

01
T(197)
C. 3

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
Facultad de Agronomía

ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACION DEL NITROGENO (UREA)
EN EL SISTEMA DE CULTIVO MAIZ-AJONJOLI, EN EL
PARCELAMIENTO LA MAQUINA



Por
ROBERTO GUILLERMO RALDA CASTILLO

Al conferírsele el título de
INGENIERO AGRONOMO
en el grado de
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

Guatemala, Febrero de 1977

Guatemala, 15 de febrero de 1977

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

De conformidad con lo establecido en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis intitulado:

"ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACION DEL NITROGENO (UREA) EN EL
SISTEMA DE CULTIVO MAIZ-AJONJOLI, EN EL
PARCELAMIENTO LA MAQUINA"

Esperando que el presente trabajo merezca vuestra aprobación, me es grato presentaros las muestras de mi más alta consideración.

Respetuosamente,

Roberto Guillermo Ralda Castillo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Rector

Dr. Roberto Valdeavellano

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO

En funciones:	Ing. Agr. Rodolfo D. Estrada G.
Vocal 1o. :	
Vocal 2o. :	Dr. Antonio Sandoval S.
Vocal 3o. :	Ing. Agr. Sergio Mollinedo B.
Vocal 4o. :	P.A. Laureano Figueroa
Vocal 5o. :	P.A. Carlos Leonardo L.

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

DECANO :	Ing. Agr. Mario Molina Llardén
Vocal 1o. :	Ing. Agr. Salvador Castillo
Examinador :	Ing. Agr. Baltazar Arévalo
Examinador :	Ing. Agr. Rodolfo Estrada G.
Secretario	
Interino :	Ing. Agr. Edgar L. Ibarra A.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto

Guatemala,
14 de febrero de 1977

ING. AGR. RODOLFO ESTRADA G.
DECANO EN FUNCIONES
FACULTAD DE AGRONOMIA
CIUDAD UNIVERSITARIA.

Señor Decano:

De acuerdo a la designación que ese decanato me hiciera, he ofrecido la asesoría necesaria al universitario ROBERTO GUILLERMO RALDA CASTILLO, en la elaboración de su Tesis de Graduación titulada: "ESTUDIO SOBRE LA UTILIZACION DEL NITROGENO (UREA) EN EL SISTEMA DE CULTIVO MAIZ-AJONJOLI, EN EL PARCELAMIENTO LA MAQUINA".

Concluida la asesoría requerida y revisado el manuscrito final, he de informar al Señor Decano, que el trabajo presentado reúne todos los requisitos para su aprobación.

Sin otro particular, reitero al Señor Decano las muestras de toda mi consideración


ING. AGR. LUIS ALBERTO ESTRADA LIGORRÍA
Asesor

Los datos presentados en este trabajo fueron obtenidos durante el servicio que el autor prestó en el Ejercicio Profesional Supervisado de Agronomía en colaboración con el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Los resultados son propiedad de dicho Instituto y se publican con la debida autorización.

CONTENIDO

	Hoja
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 GENOTIPOS DE MAIZ.....	3
2.2 EL NITROGENO EN EL SUELO.....	5
2.3 EL NITROGENO EN LA PLANTA.....	10
2.4 FUENTES DE NITROGENO.....	12
2.5 EL NITROGENO EN LA AGRICULTURA.....	13
2.6 PREDICCION DEL USO DE FERTILIZANTES.....	14
2.7 RESIDUALIDAD DEL NITROGENO.....	16
2.8 ESTUDIOS SOBRE FERTILIZACION EN MAIZ.....	17
2.8.1 En Centroamérica.....	17
2.8.2 En Guatemala.....	21
2.9 ESTUDIOS SOBRE FERTILIZACION EN AJONJOLI	24
3. MATERIALES Y METODOS.....	27
3.1 CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO...	27
3.2 LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES.....	28
3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL.....	29
3.4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL.....	29
3.4.1 Diseño Experimental.....	29
3.4.2 Tratamientos Seleccionados.....	30
3.4.3 Manejo del Experimento.....	31
3.4.4 Análisis Estadístico.....	32
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	34
4.1 DEL MAIZ.....	34
4.1.1 Genotipos de Maíz.....	34
4.1.2 Efecto de los Niveles de Nitrógeno apli- cados al Maíz.....	40
4.2 DEL AJONJOLI.....	45
4.2.1 Niveles de Nitrógeno aplicados al Ajon- jolí.....	46
4.2.2 Efecto Residual del Nitrógeno aplicado al maíz sobre el ajonjolí.....	49
5. CONCLUSIONES.....	55
6. BIBLIOGRAFIA.....	59

INDICE DE CUADROS Y FIGURAS

		Hoja
CUADRO 1.	Datos de los Sitios Experimentales. Parcelamiento "La Máquina" 1975.....	28
CUADRO 2.	Rendimientos promedios de maíz en grano, expresados en TM/Ha al 14% de Humedad. La Máquina 1975.....	36
CUADRO 3.	Resultados del Análisis de varianza expre- sados en términos de Cuadrados Medios y su significancia al 0.05 y 0.01 de probabili- dad. La Máquina 1975.....	37
CUADRO 4	Diferencias observadas entre Genotipos por Localidad, de acuerdo a la Mínima Diferen- cia Significativa (MDS) estimada. La Má- quina 1975.....	38
CUADRO 5.	Resultados del Análisis de Varianza Combi- nado realizado a los rendimientos prome- dios de maíz, para las cinco localidades, expresados en términos de Cuadrados Medios y su Significancia. La Máquina 1975.....	38
CUADRO 6.	Ajuste del modelo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2$ a las tendencias de respuesta observada por Genotipo en la Localidad A-7 y cálculo de la Dosis Optima Económica (DOE). La Má- quina 1975.....	42
FIGURA 1.	Tendencias de Respuesta por Genotipo en la Localidad A-7, mediante la utilización de Regresión Cuadrática. La Máquina 1975....	43
CUADRO 7.	Rendimientos promedios de Ajonjolí, expre- sados en TM/Ha. La Máquina 1975.....	47
CUADRO 8.	Resultados del Análisis de Varianza reali- zado a los rendimientos promedios en Ajon- jolí, expresados en términos de Cuadrados Medios y su Significancia al 0.05 y 0.01 de Probabilidad. La Máquina 1975.....	48

FIGURA 2.	Respuesta a la Fertilización Nitrogenada de Ajonjolí, bajo niveles de Nitrógeno Residual. La Máquina 1975.....	50
CUADRO 9.	Valores de los Coeficientes b_i del modelo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2$ ajustado a los rendimientos observados por tratamientos de Nitrógeno Residual aplicado al Maíz en función del nitrógeno aplicado al Ajonjolí. La Máquina 1975.....	51
FIGURA 3.	Respuesta del Ajonjolí a Nitrógeno Residual bajo cuatro Niveles de Nitrógeno. La Máquina 1975.....	54

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

A MI PATRIA

A MIS PADRES

Luis Ralda Ochoa
Graciela Castillo de Ralda

A MIS HERMANOS

Lilyana, Ana María, Gustavo,
Marta y María Eugenia

A LA FAMILIA SANTIZO COLOMA

En especial a Miriam Patricia

A DOÑA ALBERTINA v. DE GONZALEZ

A MIS FAMILIARES Y AMIGOS

A MIS COMPAÑEROS DE TRABAJO

TESIS QUE DEDICO

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

AL INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS
(ICTA)

AGRADECIMIENTO

A mi asesor de tesis, Ing. Agr. Luis Estrada Ligorría, por sus acertadas observaciones y su valiosa orientación.

Al Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas de Guatemala.

1. INTRODUCCION

El maíz continua siendo el cereal más importante que se cultiva en Guatemala. En 1974 se cultivaron 612,670 hectáreas con un promedio de rendimiento de 1.15 Ton/Ha, lo que significa menos de un 20% de lo que un buen agricultor puede producir en la misma área (10).

Lo anterior se refiere al maíz como monocultivo, sin embargo la gran mayoría de los agricultores en el Parcelamiento Agrario La Máquina trabajan sus tierras siguiendo el sistema de cultivo maíz-ajonjolí. Para el maíz las variedades utilizadas, generalmente corresponden a las conocidas como criollas, cuyo potencial de rendimiento puede considerarse bajo, puesto que las producciones promedio obtenidas con las mismas son del orden de 1600 Kg/Ha (11). Para el ajonjolí las variedades que utilizan provienen de la "Blanca", que fue introducida al parcelamiento cuando éste se inició, teniéndose actualmente que los rendimientos promedio observados son del orden de 440 Kg/Ha (11).

Sobre fertilización puede considerarse que es una práctica muy poco acostumbrada por los agricultores del parcelamiento, debido a la incertidumbre que se tiene sobre su respuesta. Esta incertidumbre viene a confirmarse según lo reportado por el Programa de Nutrición Vegetal del ICTA,

ya que en un ensayo de este programa en maíz durante 1973, no se encontró respuesta al nitrógeno (25) y para 1974 solamente respondió a este nutrimento el 50% de los ensayos establecidos (26); en el caso de ajonjolí se presentó respuesta en el 50% de los ensayos establecidos para nitrógeno durante 1973 (25).

Es de observarse que los estudios sobre fertilización realizados, han sido dirigidos para evaluar el efecto de la fertilización nitrogenada en los cultivos mencionados en forma individual y no como un sistema de cultivo.

En base a lo anterior, se consideró la necesidad de recabar información básica para orientar programas de fertilización nitrogenada en el sistema de cultivo maíz-ajonjolí; por lo que el presente trabajo está diseñado para obtener la información que permita determinar el máximo aprovechamiento del nitrógeno por el sistema de cultivo aludido, persiguiéndose los objetivos siguientes:

1. Evaluar el efecto de cuatro niveles de nitrógeno sobre cuatro genotipos de maíz.
2. Prueba de cuatro genotipos de maíz.
3. Evaluar el efecto de cuatro niveles de nitrógeno sobre el cultivo de ajonjolí.
4. Determinar el efecto residual del nitrógeno aplicado al maíz sobre el rendimiento del ajonjolí.

2. REVISION DE LITERATURA

2.1 GENOTIPOS DE MAIZ

El comportamiento de los híbridos y variedades de maíz en una región depende de la capacidad de adaptación de los mismos. Esta capacidad de adaptación se refleja en el comportamiento promedio de cada variedad cuando es cultivada bajo diferentes condiciones medio-ambientales que se pueden encontrar en una región (37).

Durante 1974 se sometieron a evaluación una serie de maíces comerciales y experimentales en las localidades de Cuyuta y La Máquina, con la finalidad de dar información imparcial a los agricultores de esta zona de las variedades de maíz que pueden reportarles mejores rendimientos. Los materiales prometedores de estos ensayos fueron: X-304-A, H-5, ICTA Tropical 101, X-306-B y Tuxpeño PB C₁₁ (ICTA B-1), con rendimientos que fluctuaron de 4000 a 4800 Kg/Ha para la localidad de Cuyuta y de 3500 a 4444 Kg/Ha para la localidad de La Máquina (10).

