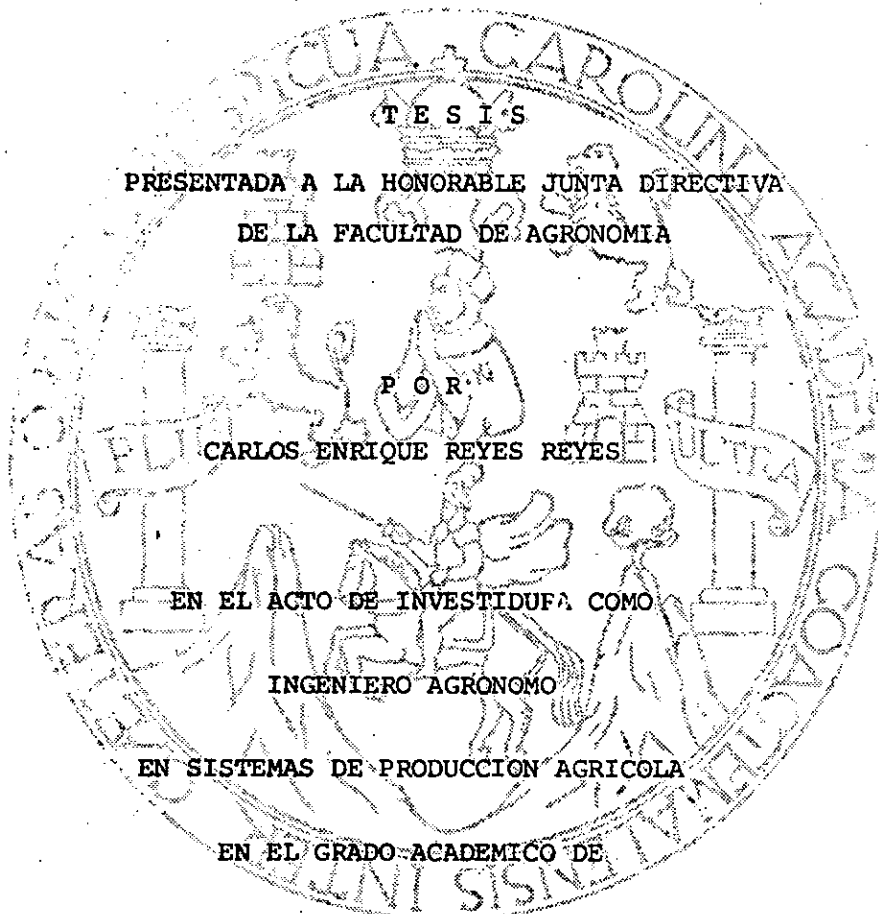


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

"EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE N-P-K, EN  
EL CULTIVO DEL AJO (Allium sativum L.), EN  
EL MUNICIPIO DE AGUACATAN, HUEHUETENANGO"



TESIS

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

POR

CARLOS ENRIQUE REYES REYES

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO

INGENIERO AGRONOMO

EN SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

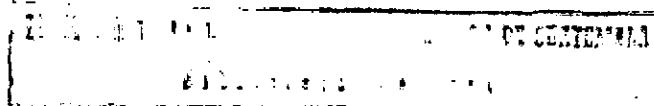
EN EL GRADO ACADEMICO DE

LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

**TESIS DE REFERENCIA**  
**NO**

SE PUEDE SACAR DE LA BIBLIOTECA  
BIBLIOTECA CENTRAL-USAC

Guatemala, agosto de 1988



DL  
01  
T (1037)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

R E C T O R

LIC. RODERICO SEGURA TRUJILLO

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Anibal B. Martínez Muñoz
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Gustavo Adolfo Méndez Gómez
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Jorge Sandoval Illescas
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Mario Melgar M.
VOCAL CUARTO	Br. Marco Antonio Hidalgo
VOCAL QUINTO	T.U. Byron Milián
SECRETARIO	Ing. Agr. Rolando Lara Alecio

Guatemala,  
Agosto de 1988

SEÑORES  
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA  
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR  
FACULTAD DE AGRONOMIA  
PRESENTE

SEÑORES:

De conformidad con las normas establecidas en la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a vuestra consideración el trabajo de tesis titulado: "EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE N-P-K, EN EL CULTIVO DEL AJO (Allium sativum L.), EN EL MUNICIPIO DE AGUACATAN, HUEHUETENANGO"; como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,

  
Carlos Enrique Reyes Reyes



Referencia	SMS-041-88
Asunto	

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

10 de agosto de 1988

Ingeniero Agrónomo  
Hugo Tobías  
Director del Instituto de  
Investigaciones Agrícolas

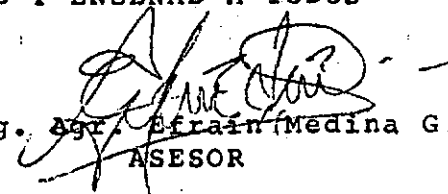
Ingeniero Tobías:

Atentamente le informo que he finalizado de revisar el trabajo de tesis del estudiante Carlos Enrique Reyes Reyes, carnet No. 79-10145, titulado "EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE N-P-K; EN EL CULTIVO DEL AJO (Allium sativum L.) EN EL MUNICIPIO DE AGUACATAN; HUEHUETENANGO.

