 64,048 ptas/ha. La fertilización nitrogenada influyó significativamente esta variable, la que presentó una relación positiva creciente con el aumento de los niveles de nitrógeno, presentando la menor altura el nivel sin nitrógeno, y la mayor se logró con 120 kg de N/ha, la que no difiere estadísticamente con la obtenida al nivel de 80 kg de N/ha (Cuadro 3); estos resultados coinciden con lo reportado por Aldrich *et al*, (1980); Arzola *et al* (1981); Betanco (1988) y Meza (1965) quienes encontraron que al aumentar la dosis de nitrógeno aumentó la altura de planta.

3.2 Diámetro de tallo.

Los promedios de diámetro de tallo fueron estadísticamente similares para las densidades evaluadas en este trabajo, no obstante éste, disminuyó con el aumento de la densidad poblacional. El grosor del tallo presentó diferencias estadísticamente significativas por efecto de la fertilización nitrogenada, siguiendo el comportamiento mostrado por la altura de planta, presentando el nivel de 120 kg de N/ha el mayor grosor del tallo siendo similar a lo obtenido con la aplicación de 80 kg de N/ha (Cuadro 3), reafirmando esto, lo expuesto por Arzola *et al* (1981), acerca de que altas dosis de nitrógeno influyen positivamente en el diámetro y lo expresado por Robles (1978) sobre la influencia de varios factores sobre esta variable, considerando la aplicación nitrogenada uno de los más importantes.

3.3 Plantas acamadas (%).

La susceptibilidad al acame está en dependencia de la altura de la planta, diámetro de tallo, consistencia de los tejidos y la velocidad del viento, principalmente (Black, 1975).

Cuadro 3. Efecto de la densidad de plantas y fertilización nitrogenada sobre la altura de planta, diámetro de tallo y acame de plantas.

Factor	Altura de planta (cm)	Diámetro de tallo (cm)	Acame de plantas (%)
Densidad (ptas/ha)			
49,815	189.83	2.20	19.38
56,931	192.49	2.20	14.32
64,048	194.38	2.07	26.06
71,164	191.57	2.03	14.58
ANDEVA	NS	NS	NS
C.V. (%)	5.70	9.80	56.7
Nitrógeno (kg/ha)			
00	171.42 c	1.92 c	14.41 b
40	191.51 b	2.11 b	15.76 b
80	201.48 a	2.21 a	24.28 a
120	203.86 a	2.26 a	19.90 ab
ANDEVA	*	*	*
C.V. (%)	5.13	5.50	28.9

En este trabajo el acame de plantas no mostró ninguna tendencia definida conforme el aumento de la densidad de población, careciendo de significancia estadística. En general el porcentaje de acame se incrementó con el aumento de la dosis de nitrógeno mostrando el mayor porcentaje de plantas acamadas la aplicación de 80 kg de N/ha, este resultado es estadísticamente similar con la aplicación de 120 kg de N/ha, esta susceptibilidad

al acame puede atribuirse al mayor tamaño, succulencia y delicadeza de las plantas que según Donahue *et al* (1981), son características inducidas por el suministro adecuado de nitrógeno y redundan en mayor producción. En el cuadro 3 puede observarse que con las mayores altura de planta y diámetro de tallo se obtuvo un mayor acame. Estos resultados coinciden con lo reportado por Aldrich y Leng (1984) quienes señalan aumentos en el acame del maíz a medida que se incrementa la dosis de nitrógeno.

3.4 Longitud de la mazorca.

La longitud de la mazorca está influenciada por las condiciones ambientales y por la disponibilidad de nutrimentos, principalmente el nitrógeno. (Betanco *et al*, 1988)

El análisis de varianza indicó que no existe efecto significativo de la densidad de población sobre la longitud de la mazorca, sin embargo, se observa (Cuadro 4) que cuando las plantas crecieron más espaciadas la longitud de ellas fue mayor que a altas densidades, Espino (1972) explica este hecho, por una disminución en el porcentaje de cuajado del grano cuando se aumenta la población, conllevando a la formación de mazorcas pequeñas. El comportamiento de esta variable a diferentes niveles de nitrógeno mostró promedios estadísticamente distintos, observando que a medida que se aplicó más nitrógeno aumenta la longitud de la mazorca, alcanzando una mayor longitud con la aplicación de 120 kg de N/ha, Salas (1959), reporta resultados similares; Krantz y Chandler, citados por Berger (1975), afirman

que el tamaño de la mazorca aumenta especialmente a bajas densidades de población y cuando el régimen de fertilización es aumentado.

3.5 Número de granos por hilera

A juzgar por los resultados (Cuadro 4), cabe presumir que la competencia entre plantas afectó la producción de granos por hilera; ya que los mayores promedios estuvieron relacionados a las densidades más bajas aunque estos no difieren estadísticamente. A medida que se incrementaron los niveles de nitrógeno la producción de granos por hilera fue creciendo significativamente, lográndose la mayor producción media a niveles de 80 y 120 kg de N/ha estadísticamente similares; esto se explica por la influencia que tiene la elevada concentración de nitrógeno existente en los tejidos jóvenes sobre la producción de granos por hilera (Gamboa, 1980); Lemcoff y Loomis (1986) también reportan una fuerte influencia del suministro de nitrógeno sobre esta variable.

