

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

RESPUESTA DEL AJONJOLI (Sesamum indicum L.)
A LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO
EN SANTIAGO AGRICOLA, CHAMPERICO, RETALHULEU



Presentada a la honorable Junta Directiva
de la Facultad de Agronomía

POR

JUAN ANTONIO CALDERON ROSALES

Al otorgarle el título de

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

En el grado académico de

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

GUATEMALA, 1989

COPIAS DE LA
BIBLIOTECA

UNIVERSIDAD DE GUATEMALA
BIBLIOTECA CENTRAL

Dh
01
T(1141)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

RECTOR

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Anibal B. Martinez M.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Gustavo A. Mendez G.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Jorge Sandoval I.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Mario Melgar
VOCAL CUARTO	P.A. Hernán Perla
VOCAL QUINTO	P.A. Byron Milian Vicente
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

27 de Abril de 1989.

Ingeniero Agrónomo:
Hugo Tobías,
Director del Instituto de
Investigaciones Agronómicas (IIA).
Su Despacho.

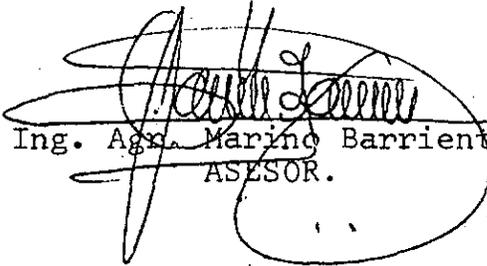
Señor Director:

Atentamente comunico a usted, que de acuerdo a las normas establecidas por la Facultad de Agronomía para la realización de la investigación de tesis, he procedido a asesorar al estudiante JUAN ANTONIO CALDERON ROSALES, carnet No. 81-10023, en el desarrollo del trabajo titulado: "RESPUESTA DEL AJONJOLI -- (Sesamun pndicum L.) A LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO EN SANTIAGO AGRICOLA, CHAMPERICO, RETALHULEU".

Y en virtud de haberse llevado a cabo satisfactoriamente con apego a los procedimientos del proceso de la investigación aplicada, recomiendo a usted su aprobación para la publicación del informe final.

Cordialmente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Marino Barrientos.
ASESOR.

cc: Archivo.
MB:bsc.



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

Guatemala
27 de abril de 1989

Ingeniero Agrónomo
Hugo Tobías, Director
Instituto de Investigaciones Agronómicas
Facultad de Agronomía

Ingeniero Tobías:

Atentamente le informo que procedí a asesorar el trabajo de Tesis del estudiante Juan Antonio Calderón Rosales, titulado: "RESPUESTA DEL AJONJOLI (Sesamum indicum L.), A LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO EN SANTIAGO AGRICOLA, CHAMPERICO, RETALHULEU.

Considero que reúne todos los requisitos académicos necesarios para su autorización, formalmente le solicito que dicho trabajo sea aprobado.

Deferentemente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Agr. Juan H. González Martínez
A S E S O R

JHGM/avg

Guatemala, mayo de 1989.

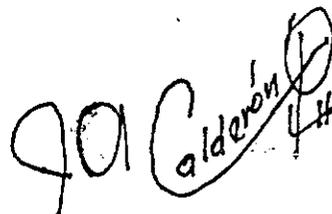
Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal Examinador
Facultad de Agronomía
Universidad de San Carlos de Guatemala
Presente.

De conformidad con las normas establecidas en la ley orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

"Respuesta del ajonjolí (Sesamum indicum L.)
a la fertilización con nitrógeno y fósforo
en Santiago Agrícola, Champerico, Retalhuleu"

Presentándolo como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícolas con el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Esperando contar con la aprobación del mismo, me suscribo de ustedes respetuosamente,

A handwritten signature in black ink, consisting of the initials 'JAC' followed by the name 'Calderón' and a stylized flourish.

Juan Antonio Calderón Rosales
Carnet no. 81-10023

ACTO QUE DEDICO

A JEHOVA

Gracias Señor, por permitirme alcanzar esta meta.

A MIS PADRES

Juan Antonio Calderón Mejicanos
María Teresa Rosales de Calderón
Porque gracias a su esfuerzo, colaboración, comprensión y paciencia alcancé esta meta académica.

A MIS ABUELITAS

Claudia García Díaz
Josefina Mejicanos Vda, de Calderón
Cariñosamente

A MIS HERMANOS

Hugo Rolando, Carlos Enrique y Marlon Raúl
Por los momentos que hemos compartido y las experiencias convividas

A MI HIJA

María Calderón
A quien la recuerdo cariñosamente

A

Johanna Escobar
Una persona especial

A MI FAMILIA Y AMIGOS EN GENERAL

TESIS QUE DEDICO

A: Mi Patria Guatemala
A: La Universidad de San Carlos de Guatemala
A: La Facultad de Agronomía
A: La Cooperativa Agrícola Integral
"Santiago Agrícola R.L."

CONTENIDO

	pagina
RESUMEN	
I. INTRODUCCION	1
II. HIPOTESIS	3
III. OBJETIVOS	3
IV. REVISION DE BIBLIOGRAFIA	4
1. El Ajonjolí	4
1.1 Historia, origen y distribución	4
1.2 Clasificación taxonómica	4
1.3 Descripción de la planta	5
1.4 Requerimientos ecológicos del cultivo	5
1.5 Pudrición de la base del tallo	6
2. La Fertilización	7
2.1 Importancia del nitrógeno y el fósforo en el suelo	7
2.2 Respuesta del cultivo de ajonjolí a la apli- cación de nitrógeno y fósforo	9
2.3 Estudios sobre efectos residuales de fertili- zación en el sistema de cultivo maíz-ajonjolí	11
V. MATERIALES Y METODOS	12
1. Los Sitios Experimentales	12
1.1 Ubicación	12
1.2 Suelos	12
1.3 Clima	13
1.4 Ecología	13
2. La Variedad Utilizada	13
3. El Diseño De Los Tratamientos	14
4. El Diseño Experimental	15
5. El Manejo Del Experimento	16
5.1 Siembra	16
5.2 Fertilización	16
5.3 Limpias	16
5.4 Control de plagas y enfermedades	16

	pagina
5.5 Cosecha	17
6. Variables de Respuesta	17
7. Análisis Estadístico	18
8. Análisis Económico	20
VI. RESULTADOS Y DISCUSION	22
VII. CONCLUSIONES	36
VIII. RECOMENDACIONES	37
IX. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	38
X. APENDICE	40

CONTENDIDO DE CUADROS

	pagina
CUADRO 1. Resultados del análisis de las muestra de suelo de los sitios experimentales ...	13
CUADRO 2. Diseño de tratamientos obtenidos por la matriz Plan Puebla II y el testigo	15
CUADRO 3. Resumen del análisis de varianza combinado para el rendimiento de grano, número de cápsulas por planta y peso de 100 semillas	24
CUADRO 4. Análisis económico para calcular la dosis óptima para capital limitado a través de los rendimientos observados por medio de la tasa de retorno de capital variable en la localidad con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm	29
CUADRO 5. Análisis económico para calcular la dosis óptima para capital limitado a través de los rendimientos observados por medio de la tasa de retorno de capital variable en la localidad con contenido de fósforo menor de 7 ppm	34

CUADROS EN EL APENDICE

	pagina
CUADRO 6. Rendimiento (Kg/ha), número de cápsulas por planta, peso de 100 semillas e incidencia de <u>Phytophthora</u> sp. obtenidos en el sitio con fósforo entre 7 y 15 ppm ..	41
CUADRO 7. Promedios de las variables de respuesta de acuerdo a los niveles de nitrógeno y fósforo, obtenidos en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm	42

	pagina
CUADRO 8. ANDEVA para el rendimiento de grano en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm	43
CUADRO 9. ANDEVA para el número de cápsulas por planta en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm	44
CUADRO 10. ANDEVA para el peso de 100 semillas en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm	45
CUADRO 11. Prueba de Tukey para los promedios del número de cápsulas por planta en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm .	46
CUADRO 12. Prueba de Tukey para los promedios del peso de 100 semillas en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm	46
CUADRO 13. Rendimiento (Kg/ha), número de cápsulas por planta, peso de 100 semillas e incidencia de <u>Phytophthora sp.</u> obtenidos en el sitio con contenido de fósforo menor de 7 ppm	47
CUADRO 14. Promedios de las variables de respuesta de acuerdo a los niveles de nitrógeno y fósforo obtenidos en el sitio con contenido de fósforo menor de 7 ppm	48
CUADRO 15. ANDEVA para el rendimiento de grano en el sitio con contenido de fósforo menor de 7 ppm	49
CUADRO 16. ANDEVA para el número de cápsulas por planta en el sitio con contenido de fósforo menor de 7 ppm	50
CUADRO 17. ANDEVA para el peso de 100 semillas en el sitio con contenido de fósforo menor de 7 ppm	51
CUADRO 18. Prueba de Tukey para los promedios del número de cápsulas en el sitio entre 7 y 15 ppm	52

pagina

CUADRO 19. Prueba de Tukey para los promedios del -
peso de 100 semillas en la localidad con
contenido de fósforo menor de 7 ppm

52

RESPUESTA DEL AJONJOLI (Sesamum indicum L.) A
LA FERTILIZACION CON NITROGENO Y FOSFORO EN
SANTIAGO AGRICOLA, CHAMPERICO, RETALHULEU.