Dicho trabajo considero llena los requisitos indispensables para poder ser aprobado.

Cordialmente,

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"

  
Ing. Agr. Efraín Medina G.  
ASESOR

cc. archivo

EMG/nlzm

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

Todopoderoso

A LA MEMORIA DE MI  
MADRE:

Marina Matilde Reyes de Reyes (Q.E.P.D.)

A MIS HERMANOS:

Concepción de Mérida  
Victoria de Pereira  
Cristy de Echeverría  
Efrén y Arturo Reyes Reyes

A MIS ABUELOS:

Felícita López de Reyes (Q.E.P.D.)  
Cirilo Ovidio Reyes (Q.E.P.D.)  
Rosalío López (Q.E.P.D.)

A MIS TIOS:

Blanca, Armando, Jorge, Favio, Adolfo  
Manuel y Félix Reyes

A MIS CUÑADOS, EN  
ESPECIAL A:

Julio Roberto Echeverría Rosales

A MIS SOBRINOS EN  
GENERAL

A MIS PRIMOS:

Blanky, Mary, Luis, Maucelio, Eléazar, Ro-  
sario y Desiderio Reyes

A MI FAMILIA EN  
GENERAL

A MIS AMIGOS:

Willy, German, Elmen, Aurizar, Abigail, Mar-  
vin, René y Jorge Mérida, Javier Mauricio,  
Lisandro Gordillo, Abel López, Julio Gaitán,  
Amed y Leopoldo Noriega.

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

A BARILLAS, HUEHUETENANGO

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL PROFESOR ROMEO CASTILLO HERRERA

A LA SEÑORA BERTHA JULIA HERRERA MERIDA

A MIS COMPAÑEROS DE SISTEMAS, GRUPO QUESADA:

- César Augusto Telón Donis
- Juan Luis del Cid Pinot
- Julio Jayron Zaldaña Ríos
- Gustavo Adolfo Fabián Grijalva
- Mario Enrique de León Méndez
- Mario de Jesús Melgar Arias
- Otto Santiago Avilés Recinos
- Víctor Eduardo Campos Grijalva

A LA COMUNIDAD CAMPESINA DEL MUNICIPIO DE AGUACATAN, HUEHUETENANGO

## AGRADECIMIENTOS

EN EL PRESENTE DOCUMENTO, QUIERO EXPRESAR MI MAS SINCERO AGRADECIMIENTO A TODAS AQUELLAS PERSONAS E INSTITUCIONES QUE EN UNA U OTRA FORMA HICIERON POSIBLE LA REALIZACION DEL PRESENTE TRABAJO DE INVESTIGACION.

- A: Ing. Agr. Efraín Medina Guerra, por su colaboración incondicional en la asesoría del presente trabajo.
- A: Ing. Agr. Adalberto Rodríguez, por sus observaciones y acertada orientación en la etapa de campo.
- A: Ing. Agr. Luis Reyes, por su desinteresada colaboración, en la interpretación del análisis estadístico.
- A: Julio Roberto Echeverría y Cristy Reyes de Echeverría, por su ayuda incondicional prestada durante el transcurso de mi carrera.
- A: Sr. Desiderio Reyes Avila y Nivea Cardona de Reyes, por su ayuda durante mi Ejercicio Profesional Supervisado.
- A: Willy Byron Mérida y Odilia Villatoro de Mérida, por el apoyo brindado durante mi Ejercicio Profesional Supervisado y la ejecución del presente trabajo.
- A: DISAGRO, S.A. por su aporte al presente estudio
- A: Todas aquellas personas que contribuyeron a mi formación profesional.

# C O N T E N I D O

	PAGINA
RESUMEN	
1. INTRODUCCION	1
2. HIPOTESIS	3
3. OBJETIVOS	4
4. REVISION DE LITERATURA	5
4.1 Generalidades	5
4.1.1 Origen del cultivo	5
4.1.2 Variedades	5
4.1.3 Condiciones Ecológicas	5
4.1.4 Suelos	6
4.2 Fertilización	6
4.2.1 Estudios sobre fertilización en ajo, realiza-	
dos en Aguactán, Huehuetenango	7
4.2.1.1 Nitrógeno	7
4.2.1.2 Fósforo	8
4.2.1.3 Potasio	8
5. MATERIALES Y METODOS	10
5.1 Descripción del Area Experimental	10
5.1.1 Localización	10
5.1.2 Características Climáticas	10
5.1.3 Características Hídricas	10
5.1.4 Características Edáficas	12
5.2 Material Experimental	13
5.2.1 Semilla	13
5.2.2 Fuentes de Nutrimentos	13