3.6 Peso de mil granos (Kg)

El cuadro 4 muestra que las densidades poblacionales no afectaron significativamente este componente del rendimiento; no así la fertilización nitrogenada que sí generó diferencias reales en los promedios del peso de mil granos, tendientes a aumentar

simultáneamente con el aumento de nitrógeno aplicado. El mayor peso promedio del grano se logró con la aplicación de 120 kg de N/ha el cual fue estadísticamente similar a lo obtenido con 80 kg de N/ha, éstos difieren con la no aplicación de nitrógeno que mostró el menor promedio, coincidiendo con la disminución del peso del grano a causa de marcadas deficiencias de nitrógeno.

Cuadro 4. Efecto de diferentes densidades de plantas y niveles de nitrógeno sobre los componentes del rendimiento.

Factor	Longitud de mazorca (cm)	Granos por mazorca	Peso de mil granos (kg)
Densidad (ptas/ha)			
49,815	15.22	29.49	0.28
56,931	14.85	28.95	0.28
64,048	14.14	26.89	0.27
71,164	14.36	27.14	0.28
ANDEVA	NS	NS	NS
C.V. (%)	7.90	10.90	8.10
Nitrógeno (kg/ha)			
00	12.38 d	22.66 c	0.25 c
40	14.44 c	27.55 b	0.28 b
80	15.53 b	30.53 a	0.29 ab
120	16.22 a	31.72 a	0.30 a
ANDEVA	*	*	*
C.V. (%)	4.00	6.00	7.40

Según Tanaka *et al* (1971); Lemcoff y Loomis (1986), indican que el peso de mil granos está fuertemente influenciado por el suministro de nitrógeno.

3.7 Mazorca por planta.

La densidad de población no influyó significativamente en la producción de mazorcas por plantas, sin embargo en la Figura 2 se observa una tendencia decreciente a medida que se aumentó la densidad de población; el mayor promedio, (0.88 mazorca/planta), se obtuvo con 49,815 ptas/ha que fue la densidad más baja y 0.78 mazorca/planta con densidades de 64,048 y 71,164 ptas/ha.

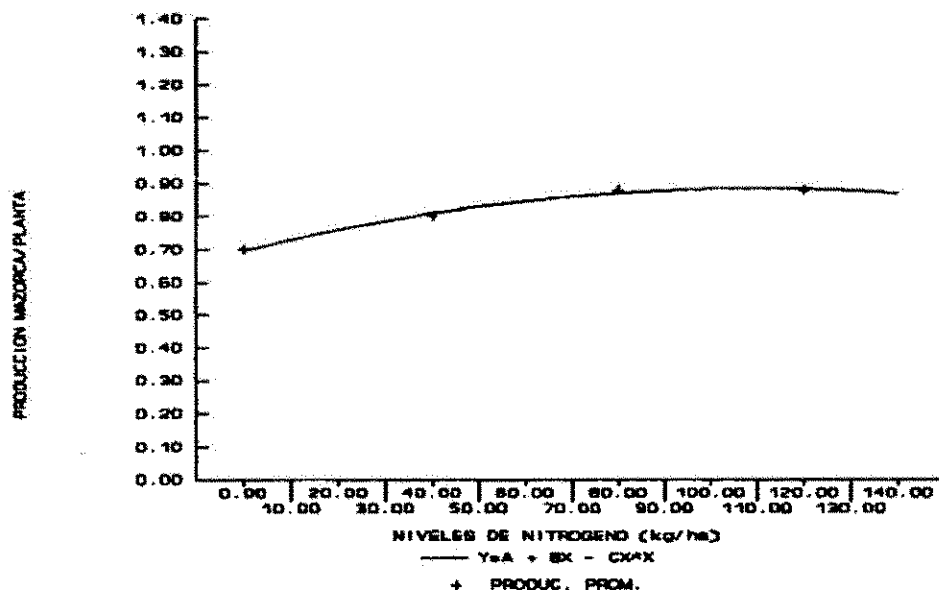
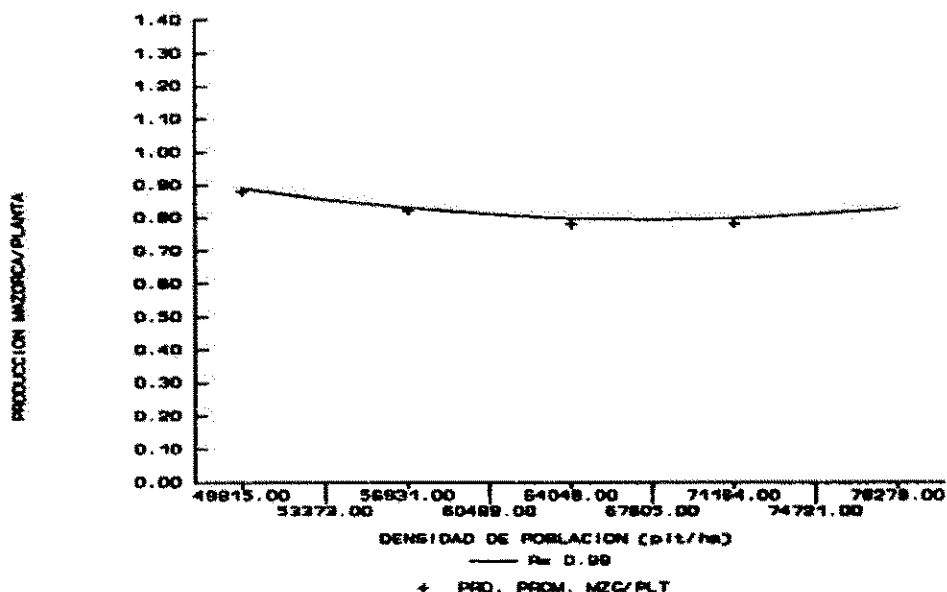


Figura 2.- Efecto de la densidad de población y niveles de nitrógeno en la producción de mazorcas por planta.