AJONJOLI (Sesamum indicum L.) RESPOND TO
NITROGEN AND PHOSPHORUS FERTILIZING IN
SANTIAGO AGRICOLA, CHAMPERICO, RETALHULEU.

RESUMEN

El presente trabajo es un estudio acerca del uso de fertilizantes nitrogenados y fosfatados en el cultivo de ajonjolí, en dos sitios experimentales, los que diferían en el contenido nativo de fósforo en el suelo, uno entre 7 y 15 ppm y el otro menor de 7 ppm. Se evaluó el rendimiento de grano, número de cápsulas por planta y el peso de la semilla como respuesta a la aplicación a los niveles 0, 60, 90, 120 y 180 Kg/ha de nitrógeno y los niveles 0, 30, 45, 60 y 90 Kg/ha de fósforo, a través de un diseño experimental en bloques al azar, con un arreglo factorial incompleto cuyo diseño de tratamientos se hizo mediante la matriz experimental Plan Puebla II.

Se determinó que el contenido nativo de fósforo en el suelo es un factor determinante en la respuesta del cultivo de ajonjolí a la fertilización con nitrógeno y fósforo. Ambos sitios presentaron respuesta favorable, pero fue mayor la magnitud de la misma en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm.

El rendimiento en el sitio experimental con contenido de fósforo intermedio, entre 7 y 15 ppm, aumentó a razón de 3.67 y 4.01 Kg/ha por cada Kg/ha de nitrógeno y fósforo aplicado respectiva-

mente. En el sitio experimental con contenido de fósforo deficiente, menor de 7 ppm, el rendimiento aumentó a razón de 3.21 y 3.50 Kg/ha por cada Kg/ha de nitrógeno y fósforo aplicado respectivamente.

El incremento del rendimiento respondió a una superficie de respuesta lineal, por lo que todas las combinaciones de los niveles evaluados entre los rangos 0 y 180 Kg/ha de nitrógeno y 0 y 90 Kg/ha de fósforo, proporcionaron dosis económicamente eficientes, las que suministran tasas de retorno de capital variable similares.

I. INTRODUCCION.

El cultivo de ajonjolí ha adquirido un gran interés en mercados internacionales debido al alto contenido de aceite en la semilla, incrementándose grandemente la demanda, hasta ubicarse entre los ocho productos más importantes de agroexportación (9).

En la Cooperativa Santiago Agrícola, municipio de Champerico en el Departamento de Retalhuleu, el sistema de cultivo de relevo maíz-ajonjolí es la alternativa económica y la actividad productiva más importante que realizan los pequeños agricultores.

Sin embargo, a pesar de que el ajonjolí tiene condiciones potenciales de cultivo y de mercado muy favorables, en Santiago Agrícola, los agricultores obtienen rendimientos muy bajos, que varían entre 318 y 455 Kg/ha (5), mientras que el promedio en la Costa Sur es de 864 Kg/ha (9). La situación problemática de los bajos rendimientos, entre cuyas múltiples causas se destaca la no utilización de fertilizantes, que conjuntamente con la existencia de información no consistente y resultados no concluyentes de investigaciones previas ha dado origen a este trabajo, que trata de responder a la necesidad de resolver dicho tópico, como una acción de solución, a fin de generar mejores ingresos y así lograr un mejor nivel de vida para los agricultores que realizan esta actividad.

El experimento consistió en evaluar la respuesta del cultivo de ajonjolí a la fertilización con nitrógeno y fósforo en un sitio con deficiencia de fósforo, menor de 7 ppm y en otro con contenido intermedio de fósforo, entre 7 y 15 ppm, habiéndose realizado el experimento en el parcelamiento de la Cooperativa

Agrícola Integral "Santiago Agrícola R.L." , en el municipio de Champerico, en el Departamento de Retalhuleu, durante el periodo comprendido entre los meses de agosto a diciembre de 1988.

II. HIPOTESIS:

Si el contenido de fósforo del suelo es un factor determinante en la respuesta del cultivo de ajonjolí a la aplicación de nitrógeno y fósforo, entonces es posible determinar la dosis económicamente más eficiente.

III. OBJETIVOS:

1. Determinar si el contenido de fósforo en el suelo es un factor determinante en la respuesta del cultivo de ajonjolí a la fertilización con nitrógeno y fósforo.
2. Determinar si en el cultivo de ajonjolí, la aplicación de nitrógeno y fósforo produce efectos favorables en el número de cápsulas por planta, el peso de la semilla y el rendimiento de grano.
3. Determinar dentro de que rango se encuentra la dosis óptica económica para cada uno de los elementos estudiados.

IV. REVISION DE BIBLIOGRAFIA:

1. EL AJONJOLI:

1.1 Historia, origen y distribución:

En los países de clima cálido del viejo mundo, el ajonjolí se cultiva desde tiempos inmemoriales (13). En el siglo XVI fué traído al continente americano, primero al Brasil por los navegantes portugueses y posteriormente en el siglo XVII se principió a cultivar en los Estados Unidos con semilla importada de Africa (2). Hildetebrandt, citado por Litzamberger (13), basando sus estudios sobre el conocimiento de las variedades morfológicas, bioquímicas y fenológicas, - considera que el ajonjolí es originario del Africa, en donde se encuentran los tipos primitivos, emigrando posteriormente a la India, en donde se diferenciaron un gran número de variedades y formas.

1.2 Clasificación Taxonómica:

Reino	Plantae
Sub reino	Embryobionta
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Sub clase	Asteridae
Orden	Scrophulariales
Familia	Pedaliaceae
Especie	<u>Sesamum indicum</u>

1.3 Descripción de la planta:

De acuerdo a la descripción hecha por Barrera (2) y por Lemus (12), las principales características son: raíz principal, con raíces secundarias y terciarias. El tallo es generalmente cuadrangular, cilíndrico en la parte basal, con un diámetro de 1 a 3 cm y su altura puede variar de 0.5 m hasta 2 metros. Las hojas son simples y generalmente lobuladas las de la parte basal y lanceoladas las de la parte apical. La disposición de las hojas no obedece a una filotaxia definida. Las flores son blancas, ligeramente lilas o rosadas de forma acampanada, gamopetalas, sésiles o cortamente pediceladas. Tiene 4 y raramente 5 estambres didínamos. El ovario es súpero y bicarpelar. Los frutos son cápsulas de dehiscencia loculícida, con 4 celdas llenas de semilla, encontrándose también frutos dobles con 8 celdas de semilla. La semilla es pequeña, de 2 a 4 mm, de forma achatada, de color variable entre el blanco cremosos y el negro. Aproximadamente el peso de la semilla en la mitad está constituida por aceite, el resto por proteína (35%), hidratos de carbono (8%) y minerales (2%).

1.4 Requerimientos ecológicos del cultivo de ajonjolí:

En general, el cultivo se desarrolla bien en zonas bajas entre 0 y 800 msnm. No requiere abundante precipitación y unos 800 mm al año son suficientes, desarrollándose bien bajo climas cálidos (27°C) promedio. Los suelos que prefiere son francos y drenados, sin embargo se desarrolla bien en suelos pesados o arenosos. (8).

1.5 Pudrición de la base del tallo en ajonjolí:

Enfermedad causada por el hongo Phytophthora sp que pertenece a la clase Ficomycetos, orden Peronosporales y familia - Phytiaceae, es un hongo inferior y ocupa el nivel evolutivo - más bajo, pertenece al grupo de hongos filamentosos, produce sus esporas sexuales en esporangios, el micelio es no tabicado (cenocítico), las esporas liberadas de un esporangio son - móviles (zoosporas), los esporangios se producen con abundancia si las condiciones son adecuadas, Este hongo es de gran importancia económica debido a que ocasiona pudrición de la - raíz y la base del tallo, hasta llegar al marchitamiento total de la planta, principalmente este daño lo ocasiona durante la floración y las pérdidas pueden ser grandes e irremediables, ya que el patógeno no se detecta hasta que el daño es visible y las plantas pueden morir en pocos días si las condiciones de humedad y temperatura son favorables para la diseminación del patógeno. El hongo sobrevive como oosporas, clamidosporas o micelio en el suelo, las primeras y segundas germinan cuando las condiciones son adecuadas y producen zoosporas, el micelio continúa su crecimiento y/o produce zoosporangios que liberan zoosporas. Las zoosporas nadan en el agua del suelo y penetran en las raíces, infectando los tejidos de la planta.

En la base del tallo la enfermedad tienen una apariencia similar a la de la "Pata negra del tabaco". (1).

La alternativa más adecuada para el control de la enfermedad es el uso de resistencia genética por medio de variedades mejoradas.

2. LA FERTILIZACION:

2.1 Importancia del nitrógeno y el fósforo en el suelo:

El nitrógeno del suelo es uno de los elementos más utilizados por la planta, ya que forma parte del protoplasma celular y de compuestos de singular importancia fisiológica dentro del metabolismo celular, tales como la clorofila, las nucleótidas, los fosfátidos, los alcaloides, así como las múltiples enzimas, hormonas y vitaminas. (11).