	PAGINA
5.3 Espacios de Exploración	13
5.4 Diseño de Tratamientos	14
5.5 Diseño Experimental	14
5.6 Tamaño de la Unidad Experimental	16
5.7 Manejo del Experimento	19
5.7.1 Preparación del terreno	19
5.7.2 Siembra	19
5.7.3 Riegos	20
5.7.4 Limpias	20
5.7.5 Fertilizaciones	20
5.7.6 Control Fitosanitario	21
5.7.7 Cosecha	21
5.8 Variable a Evaluar	22
5.9 Análisis de la Información	22
5.9.1 Análisis Estadístico	22
5.9.2 Análisis Económico	22
5.9.2.1 Dosis Optimas Económicas con Capital Ilimitado (DOECI)	22
5.9.2.2 Dosis Optimas Económicas con Capital Limitado (DOECL)	23
6. RESULTADOS Y DISCUSION	25
7. CONCLUSIONES	37
8. RECOMENDACIONES	38
9. BIBLIOGRAFIA	39
10. APENDICE	41

## INDICE DE CUADROS

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
1	Recomendaciones respecto a la aplicación de NPK, en el cultivo del ajo (kg/ha), según algunos investigadores	7
2	Programas de fertilización evaluados por el Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas -ICTA- (kg/ha), en Aguacatán, Huehuetenango	9
3	Datos atmosféricos de la interpolación de tres estaciones meteorológicas; una en la cabecera departamental de Huehuetenango y dos en los municipios de Nebaj y Sacapulas, El Quiché	11
4	Niveles de NPK, evaluados en la presente investigación, expresados en kg/ha.	14
5	Tratamientos resultantes con valores codificados y sin codificar de la Matriz Experimental PPI, evaluados en la presente investigación, expresados en kg/ha	15
6	Análisis de disponibilidad de P, K, Ca y Mg, en el área de estudio	19
7	Distribución de la aplicación de los fertilizantes	21
8	Rendimientos de ajo en peso seco, obtenidos en el área experimental para el ensayo completo, expresados en kg/ha	25
9	Análisis de Varianza para el total de tratamientos evaluados	26

CUADROPAGINA

10	Análisis de Varianza para los tratamientos resultantes de la Matriz Experimental Plan Puebla I (menos el tratamiento testigo)	27
11	Niveles codificados y rendimientos promedio, obtenidos en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango	28
12	Rendimientos promedio de NPK obtenidos, según la codificación, expresados en kg/ha	29
13	Ingresos brutos de NPK (Rend. $\bar{x}$ x precios Unitarios de Venta del Producto), en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango	29
14	Costos Variables (Cantidad aplicada x Costo Unitario del Factor) e Ingresos Netos (IB- CV) de producción de ajo, en Aguacatán, Huehuetenango	30
15	Determinación de Pendientes para cada uno de los factores evaluados en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango	30
16	Incremento de Rendimiento para cada nivel de NPK (kg/ha) en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango	34
17	Incremento de Ingresos Netos para cada nivel de NPK en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango	35
18	Tasa de Retorno de Capital Variable de NPK, en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango	35

## INDICE DE FIGURAS

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
1	Climadiagrama del municipio de Aguacatán, Huehuetenango	12
2	Croquis del experimento de niveles de N-P-K, evaluados en Aguacatán, Huehuetenango	17
3	Distribución de posturas en las unidades experimentales del área de estudio	18
4	Efecto del nitrógeno sobre el rendimiento del cultivo del ajo en Aguacatán, Huehuetenango	31
5	Efecto del fósforo sobre el rendimiento del cultivo del ajo en Aguacatán, Huehuetenango	32
6	Efecto del potasio sobre el rendimiento del cultivo del ajo en Aguacatán, Huehuetenango	33

CUADROS EN APENDICE

<u>NUMERO</u>		<u>PAGINA</u>
A1	Costos de producción de ajo/ha, en Aguactán, Huehuetenango.	42
A2	Comparación de Rendimientos, Tasa marginal de Capital Variable, y Dosis Optimas Económicas, obtenidas comparadas con otras investigaciones realizadas en ajo ( <u>Allium sativum</u> L.), en Aguacatán, Huehuetenango.	44

"EVALUACION DE CUATRO NIVELES DE N-P-K, EN EL CULTIVO DEL AJO (Allium sativum L.), EN EL MUNICIPIO DE AGUACATAN, HUEHUETENANGO".

"EVALUATION OF FOUR LEVELS OF N-P-K, IN GARLIC (Allium sativum L.), IN AGUACATAN, HUEHUETENANGO".

#### RESUMEN

En Aguacatán, Huehuetenango, el cultivo del ajo (Allium sativum L.), constituye la principal fuente de ingresos de sus habitantes. En los últimos años éstos se han visto afectados por la baja rentabilidad del cultivo; entonces para mejorar la eficiencia de la producción, se deben utilizar prácticas adecuadas de manejo (4), entre éstas la fertilización juega un papel muy importante, ya que manejada técnicamente puede reducir los costos de producción del cultivo.