Las variaciones en los promedios son estrechas para el rango de densidad evaluado, pues el espaciamiento entre las plantas no es amplio, esto concuerda con lo expuesto por Berger (1975), quien indica que el número de mazorcas varía más en plantas a intervalos anchos que estrechos. La fertilización nitrogenada tuvo influencia estadísticamente significativa sobre esta variable, cuando no se aplicó nitrógeno el promedio de 0.70 mazorcas/planta fue el menor, siguiendo un comportamiento creciente hasta alcanzar un máximo promedio de 0.88 mazc/pta a los niveles de 80 y 120 kg de N/ha; resultados semejantes son reportados por Anderson *et al* (1984), y Tanaka (1984) quienes indican que el suministro de nitrógeno incrementa el número de mazorca por planta.

3.8 Producción de Grano por Mazorca (g).

El análisis para esta variable solamente detectó significancia estadística para el factor fertilización nitrogenada, en la Figura 3 se muestra la relación negativa entre la producción de grano/mzca y la densidad de plantas; 102.34 g de grn/mzca fue el menor promedio y correspondió a una población de 64,048 ptas/ha, en cambio, 116.55 g de grn/mzca fue el mayor promedio y se obtuvo con 56,931 ptas/ha, esto era de esperarse ya que la longitud de mazorca, granos por hilera y el peso de mil granos mostraron mayores promedios a bajas densidades, cabe sospechar que tal comportamiento puede ser atribuible al nivel de competencia que se da entre las plantas a mayores densidades.

Las aplicaciones de nitrógeno produjeron aumentos significativos del rendimiento con tendencia creciente; en el tratamiento sin fertilización la producción media fue 69.84 g de grn/mzca, siendo ésta, la más baja, y con la aplicación de 120 kg de N/ha se obtuvo el mayor promedio que correspondió a 136.64 g

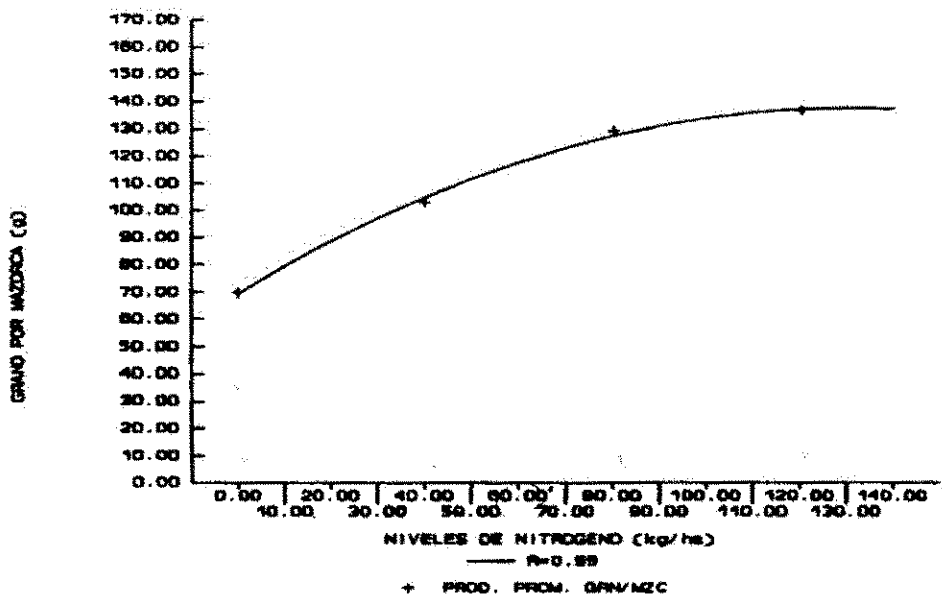
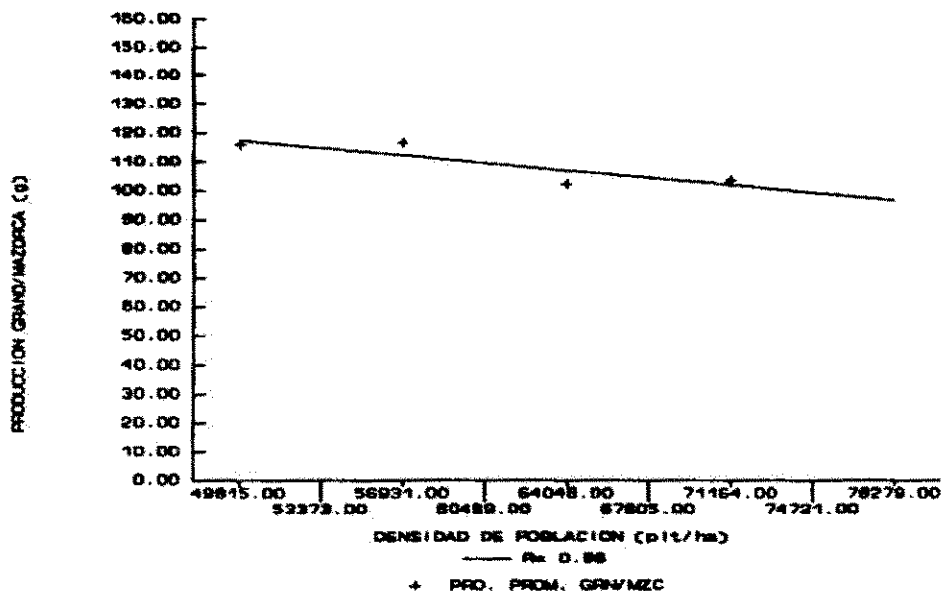


Figura 3.- Efecto de densidad de población y fertilización nitrogenada en la producción de grano por mazorca.

de grn/mzca estos resultados mostraron una relación directa con las variables antes mencionadas.