Casi siempre este elemento se encuentra deficiente en todos los suelos, por lo que si no hay una previsión adecuada, no habrá un crecimiento vigoroso y rápido, con poca absorción de fósforo y potasio. Por consiguiente la deficiencia de nitrógeno ejerce un marcado efecto sobre el rendimiento de la planta, las plantas permanecen pequeñas y se tornan cloróticas, dado que no existe suficiente nitrógeno para la síntesis proteica y clorofílica. A causa de la deficiencia la planta sufre la inhibición de su capacidad de asimilación y de la formación de carbohidratos, (11, 13, 15).

La abundante fertilización nitrogenada influye en primera línea sobre el crecimiento vegetativo, en tanto que el sistema radicular permanece pequeño e ineficaz, también el exceso provoca que la planta emplee la mayor parte de sus carbohidratos de peso molecular elevado, que la misma requiere para la formación de tejidos de consistencia, los que no son sintetizados en cantidades suficientes. reduciendo la resistencia del vegetal a inclemencias climáticas y enfermedades (11, 13, 15).

La mayoría de los suelos cultivados presentan en la capa arable un contenido de nitrógeno que oscila entre 0.02 y 0.4% y para suelos derivados de cenizas volcánicas en Guatemala, - valores que oscilan entre 0.17 y 1.25%, pudiéndose afirmar que poseen una buena cantidad de nitrógeno. Los procesos de abastecimiento y pérdida determinan el nitrógeno neto disponible. Los canales de pérdida y el proceso de absorción determinan la eficiencia de ellos por la planta (19).

El fósforo ocupa una posición central en el metabolismo de la planta. Los procesos anabólicos y catabólicos de los - hidratos de carbono podrán transcurrir normalmente si los compuestos orgánicos han sufrido una previa esterificación con - ácido fosfórico. El ácido fosfórico desempeña además, un importante papel dentro de los procesos de transformación de e-nergía, participando en forma decisiva en el metabolismo graso y por esto es muy importante la fertilización en plantas olea-ginosas. A su vez es un importante constituyente de múltiples y significantes compuestos vitales como la fitina, lecitina y los nucleótidos. La mayoría de enzimas hasta ahora conocidas contienen ácido fosfórico, (11).

Un gran número de plantas afectadas por deficiencias fosfóricas presentan un sistema radicular raquíticamente desarrollado. El abundante abastecimiento de fósforo es particularmente importante en plantas cuyo aprovechamiento es el grano, (11).

2.2 Respuesta del cultivo de ajonjolí a la aplicación de nitrógeno y fósforo:

Litzamberger (13), en ensayos hechos en México y Venezuela en el cultivo de ajonjolí, considera que la cantidad óptima de fertilizante nitrogenado deberá determinarse a través de ensayos de campo, para ensayos iniciales sugiere el equivalente de 50 Kg/ha de nitrógeno, este puede aplicarse al voleo, antes de la siembra o después de ella. Los ensayos iniciales para medir la respuesta de los fertilizantes minerales, puede incluir 50 Kg/ha de fósforo, cuyas cantidades óptimas pueden determinarse empleando incrementos mayores, hasta que haya respuesta del cultivo. La fertilización efectiva del fertilizante consiste en abrir un surco poco profundo, distribuyendo el fertilizante en el fondo del surco y cubriéndolo con tierra, para luego colocar encima la semilla, (13).

Cabarrus (4), menciona que en algunas regiones de Guatemala para obtener altos rendimientos en el cultivo de ajonjolí se utilizan 60 Kg/ha de nitrógeno aplicando el 50% a los 14 días después de la siembra y el resto a los 30 días de la misma.

Mazzani (15), reporta que en Venezuela el cultivo de ajonjolí produce buenas remuneraciones cuando se usa fertilizantes y en ensayos realizados se obtuvo incrementos hasta del 100% en el rendimiento, por medio de la aplicación de fertilizantes fosfatados y nitrogenados en dosis diferentes.

Gonzalez (8), reporta que en ensayos realizados por el - ICTA, el mejor tratamiento encontrado para la aplicación de - nitrógeno y fósforo para agricultores con capital limitado fué de 90 y 45 Kg/ha de cada elemento respectivamente.

Barrera (2), concluye que los niveles crecientes de ni-- trógeno (0-90 Kg/ha) y fósforo (0-60 Kg/ha), utilizados en el sur de Retalhuleu, no incrementan los rendimientos en el cultivo de ajonjolí, por lo que recomienda que no es aconsejable aplicar estos elementos, ya que no hay respuesta favorable del cultivo.

Ralda (19), concluye que para el parcelamiento La Máquina la dosis óptima económica determinada fué de 72.3 Kg/ha de ni trógeno con una tasa de retorno de 30.3 Kg/ha de ajonjolí por cada Kg de nitrógeno aplicado.

Palencia (17), en el parcelamiento La Máquina, informa que fueron conducidos dos experimentos para nitrógeno y dos - para fósforo, de los cuales solamente en un ensayo de nitró- geno se observó respuesta, la cual fué de 9.5 Kg de ajonjolí por Kg de nitrógeno aplicado, con rendimientos que varían de 649 Kg/ha (testigo) a 1292 Kg/ha, con aplicaciones de 69 Kg/ha de nitrógeno, con una relación beneficio/costo de 4.75:1.

Lemus (12), en Jalapa , concluye que el ajonjolí respon- de favorablemente a aplicaciones de N-P-K, incrementando el - rendimiento y fué el mejor tratamiento de 90 Kg/ha de N, 60 - Kg/ha de p y 30 Kg/ha de K, con rendimientos promedios de 0.94 a 1.045 toneladas métricas por hectárea.

2.3 Estudios sobre efectos residuales de fertilización en el sistema de cultivo maíz-ajonjolí:

Ralda (19), concluye que al aplicar 105 Kg/ha de nitrógeno al maíz, no se requiere aplicación adicional 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 al maíz es de 75 Kg/ha de nitrógeno se requiere de 43.2 Kg/ha de nitrógeno aplicado al ajonjolí. Cuando la aplicación al maíz es de 45 Kg/ha de nitrógeno se requiere de 73.8 Kg/ha de nitrógeno aplicado al ajonjolí. Cuando no se aplica nitrógeno al maíz se requiere hasta de 100 Kg/ha de nitrógeno aplicado al ajonjolí para obtener rendimientos de 800 Kg/ha.

V. MATERIALES Y METODOS:

1. LOS SITIOS EXPERIMENTALES:

1.1 Ubicación: La comunidad Santiago Agrícola se encuentra localizada en las coordenadas $14^{\circ}25'$ Latitud Norte y $91^{\circ}53'$ Longitud Oeste, a una altura de 47 msnm. (20).

Administrativamente pertenece al municipio de Champerico en el Departamento de Retalhuleu.

1.2 Suelos: Los suelos de la región pertenecen al grupo IIA de la serie Ixtán Arcillosos (Tx) (20). Son suelos del litoral del pacífico, profundos, moderadamente drenados, de textura pesada y cuyo material original es ceniza volcánica cementada de color claro (aluvión), de relieves casi planos. Están asociados con los suelos mal drenados de la serie de Champerico. El drenaje interno es regular, el suelo superficial es de color oscuro, la textura y consistencia es arcilla clara, con espesor aproximado de 10 cm, el sub suelo tiene un color rojizo con consistencia plástica y textura arcillosa y un espesor aproximado de 60 a 75 cm.

Para la selección de los sitios en donde se realizaron los experimentos se hizo un muestreo de suelos en el cual se tomó 47 muestras en un área que representa 224 hectáreas, las que fueron enviadas a los laboratorios del ICTA para su análisis, luego de seleccionados los sitios se enviaron otras muestras de suelo al laboratorio para verificar el contenido nativo de fósforo de los mismos. Los resultados obtenidos son los que se muestran en el cuadro 1.

CUADRO 1. Resultados del análisis de las muestras de suelos de los sitios experimentales

LOC	pH	ppm		meq/ml		Ca/Mg	(Ca+Mg)/K
		P	K	Ca	Mg		
1	6.6	8.57	185	6.60	0.99	6.67:1	27:1
2	6.6	3.57	190	8.73	1.38	6.32:1	20:1

Fuente: Laboratorio de análisis de suelos del ICTA.

1.3 Clima: La precipitación media anual para 1988 fué de 1900 mm, con una precipitación de 900 mm durante el ciclo del cultivo de ajonjolí¹. La humedad relativa fué de 72.45%. La temperatura máxima es de 33°C y la mínima de 21°C, con una media de 27°C 9 (10).

1.4 Ecología: Según el mapa elaborado en base a la metodología de Holdridge, el área bajo estudio está situada dentro de la formación de bosque húmedo sub tropical cálido y según la clasificación de Thornthwite lo ubica en el clima cálido, sin estación fría bien definida con invierno seco y con vegetación natural de bosque (7).

2. LA VARIEDAD UTILIZADA:

Se utilizó la variedad R-198, que según el ICTA (8), tiene las siguientes características: es derivado de un material criollo, introducido al programa en 1976, el cual fué sometido a un trabajo de selección individual por rendimiento y resistencia a la pudrición de tallo y raíz durante 8 años consecutivos.

1 = Datos pluviométricos de la finca "Agropecuaria Mangrullo".