La presente investigación se efectuó con el fin de determinar la respuesta del cultivo del ajo a las aplicaciones de N-P-K y a la vez determinar las dosis óptimas económicas para capital limitado e ilimitado (DOECL-DOECI), a partir de octubre de 1987, en el cantón Aguacatán, Aguacatán, Huehuetenango.

Para su ejecución se diseñaron los tratamientos de acuerdo a la Matriz Experimental Plan Puebla I, evaluados por medio de un diseño de bloques al azar, con tres repeticiones. El área de ensayo fué de 257.56 m<sup>2</sup>, con un total de 45 unidades experimentales de 3.64 m<sup>2</sup> cada una y calles de 0.40 m.

Se evaluó el rendimiento de ajo en kg./ha. que sometido al análisis estadístico no fué significativo para ningún tratamiento. Para la determinación de la DOECI de NPK, se siguió la guía del análisis gráfico; calculando los rendimientos promedio, ingresos brutos, costos, variables y pendientes para cada factor evaluado, encontrándose la DOECI en los nive-

les 160, 120 y 100 kg./ha de NPK, respectivamente.

Para la determinación de la DOECL, se calculó el incremento de rendimiento, incremento de ingresos netos y TRCV, reportando los mayores niveles de 160, 80 y 100 kg./ha de NPK.

En base a los resultados obtenidos, empleando la metodología Plan Puebla, se llegó a las conclusiones y recomendaciones siguientes:

- En el suelo existen altos niveles de fósforo, calcio y magnesio, lo cual se debe probablemente al material original existente en el área y a altas fertilizaciones anteriores y esto puede incidir en la poca respuesta al fósforo y potasio.
- Las altas aplicaciones de NPK hechas en el área, tienden a elevar considerablemente los costos de producción del cultivo del ajo.
- Se recomienda aplicar 160, 80 y 100 kg./ha de NPK, en el área de estudio.
- Para posteriores investigaciones, se recomienda estudiar los niveles de fósforo y potasio, por debajo de los niveles evaluados en el presente estudio.
- En vista de que los niveles de NPK, se mantuvieron altos y la respuesta a las dosis fue no significativa, se recomienda efectuar estudios de sorción de nutrientes, como punto de partida para efectuar posteriores investigaciones.

## 1. INTRODUCCION

La zona occidental del país se ha caracterizado por tener alta densidad de población, dando como resultado áreas de minifundios, las cuales generalmente no son utilizadas para la explotación de cultivos perennes, sino para el cultivo de hortalizas principalmente, ya que permiten altas densidades de población por unidad de área y un rápido retorno de capital, debido a su corto ciclo vegetativo.

Las hortalizas abastecen el mercado interno y últimamente se han intensificado las exportaciones. Dentro de este campo el ajo (Allium sativum L.), es una liliacea que también se puede considerar como un renglón más de exportación, ya que la mayor cantidad producida es exportada hacia Centro América (4, 7).

Las zonas productoras de ajo de los municipios de Aguacatán y Chiantla, Huehuetenango, son las más importantes del país, por área cultivada y número de agricultores que se dedican a dicho cultivo, de las cuales Aguacatán ocupa el primer lugar a nivel nacional, pero en los últimos años la rentabilidad del cultivo ha disminuído considerablemente, debido a los bajos precios (apéndice 1) (16).

Entonces para mejorar la eficiencia de la producción en el área, se deben utilizar prácticas adecuadas de manejo (4), entre éstas la fertilización juega un papel muy importante, ya que los agricultores aplican altas dosis y en forma empírica, por desconocer los procedimientos e interpretación de los análisis de suelos, lo cual reduce la rentabilidad del cultivo.

El crecimiento y desarrollo de las plantas está determinado por factores climáticos, hídricos, edáficos e inherentes a la misma planta; algunos de éstos están bajo el control del hombre, como lo es la fertilidad del suelo que se puede modificar mediante enmiendas y adiciones de nutrimentos por medio de fertilizantes, en forma técnica (5, 10), ya que



si se desea que las plantas produzcan, el suelo deberá de tener además de buenas condiciones físicas, un adecuado abastecimiento de todos los nutrimentos esenciales, así como un buen balance entre ellos, siguiendo lo establecido por la Ley del Mínimo de Liebig: "si un elemento falta o es deficiente, puede ocasionar que el crecimiento de las plantas sea anormal" (17).

La presente investigación se efectuó con el fin de determinar la respuesta del cultivo del ajo (Allium sativum L.), a las aplicaciones de N-P-K y a la vez determinar las Dosis Óptimas Económicas para Capital Limitado e Ilimitado, a partir del mes de octubre de 1987, en el Cantón Aguacatán, Aguacatán, Huehuetenango.