3.9 Producción de grano por planta

La producción promedio por planta varió entre 70.68 y 94.77 g de grano/planta siguiendo una tendencia negativa con la densidad de

población, aunque las diferencias son estadísticamente no significativas, dicho resultado puede deberse al espaciamiento mayor entre las plantas, por lo tanto hay un mejor aprovechamiento de los factores abióticos, los resultados obtenidos en la evaluación de esta variable presentan similar comportamiento con respecto a los resultados de la longitud de mazorca, granos por hileras, producción de granos por mazorca y mazorca por planta.

Por efecto de la adición de nitrógeno los promedios variaron entre 41.27 y 107.44 g de grano/pta que correspondieron a los niveles de 0 y 80 kg de N/ha respectivamente, estas diferencias tienen significancia estadística; con 63.5 kg de N/ha se alcanzó promedio de 79.94 g de grn/pta que fue la máxima producción, (Figura 4).

3.10 Plantas Estériles (%)

En el Cuadro 5 se observa una ligera disminución, estadísticamente no significativa, de la esterilidad de plantas a medida que las plantas crecieron más espaciadas, mostrando un menor promedio cuando se utilizó la población más baja (49,815 ptas/ha), tal efecto puede atribuirse al menor grado de competencia entre las plantas. En cambio la fertilización nitrogenada ocasionó diferencias marcadas en los porcentajes medios de plantas estériles, observándose la mayor esterilidad con la no aplicación de nitrógeno, estando de acuerdo estos resultados con Black (1975), quien menciona que si las deficiencias de nitrógeno son pronunciadas durante el período de crecimiento, esto induce fuertemente a la esterilidad de las plantas.

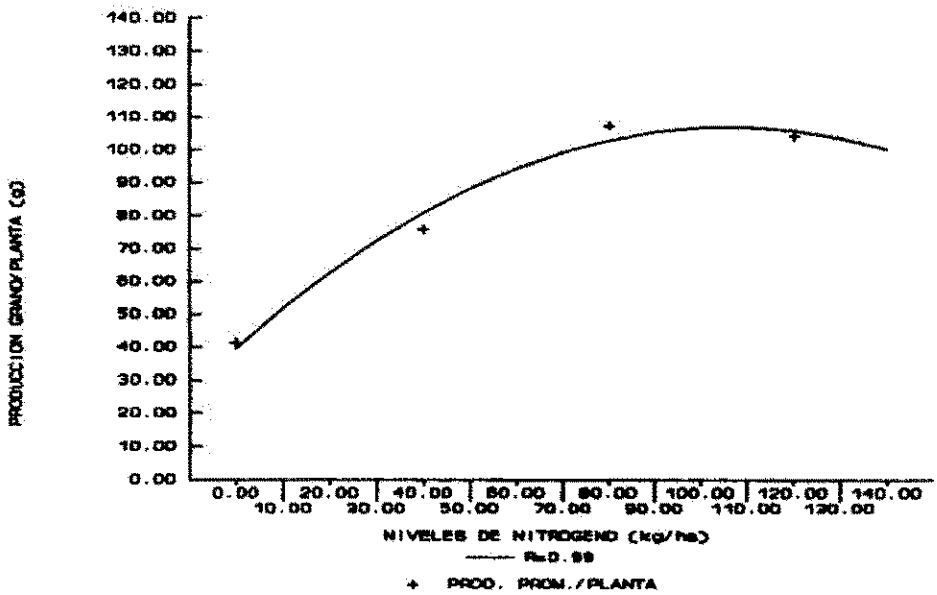
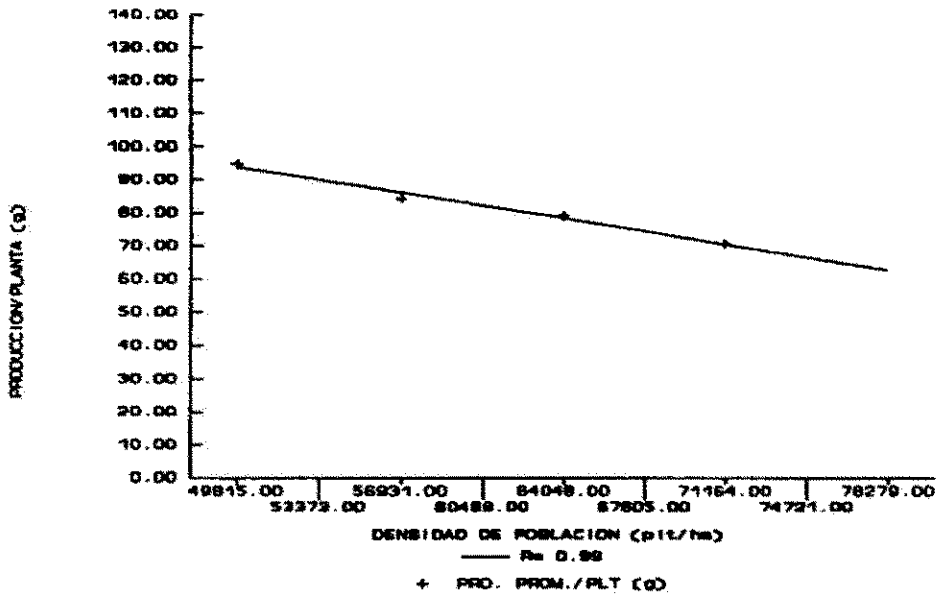


Figura 4.- Efecto de la densidad de población y fertilización nitrogenada sobre la producción de grano por planta.