Algunos de los anteriores materiales fueron evaluados por parte del PCCMCA (38), mediante 15 ensayos

uniformes de rendimiento realizados en Centroamérica y El Caribe durante 1975, en los cuales se probaron 36 variedades comerciales de maíz. La posición que ocuparon de acuerdo a rendimiento el X-306-B, ICTA Tropical 101, ICTA B-1 y H-3 fueron 5a., 12a., 20a. y 30a., respectivamente, con rendimientos promedios de 4224, 3745, 3356 y 2794 Kg/Ha respectivamente. Dentro del mismo programa del PCCMCA (37), Rangel informa de 3 ensayos uniformes de rendimiento realizados en Cuyuta durante 1975, en los cuales se probaron 36 variedades, teniendo que para el experimento # 1 el X-306-B, ICTA B-1, ICTA Tropical 101 y H-3, ocuparon las posiciones 10a., 20a., 24a. y 31a., con rendimiento de 1803, 1391, 1150 y 1005 Kg/Ha respectivamente; para el experimento # 2 el X-306-B, ICTA B-1, ICTA Tropical 101 y H-3, ocuparon las posiciones 9a., 23a., 24a. y 27a., con rendimiento de 1931, 1284, 1284 y 1162 Kg/Ha respectivamente y para el experimento # 3 el ICTA Tropical 101, X-306-B, ICTA B-1 y H-3, ocuparon las posiciones 12a., 14a., 28a. y 30a., con rendimiento de 1534, 1441, 1064 y 929 Kg/Ha respectivamente.

2.2 EL NITROGENO EN EL SUELO

El nitrógeno del suelo es uno de los elementos más importantes utilizado por las plantas para su crecimiento; su importancia radica en que es el elemento que las plantas necesitan en mayores cantidades por formar parte del protoplasma celular; es un nutriente que generalmente se encuentra deficiente en todos los suelos y el cual se pierde fácilmente por lixiviación (27).

De acuerdo a Black (4), la mayoría de los suelos cultivados presentan en la capa arable un contenido de nitrógeno total que oscila entre 0.02 y 0.4%. Pa-lencia (24) reportó para suelos derivados de cenizas volcánicas en Guatemala, valores que oscilaron entre 0.17 y 1.25%. Al comparar estos últimos contenidos con el límite de 0.2% señalado por Hardy (13), como una concentración adecuada, podemos afirmar que estos suelos poseen una buena provisión de nitrógeno.

Los procesos de abastecimiento y de pérdida de-terminan el nitrógeno neto disponible. Los canales de pérdida y el proceso de absorción determinan la eficiencia de uso de la planta. La naturaleza y el rendimiento del cultivo determinan la necesidad to-

tal. Debido a que los procesos de asimilación de la planta no son totalmente eficientes y porque el nitrógeno puede perderse del sistema del suelo, el abastecimiento disponible debe exceder siempre al uso del cultivo (3).

Los procesos naturales de abastecimiento incluyen: 1) La mineralización del nitrógeno de la materia orgánica del suelo, residuos del cultivo y del proceso inverso de inmovilización en la descomposición de desechos de plantas, animales y de la materia orgánica del suelo; 2) La fijación de nitrógeno de la atmósfera, principalmente a través de procesos biológicos; 3) El nitrógeno añadido por medio de las lluvias y otras formas de precipitación, y 4) Alguna liberación de nitrógeno a través de la meteorización de los minerales primarios del suelo. Hasta el advenimiento de los fertilizantes químicos, la agricultura dependía solamente de los procesos naturales de abastecimiento para la producción de cultivos (3).

El nitrógeno en la materia orgánica del suelo ha sido y es todavía una fuente importante de abastecimiento de este elemento para la producción agrícola.

Sin embargo, el nitrógeno del suelo no es inagotable y debe disminuir en cantidad, ya que abastece con contribuciones netas a los cultivos que crecen en ese suelo. El nitrógeno en el suelo se encuentra principalmente en forma orgánica y es parte integral del sistema de la materia orgánica de éste. Los cambios producidos en la materia orgánica están siempre acompañados con cambios similares en el nitrógeno orgánico (3).

Los procesos biológicos de fijación de nitrógeno han sido principalmente responsables por suministrar grandes cantidades de nitrógeno, el cual es usado y retenido generalmente por las plantas, animales y residuos descompuestos que se hallan en el suelo (materia orgánica del suelo). Más aún, los procesos biológicos de fijación todavía abastecen la mayor parte del nitrógeno para la producción de los cultivos en la agricultura mundial (3).

El grado hasta el cual las raíces de las plantas absorben nitrógeno soluble del suelo depende del agua contenida en el mismo. El agua está relacionada directamente con el transporte de nitrógeno del suelo a los límites de la raíz, ya que sirve para movilizar el nitrógeno disponible dentro de y desde la zona ra-

dicular. Dos pasos están comprometidos en la absorción de nitrógeno por la planta: el primero es el movimiento de nitrógeno del suelo hacia los límites de la raíz y el segundo es la entrada de nitrógeno en la planta. En situaciones de campo, el factor limitante para el uso de nitrógeno por la planta es la rapidez del transporte de éste hacia los límites de la raíz.

A medida que las plantas absorben y transpiran agua, las corrientes de transpiración llevan consigo nitrógeno soluble del suelo hacia la superficie de la raíz. Las películas de agua del suelo son los medios para que el nitrógeno se mueva por difusión hacia las raíces (3).

Los procesos de movimiento y pérdida son importantes bajo muchas circunstancias, para regular los abastecimientos de nitrógeno disponible en el suelo. El desplazamiento vertical de nitrógeno por el agua, en las zonas radicales de los cultivos, eventualmente culmina en lixiviación dentro del agua subterránea y de drenaje; probablemente es la razón por la cual se pierde la mayor cantidad de nitrógeno. El grado y severidad del movimiento vertical y de lixiviación

dependen totalmente de los regímenes de infiltración de agua y de transpiración de un suelo en particular (3).

Los procesos de pérdidas volátiles de nitrógeno pueden ocurrir por desnitrificación o por volatilización de amoníaco. Los productos volátiles en la desnitrificación pueden ser óxidos de nitrógeno o gas nitrogenado. Las condiciones de suelo que fomentan la desnitrificación son: 1) La presencia de nitrógeno en forma oxidada (nitrato y nitrito); 2) La energía nutritiva para la actividad microbiológica; y 3) La presión parcial baja de oxígeno en el aire del suelo.

En la volatilización del amoníaco el producto que se pierde es el amoníaco. Las pérdidas por volatilización son variables y dependientes de la naturaleza del suelo y de la clase de amoníaco que produce el fertilizante aplicado. En general, las pérdidas de éste ocurren cuando se aplica al suelo materiales que producen amoníaco en concentraciones que exceden a las capacidades de adsorber y retener del suelo (3).

2.3 EL NITROGENO EN LA PLANTA

Laird R.J. y Núñez R.E., citados por Oliva Saborio (20), consideran al nitrógeno como factor importante en el crecimiento por cuanto forma parte del protoplasma celular; así una deficiencia de nitrógeno da por resultado: células pequeñas, un menor contenido de protoplasma, una pared gruesa y lignificada y la planta presenta síntomas de crecimiento lento y difícil.

La mayor parte del nitrógeno usado por los cereales está contenido en las partes aéreas de la planta, el grano y el rastrojo o paja. Sin embargo, existe también una cantidad considerable en las partes subterráneas, las raíces cosechables y los desechos orgánicos que provienen de las raíces y los asociados con éstos en la rizósfera (deposición radicular) (3).

Considerando de mucha importancia el nivel crítico del nitrógeno durante diferentes etapas de desarrollo del maíz, Sandoval Assef (33) lo determinó de acuerdo a la siguiente tabla:

	Días después de la Siembra				
	30	40	50	60	70
Nitrógeno Total (%)	3.40	2.93	3.25	2.89	2.83
NOSA (ppm)	1310	1040	580	1610	850
NTSA (ppm)	3910	2620	1050	2320	1140
N-NO ₃ (ppm)	2590	1580	470	710	290

Este autor concluyó que los contenidos de nutrientes por encima del nivel crítico establecido, no guardan relación con la producción de granos y materia seca, por lo que hasta cierta concentración de nutrientes la planta aumenta la producción y a partir de este punto el fertilizante agregado pasa a ser consumo de lujo. Este mismo autor informa que Zamyatina investigó la absorción de nitrógeno en maíz, encontrando que hasta los 45 días después de la siembra, solamente el 8% del nitrógeno agregado en el fertilizante se absorbió. La máxima absorción se observó en el período de 45 a 65 días después de la siembra; asimismo en este momento, alrededor del 40% del nitrógeno del fertilizante se había convertido en compuestos orgánicos difícilmente asimilables; además informa que Bennet et al y Drake, encontraron una correlación significativa entre el contenido de nitrógeno en las hojas,

los fertilizantes aplicados, la producción y los estudios del estado nutritivo de plantas de maíz por la técnica del análisis de tejido, en los cuales se determinó que la posición de la hoja en la planta parece no ser crítica en cuanto a análisis de nutrientes se refiere.

A causa de la gran demanda de nutrimentos del maíz, se considera esta planta como un excelente indicador del estado nutritivo del suelo, respondiendo fácilmente a la aplicación del fertilizante. El maíz agota el suelo en forma considerable, siendo bajo un correcto abastecimiento de nutrimentos cuando puede proporcionar rendimientos satisfactorios. El rápido desarrollo de la planta conduce, desde sus primeras fases de crecimiento, a una elevada demanda de nutrimentos fácilmente aprovechables (17).

2.4 FUENTES DE NITROGENO

Oliva Saborío (20) informa que Salazar A.B., según estudios efectuados, indica que no se deben esperar diferencias apreciables de rendimiento de maíz, debido a la aplicación de una misma cantidad de nitrógeno derivada de las siguientes fuentes: Urea,

Sulfato de Amonio y Nitrato de Sodio; conclusión a la que llegó también el mismo autor (20), quien no encontró fuente de nitrógeno superior entre las estudiadas, por lo cual recomienda el uso de las más baratas.

Investigaciones en maíz realizadas por Alpízar Núñez (1) con fertilizantes nitrogenados de liberación lenta, le permitieron concluir que estos fertilizantes no fueron superiores a la Urea y Sulfato de Amonio, en el rendimiento obtenido en estos ensayos. El mismo autor citando a Anderson y McGregor informa que estos investigadores no encontraron diferencias entre las fuentes de nitrógeno utilizadas: líquidas, sólidas y gaseosas.