Para su ejecución se diseñaron los tratamientos de acuerdo a la Matriz Experimental Plan Puebla I, los cuales se evaluaron por medio de un Diseño de Bloques al Azar, con tres repeticiones.

## 2. HIPOTESIS

- 2.1 En el área de estudio el Nitrógeno, Fósforo y Potasio (N-P-K), son elementos que limitan el rendimiento en el cultivo del Ajo.
  
- 2.2 Las Dosis Óptimas Económicas para Capital Limitado e Ilimitado, se encuentran entre los espacios de exploración estudiados.

### 3. OBJETIVOS

- 3.1 Determinar la respuesta del cultivo del Ajo (Allium sativum L.) a las aplicaciones de N-P-K, en Aguacatán, Huehuetenango.
- 3.2 Determinar las Dosis Optimas Economicas de N-P-K, para Capital Limitado e Ilimitado, en el cultivo del ajo en Aguacatán, Huehuetenango.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 GENERALIDADES

#### 4.1.1 Origen del Cultivo:

El ajo es originario de Kirgiz, en Siberia y Zungaria, China Occidental y se usa universalmente como condimento y/o medicamento (7, 13).

El olor que lo caracteriza es debido a un aceite esencial volátil llamado Disulfuro de Alilo, conteniendo además Insulina y Almidón (6).

#### 4.1.2 Variedades:

En el municipio de Aguacatán, Huehuetenango, se cultiva principalmente la variedad criolla, producida en el país desde hace muchos años, la cual es del tipo egipcio; sus bulbos son de color blanco y tienen regular demanda en el mercado internacional, debido al tamaño y abundante número de dientes (7, 13).

En el área se ha intentado introducir otras variedades como Napuri, Hermosillo, Pepita, Massone, San Javier y Floricta Precos-72, a través del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA-, pero no han tenido aceptación por ser variedades tardías, comparadas con la criolla que es precoz (9).

#### 4.1.3 Condiciones Ecológicas:

Según Paz Gómez (15), el ajo durante el curso de su desarrollo presenta exigencias particulares de temperatura y humedad. Respecto al clima, su adaptabilidad es amplia, y se puede desarrollar desde regiones frías, hasta de clima templado, con alturas comprendidas entre 900 y 2440 metros sobre

el nivel del mar (msnm). Presenta sensibilidad al fotoperíodo; días largos aceleran la formación del bulbo, mientras que los cortos la inhiben. Se necesita un período de 15 horas diarias de luz y una temperatura de 15-25° C. Soporta una humedad relativa de 45% y una precipitación pluvial de 70-100 mm mensuales.

#### 4.1.4 Suelos:

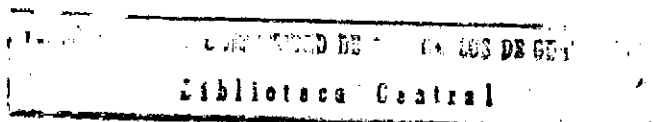
Con respecto al suelo el ajo no es exigente, pudiéndose adaptar a suelos franco-arenosos o areno-arcillosos, profundos, sueltos, ricos en materia orgánica y un pH moderadamente ácido de 5.5 - 6.8 (12). No se recomiendan los suelos compactados para este cultivo, por ser susceptible a la podredumbre (15).

#### 4.2 FERTILIZACION

Esta labor se realiza en los suelos haciendo la diferencia entre los requerimientos básicos que necesita el cultivo y lo que el suelo es capaz de abastecer (15).

Gudiel (10), menciona que una cosecha de 6532 kg/ha de ajo, extrae del suelo 82 kg de Nitrógeno, 52 kg de Fósforo y 104 kg de Potasio; es por eso que se hace necesaria la adición de estos elementos al suelo, previo análisis del mismo, para mantener su fertilidad.

Zink, et al; citado por Paz Gómez (15), da las siguientes recomendaciones respecto a la aplicación de N-P-K, en el cultivo del ajo:



Cuadro 1. Recomendaciones respecto a la aplicación de N-P-K, en el cultivo del ajo (kg/ha), según algunos investigadores.

INVESTIGADOR	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Zink, F.W.	230	49	214
Jones, H.	70-90	160	
García, R.	70	50	100-150
Lucero, S.A.	61	61	
Leeper, P.W.	56	90-112	
Fernice, A.	50	20	50
Vidal, M.D.	45-50		30
Bullard, E.	45	90-135	
Singh, J.R.	37	36	
Tamaro, D.		100	150-200

FUENTE: De Paz Gómez (15).

4.2.1 Estudios sobre Fertilización en Ajo, realizados en Aguacatán, Huehuetenango:

En lo referente a estudios sobre fertilización en el área, en 1976, Paz Gómez (15), realizó una investigación evaluando niveles de 0, 60, 120, 180 y 240 kg/ha de N-P-K, encontrándose respuesta sobre los rendimientos de ajo, como se describe a continuación.