Cuadro 5. Efecto de la densidad de población y fertilización nitrogenada sobre la esterilidad de las plantas.

Densidad (ptas/ha)	Plantas estériles (%)	Nitrógeno (kg/ha)	Plantas estériles (%)
49,815	10.50	0	22.00 a
56,931	14.56	40	13.06 b
64,048	14.56	80	10.00 b
71,164	15.25	120	9.81 b
ANDEVA	NS		*
C. V. (%)	55.33		35.10

3.11 Rendimiento de grano (kg/ha)

En la Figura 6 se presentan los promedios del rendimiento para la densidad de población que no indicaron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo se observa una ligera tendencia ascendente a medida que aumenta la población de plantas hasta el nivel de 64,048 ptas/ha que produjo el mayor rendimiento de grano (4,719 kg/ha); esto coincide con el comportamiento de las variables componentes del rendimiento antes evaluadas, pero se contradice con lo encontrado por Cuadra (1988) y Menocal (1990), quienes indican una respuesta positiva del rendimiento de grano a la densidad de población, esto puede deberse a que estos autores ensayaron un amplio rango desde aproximadamente 41,000 hasta 86,000 ptas/ha, mientras que en este caso, el rango evaluado fue intermedio con variación aproximada del 50 % (21,349 ptas/ha) cotejado con el de las investigaciones mencionadas, probablemente en este rango de población y con la técnica experimental utilizada las diferencias generadas no resulten significativas. En este enfoque, la información concuerda con las referencias de Méndez (1964), quien demostró que la densidad de población más adecuada oscila entre 40,000 y 60,000 ptas/ha con una buena fertilización.

La fertilización nitrogenada tuvo efecto significativo sobre esta variable, provocando un incremento del rendimiento a medida que se aumentó la cantidad de nitrógeno, el que tendió a estabilizarse con la aplicación de 80 a 120 kg/ha; estos resultados coinciden con varios autores (Quintana 1983, Clavijo 1984, Lemcoff y Loomis 1986) quienes informan respuesta positiva del maíz a la aplicación de nitrógeno. Por otro lado Sánchez (1981), indica que con aplicaciones de 60 - 150 kg/ha de N los rendimientos por lo general son más altos; así mismo Blandón (1984), en ensayos de fertilización N,P,K en distintas zonas de Nicaragua determinó que el maíz respondió a las aplicaciones de N en el 96 % de los casos a las dosis entre 77 y 98 kg/ha. En otras experiencias con niveles de nitrógeno realizadas en la Estación Experimental "La Compañía" (Carazo) y "Las Mercedes" (Managua) se obtuvieron mayores rendimientos con la aplicación de 90 a 100 kg/ha (Salgado, 1990; Bustamantes 1990; y Benavidez 1990). El mayor promedio (5,953.63 kg de grano/ha) logrado con la aplicación de 120 kg de N/ha es estadísticamente similar al que se obtuvo con la aplicación de 80 kg de N/ha (5,927.06 kg de grano/ha), estos resultados están de acuerdo con lo enunciado por Teuscher y Adler (1981); Cook (1979), quienes indican que cuando se añaden nutrimentos a un suelo, de modo que las cantidades existentes se dupliquen, tripliquen o cuadrupliquen, el rendimiento no aumenta en la misma proporción, por el contrario, el incremento en rendimiento se va haciendo gradualmente más pequeño.

3.11.1 Evaluación económica del rendimiento de grano.

Una fertilización es realizada con expectativa de aumento de producción o de ganancia. (Raij, 1991)

Se observa en el cuadro 6 que la alternativa de mayor beneficio neto es la densidad de 56,931 plantas por hectárea con