Es una variedad ramificada con tallos cuadrangulares, entre nudos cortos y densamente pilosos. Las hojas son alternas, o - puestas, lanceoladas, con flores axilares y solitarias, cuya aparición se inicia a los 40 días después de la siembra. El ca liz es pequeño y dividido en cinco partes. La corola es tubular campanulada, pubescente en su exterior y de color blanco. El fruto es una cápsula erecta de 4,5 cm de largo, tetragonal, dis puesto en el tallo en forma opuesta y alterna, es dehiscente. El ciclo de siembra a cosecha es de 94 días. El rendimiento -- promedio a nivel de agricultor varía de 779 a 1170 Kg/ha de gra no, según las condiciones del cultivo.

3. EL DISEÑO DE LOS TRATAMIENTOS:

Debido a que los resultados de investigaciones anteriores proporcionan información no consistente acerca de la fertilización con nitrógeno y fósforo en el cultivo de ajonjolí, se determinó que los factores que ameritan estudio son dosis de fertilizante nitrogenado y fosfatado. Para determinar los espacios de exploración se tomó en cuenta la información reportada acerca de la respuesta del cultivo a la fertilización en estudios anteriores y la experiencia de algunos agricultores de lugares alejados que en alguna oportunidad han realizado esta práctica.

Se consideró que el rango óptimo para el nitrógeno se encuentra entre 0 y 180 Kg/ha y para el fósforo entre 0 y 90 Kg/ha.

El diseño de los tratamientos se hizo a través de la matriz experimental Plan Puebla II, cuya codificación proporcionó los niveles 0,60,90,120 y 180 Kg/ha para nitrógeno y 0,30,45,60 y 90 Kg/ha para el fósforo. También se incluyó un testigo que --

corresponde a los niveles 0-0. El diseño de los tratamientos obtenidos por la matriz Plan Puebla II y el testigo se muestra en el cuadro 2.

CUADRO 2. Diseño de tratamientos obtenidos por la matriz Plan Puebla II y el testigo.

TRATAMIENTO	Kg/ha	
	N	P ₂ O ₅
1	60	30
2	60	60
3	120	30
4	120	60
5	60	0
6	0	30
7	120	90
8	180	60
9	90	45
10 (testigo)	0	0

4. EL DISEÑO EXPERIMENTAL:

El diseño experimental utilizado fué bloques al azar con tres repeticiones en dos localidades, las cuales diferían en el contenido de fósforo original del suelo. En una el contenido de fósforo estaba entre 7 y 15 ppm y en la otra era menor de 7 ppm.

La parcela bruta estuvo constituida por cinco surcos de 5 metros de longitud. Como parcela neta se usaron los tres surcos centrales, dejando una cabecera de 1.5 metros de cada extremo hacia el centro del surco,

5. MANEJO DEL EXPERIMENTO:

5.1 Siembra: La siembra se realizó despues de la dobla del maíz. Se hizo una limpia en el centro del surco de maíz para sembrar el ajonjolí intercalado. La semilla se depositó al "chorrito"¹ entresacando posteriormente a 15 plántulas por metro lineal, aproximadamente 7 cm entre plantas y separados entre surcos a un metro.

5.2 Fertilización: En cada tratamiento el 50% del nitrógeno se aplicó después del entresaque (el que se hizo a los 8 días después de la siembra), y el 50% restante se aplicó al inició de la floración. La fuente de nitrógeno fué urea (46% N) y se aplicó en su totalidad incorporándola al suelo.

El fósforo se aplicó en su totalidad después del entresaque. La fuente utilizada fué triple superfosfato (46% P_2O_5) y se aplicó incorporado al suelo.

5.3 Limpias: La primera limpia se hizo antes de la siembra, la segunda limpia se efectuó 20 días después de la siembra y la última se llevó a cabo a los 40 días después de la siembra, inmediatamente antes de la segunda aplicación de nitrógeno.

5.4 Control de plagas y enfermedades: No hubo la aparición de plagas que causaran daño económico, sin embargo en otras área cer-

1 = Regionalismo que se utiliza para la acción de colocar la semilla en forma continua cuando se siembra.

canas se observó Phylophaga sp. y Prodenia sp.

Se observó en el sitio experimental la enfermedad causada por Phytophthora sp. que causa la pudrición de la base del tallo. No se realizó control químico debido a que el control debe ser preventivo y no curativo y a que la variedad utilizada es tolerante al ataque del patogeno, según la bibliografía (9).

5.5 Cosecha: Las parcelas netas se cosecharon durante el período de senescencia de la planta, cuando las cápsulas habían alcanzado la madurez fisiológica. Las plantas cortadas se reunieron en manojos los que fueron trasladados a un centro de acopio para su secado. Los manojos ya secos se sacudieron sobre mantas para luego ser ventilados en una zaranda para obtener el grano limpio, el cual fue pesado en una balanza de precisión de un gramo.

6. VARIABLES DE RESPUESTA:

Se midieron las siguientes características como variables de respuesta:

- a. Rendimiento de grano expresado en gramos por parcela neta (c/u tenía 6 m^2), que para el análisis se convirtió a Kg/ha.
- b. Días a floración: Se contó el número de días transcurridos desde la siembra hasta cuando el 50% de las plantas estuvieron en floración, en cada parcela neta.
- c. Número de cápsulas por planta: En cada parcela se tomó una muestra aleatoria de 10 plantas y a cada una se le contó el número de cápsulas, posteriormente se calculó la media de cada muestra.

- d. Peso de 100 semillas: Del rendimiento obtenido en cada parcela, se tomó 5 muestras de 100 semillas cada una y se pesaron en una balanza electrónica de precisión de 0.1 gramos. Finalmente se calculó el promedio para cada parcela.
- e. A pesar de que no se esperaba la presencia de Phytophthora sp. hubo una incidencia considerable, la que fué determinada como porcentaje calculado en 6 metros de surco en cada parcela. Datos que sirvieron para corregir el rendimiento real.

7. ANALISIS ESTADISTICO:

Los análisis estadísticos se realizaron con el paquete -- "SAS" en el Centro de Estadística y Cálculo de la Facultad de Agronomía de la USAC. Dichos análisis fueron:

- a. Un análisis de varianza combinado para el rendimiento de grano, el número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas. El modelo estadístico es el siguiente:

$$Y_{ijkm} = \mu + \beta_m + \beta_{k(m)} + \beta_{mi} + \beta_{mj} + \beta_{\delta_{ij}} + \alpha_i + \delta_j + \delta_{ij} + E_{ijkm}$$

Y_{ijkm}	Variable respuesta
μ	Media general
β_m	Efecto de la m-ésima localidad
$\beta_{k(m)}$	Efecto del k-ésimo bloque dentro de la m-ésima localidad
β_{mi}	Efecto de la interacción entre Loc. y N
β_{mj}	Efecto de la interacción entre Loc. y P
$\beta_{\delta_{ij}}$	Efecto de la interacción entre Loc. y NxP
α_i	Efecto de la i-ésima dosis de N
δ_j	Efecto de la j-ésima dosis de P_2O_5

$\alpha\delta_{ij}$ Efecto de la interacción entre N y P_2O_5
 E_{ikm} Error experimental

b. Con los resultados de cada localidad se realizó un análisis de varianza incluyendo todos los tratamientos, tanto para el rendimiento de grano como para el número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas. El modelo estadístico para -- este caso es el siguiente:

$$y_{ik} = \mu + \tau_i + \beta_k + E_{ik}$$

y_{ik} Variable respuesta
 μ Media general
 τ_i Efecto del i-ésimo tratamiento
 β_k Efecto del k-ésimo bloque
 E_{ik} Error experimental

c. También se realizó un análisis de varianza para el nucleo de la matriz. En este caso el modelo estadístico es el siguiente:

$$y_{ijk} = \mu + \beta_k + \alpha_i + \gamma_j + \alpha\delta_{ij} + E_{ijk}$$

y_{ijk} Variable respuesta
 μ Media general
 β_k Efecto del k-ésimo bloque
 α_i Efecto de la i-ésima dosis de N
 γ_j Efecto de la j-ésima dosis de P_2O_5
 $\alpha\delta_{ij}$ Efecto de la interacción entre N y P_2O_5
 E_{ijk} Error experimental

Donde para los tres modelos estadísticos:

$i = 1, 2, 3, 4, 5$ dosis de N

$j = 1, 2, 3, 4, 5$ dosis de P_2O_5

$k = 1, 2, 3$ bloques

$m = 1, 2$ localidades

- c. Estimación de la superficie de respuesta para cada localidad y determinación de los niveles óptimos.

El rendimiento experimental se expresó como una función de los factores evaluados, según el modelo siguiente:

$$Y = b_0 + b_1N + b_2P + b_3N^2 + b_4P^2 + b_5NP$$

- d. Se realizó la prueba de medias de Dunnett para comparar el promedio de rendimiento del testigo contra los promedios de los tratamientos de la matriz.
- e. Se realizó la prueba de medias de Tukey, para los promedios del número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas de todos los tratamientos.

8. ANALISIS ECONOMICO:

Este análisis corresponde a la determinación de la dosis óptima económica para capital limitado para cada uno de los factores estudiados, el procedimiento utilizado es el siguiente:

- a. Obtener los promedios de rendimiento para cada tratamiento.
- b. Calcular los ingresos brutos: $IB = \text{rendimiento promedio por precio unitario de venta}$.

- c. Calcular los costos variables: $CV =$ cantidad de insumo gastado por su precio unitario.
- d. Calcular el ingreso neto: $IN = IB - CV$.
- e. Encontrar los incrementos de ingreso neto para cada tratamiento con respecto al testigo. DIN :
- f. Calcular la tasa de retorno de capital variable: $TRCV =$
 DIN/CV . La tasa de retorno significa lo que regresa de dinero por cada quetzal invertido en cada tratamiento.