2.5 EL NITROGENO EN LA AGRICULTURA

El uso del nitrógeno en la producción de las plantas de cultivo se ha incrementado marcadamente en la última década a medida que la población humana ha aumentado y el mundo ha avanzado progresivamente a esta etapa técnica y mecánica. Este aumento del requerimiento y uso del nitrógeno ha sido a consecuencia de: 1) Del incremento de la demanda de alimentos y de otros cultivos agrícolas; 2) Del desarrollo del

conocimiento de los procesos de fertilidad de suelos y el mejoramiento de las prácticas de manejo de suelos; 3) De cultivos de mayor producción y calidad; 4) De la disponibilidad general y los bajos costos de los fertilizantes nitrogenados; y 5) De un mejoramiento de la tecnología del cultivo de la tierra y de la cosecha, así como del manejo de los cultivos (3).

Muchas veces, se hacen aplicaciones excesivas o indiscriminadas de los fertilizantes nitrogenados. Los argumentos para esto son que las fuentes de nitrógeno inorgánico son baratas y que las aplicaciones elevadas de nitrógeno aseguran económicamente rendimientos altos. En dichos casos, las proporciones elevadas de nitrógeno probablemente compensan en alguna forma las prácticas deficientes de adición o algunos otros factores que limitan la producción y que podrían ser superados a través de otros medios (3).

2.6 PREDICCIÓN DEL USO DE FERTILIZANTES

Con el propósito de predecir la fertilización de nitrógeno para cualquier suelo y para cualquier cultivo, son tres los factores generales que requieren una evaluación. Estos son: 1) Las contribuciones

netas de los procesos naturales de abastecimiento y cómo se reflejan en el rendimiento de un cultivo donde no se ha aplicado fertilizante nitrogenado (el rendimiento común o tradicional); 2) La máxima capacidad productiva de un suelo en particular como se refleja en el rendimiento de un cultivo donde todos los factores de manejo están cerca al óptimo, incluyendo nitrógeno adecuado (el rendimiento óptimo); y 3) La función de la respuesta general de rendimiento de los incrementos de nitrógeno añadido, cuando otros factores no están limitando la producción (eficiencia de uso del nitrógeno) (3).

Mazariegos Anléu (17) informa que Birch et al, hallaron que se necesita una fuerte cantidad de nitrógeno para alcanzar un rendimiento máximo, siendo apreciable la respuesta del maíz a suelos ricos en materia orgánica; asimismo informan que los mejores resultados se obtienen en las regiones de suelos granulados, muy fértiles y con temperaturas elevadas. Este mismo autor (17), indica que Burkersroda determinó que los incrementos en producción del maíz dependen del clima y otros factores y que la respuesta máxima del fertilizante nitrogenado se obtiene

cuando el fósforo y el potasio son disponibles en cantidades suficientes.

Para poder determinar el uso más económico del fertilizante, según Cooke (6), lo importante es determinar la dosis óptima del fertilizante, el método de aplicación más adecuado y el tiempo de aplicación más oportuno.

2.7 RESIDUALIDAD DEL NITROGENO

Trabajando en maíz y frijol Mazariegos Anléu (17), determinó que sí hay residualidad de los fertilizantes aplicados en la primera cosecha en relación a la segunda, teniendo un efecto residual mejor marcado el fósforo, seguido del potasio, siendo el nitrógeno el que presenta un efecto residual mínimo, como es natural por la mayor absorción de las plantas y las pérdidas por lixiviación. El mismo autor (17) informa que Widdowson y Penney, estudiando el efecto residual de nitrógeno encontraron que sobrantes de nitrógeno mineral son fácilmente lixiviados, dependiendo de la textura del suelo y la precipitación; así encontraron que en suelos de textura arcillosa, residuos de nitrógeno pueden ser de valor significativo.

En la utilización del nitrógeno residual por plantas cultivadas, Tyler y Broadbent citados por Mazariegos Anléu (17), observaron una tendencia descendente en su utilización en dos suelos que contenían inicialmente 100 ppm de N¹⁵. Asimismo calcularon que la vida media del nitrógeno fue de 15 años, indicando que la disponibilidad del nitrógeno residual decrece con el tiempo.

Por su parte, Tysdale y Nelson (35), indican que el efecto residual de 150 Lbs/Acre de nitrógeno aplicados al cultivo de maíz, fue equivalente al rendimiento obtenido al aplicar 50 Lbs/Acre de nitrógeno al mismo cultivo en el siguiente año.

2.8 ESTUDIOS SOBRE FERTILIZACION EN MAIZ

2.8.1 En Centroamérica

Meza Silva (18) informa que Laird R.J. encuentra que las razones por las cuales, en los terrenos de cultivo en la zona tropical de México y Centroamérica, la respuesta del maíz a la aplicación del nitrógeno es relativamente menor que en las zonas de clima templado, son: 1) En los suelos tropicales la cantidad de

nitrógeno total es mayor que en los suelos de climas templados; 2) Los maíces tropicales tienen un potencial de rendimiento inferior a los de las zonas templadas; y 3) Los factores limitantes de la producción de maíz: competencia de malezas, plagas, enfermedades y exceso de humedad en el suelo, son generalmente más frecuentes y de mayor intensidad en las zonas tropicales que en las templadas.

El mismo autor (18) citando a C. H. H. ter Kuile, informa de los resultados obtenidos en demostraciones sobre el efecto en el maíz de la aplicación de varios niveles de nitrógeno, para las zonas tropicales de Guatemala, Honduras, El Salvador y Costa Rica, encontrándose que la respuesta del maíz a los fertilizantes, especialmente el mejorado, puede alcanzar entre un 80 a un 100% de aumento en la producción, en relación al maíz no fertilizado.

Resumiendo los resultados obtenidos en 46 experimentos de fertilización en maíz dentro del PCCMCA, Laird R.J. citado por Meza Silva (18), informa que se encontró un aumento medio de rendimiento de 500 Kg/Ha de maíz a la aplicación de 40 Kg/Ha de nitrógeno, en 44 de los 46 experimentos realizados.

Laird R.J. (15) reporta que en 10 experimentos llevados a cabo en 1963 en Centroamérica, la aplicación de nitrógeno aumentó los rendimientos en 7 localidades y el efecto medio de la aplicación de 60 Kg/Ha de nitrógeno causó un aumento de 0.70 Ton/Ha. Un segundo incremento de 60 Kg/Ha de nitrógeno aumentó el rendimiento medio de grano en 0.31 Ton/Ha.

De once ensayos conducidos en 1974 a nivel centroamericano, Salazar J.R. (32), reporta que el nivel económico de la aplicación de nitrógeno en la fertilización de maíz, según los resultados logrados, está entre 60 y 90 Kg/Ha de nitrógeno.

En ensayos realizados en la región occidental de El Salvador durante 1962-1968, se determinó que los rendimientos máximos obtenidos en maíz fueron alcanzados al aplicar de 65 a 120 Kg/Ha de nitrógeno y de 60 a 120 Kg/Ha de P_2O_5 (30). Por su parte Salazar J.R. (31), informa que en Nancuchiname, El Salvador, todos los tratamientos fueron significativamente superiores al testigo, pero que todos los tratamientos en donde se encuentra nitrógeno no son significativamente diferentes entre sí. El tratamiento que mejor resultado dio fue el de 80-40-40 Kg/Ha.

Ballesteros (2) determinó los rendimientos máximos de maíz en ensayos conducidos en Nicaragua, al aplicar 97-97-48 Kg/Ha de N-P₂O₅-K₂O respectivamente, los que fueron suficientes para alcanzar los mayores beneficios en las cosechas de maíz. En Managua, Chinandega y Granada, Nicaragua, Zelaya Q. (39) informa que de 3 ensayos de fertilización, solamente en Granada se obtuvo respuesta significativa al uso de nitrógeno, determinándose que al aplicar 80 Kg/Ha de nitrógeno se obtuvo una tasa de respuesta de 16.4 Kg de maíz producido por Kg de nitrógeno aplicado.

En Panamá, Salas y Bonilla (29), trabajando en Liberia y Cartago, determinaron que el elemento limitante es el nitrógeno; siendo la necesidad de fertilizantes en estas zonas muy evidente y obteniéndose respuesta entre 80 y 120 Kg/Ha de nitrógeno. Por su parte Botacio y Avila (5) informan que en La Mata, Panamá, obtuvieron un incremento del 2200% con respecto al testigo, con una aplicación de 120-120-0 Kg/Ha. La respuesta a la aplicación de nitrógeno es del tipo lineal y es muy probable que aplicaciones mayores de 120 Kg/Ha den aún respuestas económicamente remunerativas.

2.8.2 En Guatemala

En estudios realizados durante 1963, C.H.H. ter Kuile (14) informa que para las regiones de tierra baja (menor de 800 metros) de Guatemala, los rendimientos y especialmente las respuestas a los fertilizantes fueron pobres, como resultado de una sequía bastante fuerte. Ninguno de los tratamientos de fertilizantes dio respuesta económica y la máxima respuesta de 28% correspondió al tratamiento NP. En los ensayos la respuesta máxima fue a la aplicación de 150 Kg/Ha de nitrógeno, pero la respuesta más económica se obtuvo con la combinación 75-40-0, cuyo valor fue 49%.

Dentro del PCCMCA, Ortiz Mayén (23) informa que en base a experimentos realizados en varias zonas de Guatemala, recomienda para la zona Sur, seca a húmeda, una aplicación de 80 Kg/Ha de nitrógeno, aplicado cuando la planta tiene la altura de la rodilla; para la zona central, montano bajo tropical húmeda, recomienda la aplicación de 30-50-0 Kg/Ha a la siembra y 70 Kg/Ha de nitrógeno cuando la planta tiene la altura de la rodilla; para la zona Occidental y Central-Occidental, montano bajo tropical húmeda, recomienda

50-100-0 Kg/Ha a la siembra y 100 Kg/Ha de nitrógeno cuando la planta tiene la altura de la rodilla. Este mismo autor reporta que en trabajos realizados en la Estación Experimental Labor Ovalle, los rendimientos fueron incrementados de 1032 a 5424 Kg/Ha con la aplicación de 80 Kg/Ha de nitrógeno (21) y que para las condiciones de la Estación Experimental Cuyuta se determinó como adecuada la aplicación de 150 Kg/Ha de nitrógeno, en presencia de 100 y 50 Kg/Ha de P_2O_5 y K_2O , respectivamente (22).

Estudios llevados a cabo en Patzún y Chimaltenango, permitieron establecer que los niveles de fertilización de 120 y 180 Kg/Ha de N y P_2O_5 respectivamente, fueron los más adecuados bajo buenas condiciones de manejo en la producción de maíz (9).