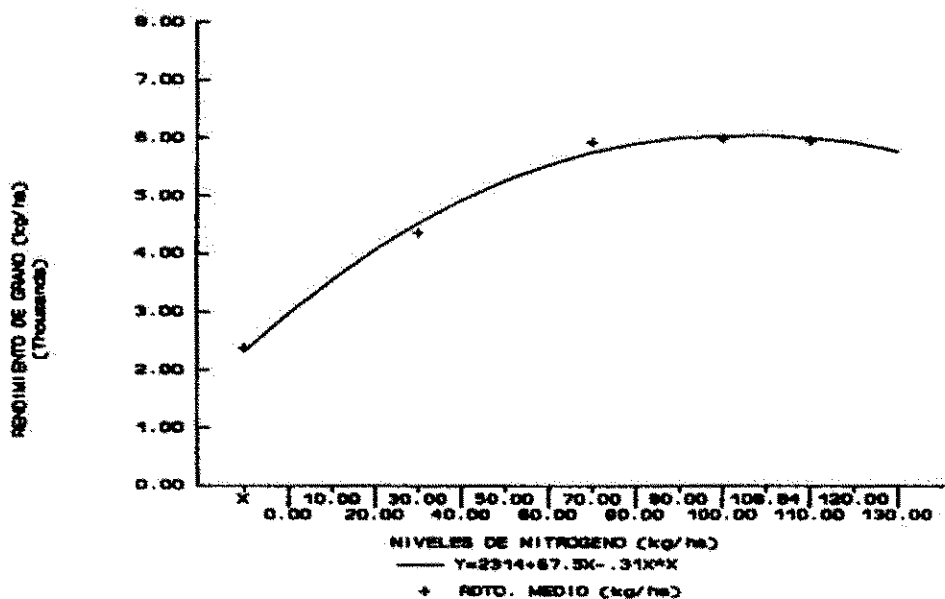
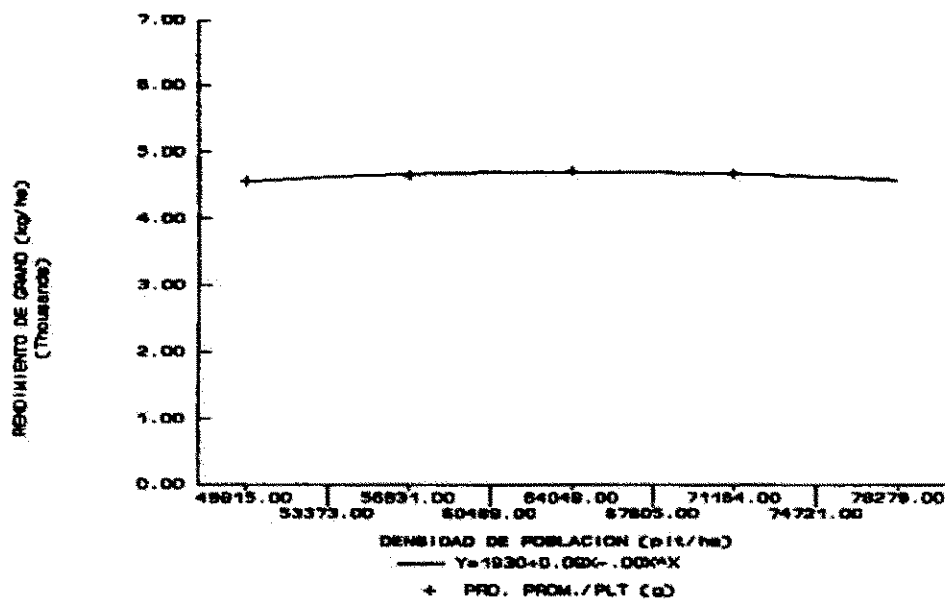


Figura 5.- Respuesta del rendimiento del maíz a la densidad poblacional y fertilización nitrogenada.

una aplicación de 80 kg/ha de nitrógeno que le corresponde un total de costos variables de C\$ 492.88, sin embargo se puede notar que la alternativa de 49,815 plantas por hectárea tiene un beneficio neto de C\$ 3349.66, con una inversión de C\$ 467.95; así mismo se observa que con 49,815 plantas por hectárea y una aplicación de 40 kg/ha de nitrógeno se obtiene un beneficio neto de C\$ 2476.52 con un gasto de C\$ 321.14, la cual podría ser una

mejor alternativa para un productor de menores recursos económicos.

En el cuadro 6.1, muestra que las dos mayores tasas de retorno marginal 976 % y 727 % corresponde a las combinaciones de 56,931 plantas por hectárea con 80 kg/ha de nitrógeno y 49,815 plantas por hectárea con 40 kg/ha de nitrógeno, los cuales presentan los mas altos incrementos en beneficio neto y con menor incremento en los costos variables.

Con respecto al máximo rendimiento de grano (5,986.51 kg/ha) estimado con la ecuación de regresión $Y=2314.3+67.48X-0.31X^2$ se logra con 108.84 kg de N/ha y el óptimo económico (5,963.92 kg de grano/ha) con fertilización de 100.3 kg de N/ha si la relación *costo/valor* es igual a 5.29.

Cuadro 6. Análisis económico

Tratamientos	Rendimiento (kg/ha)	Costos variables (C\$)		Beneficio bruto (C\$)	Beneficio neto (C\$)
D1N1	2396.25	174.34	N	1584.40	1410.06
D1N2	4232.50	321.14	N	2798.53	2477.39
D1N3	5773.50	467.95	N	3817.44	3349.49
D1N4	5855.75	614.76	D	3871.82	3257.06
D2N1	2359.25	199.27	D	1559.94	1360.67
D2N2	4254.00	346.07	D	2812.74	2466.67
D2N3	6179.25	492.88	N	4085.72	3592.84
D2N4	5812.25	639.66	D	3843.06	3203.37
D3N1	2292.75	224.13	D	1515.97	1291.84
D3N2	4587.50	370.93	N	3033.26	2662.33
D3N3	6112.00	517.74	D	4041.25	3523.51
D3N4	5882.50	664.55	D	3889.51	3224.96
D4N1	2436.25	249.06	D	1610.85	1361.79
D4N2	4342.00	395.86	D	2870.93	2475.07
D4N3	5643.50	542.67	D	3731.48	3188.81
D4N4	6264.00	689.48	D	4141.76	3452.28

Cuadro 6.1. Análisis económico marginal.