VI. RESULTADOS Y DISCUSION:

1. ANALISIS COMBINADO:

El resumen del análisis combinado que se ilustra en el cuadro 3, muestra que tanto para el rendimiento de grano como para el número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas existen diferencias altamente significativas entre las dos localidades.

El rendimiento promedio para el sitio experimental con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm fué de 857 Kg/ha de grano y es más alto que el rendimiento promedio del sitio con contenido deficiente de fósforo, menor de 7 ppm, que fué de 759 Kg/ha de grano.

Existen diferencias altamente significativas para las tres variables bajo estudio entre las dosis de nitrógeno y fósforo, lo que significa que los resultados que producen las dosis de cada elemento son diferentes dentro de cada localidad.

No existe interacción entre las dosis de los elementos para el rendimiento de grano y el número de cápsulas por planta, pero sí la hay para el peso de 100 semillas. Lo que nos señala que ambos elementos actúan independientemente para dar el rendimiento y el número de cápsulas por planta cuando se analizó los datos de las dos localidades, pero los elementos actúan en conjunto o simultáneamente para incrementar el peso de la semilla.

No hubo interacción entre nitrógeno y localidades, ni entre fósforo y localidades, ni entre nitrógeno, fósforo y loca

lidades, para el rendimiento de grano y el número de cápsulas por planta, lo que denotó que en ambas localidades la respuesta a la aplicación de las dosis de los elementos tienen la misma tendencia y el comportamiento es similar. Si hubo interacción entre nitrógeno y localidades, fósforo y localidades y entre nitrógeno, fósforo y localidades para el peso de 100 semillas, lo que denotó que la respuesta a la aplicación de las dosis de los elementos no tiene la misma tendencia para cada localidad y el comportamiento es diferente en lo que corresponde a la forma en que aumenta el peso del grano.

La diferencia que existió entre las dos localidades posiblemente se debió, fundamentalmente al contenido nativo de fósforo del suelo, los valores más altos se obtuvieron en la localidad con contenido intermedio de fósforo. Esto demostró que es imprescindible la disponibilidad de este nutriente en el terreno de cultivo para incrementar el rendimiento. Lo anterior es debido a que el ajonjolí es una planta oleaginosa, cuyo contenido de aceite en la semilla es elevado, siendo el elemento fósforo esencial como componente de los ácidos grasos y el ATP para la síntesis de compuestos estructurales y orgánicos, (11).

CUADRO 3. Resumen del análisis de varianza combinado para el rendimiento de grano, número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas.

FV	GL	VALOR DE F EN EL ANDEVA		
		REND. Kg/ha	No. CPAS. PLANTA	PESO DE 100 SEM.
Localidad	1	21.03 xx	33.33 xx	4.22 *
bloque(loc.)	4	0.84 NS	1.18 NS	2.92 NS
N	4	243.18 xx	139.37 xx	608.91 xx
P	3	23.54 xx	19.34 xx	89.17 xx
NxP	2	0.33 NS	3.00 NS	21.29 xx
Loc. x N	4	1.65 NS	0.54 NS	3.88 *
Loc. x P	3	0.72 NS	2.30 NS	7.75 xx
Loc. x NxP	2	0.07 NS	0.27 NS	22.88 xx
error	30			
total	53			
CV		7.83	9.08	3.08
R ²		0.973	0.957	0.989

2. EL ANALISIS DE VARIANZA EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO INTERMEDIO, ENTRE 7 y 15 ppm.

El análisis de varianza para todos los tratamientos y el de sólo los tratamientos de la matriz, cuadros 8.a, 9.a, 10.a y 8.b, 9.b y 10.b respectivamente para el rendimiento de grano, el número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas, mostró diferencias altamente significativas. Lo que significa que algunos de los tratamientos producen resultados diferentes para las tres variables.

Cuando se analizó sólo los tratamientos del nucleo de la matriz, cuadros 8.c, 9.c y 10.c, para el rendimiento de grano, el número de cápsulas por planta y el peso de 100 - semillas respectivamente, mostró que existieron diferencias altamente significativas entre las dosis de nitrógeno y fósforo, lo que indica que algunos tratamientos mostraron diferencias notables en cuanto a los resultados que producen para las tres variables.

Existió interacción entre nitrógeno y fósforo para el rendimiento de grano, lo que indica que ambos elementos actuaron simultaneamente o en forma conjunta para que resulten ciertos rendimientos. No existió interacción entre los elementos para la formación de cápsulas en la planta y el aumento de peso en la semilla, es decir que los elementos actúan en forma conjunta.

3. LA FUNCION DE PRODUCCION EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTE
NIDO DE FOSFORO INTERMEDIO, ENTRE 7 Y 15 ppm:

Al estimar los parámetros de la superficie de respues-
ta propuesta, se encontró que los efectos cuadráticos y la
interacción de N y P son no significativas, ya que los espa-
cios de exploración usados proporcionan una superficie de -
respuesta plana, donde solamente existen efectos lineales -
de los factores, no permitiendo la determinación de la dosis
óptima económica para capital ilimitado.

El modelo estimado muestra que si no se aplica fertili-
zante de tipo nitrogenado y fósfatado se obtendrá un rendi-
miento de 354 Kg de grano por hectárea y el rendimiento au-
mentará a razón de 3.67 y 4.01 Kg/ha por cada Kg/ha de nitró-
geno y fósforo aplicado respectivamente.

El modelo matemático tiene un coeficiente de determina-
ción igual a 0.95, lo que demuestra que puede ser una repre-
sentación de la realidad, explicando la variable rendimiento
en función de N y P.

4. LA PRUEBA DE DUNNETT EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO
DE FOSFORO INTERMEDIO, ENTRE 7 y 15 ppm:

La prueba de Dunnett se realizó para comparar el prome-
dio del rendimiento del testigo contra los promedios del ren-
dimiento que produjeron los tratamientos de la matriz, obte-
niéndose diferencias significativas en todos los casos. El
testigo mostró los valores de rendimiento más bajos y esto -
denota que la aplicación de los tratamientos produjo rendi-
mientos superiores con todos los niveles utilizados.

5. LA PRUEBA DE TUKEY EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO INTERMEDIO, ENTRE 7 y 15 ppm:

Se realizó la prueba de Tukey para los promedios del número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas que produjeron todos los tratamientos. Dicha prueba reveló, según los cuadros 11 y 12, que los tratamientos 120-90, 180-60 y 120-60 Kg/ha de nitrógeno y fósforo mostraron los promedios superiores los cuales fueron: 132.13, 130.13 y 124.4 cápsulas por planta y 0.407, 0.403 y 0.400 gramos para el peso de 100 semillas respectivamente. Los tratamientos 120-30, 90-45, 60-60 y 60-30 Kg/ha de nitrógeno y fósforo mostraron los promedios intermedios los cuales fueron: 108.53, 106.65, 100.27 y 81.2 cápsulas por planta y 0.363, 0.335, 0.323 y 0.295 gramos para el peso de 100 semillas respectivamente. Los promedios más bajos correspondieron a los tratamientos 60-0, 0-30 y 0-0 Kg/ha de nitrógeno y fósforo, cuyos promedios fueron 72.13, 63.95 y 50.1 cápsulas por planta y 0.263, 0.220 y 0.203 gramos de peso de 100 semillas respectivamente.

Evidentemente los resultados anteriores nos indican la respuesta favorable del cultivo de ajonjolí a la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosforado.

6. EL ANALISIS ECONOMICO PARA EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO INTERMEDIO, ENTRE 7 Y 15 ppm:

El análisis económico se hizo con el fin de determinar la dosis óptima económica para agricultores con capital limitado, dicha dosis se estimó a través de la tasa marginal de retorno de capital variable, cuadro 4.

Todas las combinaciones de tratamientos producen tasas -- marginales de retorno de capital variable aceptables y son -- muy similares, debido a que la superficie de respuesta estimada solamente tiene efectos lineales y por lo tanto entre estos rangos con cualquier tratamiento se recupera el costo de los fertilizantes empleados y además se obtiene una buena utilidad. Por lo que para los agricultores cualquier dosis entre los rangos bajo estudio pueden ser aplicadas, la que está en función de la capacidad de compra, capacidad de mercado, capacidad productiva y capacidad administrativa.

las máximas tasas de retorno de capital variable se obtienen con las combinaciones 120-30 y 120-60 Kg/ha de nitrógeno y fósforo, con las que se obtienen rendimientos promedios de -- 999.48 Kg/ha y 1193.54 Kg/ha de grano, superior al de la Costa Sur que es de 864 Kg/ha de grano.

CUADRO 4. Análisis económico para calcular la dosis óptima para capital limitado a través de los rendimientos observados por medio de la tasa de retorno de capital variable, en la localidad con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm.