Con el propósito de evaluar la respuesta del maíz a la fertilización nitrogenada, se llevó a cabo durante 1974 por parte del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (10), una serie de ensayos en el Altiplano Occidental, la Costa Sur, el Oriente y el Nororiente del país. De los siete sitios donde se llevó a cabo el estudio en el Altiplano Occidental, se detectó respuesta significativa a la fertilización con nitró-

geno; dicha respuesta se observó entre 76 y 150 Kg/Ha de nitrógeno, siendo el promedio de respuesta en la dosis de 111 Kg/Ha de nitrógeno, con la cual se incrementaron los rendimientos de 2831 a 5465 Kg/Ha, a una tasa de 23.7 Kg de maíz producido por Kg de nitrógeno aplicado, equivalente a una relación beneficio/costo de 3.7. Bajo las condiciones de la Costa Sur, 6 de 9 ensayos mostraron respuesta significativa a la fertilización con nitrógeno; en promedio esta respuesta fue detectada hasta el nivel de 84 Kg N/Ha, con el cual se elevaron los rendimientos de 3049 a 4769 Kg/Ha, a una tasa de 20.48 Kg de maíz producido por Kg de nitrógeno aplicado, equivalente a una relación beneficio/costo de 3.2. Para las regiones Nor y Sur-Oriente del país se tuvieron 8 ensayos, encontrando respuesta significativa en todos ellos, siendo el promedio de 82 Kg N/Ha, con el cual se elevó el rendimiento de 2122 a 5155 Kg/Ha, a una tasa de respuesta de 37 Kg de maíz producido por Kg de nitrógeno aplicado, dando una relación beneficio/costo de 5.78.

En el Parcelamiento La Máquina para el año de 1973 se instaló un ensayo con niveles crecientes de nitrógeno en maíz, no encontrándose respuesta al uso

del fertilizante, ya que el testigo fue el de mayor rendimiento (25). Para esta misma localidad, Matheu (16) informa que en un ensayo de fertilización, se observó respuesta a la aplicación de nitrógeno, habiéndose obtenido un incremento en el rendimiento de 835.75 Kg de maíz/Ha con una adición de 120 Kg N/Ha, en relación a lo observado con 0 Kg N/Ha.

Para el Sur-Oriente de Guatemala, Pineda (28) reporta que de seis ensayos conducidos durante 1975, la dosis óptima encontrada fue la de 82 Kg N/Ha y que la dosis de 30 Kg N/Ha es la que maximiza la eficiencia de este nutriente.

2.9 ESTUDIOS SOBRE FERTILIZACION EN AJONJOLI

La fertilización es una práctica que no efectúa el ajonjolinerero en Guatemala y los pocos casos registrados manifiestan una aplicación incorrecta, siendo los motivos entre otros, la falta de recursos económicos y de asistencia técnica. Según investigación efectuada en el campo se reporta que únicamente el 8.5% de los ajonjolinereros en estudio fertilizan sus plantaciones (8).

Según Escobar Barrera (8), el estudio de los

rendimientos nos indica que han disminuido en los últimos años; si a esto le sumamos que la tierra en que se cultiva ajonjolí se aprovecha todo el año con otros cultivos, que la incidencia de plagas es mayor y las condiciones ambientales desfavorables, nos es fácil comprender el papel que juega la fertilización futura en este cultivo.

Sobre trabajos de fertilización en ajonjolí realizados en Guatemala es muy poca la información que se tiene; contándose entre ésta la reportada por Palencia (25), en la cual se indica que en el Parcelamiento La Máquina fueron conducidos durante 1973 dos ensayos para nitrógeno y dos para fósforo, de los cuales sólo en un ensayo de nitrógeno se obtuvo respuesta significativa, la cual fue de 9.5 Kg de ajonjolí producido por Kg de N aplicado, con rendimientos que variaron de 640 Kg/Ha (testigo) a 1292 Kg/Ha, con la aplicación de 69 Kg/Ha de nitrógeno, dando una relación beneficio/costo de 4.75.

Vallecillo Gutiérrez (36) reporta una respuesta significativa al uso de la fertilización en ajonjolí, encontrando también una alta interacción entre densidad por distancia entre surcos, fertilización por den-

sidad y fertilización por distancia entre surcos. El tratamiento con el que se obtuvo los mayores rendimientos fue la combinación de 2.57 Kg/Ha de semilla, con distancia entre surcos de 0.45 metros y dosis de fertilización de 24.5-62.7 Kg de N-P/Ha, con un rendimiento de 953 Kg/Ha con humedad comercial.

Núñez y Akirov, citados por Vallecillo Gutiérrez (36), recomiendan la utilización de 100 Kg de 16-20 de NP/Ha, ya que encontraron bajos rendimientos al aplicar potasio. En otro tipo de suelo tuvieron como mejor resultado la utilización de 75 Kg de superfosfato y 75 Kg de sulfato de amonio por hectárea, que superaron al testigo en 98%. Este mismo autor (36), nos indica que Rodríguez y Montilla concluyeron que las interacciones N-K y P-K tienen a disminuir los rendimientos.

El Ministerio de Agricultura y Cría de Venezuela, citados por Vallecillo Gutiérrez (36), determinó que el ajonjolí tiene una reacción favorable a la aplicación de 16-20 de N-P, no encontrándose diferencia significativa en la aplicación de 100, 150 y 200 Kg/Ha de la misma, pero teniendo una diferencia con el testigo hasta de un 100%.

3. MATERIALES Y METODOS

3.1 CARACTERISTICAS DE LA ZONA DE ESTUDIO

Según Holdridge (19) el Parcelamiento La Máquina está comprendido dentro de la zona tropical seca y zona tropical húmeda. Su posición geográfica es 14°23' latitud norte y 91°35' longitud oeste, con una altura que varía entre 6 y 152 metros s.n.m.; con una temperatura promedio mínima de 24°C y máxima de 37°C. La precipitación aumenta desde 2219 a 4000 mm anuales, distribuidos principalmente entre los meses de mayo a octubre, contando con un promedio anual de 107 días de lluvia (12).

Simmons et al (34), indican que los suelos del área corresponden a la serie de suelos Ixtán Arcilloso, los cuales son de origen volcánico, cementado aluvial, relieve casi plano, con drenaje bueno, textura arcillo-plástica, color café oscuro, con espesor del horizonte "A" de 10 cms; habiendo también suelos arcillo-arenosos, sin ninguna capa que limite la penetración de raíces. La topografía es generalmente plana, con ligeras ondulaciones, con desniveles del 3 y 4% generalmente, encontrándose también desniveles del 30% (12).

3.2 LOCALIZACION Y CARACTERISTICAS DE LOS SITIOS EXPERIMENTALES

Los sitios experimentales fueron seleccionados en base a su homogeneidad en características físicas, químicas y topográficas de los suelos; así como también que fuesen representativos de las condiciones ecológicas prevalecientes y que estuviesen distribuidos en los tres sectores de que consta el parcelamiento.

En el Cuadro 1 se presentan los datos correspondientes a los sitios experimentales, así como algunas características químicas determinadas mediante análisis de suelos.

CUADRO 1. Datos de los Sitios Experimentales. Parcelamiento "La Máquina", 1975.

Colaborador	Parcela	pH	ppm			Meg/100 gr	
			N	P	K	Ca	Mg
Tereso Coy	A-7 28	6.4	D	1.6	203.5	12.08	2.2
Doroteo Alvarado	A-13 251	6.8	D	0.6	301.0	11.90	3.1
Abraham Velásquez	B-6 420	6.7	D	10.9	312.5	16.80	3.2
Basilio Moscoso	C-8 267	6.9	D	1.2	314.5	13.12	2.8
Miguel Galdámez	C-16 518	7.3	D	5.7	207.0	19.38	4.1

FUENTE: Laboratorio de Suelos, ICTA.

3.3 MATERIAL EXPERIMENTAL

Los genotipos de maíz en evaluación fueron ICTA Tropical 102, H-3, X-306-B y Tuxpeño PB C₁₁ (ICTA B-1), ya que se consideraron estos genotipos como buenos productores y de gran aceptación en el parcelamiento durante 1974, según lo reportado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (10).

La variedad de ajonjolí que se utilizó en todos los ensayos fue la Blanquina.

Para las aplicaciones de nitrógeno se utilizó como fuente la Urea al 46% de N, ya que según varios autores (1,20), no se ha encontrado diferencia significativa entre las diferentes fuentes de este nutriente.

3.4 METODOLOGIA EXPERIMENTAL

3.4.1 Diseño Experimental

Se utilizó el diseño experimental de Parcelas Subdivididas en bloques completos al azar con tres y cuatro repeticiones.

Las unidades experimentales para el caso de maíz, consistieron de 5 surcos de 5 metros de largo cada uno y espaciados a un metro entre sí, para un área de 25

metros cuadrados para la parcela total; siendo la parcela neta de 3 surcos centrales para un área de 15 metros cuadrados.

Las unidades experimentales para el ajonjolí consistieron de 4 surcos de 5 metros de largo cada uno, espaciados a un metro entre sí y al centro de los surcos de maíz, para un área de 20 metros cuadrados para la parcela total; siendo la parcela neta de 2 surcos centrales para un área de 10 metros cuadrados.

3.4.2 Tratamientos Seleccionados

Para la primera fase del estudio se consideran como parcelas principales los genotipos de maíz y como subparcelas los niveles de nitrógeno. Para la segunda fase se consideran como parcelas principales a los niveles de nitrógeno aplicados al ajonjolí y como subparcelas los niveles de nitrógeno aplicados al maíz.

Se seleccionaron los niveles de 0, 45, 75 y 105 Kg N/Ha, para las dos fases, en base a las respuestas observadas según lo reportado por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas para maíz que fue de 84 Kg N/Ha (10) y por Palencia (25), para el caso de ajonjolí, siendo ésta de 69 Kg N/Ha.

3.4.3 Manejo del Experimento

En todas las localidades se efectuaron las prácticas culturales acostumbradas en la zona. La preparación del terreno consistió en chapeo, aradura y un paso de rastra.

Se marcaron los surcos a un metro, aplicándose al fondo de los mismos Volatón en polvo al 2.5% a razón de 45 Kg/Ha, en los dos cultivos.

La siembra se efectuó a mano; la distancia entre plantas en maíz fue de 0.5 metros, dos plantas por postura, para una densidad de 40,000 plantas/Ha y en ajonjolí la distancia entre plantas fue de 0.10 metros, para una densidad de 100,000 plantas/Ha. Estas densidades fueron ajustadas cuando se practicó el raleo, el cual se realizó a los 15 días después de siembra.

El nitrógeno se aplicó en forma fraccionada para ambos cultivos, 50% a los 15 días de siembra y el 50% restante a los 40 días de siembra. Estas aplicaciones se efectuaron después de la primera y segunda limpiezas, respectivamente.

El control de plagas se realizó únicamente en maíz, ya que en ajonjolí no se consideró necesario;

utilizándose Volatón en polvo al 2.5% a razón de 13 Kg/Ha a los 15 días de siembra y posteriormente una aplicación de Volatón granulado al 2.5% a razón de 9.7 Kg/Ha aplicado directamente al cogollo. Estas aplicaciones fueron hechas para controlar principalmente al gusano cogollero (Spodoptera frugiperda).

La cosecha para los dos cultivos se realizó manualmente, tomándose los datos que se consideraron necesarios. Para el caso del maíz los rendimientos obtenidos se corrigieron al 14% de humedad y para ajonjolí los rendimientos se expresan con humedad comercial.