Tratamientos	Costos variables (C\$)	Beneficio neto (C\$)	Incremento marginal en Beneficio neto (C\$)	Incremento marginal en costos variables (C\$)	Tasa de retorno marginal (%)
D2N3	492.88	3592.84	243.35	24.93	976.14
D1N3	467.95	3349.49	687.16	97.02	708.27
D3N2	370.93	2662.33	184.94	49.79	371.43
D1N2	321.14	2477.39	1067.33	146.80	727.06
D1N1	174.34	1410.06			

4. CONCLUSIONES

- 1.- La densidad de población no tuvo efecto significativo sobre el rendimiento y sus componentes, sin embargo el mayor rendimiento se obtuvo con la población de 64,048 ptas/ha.
- 2.- La fertilización nitrogenada influyo positivamente sobre el cultivo del maíz, cuando se realiza aplicaciones de 80 kg de N/ha, este último no difiere estadísticamente de la aplicación de 120 kg de N/ha.
- 3.- Es antieconómico aplicar dosis mayores de 80 kg de N/ha, sin embargo el máximo rendimiento se logro con 108.84 kg de N/ha y el óptimo económico con 100.3 kg de N/ha si la relación c/v es igual a 5.29.
- 4.- No se detectó efecto de interacción entre los niveles de los factores evaluados, lográndose el mayor rendimiento con el tratamiento de 71,164 ptas/ha y 120 kg/ha, pero con el tratamiento 56,931 ptas/ha y 80 kg/ha se obtuvo el mayor beneficio neto y con una tasa de retorno de 976%.

5. RECOMENDACIONES

- 1.- Evaluar en diferentes condiciones edafoclimáticas rangos más amplios de población con el fin de poder determinar una densidad de población óptima.
- 2.- No utilizar densidades de población menor de 49,815 ptas/ha (35,000 ptas/mz) en condición edafoclimática similar a este ensayo, ni dosis altas de nitrógeno (mayores de 100 kg/ha).
- 3.- Realizar trabajos que le den continuidad a este trabajo, evaluando el comportamiento de diferentes variedades.

6. BIBLIOGRAFIA

- ALDRICH, S.R.; LENG, E.R. 1984. Producción moderna del maíz. 307 p.
- ALDRICH, S.R.; WORTHEN, E.L. 1980. Suelos Agrícolas, su conservación y Fertilización. México.
- ALVARADO, M.E. 1990. Metodología de análisis económicos de opciones tecnológica en café. Veracruz, México. 15 p.
- ANDERSON, E.L.; KAMPRATH, J.E.; MOLL, R.H. 1984. Nitrogen fertility effects on accumulation, remobilization and partitioning of nitrogen and dry matter in corn genotypes differing in prolificacy *Agronomy Journal*. North Carolina, Agric. serv. Raleigh NC. U.S.A. p. 397-404.
- ARZOLA, N.; FUNDORA, O.; MACHADO, J. 1981. Suelo, planta y abonado. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 461 p.
- BALLESTEROS, S.P. 1972. Efecto de la densidad de población y fertilización edáfica NPK, sobre el rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) "Braquitico-2". Tesis de Ing. Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. 32 p.
- BENAVIDEZ, D.; SILES, R. 1990. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, fraccionamientos y momentos de aplicación sobre el crecimiento, desarrollo y rendimientos del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6. Tesis de Ing. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias.. Managua, Nicaragua. 30 p.
- BERGER, J. 1975. Maíz, su producción y abonamiento. Editorial Científico Técnico Instituto cubano del libro. La Habana, Cuba. 204 p.
- BETANCO, J.A.; DULCIRE, M.; GUTIERREZ, E. 1988. Informe final de las áreas de S.G.D.T. 1978-1988, Región IV. Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria. Managua, Nicaragua. 65 p.
- BLACK, C.A. 1975. Relaciones suelo-planta, tomo II. Editorial Hemisferio sur. Buenos Aires, Argentina. p 445-597.
- BLANDON, J. 1984. Evaluación de la respuesta del maíz a niveles de NPK en Nicaragua. XXX Reunión Anual del PCCMCA, Nicaragua, Abril-Mayo.

- BUSTAMANTES, M. 1990. Efecto de diferentes niveles de Nitrógeno, fraccionamiento y momento de aplicación sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Ing. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 32 p.
- CLAVIJO, S. 1984. Efectos de la fertilización con nitrógeno y de diferentes niveles de infestación por *Spodoptera frugiperda* (Lepidóptera: Noctuidae) sobre los rendimientos del maíz (Macacay). V. 13, No. (1-4). p 73-78.
- COOK, G. W. 1979. Fertilizantes y sus usos, Edit. Continental, S.A. México. Octava impresión.
- CORVILLE, W.L. 1962. Influence of rate of planting in seven components or irrigated corn. Agron. Jour. Washington, D.C. U.S.A. p. 54.
- CUADRA, M. 1988. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, espaciamentos y poblaciones sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.) var. NB-6. Tesis de Ing. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 30 p.
- DEPARTAMENTO DE SUELOS-FERTILIDAD. 1987. Dos años de avance de investigación de suelo en la sexta región. Sección Laboratorio. DRIFA-MIDINRA. Matagalpa, Nicaragua. 125 p.
- DIRECCION GENERAL DE TECNICAS AGROPECUARIAS. 1983. Técnicas para la producción de maíz. Empresa Nicaragüense de Ediciones Culturales. Managua, Nicaragua. 214 p.
- DIRECCION GENERAL DE TECNICAS AGROPECUARIA, Dirección de suelos y aguas, Departamentos de Fertilidad. 1983. Informe de las Investigaciones sobre la Fertilidad de los suelos en Nicaragua 1980-1982; Guía de recomendaciones de fertilización para Granos Básicos. MIDINRA. Managua, Nicaragua. 156 p.
- DOMINGUEZ, V. 1984. Tratado de fertilización. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 296 p.
- DONAHUE, R.L.; MILLER, R.W.; SHICKLAUNA, J.C. 1981. Introducción a los suelos y al crecimiento de las plantas. México, D.F. Públimex, S.A. p 128 - 132.
- ESPINO, Q.D.A. 1972. Efecto de la densidad de siembra sobre el rendimiento y caracteres agronómicos en cuatro variedades de maíz (*Zea mays* L.) en Apodaca, Nuevo León. Boletín 2. I.T.E.S. Monterrey, México. 25 p.