4.2.1.1 Nitrógeno:

El efecto del Nitrógeno varió de 8167 a 14439 kg/ha de ajo, con los niveles de 0 a 180 kg/ha, con una tasa de respuesta de 34.84, equivalente a una relación beneficio/costo de 21.29:1.

4.2.1.2 Fósforo:

El efecto del fósforo varió de 12875 a 14684 kg/ha de ajo, con los niveles de 0 a 120 kg/ha, con una tasa de respuesta de 15.07, equivalente a una relación beneficio/costo de 7.10:1.

4.2.1.3 Potasio:

El efecto del potasio varió de 12076 a 13763 kg/ha de ajo, con los niveles de 0 a 180 kg/ha, con una tasa de respuesta de 9.37, equivalente a una relación beneficio/costo de 14.06:1

La determinación del nivel óptimo de aplicación de cada uno de los elementos, proporcionó las cantidades: 180, 133 y 172 kg/ha de NPK.

En 1976, el ICTA (8), llevó a cabo una investigación donde se evaluaron 5 niveles de N-P-K: 0, 60, 120, 180 y 240 kg/ha, en presencia de dosis constantes de 180 kg/ha, para los otros dos elementos respectivamente.

El efecto del nitrógeno fué significativo hasta el nivel de 180 kg/ha, incrementándose el rendimiento desde 9112 a 14510 kg/ha de ajo, a una tasa de respuesta de 29.98, equivalente a una relación beneficio/costo de 17.76:1.

El efecto del fósforo y potasio, fué significativo hasta el nivel de 120 kg/ha, incrementándose los rendimientos desde 13133 a 14473 y 12216 a 13622 kg/ha de ajo, a una tasa de respuesta de 11.16 y 11.71, equivalentes a una relación beneficio/costo de 5:1 y 17:1 respectivamente.

En 1984, el ICTA (9), evaluó la respuesta del ajo a diferentes fuentes y niveles de fertilización. Las fuentes fueron

las fórmulas comerciales 15-15-15, 20-20-0, 16-20-0 y Urea. La respuesta a fórmula comercial fué al 16-20-0 con un nivel más bajo evauado de 104 y 130 kg/ha de nitrógeno y fósforo, respectivamente.

En 1986, el ICTA (9), evaluó tres programas de fertilización comparados con un testigo local, en el programa 1 se utilizó 15-15-15 y Urea, en el segundo sulfato de amonio, en el tercero la fórmula comercial 20-20-0, en dos aplicaciones; y como testigo se utilizó la fórmula comercial 16-20-0, en tres aplicaciones (cuadro 2). El análisis estadístico demostró que no hay diferencias significativas en cuanto a rendimiento entre los niveles evaluados, sin embargo, el testigo local presentó un ligero aumento en la proporción de bulbos de primera categoría. El análisis económico demostró que los tres niveles de fertilización inciden en un mayor ingreso neto respecto al testigo local. El Programa 1 no presenta menor costo pero sí el mayor ingreso neto y rentabilidad.

Cuadro 2. Programas de fertilización evaluados por el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas -ICTA- (kg/ha), en Aguacatán, Huehuetenango.

PROGRAMA	N	P	K	S
1	197	171	171	0
2	197	171	171	30
3	228	228	0	0
4 (t.t.)	273	342	0	0

t.t. = Tratamiento testigo.

FUENTE: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (9), 1986.



## 5. MATERIALES Y METODOS

### 5.1 DESCRIPCION DEL AREA EXPERIMENTAL.

#### 5.1.1 Localización:

La presente investigación se realizó en el Cantón Aguacatán, ubicado en el municipio de Aguacatán, Huehuetenango.

Según Holdridge (11), el área está comprendida dentro de la zona ecológica Bosque Húmedo Montano Bajo Sub-tropical (bh-MB). Su posición geográfica es de 15°20' 30" de latitud norte y 91°18' 45" de longitud oeste.

#### 5.1.2 Características Climáticas:

Según Cano Morales et al (4), el Cantón Aguacatán se encuentra a una altura de 1700 metros sobre el nivel del mar (msnm); con una temperatura promedio anual de 17.74°C, con una mínima promedio anual de 10.25°C y una máxima de 24.50°C. La precipitación media anual es de 1287.50 mm, distribuidos principalmente entre los meses de mayo a octubre. El área se caracteriza por ser húmeda, obteniéndose un promedio anual de 74.46%. La insolación total presenta un promedio de 2568.50 horas anuales, correspondiendo a septiembre el menor valor con un promedio de 169.43 horas y al mes de marzo el mayor con un promedio de 277.54 horas (Cuadro 3, figura 1).

#### 5.1.3 Características Hídricas:

La localidad se abastece de agua para riego proveniente de 4 fuentes, contando con un caudal de 46.78 L/s, la cual puede ser usada sin problemas de acumulación de Sodio Intercambiable y Sales, por encontrarse en cantidades mínimas y concentraciones medias respectivamente; pudiendo ser usada, ya que bajo condiciones normales de riego, éstas son lavadas (4).