3.4.4 Análisis Estadístico

Los efectos de los tratamientos, subtratamientos y de sus interacciones fueron evaluados a través de análisis estadístico, siguiendo el modelo planteado por De La Loma J. L. (7), siendo el siguiente:

Fuentes de Variación	GL
Parcelas Principales	15
Tratamientos	3
Repeticiones	3
Error (a)	9
Subparcelas	48
Subtratamientos	3
Tratamientos x Subtratamientos	9
Error (b)	36
Total	63

Donde se detectó diferencias significativas entre las variables de estudio, se aplicó un Análisis de Regresión utilizando un modelo cuadrático, por medio del método de los Cuadrados Mínimos. Se interpretaron las regresiones en términos del costo del fertilizante y valor del grano de maíz y ajonjolí para calcular las dosis óptimas económicas. El modelo de regresión empleado es $Y = b_0 + b_1X + b_2X^2$.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 DEL MAIZ

En el Cuadro 2 se presentan los rendimientos promedios obtenidos en el presente estudio, expresados en TM/Ha al 14% de humedad. Estos rendimientos sirvieron de base para realizar el análisis estadístico y determinar el efecto significativo de los genotipos y los niveles de nitrógeno seleccionados y cuyos resultados se presentan en el Cuadro 3. En éste se anotan los grados de libertad y cuadrados medios de la Localidad A-7 independientemente del resto de las localidades por tener sólo tres repeticiones, debido a falta de espacio en el terreno proporcionado por el agricultor, a diferencia del resto cuyo número es de cuatro.

4.1.1 Genotipos de Maíz

Del análisis realizado, presentado en el Cuadro 3, puede inferirse que hubo diferencias significativas entre los genotipos utilizados en este estudio, observándose que la misma fue al 0.05 de probabilidad en las Localidades B-6 y C-8 y al 0.01 de probabilidad en las Localidades A-7, A-13 y C-16.

En base a lo anterior se procedió a estimar la Mínima Diferencia Significativa (MDS), para determinar cual de los genotipos fue superior en rendimiento en cada una de las localidades; presentándose los resultados en el Cuadro 4. En este cuadro se observa que el híbrido X-306-B fue superior en las localidades A-13 y C-16, de igual magnitud en rendimiento con el H-3 en las Localidades B-6 y C-8, siendo solamente superado por el H-3 en la Localidad A-7.

Con el objeto de precisar las diferencias observadas entre genotipos, se realizó un Análisis Estadístico Combinado para determinar dichas diferencias entre localidades y estimar el genotipo superior en rendimiento; los resultados obtenidos se presentan en el Cuadro 5. En el mismo se puede observar que hubo diferencias altamente significativas entre genotipos, localidades y la interacción genotipo por localidad.

Estimaciones de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) dieron por resultado que en cuanto a genotipos, el X-306-B fue superior en todas las localidades, seguido por el H-3 y en tercer lugar, indiferentemente los otros dos genotipos estudiados.

Cuadro 2. Rendimientos promedios de Maíz en grano, expresados en TM/Ha. al 14% de humedad. La Máquina 1975.

Variedad	Trata- miento Kg N/Ha.	Localidades				
		A-7	A-13	B-6	C-8	C-16
X-306-B	0	3.90	4.33	4.81	3.28	5.45
	45	5.45	4.28	4.82	3.24	4.86
	75	5.40	4.60	4.85	2.93	5.34
	105	6.08	4.36	4.55	3.12	5.20
H-3	0	5.16	3.76	4.43	2.91	4.35
	45	5.77	3.99	3.99	3.03	4.52
	75	5.93	3.98	3.92	2.65	4.01
	105	5.98	4.00	4.56	3.00	4.20
ICTA Tropical 102	0	4.38	3.26	3.29	2.46	3.89
	45	5.14	3.53	4.06	2.36	4.01
	75	5.31	3.39	3.33	2.91	4.28
	105	5.17	3.29	4.02	2.53	4.89
ICTA B-1	0	4.50	3.61	3.44	2.78	3.58
	45	4.61	3.72	3.71	2.78	3.60
	75	5.28	3.33	4.19	2.34	3.57
	105	4.51	3.56	3.80	2.34	4.07

Cuadro 3. Resultados del Análisis de Varianza expresados en términos de Cuadrados Medios y su Significancia al 0.05 y 0.01 de Probabilidad. La Máquina, 1975.

Fuentes de Variación	LOCALIDADES									
	A-7		A-13		B-6		C-8		C-16	
	Gl	C.M.	Gl	C.M.	Gl	C.M.	Gl	C.M.	Gl	C.M.
Parcelas Principales	11		15							
Genotipos	3	2.07 **	3	3.29 **	3	3.88 **	3	1.28 *	3	6.25 **
Repeticiones	2	1.73 **	3	0.15 NS	3	0.28 NS	3	0.44 NS	3	0.09 NS
Error (a)	6	0.06	9	0.27	9	0.60	9	0.19	9	0.25
Subparcelas	36		48							
Niveles de N	3	2.55 **	3	0.05 NS	3	0.17 NS	3	0.09 NS	3	0.38 NS
Genotipos X Niveles N	9	0.46 NS	9	0.08 NS	9	0.47 NS	9	0.20 NS	9	0.36 NS
Error (b)	24	0.25	36	0.13	36	0.27	36	0.21	36	0.36
Total	47		63							
M.D.S. Genotipos		2.94		6.65		9.91		5.58		6.40
M.D.S. Niveles N		5.05		---		---		---		---
C.V. (%)		10.79		16.60		22.69		22.65		17.90

* Significativo al 0.05 de Probabilidad
 ** Significativo al 0.01 de Probabilidad
 NS No Significativo
 MDS Mínima Diferencia Significativa.

Cuadro 4. Diferencias observadas entre Genotipos por Localidad, de acuerdo a la Mínima Diferencia Significativa (MDS) estimada. La Máquina, 1975.

Genotipos	LOCALIDADES				
	A-7	A-13	B-6	C-8	C-16
X-306-B	b	a	a	a	a
H-3	a	b	ab	ab	b
ICTA Tropical 102	b	c	b	b	b
ICTA B-1	c	bc	b	b	c

Cuadro 5. Resultados del Análisis de Varianza Combinado realizado a los rendimientos promedios de maíz, para las cinco localidades, expresados en términos de Cuadrados Medios y su Significancia. La Máquina, 1975.

Fuentes de Variación	GL	C.M.
Genotipos	3	10.28 **
Niveles de Nitrógeno	3	0.69 **
Localidades	4	37.85 **
Repeticiones	2	1.17 **
Interacciones de 1er. Orden		
Genotipos X Niveles	9	0.16 NS
Genotipos X Localidades	12	0.92 **
Niveles X Localidades	12	0.75 **
Intereacciones de 2o. Orden		
Genotipos x Niveles x Localidades	36	0.85 **
Error Experimental	158	0.12
Total	239	

C.V. 8.58%

** Significativo al 0.01 de Probabilidad

NS No Significativo.

El comportamiento observado por el híbrido X-306-B en este estudio, es similar al obtenido en las pruebas llevadas a cabo por el PCCMCA en localidades centroamericanas, que incluyen a el Parcelamiento Cuyuta en Guatemala (37, 38), no así, el H-3 el cual está generalmente en último lugar, en la evaluación realizada en ese programa.

Del análisis realizado para localidades, se determinó por medio de la Mínima Diferencia Significativa (MDS), que la A-7 y C-16 fueron las de mayor rendimiento, posiblemente por estar la primera de ellas en el área de mayor precipitación del parcelamiento, influenciada por la faja tropical húmeda, que de acuerdo a Holdridge (19) atraviesa dicha región y la segunda por estar cercana a la influencia de altas precipitaciones provenientes del Océano Pacífico.

Las Localidades A-13, B-6 y C-8 se encuentran localizadas en áreas de menor precipitación y las mismas se vieron afectadas por un período de 20 días de sequía que se presentó durante la época de floración, razón por la cual los rendimientos que presentaron son inferiores en relación a las otras dos localidades.

El período de sequía no afectó a las localidades que presentaron mayor rendimiento por las épocas de siembra, que en su orden fueron temprana para la A-7 y tardía para la C-16.

En lo que respecta a la interacción genotipos por localidades, se terminó por medio de M.D.S. que para todos los genotipos incluidos en este estudio, las localidades en donde tuvieron un mejor comportamiento fueron la A-7 y C-16, debido posiblemente a las razones ya descritas.

4.1.2 Efecto de los Niveles de Nitrógeno Aplicados al Maíz

De acuerdo a los resultados reportados en el Cuadro 3, únicamente fue posible detectar un efecto significativo de los niveles crecientes de nitrógeno aplicados en Kg/Ha, en la localidad A-7, siendo esta significancia al 0.01 de probabilidad. Del mismo cuadro se desprende que la interacción genotipos por niveles de nitrógeno no fue significativa para todas las localidades, lo cual indica que en el caso de la A-7, el efecto de los niveles de nitrógeno es independiente de las respuestas de los genotipos.

Del análisis Estadístico Combinado reportado en el Cuadro 5 se determina que el efecto de los niveles de nitrógeno aplicados, mostró diferencias altamente significativas para los mismos, las localidades y la interacción de ambos, debido a la influencia de la Localidad A-7.

En base a lo discutido, tanto para genotipos como para niveles de nitrógeno, se procedió a hacer una mejor interpretación de los datos de rendimiento obtenidos en la Localidad A-7, que fue en la cual se observaron las diferencias significativas para los niveles de nitrógeno. Para el efecto se procedió a graficar los rendimientos por genotipo y por nivel de fertilización nitrogenada, para posteriormente ajustar a cada uno de ellos el modelo de Regresión Cuadrática $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2$ y estimar a través de él la dosis óptima económica.