TRATAMIENTO		REND.	IB	CV	IN	DIN	TRCV
N	P	Kg/ha					
60	30	665.20	964.54	110.1	854.44	348.32	3.16
60	60	802.77	1164.02	160.2	1003.82	497.70	3.11
120	30	999.48	1444.25	170.1	1279.13	773.01	4.54
120	60	1193.54	1430.63	220.2	1510.43	1004.31	4.56
60	0	539.91	782.87	60.0	722.67	216.15	3.60
0	30	479.70	695.36	50.1	645.46	139.40	2.77
120	90	1145.40	1660.31	270.3	1390.01	883.89	3.27
180	60	1164.94	1689.16	280.2	1408.96	902.84	3.22
90	45	863.50	1252.08	165.1	1806.93	580.81	3.52
0	0	349.05	306.12		506.12		

REND. = Rendimiento promedio observado

IB = Ingreso bruto (Q./ha), 1 Kg de ajonjolí = Q. 1.46

CV = Costo variable (Q./ha), 1 Kg de N = Q.1.00

1 Kg de P = Q.1.67

IN = Ingreso neto

DIN = Incremento de ingreso neto con respecto al testigo

TRCV = Tasa de retorno de capital variable

7. EL ANALISIS DE VARIANZA EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO DEFICIENTE, MENOR DE 7 ppm:

El análisis de varianza para todos los tratamientos y el de sólo los tratamientos de la matriz, cuadros 15.a, 16.a, -- 17.a, 15.b, 16.b.y 17.b, para el rendimiento de grano, el número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas respectivamente, mostró diferencias altamente significativas. Lo que significa que algunos de los tratamientos producen resultados diferentes para las tres variables.

Cuando se analizó sólo los tratamientos del núcleo de la matriz, cuadros 15.c, 16.c, 17.c, para el rendimiento de grano, el número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas respectivamente, mostró que existieron diferencias altamente significativas entre las dosis de nitrógeno y fósforo, lo que significa que algunos tratamientos mostraron diferencias notables en cuanto a los resultados que producen para -- las tres variables.

No existió interacción entre nitrógeno y fósforo para el rendimiento de grano, lo que indica que ambos elementos actuaron independientemente uno del otro para que se produjera el rendimiento. Existió interacción entre los elementos para el número de cápsulas en la planta y el peso de 100 semillas, es decir que para estos componentes del rendimiento los elementos actuaron en conjunto para la formación y el aumento de dichas variables

8. LA FUNCION DE PRODUCCION EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO DEFICIENTE, MENOR DE 7 ppm:

Al estimar los parámetros de la superficie de respuesta propuesta, se encontró que los efectos cuadráticos y la interacción entre N y P son no significativas, ya que los espacios de exploración utilizados, propocionan una superficie de respuesta plana, en donde solamente existen efectos lineales de los factores, no permitiendo la determinación de la dosis óptima económica para capital ilimitado.

El modelo estimado muestra que si no se aplica feertiliante de tipo nitrogenado y fosfatado se obtendrá un rendimiento de 340 Kg. de grano por hectárea y el rendimiento aumentará a razón de 3.21 y 3.50 Kg/ha por cada Kg/ha de nitrógeno y fósforo aplicado respectivamente.

El modelo matemático tiene un coeficiente de determinación igual a 0.89, lo que demuestra que puede ser una representación de la realidad, explicando la variable rendimiento en función de N y P.

9. LA PRUEBA DE DUNNETT EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO DEFICIENTE, MENOR DE 7 ppm:

La prueba de Dunnett se realizó para comparar el promedio del rendimiento del testigo contra los promedios del rendimiento que produjeron los tratamientos de la matriz, obteniéndose diferencias significativas en todos los casos. El testigo mostró los valores de rendimiento más bajos y esto denotó que la aplicación de los tratamientos produjo rendimientos superiores con todos los niveles utilizados.

10. LA PRUEBA DE TUKEY EN EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO DEFICIENTE, MENOR DE 7 ppm:

Se realizó la prueba de Tukey para los promedios del número de cápsulas por planta y el peso de 100 semillas que produjeron todos los tratamientos. Dicha prueba reveló, según los cuadros 18 y 19, que los tratamientos 120-90, 180-60 y 120-60 Kg/ha de nitrógeno y fósforo muestran los promedios superiores los cuales fueron: 122.20, 120.0 y 118.60 cápsulas por planta y 0.413, 0.410 y 0.397 gramos para el peso de 100 semillas respectivamente. Los tratamientos 120-30, 90-45, 60-60 Kg/ha de nitrógeno y fósforo mostraron los rendimientos intermedios los cuales fueron: 98-77, 90.50, 76.77 cápsulas por planta y 0.320, 0.320 y 0.303 gramos para el peso de 100 semillas respectivamente. Los promedios más bajos corresponden a los tratamientos 60-30, 60-0, 0-30 y 0-0 Kg/ha de nitrógeno y fósforo cuyos promedios fueron: 70.07, 58.03, 55.10 y 44.40 cápsulas por planta y 0.285, 0.273, 0.265 y 0.180 gramos para el peso de 100 semillas respectivamente.

Evidentemente los resultados anteriores nos indican la -- respuesta favorable del cultivo de ajonjolí a la aplicación de fertilizante nitrogenado y fosfatado.

11. EL ANALISIS ECONOMICO PARA EL SITIO EXPERIMENTAL CON CONTENIDO DE FOSFORO DEFICIENTE, MENOR DE 7 ppm:

El análisis económico se hizo con el fin de determinar la dosis óptima económica para agricultores con capital limitado; dicha dosis se estimó a través de la tasa marginal de retorno de capital variable, cuadro 5.

Todas las combinaciones de tratamientos producen tasas marginales de retorno de capital variable aceptables y son muy similares, debido a que la superficie de respuesta estimada solamente tiene efectos lineales y por lo tanto entre estos rangos con cualquier tratamiento se recupera el costo de los fertilizantes empleados y además se obtiene una buena utilidad.

Por lo que para los agricultores del lugar, cualquier dosis entre los rangos bajo estudio pueden ser aplicadas, la que está en función de la capacidad de compra, capacidad de mercado, capacidad productiva y capacidad administrativa.

Las máximas tasas de retorno de capital variable se obtienen con las combinaciones 120-30 y 120-60 Kg/ha de nitrógeno y fósforo, con los que se obtienen rendimientos promedio de 928.60 y 1032 Kg/ha de grano, superior al de la Costa Sur que es de 864 Kg/ha de grano.

12. DIAS A FLORACION EN LA VARIEDAD R-198:

Todas las plantas en las parcelas florecieron a los 40 días después de la siembra. Es decir que todos los tratamientos aplicados no produjeron alteración en los días a floración de las plantas.

CUADRO 5. Análisis económico para calcular las dosis óptimas para capital limitado a través de los rendimientos observados por medio de la tasa de retorno de capital variable, en la localidad con contenido de fósforo deficiente, menor de 7 ppm.

TRATAMIENTO		REND. Kg/ha	IB	CV	IN	DIN	TRCV
N	P						
60	30	600.26	870.38	110.1	760.28	256.14	2.33
60	60	679.77	985.67	160.2	825.47	321.33	2.00
120	30	928.60	1346.47	170.1	1176.37	672.23	3.95
120	60	1032.00	1496.40	220.2	1276.20	772.06	3.51
60	0	471.74	684.02	60.0	624.02	114.88	2.00
0	30	473.00	685.86	50.1	635.76	131.62	2.63
120	90	1053.59	1527.71	270.3	1257.41	753.27	2.79
180	60	787.90	1506.14	280.2	1225.94	721.80	2.58
90	45	347.68	1142.46	165.1	977.31	473.13	2.86
0	0		504.14		504.14		

REND. = Rendimiento promedio observado

IB = Ingreso bruto (Q./ha), 1 Kg de ajonjolí = Q.1.46

CV = Costo variable (Q./ha), 1 Kg de N = Q. 1.00

1 Kg de P = Q. 1.67

IN = Ingreso neto

DIN = Incremento de ingreso neto con respecto al testigo

TRCV = Tasa de retorno de capital variable

13. PUDRICIÓN DE LA BASE DEL TALLO EN AJONJOLI:

El porcentaje de incidencia en la localidad con contenido intermedio de fósforo fué de 4.7% promedio para todo el sitio experimental, con 12 parcelas netas dañadas y en el resto de parcelas no hubo la aparición de algún signo de la enfermedad. El porcentaje de incidencia más alto que se encontró fué de 16%.

El porcentaje de incidencia en la localidad con contenido de fósforo deficiente fué de 9.9% promedio para todo el sitio experimental, con 24 parcelas netas dañadas del resto existentes donde no hubo aparición de algún signo de la enfermedad. El porcentaje de incidencia más alto en esta localidad fué 28%.

Los porcentajes de incidencia calculados, se hicieron para cada parcela neta y sirvieron para corregir los rendimientos reales en Kg/ha.