Cuadro 3. Datos atmosféricos de la interpolación de tres estaciones meteorológicas; una en la cabecera departamental de Huehuetenango y dos en los municipios de Nebaj y Sacapulas, El Quiché.

	$T_{\bar{x}}^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{min}} \bar{x}^{\circ}\text{C}$	$T_{\text{max}} \bar{x}^{\circ}\text{C}$	$P_{\text{p}} \bar{x}$ mm	$H \bar{x}$ (%)	INSOL. $\bar{x}$ h
ENE	14.75	6.49	23.00	11.20	70.77	240.86
FEB	15.90	7.80	24.25	23.08	72.77	223.30
MAR	19.41	8.87	26.50	27.08	64.88	277.54
ABR	19.40	10.20	27.50	35.26	66.16	242.46
MAY	19.57	12.00	27.00	134.08	70.44	194.34
JUN	19.00	13.25	24.75	224.70	77.86	169.63
JUL	18.00	11.30	23.75	196.00	76.72	218.47
AGO	18.00	12.06	24.16	175.07	77.47	220.48
SEP	17.75	12.75	23.88	272.07	80.26	169.43
OCT	17.42	11.75	23.00	144.24	79.30	190.98
NOV	15.67	9.30	23.30	43.68	76.24	209.85
DIC	14.96	7.41	22.75	23.10	74.67	236.03
ANUAL:	17.74	10.25	24.50	1287.50	74.46	2586.50

FUENTE: Cano Morales, et al (4). 1987.

#### 5.1.4 Características Edáficas:

Simmons et al (18), indica que los suelos del área corresponden a la serie de suelos Sacapulas, los cuales se caracterizan por ser poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre granito, gneis y esquisto en capas delgadas y tienden hacia los suelos Chol. Los afloramientos son comunes y en algunas áreas constituyen más del 10% de la superficie. Estos suelos fase erosionada, representan áreas que han estado suje