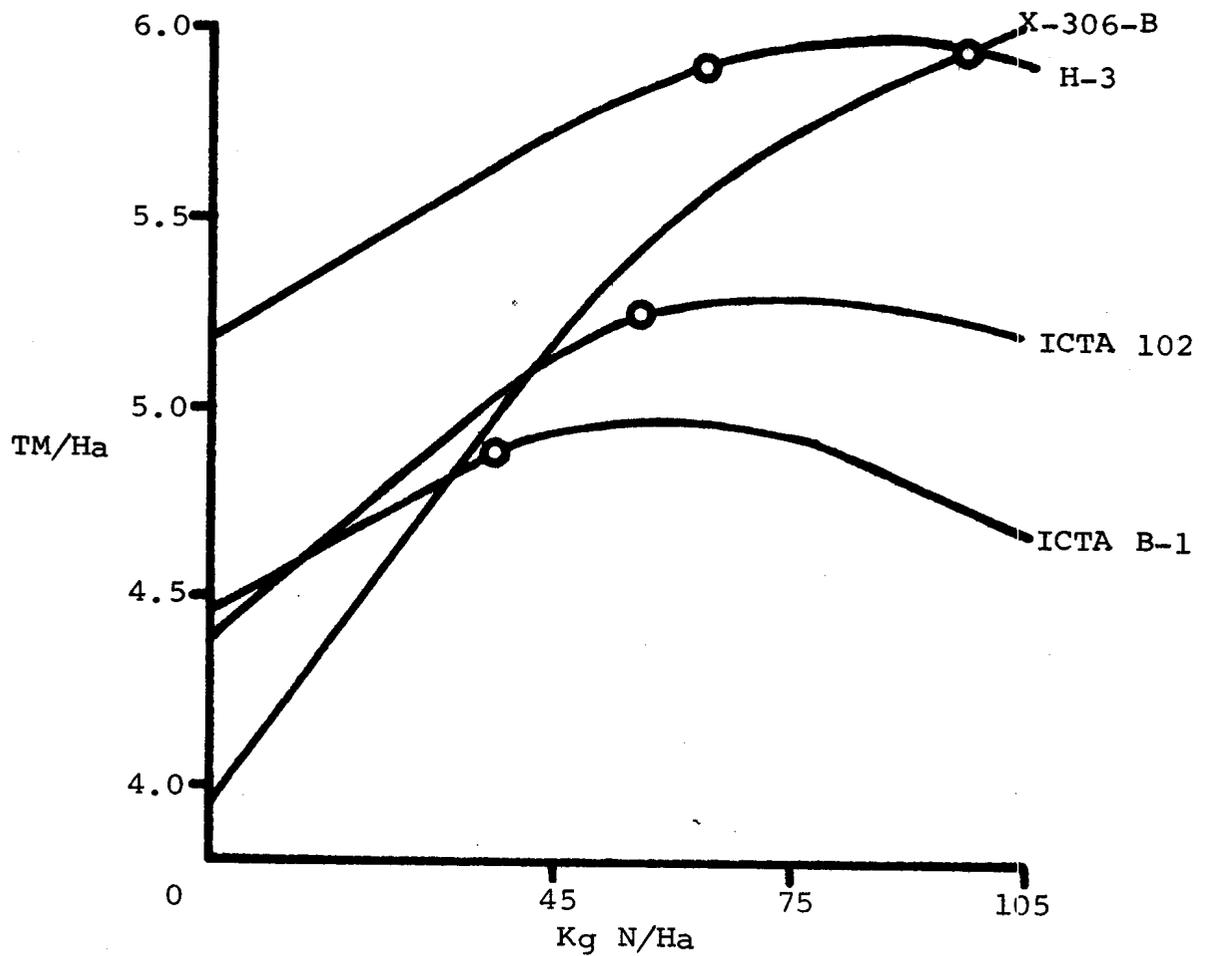
Los componentes para determinar las dosis óptimas económicas se muestran en el Cuadro 6 y las tendencias de respuesta de los genotipos en la Figura 1.

En el Cuadro 6 son observables las diferencias en cuanto a requerimientos de nitrógeno presentan los

Cuadro 6. Ajuste del modelo $Y=b_0+b_1N+b_2N^2$ a las tendencias de respuesta observada por Genotipo en la Localidad A-7 y Cálculo de la Dosis Optima Económica (DOE). La Máquina, 1975.

Genotipos	b_0	b_1	b_2	DOE	Y
X-306-B	3953	34.2900	-0.1436	97.1	5929
H-3	5166	17.0754	-0.0897	63.1	5887
ICTA Tropical 102	4383	24.0600	-0.1570	56.1	5238
ICTA B-1	4430	17.4830	-0.1476	37.6	4878

FIGURA 1. Tendencias de Respuesta por Genotipo en la Localidad A-7, mediante la utilización de Regresión Cuadrática. La Máquina, 1975.



genotipos estudiados, encontrándose que el de menor requerimiento es la variedad ICTA B-1, que es de polinización libre y el de mayor requerimiento es el híbrido X-306-B.

En cuanto a tasa de respuesta por kilogramo de nitrógeno aplicado, el X-306-B fue el más eficiente en convertir el nitrógeno absorbido en rendimiento, ya que ésta fue de 34.29 Kg de maíz en grano por Kg de nitrógeno aplicado; en segundo orden se encuentra el ICTA Tropical 102, cuya conversión de nitrógeno a grano fue de 1 a 24.06 y en similar condición se encuentran el H-3 y el ICTA B-1, con una tasa de respuesta de 17.08 y 17.48 Kg de maíz en grano por Kg de nitrógeno aplicado, respectivamente.

Del mismo Cuadro 6 podemos observar que el X-306-B requiere de 97.1 Kg de nitrógeno como dosis óptima, para elevar los rendimientos de 3953 a 5929 Kg/Ha, o sea un incremento de 1976 Kg/Ha, en comparación con un incremento de 448 Kg/Ha que se observa en la variedad ICTA B-1, que fue la de menor requerimiento, siendo éste de 37.6 Kg de nitrógeno. El ICTA Tropical 102 y H-3, requieren como dosis óptimas 56.1 y 63.1 Kg de nitrógeno, respectivamente.

Las dosis óptimas económicas determinadas para

los genotipos de este estudio en la Localidad A-7, que fluctuaron entre 37.6 y 97.1 Kg/Ha de nitrógeno, podemos decir que están aceptables, ya que según Salazar J.R. (32) durante 1974 los niveles económicos de aplicación a nivel centroamericano fueron entre 60 y 90 Kg/Ha de nitrógeno; niveles que también son similares a los reportados por Zelaya Q. (39) y Salas y Bonilla (29), para Granada (Nicaragua) y Liberia y Cartago (Panamá), respectivamente. Con respecto a lo reportado para Guatemala, tenemos que las dosis óptimas económicas determinadas en este estudio, son similares a las reportadas por Ortiz Mayén (23) que es de 80 Kg N/Ha; por el ICTA de 84 y 82 Kg N/Ha (10) y Pineda (28) de 82 Kg N/Ha.

4.2 DEL AJONJOLI

Los resultados obtenidos de tres experimentos de ajonjolí localizados en A-7, B-6 y C-8, expresados en TM/Ha se anotan en el Cuadro 7. Estos sirvieron de base para realizar el análisis estadístico para detectar diferencias significativas entre niveles de nitrógeno aplicados al ajonjolí, efecto residual del nitrógeno aplicado al maíz y la interacción de ambos;

los resultados de este análisis se reportan en el Cuadro 8, en donde es observable que únicamente en la Localidad B-6 fue posible detectar efectos significativos de los factores estudiados, siendo esta significancia al 0.01 de probabilidad para niveles de nitrógeno y nitrógeno residual y de 0.05 de probabilidad para la interacción de ambos.

4.2.1 Niveles de Nitrógeno Aplicados al Ajonjolí

Al utilizar la Mínima Diferencia Significativa (MDS) en los resultados de la Localidad B-6, se obtuvo como mejor nivel de aplicación el de 75 Kg N/Ha, el cual fue superior a los tres restantes. A los mismos rendimientos significantes se les sometió a Análisis de Regresión Cuadrática, mediante el modelo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2$ con el objetivo de precisar la dosis óptima económica, la cual se determinó en 72.3 Kg N/Ha, para un rendimiento de 756 Kg/Ha y una tasa de respuesta de 30.3 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado. Esta dosis óptima económica es ligeramente inferior a la determinada mediante el uso de la Mínima Diferencia Significativa (MDS) y ligeramen-

Cuadro 7. Rendimientos promedios de Ajonjolí, expresados en TM/Ha. La Máquina, 1975.

Tratamientos Kg N/Ha.	Subtratamientos Kg N/Ha Residual	-----LOCALIDADES-----		
		A-7	B-6	C-8
0	0	0.652	0.539	0.922
	45	0.553	0.510	0.950
	75	0.695	0.496	0.889
	105	0.900	0.861	1.092
45	0	0.808	0.532	0.851
	45	0.936	0.496	0.971
	75	0.851	0.620	0.898
	105	0.808	0.482	0.815
75	0	0.936	0.660	0.936
	45	0.879	0.730	0.865
	75	0.886	0.865	1.014
	105	0.737	0.794	0.858
105	0		0.492	0.957
	45		0.652	0.964
	75		0.633	0.780
	105		0.832	1.085

Cuadro 8. Resultados del Análisis de Varianza realizado a los rendimientos promedios en Ajonjolí, expresados en términos de Cuadrados Medios y su Significancia al 0.05 y 0.01 de Probabilidad. La Máquina, 1975.

Fuentes de Variación	LOCALIDADES					
	A-7		B-6		C-8	
	Gl	C.M.	Gl	C. M.	Gl	C. M.
Parcelas Principales	11		15			
Niveles de Nitrógeno	2	0.128 NS	3	0.150 **	3	0.019 NS
Repeticiones	3	0.049 NS	3	0.027 NS	3	0.054 NS
Error (a)	6	0.041	9	0.017	9	0.059
Subparcelas	36		48			
Niveles N Residual	3	0.001 NS	3	0.105 **	3	0.013 NS
Niveles N x Niveles N Residual	6	0.064 NS	9	0.047 *	9	0.040 NS
Error (b)	27	0.048	36	0.019	36	0.029
Total	47		63		63	
M.D.S. Niveles de N		-.----		1.668		-.----
M.D.S. Niveles de N Residual		-.----		1.582		-.----

* Significativo al 0.05 de Probabilidad
 ** Significativo al 0.01 de Probabilidad
 NS No significativo.

te superior a la reportada por Palencia (25) que es de 69 Kg N/Ha, obtenida en este Parcelamiento durante 1973.

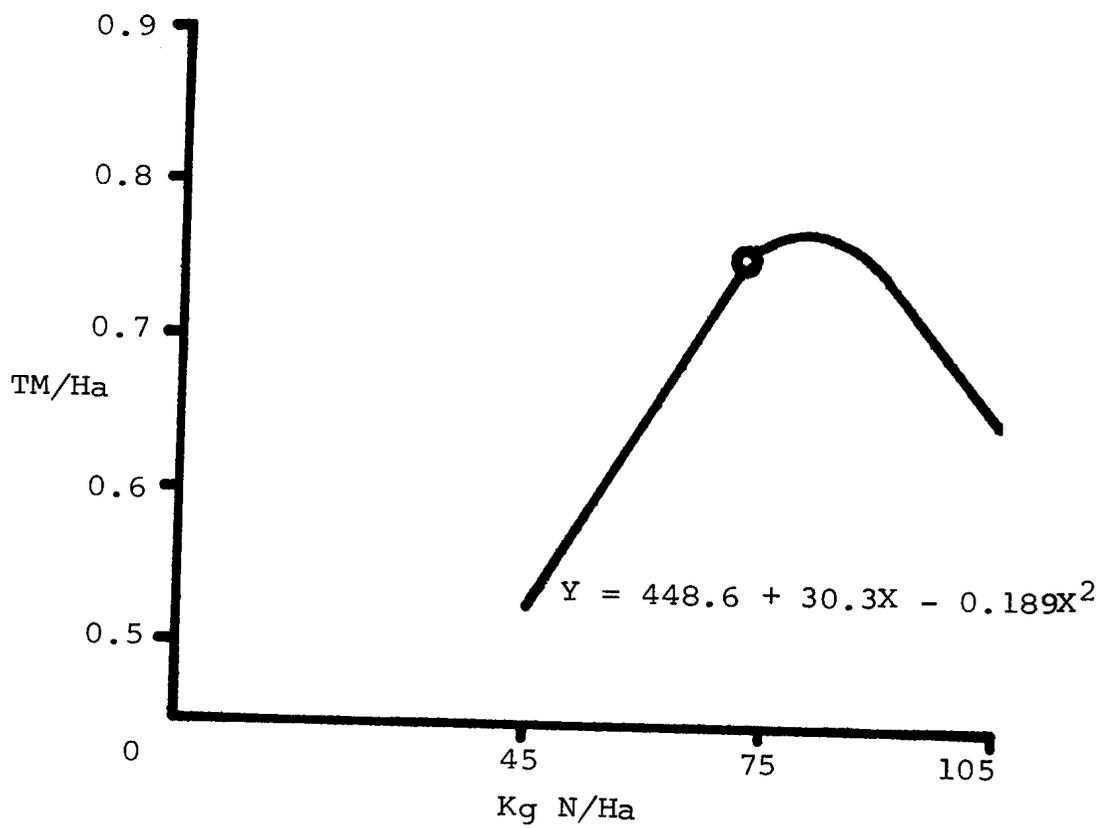
La interpretación gráfica de la Regresión Cuadrática realizada puede verse en la Figura 2.