VII. CONCLUSIONES:

1. El contenido nativo de fósforo del suelo es un factor determinante en la magnitud de la respuesta del cultivo de ajonjolí a la fertilización con nitrógeno y fósforo. Aunque en ambos casos hubo una respuesta favorable tanto en el número de cápsulas por planta como en el peso de la semilla y consecuentemente en el rendimiento de grano, esta fué mayor en el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm.
2. El número de cápsulas por planta, el peso de la semilla y el rendimiento de grano son variables en las que se expresó el efecto significativo provocado por los diferentes tratamientos al compararlos con el testigo, el cual en todos los casos resultó ser inferior.
3. En el sitio con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm el rendimiento aumentó a razón de 3.67 y 4.01 Kg/ha por cada Kg/ha de nitrógeno y fósforo que se aplicó. Para el sitio con contenido de fósforo menor de 7 ppm el rendimiento aumentó a razón de 3.21 y 3.50 Kg/ha por cada Kg/ha de nitrógeno y fósforo aplicado respectivamente.
4. Todos los tratamientos en los que se aplica alguna combinación de fertilizante nitrogenado y fosfatado dentro de los rangos bajo estudio, se pueden considerar dosis económicamente eficientes, porque producen tasas de retorno de capital variable similares,

VIII. RECOMENDACIONES:

1. Desplazar el rango de exploración a 150-220 Kg/ha para el nitrógeno y a 80-140 Kg/ha para el fósforo, para que sea posible ajustar una superficie de respuesta con un modelo que permita la optimización de las dosis de los elementos. Es necesario además evaluar el rendimiento de grano de ajonjolí en un sitio experimental con contenido de fósforo mayor de 15 ppm, para determinar la respuesta del cultivo a la aplicación de dosis de fertilizante nitrogenado y fosfatado, bajo condiciones óptimas de fósforo nativo del suelo y hacer comparaciones con otros sitios experimentales.
2. Para elaborar un plan de fertilización en Santiago Agrícola para el cultivo de ajonjolí, se puede utilizar cualquier combinación de los tratamientos, dentro de los rangos evaluados. La cantidad de los fertilizantes a aplicar está determinada por la capacidad de compra, de mercado y administrativa del agricultor.

Las dosis entre los rangos evaluados evidentemente no proporcionan una que sea económicamente óptima para capital ilimitado, por lo que para un plan de fertilización más eficiente es necesario realizar la recomendación número uno.

VIII. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.

1. AGRIOS, G. 1978. Plant pathology. 2 ed. Estados Unidos de América, Academic Press. 705 p.
2. BARRERA DEL CID, L.A. 1981. Evaluación de cuatro variedades de ajonjolí (Sesamum indicum L.) y cuatro niveles crecientes de nitrógeno en el sur del departamento de Retalhuleu. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 32 p.
3. BARRIENTOS, M. 1982. Uso de la matrix experimental Plan Puebla en la determinación de DOECL Y DOECI en experimentos agrícolas. Tikalia (Gua.) 1(1):75-87.
4. CABARRUS, M. 1976. Cultivo de ajonjolí en el parcelamiento La Máquina. Monografía EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 18 p.
5. CALDERON ROSALES, J.A. 1988. Diagnóstico de la comunidad Santiago Agrícola, Champerico, Retalhuleu. Diagnóstico EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 30 p.
6. COCHRAN, W.; COX, G. 1979. Diseños experimentales. Mexico, Trillas. p. 132-145, 177-214, 393-394.
7. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, INAFOR. 42 p.
8. GONZALEZ, P.D. 1987. Evaluación agro-económica del sistema maíz-ajonjolí de acuerdo a la fertilización en el parcelamiento Caballo Blanco. Guatemala, ICTA. p. 30-45.
9. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1986. El cultivo de ajonjolí. Guatemala. Folleto Técnico no. 16, 11 p.
10. _____ . INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. 1988. Tarjetas de registros estadísticos del periodo 1988 de la estación La Esperanza. Guatemala.
11. JACOB, A.; UEXKULL, H. VON. 1973. Abonado y nutrición de los cultivos tropicales y sub tropicales. Trad. por L. Lopez. 4 ed. Hannover, Alemania, Verlagsgesellschaft für Ackerbau m.b.h. p. 47-94.
12. LEMUS, R.A. 1980. Evaluación de 6 niveles de N-P-K en el cultivo de ajonjolí (Sesamum indicum L.) en San Miguel Chaparrón, Jalapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 47 p.

13. LITZAMBERGER, J. 1976. Guía para cultivos de los trópicos y subtropicos. México, Centro Regional de Ayuda Técnica. 120 p.
14. MALDONADO, J.J. 1985. Evaluación de niveles de nitrógeno y azufre en el sistema de cultivo maíz-ajonjolí en el parcelamiento La Máquina. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 48 p.
15. MAZZANI, B. 1977. Mejoramiento del ajonjolí en Venezuela. Venezuela, Ministerio de Agricultura, Centro de Investigaciones Agronómicas. Monografía no. 3 47 p.
16. MILLAR, C.E. 1978. Fundamento de la ciencia del suelo. Trad. por Juan Nova. México, Continental. 527 p.
17. PALENCIA, J.A. 1985. Programa de nutrición vegetal; informe anual de 1983. Guatemala, ICTA. 76 p.
18. PERRIN, R. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos. México, Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. 54 p.
19. RALDA, R. 1977. Estudio sobre la utilización de nitrógeno (urea) en el sistema de cultivo maíz-ajonjolí en el parcelamiento La Maquina. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 63 p.
20. SIMMONS, Ch.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de suelos de la República de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulzona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
21. TURRENT FERNANDEZ, A.; LAIRD, R.J. 1975. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. Agrociencia (Mex.) no. 19:117-143.
22. _____ 1978. Evidencia sobre la necesidad de desarrollar una investigación tecnológica multifactorial integrada para la agricultura de temporal. Agrociencia (Méx.) no. 14:1-35.



V. G. *[Signature]*

X.

APENDICE

CUADRO 6. Rendimiento (Kg/ha), número de cápsulas por planta, - peso de 100 semillas e incidencia de Phytophthora sp. obtenidos en el sitio experimental con contenido intermedio de fósforo, entre 7 y 15 ppm.

TRAT.		BLO	REND.	No. CAPSULAS	PESO DE	INCIDENCIA
N	P	QUE	Kg/ha	POR PLANTA	100 SEM.	%
60	30	I	675.67	84.3	0.293	0
60	60	I	818.00	102.3	0.316	0
120	30	I	1014.50	112.2	0.393	0
120	60	I	1148.50	128.0	0.416	5
60	0	I	511.83	76.4	0.260	7
0	30	I	499.17	66.6	0.223	0
120	90	I	1167.00	132.0	0.410	0
180	60	I	1184.33	135.2	0.412	0
90	45	I	859.50	107.8	0.348	0
0	0	I	323.00	47.6	0.200	0
60	30	II				
60	60	II	802.83	100.4	0.323	0
120	30	II	962.00	110.8	0.336	4
120	60	II	1080.00	130.4	0.400	9
60	0	II	478.67	73.0	0.263	12
0	30	II	422.50	61.3	0.217	8
120	90	II	1043.83	127.8	0.397	10
180	60	II	1175.33	130.0	0.403	0
90	45	II	867.50	105.5	0.323	0
0	0	II	381.80	49.1	0.203	0
60	30	III	576.17	78.1	0.297	12
60	60	III	661.50	98.1	0.327	16
120	30	III	893.50	102.6	0.360	9
120	60	III	1019.00	132.6	0.401	14
60	0	III	509.67	67.0	0.267	3
0	30	III				
120	90	III	908.83	128.7	0.387	18
180	60	III	1150.17	131.2	0.397	0
90	45	III				
0	0	III	342.30	53.6	0.210	0

CUADRO 7. Promedios de las variables de respuesta de acuerdo a los niveles de nitrógeno y fósforo, obtenidos en el sitio experimental con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm.

P Kg/ha	nitrógeno (Kg/ha)					promedios para cada nivel de fósforo
	0	60	90	120	180	
0	349.05 ^a 50.10 ^b 0.203 ^c	539.91 72.13 0.263				444.48 61.12 0.223
30	479.70 63.95 0.220	665.20 81.20 0.263		999.48 108.53 0.303		714.63 84.56 0.273
45			863.50 106.65 0.335			863.50 106.65 0.335
60		802.77 100.27 0.323		1193.54 130.33 0.407	1164.94 130.33 0.400	1053.75 120.91 0.398
90				1145.04 129.50 0.400		1145.04 129.50 0.400
promedio para ca- da nivel de N	414.12 57.02 0.211	669.24 84.50 0.224	863.50 106.65 0.335	1112.69 122.79 0.370	1164.94 132.13 0.403	media general 857.8 100.6 0.320

a = promedio de rendimiento de grano (Kg/ha)

b = promedio del número de cápsulas por planta

c = promedio del peso de 100 semillas (grms)

CUADRO 8. Análisis de varianza para el rendimiento de grano, en el sitio experimental con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm.

a. Todos los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F
bloque	2	905.10		
trat.	9	2379301.00	234366.86	1026.42 ***
error	15	2863.42	257.66	
total	26	2384070.00		

CV = 1.92% $R^2 = 0.998$

b. Los tratamientos de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F
bloque	2	25627.17		
trat.	9	1440.86	196555.00	
error	13	1576747.61	110.84	1713.41 **
total	23			

CV = 1.007% $R^2 = 0.999$

c. Los tratamientos del nucleo de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F
bloque	2	15945.96		
N	1	318477.31	318477.31	13911.30 **
P	1	75993.46	75993.46	3319.44 **
NxP	1	2002.02	2002.02	87.45 **
error	5	114.47	22.89	
total	10	412533.22		

CV = 0.51% $R^2 = 0.90$

CUADRO 9. Análisis de varianza para el número de cápsulas por -
planta en el sitio experimental con contenido de fós-
foro entre 7 y 15 ppm.

a. Todos los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	221.52			
trat.	9	25627.17	2847.46	21.65	**
error	15	1872.55	131.50		
total	26	27821.24			