- FAO. 1976. *Materia Orgánicas fertilizantes*. Roma, Italia. 183 p.
- FAO. 1980. *Los fertilizantes y su empleo*. 3ra. Edición. Roma, Italia. 66 p.
- FAO. 1984. *Los niveles de producción agrícola y el empleo de fertilizantes*. Roma, Italia. 66 p.
- FOX, R.H. 1974. *Fertilización con nitrógeno en los trópicos húmedos*. Departamento de Agronomía, Cornell University. Ithaca, New York. 16 p.
- GAMBOA, A. 1980. *La fertilización del Maíz*. Boletín II, No.5. Madrid, España. p 11-20.
- HOLDRIDGE, R.L. 1963. *General ecology of the Republic of Nicaragua*. Managua, Nicaragua United States Operations Missions to Nicaragua. p 32.
- KARIM, M.; BAKH, A.; SHAH, P. 1983. *Effect of plant population, nitrogen application and irrigation on yield components or synthetic 66 maize*. Journal of Agricultural Research. Pakistán. p 57-69.
- LEMCOFF, J.H.; LOOMIS, R.S. 1986. *Nitrogen influences on yield determination in maize*. Crop Science. Vo. 26 Sept-Oct. p 1017-1022.
- LIVIO, E. 1976. *Seminario sobre técnicas de producción, secciones de cultivos varios*. División Agrícola.
- MÉNDEZ, J.L. 1964. *Máximos rendimientos de maíz dependen de la población fijada por el plantador*. Boletín No. 17. Servicio Shell. Caracas, Venezuela. p 6-7.
- MENOCAL, A.O. 1990. *Evaluación de tres niveles de nitrógeno y tres densidades poblacionales de maíz (Zea mays L.) var. NB-6; en dos ciclos de siembra en 6 localidades de la IV Región*. Tesis de Ing. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuarias. Managua, Nicaragua. 55 p.
- MEZA, S.L.R. 1965. *Efecto de la variación de siete niveles de nitrógeno en la producción de granos de maíz*. Tesis Ing. Agrónomo. Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua.

- MINISTERIO DE DESARROLLO AGROPECUARIO Y REFORMA AGRARIA. 1985. Guía Tecnológica para la producción de maíz en secano. Dirección de Granos Básicos. Dirección General de Agricultura. Managua, Nicaragua. 35 p.
- MIRANDA, B. 1990. Diagnostico sobre producción, consumo, generación y transferencia de tecnología para los granos. Managua, Nicaragua. 105 p.
- QUINTANA, O. 1983. Suelos y Fertilización; Técnica para la producción de maíz. MIDINRA. Managua, Nicaragua.
- RAIJ, B.V. 1991. Fertilidade do solo E Adubação. Editora CERES. Sao Paulo, Brasil. 343 p.
- RICHARDSON, H. L. 1968. The use of fertilizers; In symposium on soil resources of tropical Africa. The African studies Assoc. R. Moss. (ed).
- ROBLES, S.R. 1978. Producción de granos y forrajes. Editorial Limusa. México. p. 64.
- RUTGER, J.R.; CROWDER, L.V. 1967. Effect of high plant density on silage and grain yields of six corn hybrids. Crop Science. Vo. VII. Washington, D.C. U.S.A. p 182.
- SALAS, C.A.; BONILLA, N. 1959. Investigaciones sobre híbridos varietales, certificación y densidad de población en el cultivo del maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Ing. Agrónomo. San José, Costa Rica. Facultad de Agronomía. 168 p.
- SALAZAR, A. 1964. El cultivo del maíz en Nicaragua. Departamento de Agronomía. Ministerio de Agricultura y Ganadería. Managua, Nicaragua. 36 p.
- SALGADO, A. 1990. Efecto de diferentes niveles de nitrógeno, fraccionamientos y momentos de aplicación sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del maíz (*Zea mays* L.). Tesis de Ing. Agrónomo. Instituto Superior de Ciencias Agropecuaria. 27 p.
- SÁNCHEZ, P.A. 1981. Suelos del Trópico. San José, Costa Rica. IICA. p.
- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J.; HARA, T. 1971. Studies on the nutriophysiology of the corn plant (Part II). Grain yield as affected by fertilizer, level, planting density and climatic condition. J. Sci. Soil and Manure, Japan. 42: 465-470.

- TANAKA, A.; YAMAGUCHI, J. 1984. Producción de materia seca, componentes del rendimiento del grano en maíz. Colegio de Post-graduados. Chapingo, México. 120 p.
- TAPIA, B.H. 1980. Tópicos importantes de uso común para la impartición de asistencia técnica en granos básicos. INRA. PROAGRO. División de Semilla. Julio de 1980. Managua, Nicaragua. p. 5 - 80.
- TEUSHER, H.; ADLER, R. 1981. El suelo y su fertilidad. Co. Editorial Continental S.A. México.
- TOSHEVA, T.; MARINOV, Y. 1985. Effect of irrigation, fertilizer application, plant density and or their interaction on dry matter and protein content in maize grain. Rastenievudnu. Nauki, Bulgaria. 22 (7) 12-18.