4.2.2 Efecto Residual del Nitrógeno Aplicado al Maíz Sobre el Ajonjolí

Para una mejor interpretación de las significancias del efecto residual del nitrógeno, se procedió a realizar un Análisis de Regresión Cuadrática entre el rendimiento y los niveles de nitrógeno residual aplicados al maíz, en función del nitrógeno aplicado al ajonjolí, mediante el modelo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2$, cuyos coeficientes se presentan en el Cuadro 9.

Mediante la utilización del modelo anterior, se pudo establecer que cuando el efecto residual proviene de 105 Kg N/Ha aplicados al maíz, al adicionar nitrógeno al ajonjolí se tiene un efecto negativo en el rendimiento, ya que la tasa de respuesta negativa nos indica que no deben hacerse aplicaciones de nitrógeno al ajonjolí, cuando se tiene un efecto residual proveniente de una alta aplicación de nitrógeno al cultivo anterior.

FIGURA 2. Respuesta a la Fertilización Nitrogenada de Ajonjolí, bajo niveles de Nitrógeno Residual. La Máquina 1975.



Cuadro 9. Valores de los coeficientes b_i del modelo $Y = b_0 + b_1N + b_2N^2$ ajustado a los rendimientos observados por tratamientos de Nitrógeno Residual aplicado al maíz en función del Nitrógeno aplicado al Ajonjolí. La Máquina, 1975.

N Residual Kg/Ha	b_0	b_1	b_2	DOE*	Y
0	-214.156	23.9750	-0.1643	63.8	647
45	-439.750	28.6000	-0.1733	73.8	727
75	474.300	8.0300	-0.0583	43.2	712
105	834.180	-9.5065	0.0949	-----	---

* DOE: Dosis óptimas.

Para el efecto residual de 75 Kg N/Ha, tenemos que se hace necesario adicionar 43.2 Kg N/Ha en ajonjolí, para obtener un rendimiento de 712 Kg/Ha. Podemos observar que aunque esta dosis óptima es menor que las presentadas por los niveles 0 y 45 Kg N/Ha aplicados al maíz, la tasa de respuesta es de solamente 8.03 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado.

La dosis de 73.8 Kg N/Ha aplicados al ajonjolí, que es la óptima para 45 Kg N/Ha residual aplicados al maíz, produce un rendimiento de 727 Kg/Ha, con una tasa de respuesta de 28.6 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado. Esta tasa de respuesta al fertilizante aplicado al ajonjolí, es la mayor entre las obtenidas en los distintos tratamientos y con la cual se obtiene el mejor rendimiento.

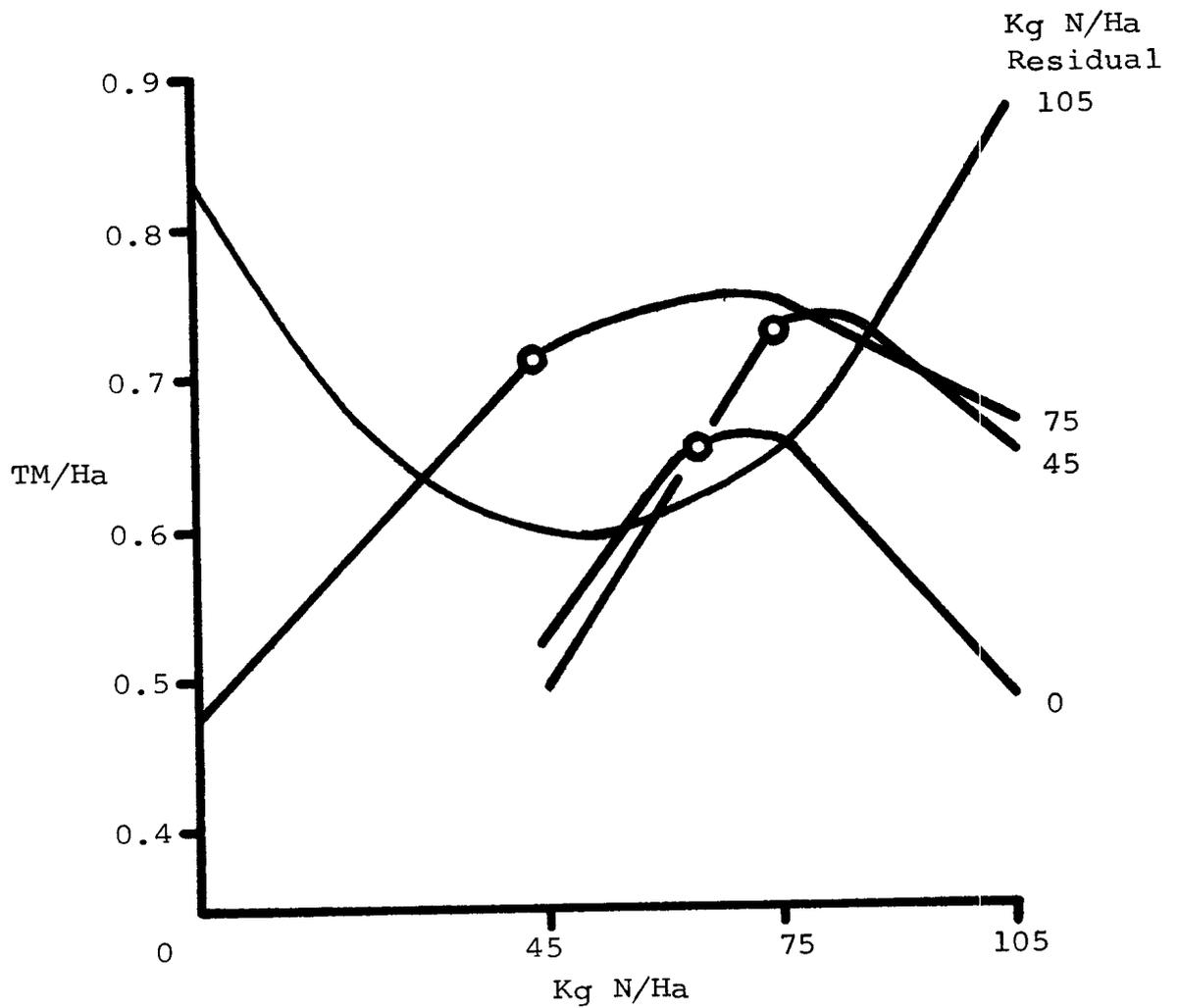
Cuando no se ha aplicado nitrógeno al maíz, 0 Kg N/Ha residual, la dosis óptima de aplicación es de 63.8 Kg/Ha de nitrógeno para el ajonjolí, con la cual se obtiene un rendimiento de 647 Kg/Ha, con una tasa de respuesta de 23.98 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado; siendo este rendimiento y tasa de respuesta, ligeramente inferiores a los obtenidos con 45

Kg N/Ha residual.

Lo anteriormente descrito puede verse gráficamente en la interpretación de las Regresiones Cuadráticas efectuadas y que se presentan en la Figura 3.

Por lo observado en la Localidad A-7, se puede decir que sí se determinaron efectos significativos en la residualidad del nitrógeno y que esta residualidad aumenta conforme se aumenta el nivel de nitrógeno aplicado en el cultivo anterior; lo cual está de acuerdo a lo determinado por Mazariegos Anléu (17) y Tisdale y Nelson (35).

FIGURA 3. Respuesta del Ajonjolí a Nitrógeno Residual bajo cuatro Niveles de Nitrógeno. La Máquina 1975.



5. CONCLUSIONES

En base a la discusión de los resultados experimentales obtenidos en las condiciones en que se realizaron los experimentos, se pueden considerar las siguientes conclusiones:

1. De los genotipos de maíz incluidos en el presente estudio, el de mayor rendimiento para todas las localidades fue el X-306-B, seguido por el H-3 y en tercer lugar indiferentemente el ICTA Tropical 102 y/o el ICTA B-1.
2. Los mayores rendimientos de los genotipos estudiados correspondieron a las Localidades A-7 y C-16, debido a que en las mismas no se presentaron limitaciones de humedad en las etapas críticas del ciclo de cultivo.
3. Las dosis óptimas económicas de aplicación de nitrógeno, determinadas en la Localidad A-7 para cada genotipo de maíz, son las siguientes:

El X-306-B requiere de 97.1 Kg N/Ha para elevar los rendimientos de 3953 a 5929 Kg de maíz en grano/Ha, con una tasa de respuesta de 34.29 Kg de maíz producido por Kg de nitrógeno aplicado.

El H-3 requiere de 63.1 Kg N/Ha para elevar los rendimientos de 5166 a 5887 Kg de maíz en grano/Ha, con una tasa de respuesta de 17.07 Kg de maíz por Kg de nitrógeno aplicado.

El Icta Tropical 102 requiere 56.1 Kg N/Ha, para elevar los rendimientos de 4383 a 5238 Kg de maíz en grano/Ha, con una tasa de respuesta de 24.06 Kg de maíz producido por Kg de nitrógeno aplicado.

El Icta B-1 requiere de 37.6 Kg N/Ha para elevar los rendimientos de 4430 a 4878 Kg de maíz en grano/Ha, con una tasa de respuesta de 17.48 Kg de maíz producido por Kg de nitrógeno aplicado.