CV = 11.37% R² = 0.929

b. Los tratamientos de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	291.95			
trat.	9	16859.86	2107.48	13.97	**
error	13	1961.84	150.91		
total	23	19113.66			

CV = 11.46% R² = 0.913

c. Los tratamientos del nucleo de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	167.26			
N	1	3367.77	3367.77	9.70	**
P	1	2549.82	2549.87	7.35	**
NxP	1	180.51	180.51	0.54	NS
error	5	1735.31	347.06		
total	10	8006.68			

CV = 16.66% R² = 0.80

CUADRO 10. Análisis de varianza para el peso de 100 semillas --
 en el sitio experimental con contenido de fósforo --
 entre 7 y 15 ppm.

a. Todos los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	0.0009511			
trat.	9	0.1393348	0.0127531	130.41	██
error	15	0.0011781	0.0001187		
total	26	0.1420667			

CV = 3.35% $R^2 = 0.987$

b. Los tratamientos de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	0.0014444			
trat.	9	0.0888075	0.01110095	88.46	██
error	13	0.0016131	0.00012549		
total	26	0.0915833			

CV = 3.29% $R^2 = 0.982$

c. Los tratamientos del nucleo de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	0.00012197			
N	1	0.01475104	0.01475104	75.11	██
P	1	0.00455134	0.00455134	20.63	██
NxP	1	0.00005734	0.00005734	0.29	NS
error	5	0.00098194	0.00019636		
total	10	0.01996364			

CV = 3.98% $R^2 = 0.95$

CUADRO 11. Prueba de Tukey para los promedios del número de cápsulas por planta en el sitio experimental con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm.

TRATAMIENTO		PROMEDIO DE CAPS./PLANTA	
N	P		
180	60	132.13	a
120	60	130.13	a
120	90	124.50	a
120	30	108.53	a b
90	45	106.65	a b
60	60	100.27	a b c
60	30	81.20	b c d
60	0	72.13	b c d
0	30	63.95	c d
0	0	50.10	d

wp = 41.78

CUADRO 12. Prueba de Tukey para los promedios del peso de 100 semillas en el sitio experimental con contenido de fósforo entre 7 y 15 ppm.

TRATAMIENTO		PROMEDIO DE PESO 100 SEM (grms)	
N	P		
120	60	0.407	a
180	60	0.403	a
120	90	0.400	a b
120	30	0.363	b c
90	45	0.335	c d
60	60	0.323	d e
60	30	0.295	e f
60	0	0.263	f
0	30	0.220	
0	0	0.203	g

wp = 0.0397



CUADRO 13. Rendimiento (Kg/ha), número de cápsulas por planta, - peso de 100 semillas e incidencia de Phytophthora sp. obtenidos en el sitio experimental con contenido de-- ficiente de fósforo, menor de 7 ppm.

TRAT.		BLO	REND.	No. CAPSULAS	PESO DE	INCIDENCIA
N	P	QUE	Kg/ha	POR PLANTAS	100 SEM.	%
60	30	I	510.17	72.0	0.270	12
60	60	I	654.50	76.6	0.293	7
120	30	I	859.50	97.0	0.320	8
120	60	I	893.33	120.0	0.397	15
60	0	I				
0	30	I	389.83	52.0	0.283	16
120	90	I	971.73	121.0	0.413	17
180	60	I	816.83	121.0	0.407	22
90	45	I	728.50	90.0	0.329	5
0	0	I	300.33	43.6	0.197	10
60	30	II	462.17	70.6	0.277	25
60	60	II	573.00	81.3	0.307	12
120	30	II	818.83	99.0	0.320	10
120	60	II	948.17	118.4	0.400	9
60	0	II	428.00	57.6	0.267	5
0	30	II	347.00	58.0	0.290	28
120	90	II	1173.00	114.8	0.423	2
180	60	II	1043.07	118.8	0.416	0
90	45	II				
0	0	II	318.00	42.2	0.170	13
60	30	III	507.50	67.6	0.273	16
60	60	III	629.67	72.4	0.307	8
120	30	III	800.50	100.3	0.323	15
120	60	III	802.00	117.4	0.390	20
60	0	III	478.17	59.0	0.257	3
0	30	III				
120	90	III	1111.50	130.8	0.413	7
180	60	III	912.50	120.2	0.403	11
90	45	III	736.17	91.0	0.313	9
0	0	III	344.20	47.4	0.183	0

CUADRO 14. Promedios de las variables de respuesta de acuerdo a los niveles de nitrógeno y fósforo, obtenidos en el sitio experimental con contenido de fósforo menor de 7 ppm.

P Kg/ha	nitrógeno (Kg/ha)					promedio para cada nivel de fósforo
	0	60	90	120	180	
0	347.68 ^a 44.40 ^b 0.180 ^c	471.74 58.30 0.265				409.71 51.35 0.222
30	473.01 55.10 0.285	600.26 70.07 0.273		928.60 98.77 0.320		667.29 74.65 0.293
45			787.90 90.50 0.320			787.90 90.50 0.320
60		679.77 76.77 0.303		1032.00 118.60 0.397	1032.72 120.00 0.413	916.83 105.12 0.370
90				1053.59 122.50 0.413		1053.54 122.50 0.413
promedio para ca- da nivel de N	410.34 49.75 0.232	583.92 68.38 0.280	787.90 90.50 0.320	1004.73 113.32 0.377	1038.72 120.00 0.410	media general 759.00 88.82 0.324

a = promedio de rendimiento de grano (Kg/ha)

b = promedio del número de cápsulas por planta

c = promedio del peso de 100 semillas (grms)

CUADRO 15. Análisis de varianza para el rendimiento de grano - en el sitio experimental con contenido de fósforo - menor de 7 ppm.

a. Todos los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	12209.220			
trat.	9	1740059.217	193339.913	25.55	**
error	15	113504.884	7566.991		
total	26	1865773.320			
		CV = 11.45%	R ² = 0.94		

b. Los tratamientos de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	13750.110			
trat.	8	1166585.926	145823.241	16.86	**
error	13	112455.275	8650.406		
total	23	1292791.310			
		CV = 11.47%	R ² = 0.91		

c. Los tratamientos del nucleo de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	329.31			
N	1	347381.64	347381.644	561.66	**
P	1	25092.05	25092.051	40.57	**
NxP	1	428.04	428.049	0.69	NS
error	5	3710.93	618.490		
total	10	376941.99			
		CV = 3.02%	R ² = 0.99		

CUADRO 16. Análisis de varianza para el número de cápsulas por planta en el sitio experimental con contenido de -- fósforo menor de 7 ppm.

a. Todos los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	121.91			
trat,	9	20601.00	2289.09	158.47	██
error	15	206.67	14.44		
total	26	20440.41			
		CV = 4.3%	R ² = 0.99		

b. Los tratamientos de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	111.46			
trat.	8	14362.64	1795.33	112.67	██
error	13	207.16	15.93		
total	23	14681.26			
		CV = 4.3%	R ² = 0.986		

c. Los tratamientos del nucleo de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	17.55			
N	1	3731.21	3731.21	543.84	██
P	1	528.01	528.01	76.96	██
NxP	1	129.36	129.36	18.86	██
error	5	41.16	6.86		
total	10	4447.31			
		CV = 2.88%	R ² = 0.991		

CUADRO 17. Análisis de varianza para el peso de 100 semillas en el sitio experimental con contenido de fósforo menor de 7 ppm.

a. Todos los tratamientos.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	0.00020000			
trat.	9	0.14001961	0.0155577	197.70	**
error	15	0.00110039	0.0000789		
total	26	0.14140000			

CV = 1.95% R² = 0.993

b. Los tratamientos de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	0.0003111			
trat.	8	0.0771981	0.0096498	227.75	**
error	13	0.0000434	0.0005644		
total	23	0.0778958			

CV = 2.77% R² = 0.993

c. Los tratamientos del nucleo de la matriz PPII.

FV	GL	SC	CM	F	
bloque	2	0.00011			
N	1	0.01470	0.000058	311.29	**
P	1	0.00850	0.014700	180.71	**
NxP	1	0.00160	0.008533	34.59	**
error	5	0.00028	0.001633		
total	10	0.02526	0.000047		

CV = 3.02% R² = 0.99

CUADRO 18. Prueba de Tukey para los promedios del número de cápsulas por planta en el sitio experimental con contenido de fósforo menor de 7 ppm.

TRATAMIENTO		PROMEDIO DE CAPS./PLANTA	
N	P		
120	90	122.20	a
180	60	120.00	a
120	60	118.60	a
120	30	98.77	b
90	45	90.50	b c
60	60	76.77	c d
60	30	70.07	d e
60	0	58.30	e f
0	30	55.10	f g
0	0	44.40	g

wp = 13.85

CUADRO 19. Prueba de Tukey para los promedios del peso de 100 semillas en el sitio experimental con contenido de fósforo menor de 7 ppm.

TRATAMIENTO		PROMEDIO DE PESO 100 SEM. (grms)	
N	P		
120	90	0.413	a
180	60	0.410	a
120	60	0.397	a
120	30	0.320	b
90	45	0.320	b
60	60	0.303	b c
0	30	0.285	c d
60	30	0.273	c d
60	0	0.265	d
0	0	0.180	e

wp = 0.032

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA
GUATEMALA, C. A.

5 - V - 1989

"IMPRIMASE"




ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.
DECANO