4. No hubo significancia entre los tratamientos de nitrógeno aplicados a los genotipos de maíz estudiados, en las Localidades A-13, B-6, C-8, y C-16, por lo que lo descrito en la conclusión 3 es válido en áreas del parcelamiento en las que se presentan condiciones ecológicas similares a la Localidad A-7.
5. En la localidad B-6 se detectó diferencias significativas entre los tratamientos de nitrógeno aplicados al ajonjolí, no así para el resto de localidades estudiadas. La dosis óptima económica determinada fue de 72.3 Kg N/Ha, para obtener un rendimiento de 756

Kg de ajonjolí/Ha, con una tasa de respuesta de 30.3 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado.

6. El efecto residual del nitrógeno aplicado al maíz sobre el rendimiento del ajonjolí, fue significativo únicamente en la Localidad B-6, en las siguientes condiciones:

Al aplicar 105 Kg N/Ha al maíz, se requieren 0 Kg N/Ha para obtener un rendimiento favorable de ajonjolí, ya que al adicionar nitrógeno al segundo cultivo se produce un efecto negativo en el rendimiento del mismo.

Cuando la aplicación de nitrógeno al maíz es de 75 Kg N/Ha, se requieren de 43.2 Kg N/Ha de aplicación al ajonjolí, para obtener un rendimiento de 712 Kg de ajonjolí/Ha, con una tasa de respuesta de 8.03 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado.

Para obtener un rendimiento de 727 Kg de ajonjolí/Ha, con una tasa de respuesta de 28.6 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado, se requieren de 73.8 Kg N/Ha de aplicación al ajonjolí, cuando la aplicación de nitrógeno al maíz es de 45 Kg N/Ha.

Cuando la aplicación de nitrógeno al maíz es de 0 Kg N/Ha, se requiere de 63.8 Kg N/Ha de aplicación al ajonjolí, para obtener un rendimiento de 647 Kg de ajonjolí/Ha, con una tasa de respuesta de 23.98 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado.

7. Por la falta de respuesta a la fertilización nitrogenada en los dos cultivos para una misma localidad, no se pudo establecer la fertilización adecuada para el sistema de cultivo maíz-ajonjolí.
8. Se recomienda que futuras investigaciones sobre fertilización nitrogenada en el Parcelamiento La Máquina, sean correlacionadas con factores limitantes de clima, suelo y manejo.

6. BIBLIOGRAFIA

1. ALPIZAR NUÑEZ, JESUS. Evaluación de fertilizantes nitrógenados de liberación lenta. Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1967. 59 p. (Tesis Ing. Agr.)
2. BALLESTEROS S., PATRICIO. Estudio del efecto de la densidad de población y fertilización edáfica N, P, K sobre el rendimiento del maíz Braquítico 2. EN: 18a. Reunión Anual del PCCMCA. Nicaragua, 6-10 Marzo, 1972.
3. BARTHOLOMEW, W.V. El nitrógeno del suelo; procesos de abastecimiento y requerimientos de los cultivos. ISFEI, North Carolina State University at Faleigh, U.S.A. Bol. Téc. No. 6, 1972. 97 p.
4. BLACK, C.A. Soil-Plant Relationships. New York, John Wiley, 1968. 792 p.
5. BOTACIO, JOAQUIN y AVILA, GUILLERMO. Ensayo de fertilización de maíz del PCCFM en La Mata, Panamá. EN: 7a. Reunión Centroamericana PCCMM. Tegucigalpa, Honduras, 20-23 Febrero, 1961.
6. COOKE, G.W. Fertilizantes y sus usos. 2d. ed. Trad. Alonso Blackaller Naldez. México, Editorial Continental, 1965. 180 p.
7. DE LA LOMA, J.L. Experimentación Agrícola. 2a. edición. México, UTEHA, 1966, 493 p.
8. ESCOBAR BARRERA, RAMON. Investigación sobre la producción y comercialización del cultivo del ajonjolí en Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1974. 77 p. (Tesis Ing. Agr.)
9. GUATEMALA, Ministerio de Agricultura; División de Investigaciones Agropecuarias. Memoria Anual 1966. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Direc. Gral. de Investigación Agrícola, 1967. 218 p.

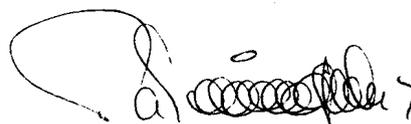
10. GUATEMALA, Ministerio de Agricultura; Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe Anual 1974-75. Guatemala, ICTA, 1975. 298 p.
11. GUATEMALA, Ministerio de Agricultura; Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. Informe Anual La Máquina 1975. Guatemala, ICTA, 1976. 114 p.
12. GUATEMALA, Ministerio de Agricultura; Instituto Nacional de Transformación Agraria. Recursos Naturales Renovables de los Parcelamientos Agrarios de Guatemala. Guatemala, INTA, Sección de Estadística, Publicación No. 2, 1974. 86 p.
13. HARDY, F. The soils of IAIAS area. Turrialba, Costa Rica, Cacao Center, IAIAS, 1966. 76 p. (Mimeografiado).
14. KUILE TER, C.H.H. Informe sobre resultados de demostraciones y ensayos con fertilizantes en maíz durante los años 1963, 1964 bajo el programa de fertilizantes de FAO. EN: 11a. Reunión Anual del PCCMCA. Panamá, 16-19 Marzo. 1965.
15. LAIRD, R.J. Resumen general de los experimentos de fertilización llevados a cabo en forma cooperativa por el PCCMCA durante el período 1960-1963. EN: 10a. Reunión Anual del PCCMCA. Guatemala, 2-4 Marzo, 1964.
16. MATHEU CASTELLANOS, RAUL ARNOLDO. Efecto de la materia orgánica en el aprovechamiento de fertilización con NPK en el rendimiento del cultivo de maíz. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 41 p. (Tesis Ing. Agr.)
17. MAZARIEGOS ANLEU, FRANCISCO JAVIER. Abonamiento con N-P-K, en maíz y frijol y su efecto residual sobre la productividad y propiedades del suelo. Turrialba, Costa Rica, IICA/OEA, 1969. 90 p.

18. MEZA SILVA, LUIS RENE. Efecto de la variación de 7 niveles de nitrógeno en la producción de grano de maíz. Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1966. 29 p. (Tesis Ing. Agr.)
19. OBIOLS, A. Atlas preliminar de Guatemala. 3a. ed. Guatemala, Instituto Geográfico Nacional, 1966. 22 p.
20. OLIVA SABORIO, MILTON. Efecto de diferentes fuentes de nitrógeno sobre el maíz. Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1967. 32 p. (Tesis Ing. Agr.)
21. ORTIZ MAYEN, OSCAR I. Experiencias sobre fertilización en Guatemala. Guatemala, Ministerio de Agricultura, Direc. Gral. de Investigación y Control Agrícola, Bol. Téc. No. 15, 1965. 38 p.
22. ORTIZ MAYEN, OSCAR I. Resultados de ensayos experimentales. Guatemala, Ministerio de Agricultura; Dir. Gral. de Inv. y Extensión Agrícola; Depto. de Suelos, 1968. 's.p.c.' (mimeografiado).
23. ORTIZ MAYEN, OSCAR I. Algunos resultados sobre fertilizantes de maíz en Guatemala. EN: 7a. Reunión Centroamericana PCCMM. Tegucigalpa, Honduras, 20-23 Febrero, 1961.
24. PALENCIA, J.A. Caracterización de algunos suelos derivados de cenizas volcánicas en Centro América. (Tesis Mg. Sc.) Turrialba, Costa Rica, IICA, 1969. 168 p.
25. PALENCIA, J.A. Programa de Nutrición Vegetal, Informe Anual 1973, ICTA, 1974. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 71 p.
26. PALENCIA, J.A. Programa de Nutrición Vegetal, Informe Anual 1974, ICTA, 1975. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 123 p.

27. PERDOMO, R. y HAMPTON, H.E. Ciencia y Tecnología del suelo. Universidad de San Carlos de Guatemala; Centro de Producción de Materiales, 1970. 366 p.
28. PINEDA MARTINEZ, HECTOR LEONEL. Efecto de niveles y frecuencias de aplicación de nitrógeno sobre el rendimiento y sus componentes en el cultivo del maíz, en el Sur-Oriente de Guatemala. Guatemala, Universidad de San Carlos, Facultad de Agronomía, 1976. 58 p. (Tesis Ing. Agr.)
29. SALAS, CARLOS A. y BONILLA, NEVIO. Ensayos uniformes de fertilización del maíz en Costa Rica. EN: 7a. Reunión Centroamericana PCCMM. Tegucigalpa, Honduras, 20-23 Febrero, 1961.
30. SALAZAR, JOSE ROBERTO. Estudio de fertilización en maíz. Sta. Tecla, El Salvador, Ministerio de Agricultura y Ganadería. Bol. Téc. No. 50, Sep. 1970. 78 p.
31. SALAZAR, JOSE ROBERTO. Informe de los resultados obtenidos en El Salvador con los ensayos de fertilizantes con maíz del PCCMM. EN: 7a. Reunión Centroamericana PCCMM. Tegucigalpa, Honduras, 20-23 Febrero, 1961.
32. SALAZAR, JOSE ROBERTO. Informe General de los ensayos de fertilización de maíz en Centroamérica. EN: 11a. Reunión Anual PCCMCA. Panamá, 16-19 Marzo, 1965.
33. SANDOVAL ASSEF, JOSE LUIS. El nivel crítico del nitrógeno en el maíz (*Zea mays*). Costa Rica, Universidad, Facultad de Agronomía, 1971. 71 p. (Tesis Ing. Agr.)
34. SIMMONS, C.S. 'et al'. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala. Guatemala, Minist. Ed. Pública, Editorial "José Pineda Ibarra" 'y' Minist. Agricultura IAN/SCIDA, 1959. 1000 p.

35. TISDALE, S.L. & NELSON, W.L. Soil fertility and fertilizers; 2a. Edition. New York, McMillan, 1966. 694 p.
36. VALLECILLO GUTIERREZ, THOMAS. Efecto de la distancia entre surcos, fertilizantes y la cantidad de semilla en el rendimiento del ajonjolí. Managua, Nicaragua, Escuela Nacional de Agricultura y Ganadería, 1973. 20 p. (Tesis Ing. Agr.)
37. VILLENENA D., WILLY. Resultados preliminares 1975. San José, Costa Rica, PCCMCA, 15-16 Marzo, 1976.
38. VILLENENA D., WILLY. Resumen de actividades del programa de maíz del PCCMCA durante 1975. EN: XXII Reunión Anual PCCMCA. Volumen II. San José, Costa Rica, PCCMCA, 1976.
39. ZELAYA Q., RONALD. Desarrollo del programa cooperativo de fertilización química del maíz en Nicaragua. EN: 7a. Reunión Centroamericana PCCMM. Tegucigalpa, Honduras, 20-23 Febrero, 1961.

Vo.Bo.


Palmira R. de Quan
Bibliotecaria

Imprimase:

A handwritten signature in cursive script, appearing to read 'R. Estrada G.', with a small number '14' written below it.

Ing. Agr. Rodolfo D. Estrada G.
Decano en Funciones