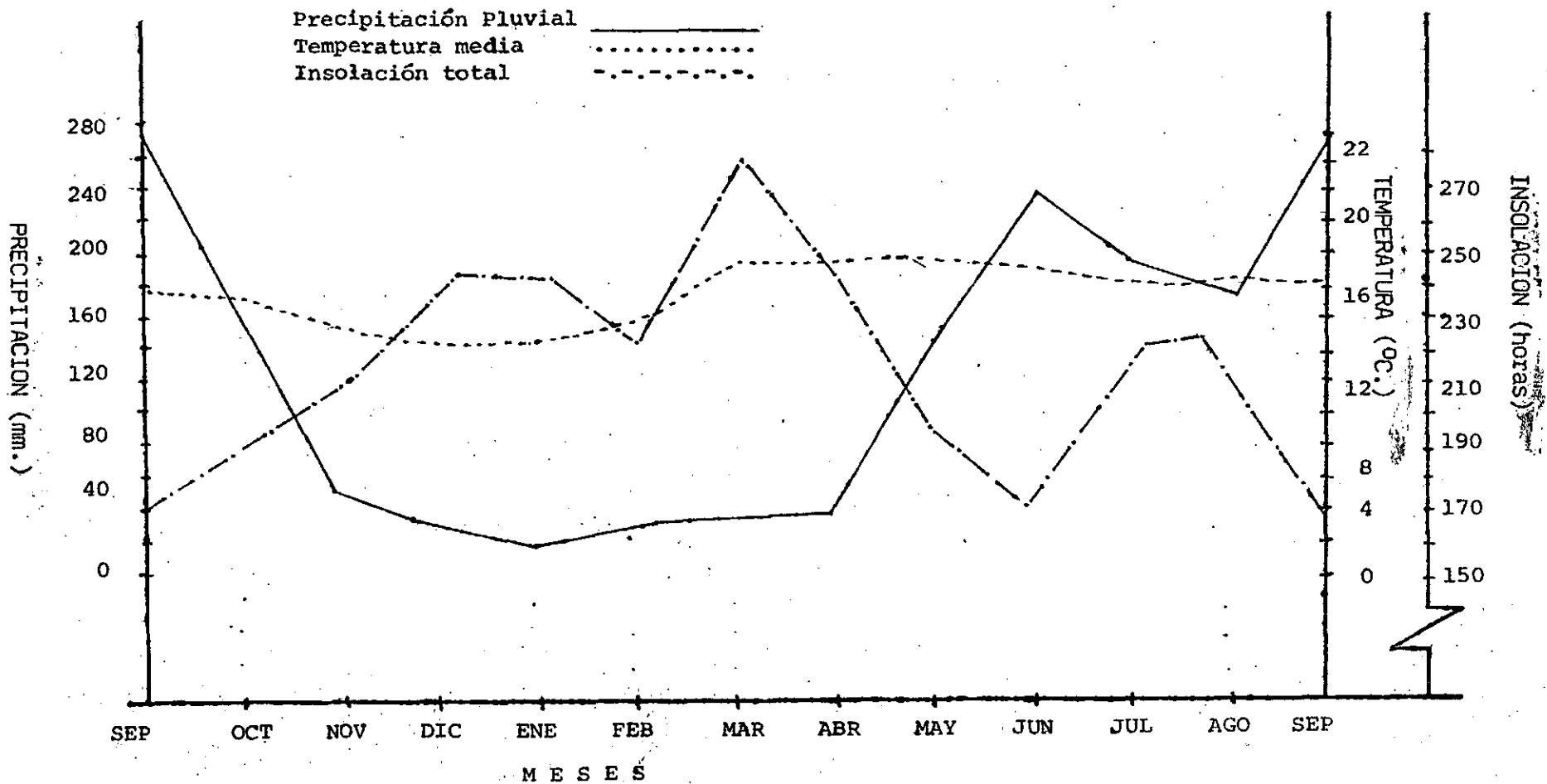


Figura 1. Climadiagrama del municipio de Aguacatán, Huehuetenango

FUENTE: Cano Morales, E.E. et al, 1987 (4).

tas a la erosión y el suelo superficial ha sido lavado en gran parte. Como cobertura vegetal es común encontrar pino (Pinus sp.), encino (Quercus sp.) y hierbas en unos pocos lugares. Estos suelos tienen una delgada capa de materia orgánica en su superficie parcialmente descompuesta, su reacción es medianamente alcalina (pH), su textura es franco arcillosa, franco arenosa y franco arcillo arenosa, con buena infiltración; su coloración varía de café a negro, existiendo muchas piedras en su superficie (16).

## 5.2 MATERIAL EXPERIMENTAL

### 5.2.1 Semilla:

Para la siembra se utilizó semilla de ajo criollo, por ser el material más usado por los agricultores de la zona.

### 5.2.2 Fuentes de Nutrientes:

Las fuentes de N-P-K aplicadas, fueron: Urea (46% de N), Triple Superfosfato (46% de  $P_2O_5$ ) y Cloruro o Muriato de Potasio (60% de  $K_2O$ ).

## 5.3 ESPACIOS DE EXPLORACION

En base a la literatura y los niveles de N-P-K, aplicados por los agricultores del área, se evaluaron cuatro niveles de nutrientes, como se observa en el cuadro 4.

Cuadro 4. Niveles de N-P-K evaluados en la presente investigación, expresados en kg/ha.

NUTRIMENTOS	N I V E L E S			
	1	2	3	4
N	110	160	210	260
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	80	120	160	200
K <sub>2</sub> O	100	150	200	250

#### 5.4 DISEÑO DE TRATAMIENTOS

La distribución de los tratamientos se hizo de acuerdo a la Matriz Experimental Plan Puebla I, el número de tratamientos fué de  $2^K + 2K$ ; donde "K" representa el número de factores involucrados:

$K = 3$  (Nitrógeno, Fósforo y Potasio)

$2^3 + 2(3) = 14$  tratamientos de la Matriz Experimental Plan Puebla I.

Los tratamientos resultantes con valores codificados y sin codificar, se pueden apreciar en el cuadro 5, a los cuales se les adicionó un tratamiento testigo absoluto (t.t.), para el Análisis Económico.

#### 5.5 DISEÑO EXPERIMENTAL

Los tratamientos se evaluaron a través de un Diseño Experimental de Bloques al Azar, con tres repeticiones, de acuerdo al Modelo Estadístico siguiente:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

Cuadro 5. Tratamientos resultantes con valores codificados y sin codificar de la Matriz PPI, evaluados en la presente investigación, expresados en kg/ha.

No. DE ORDEN	VALORES CODIFICADOS			DOSIS FERTILIZACION		
	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	-0.33	-0.33	-0.33	160	120	150
2	-0.33	-0.33	+0.33	160	120	200
3	-0.33	+0.33	-0.33	160	160	150
4	-0.33	+0.33	+0.33	160	160	200
5	+0.33	-0.33	+0.33	210	120	150
6	+0.33	-0.33	+0.33	210	120	200
7	+0.33	+0.33	-0.33	210	160	150
8	+0.33	+0.33	+0.33	210	160	200
9	-1.00	-0.33	-0.33	110	120	150
10	+1.00	+0.33	+0.33	260	160	200
11	-0.33	-1.00	-0.33	160	80	150
12	+0.33	+1.00	+0.33	210	200	200
13	-0.33	-0.33	-1.00	160	120	100
14	+0.33	+0.33	+1.00	210	160	250
15 (t.t.)	-	-	-	000	000	000

t.t. = Tratamiento testigo.

Donde:

Y<sub>ij</sub> = Variable respuesta de la ij...esima unidad experimental

U = Efecto de la media general

T<sub>i</sub> = Efecto del i...esimo tratamiento

B<sub>j</sub> = Efecto del j...esimo bloque

E<sub>ij</sub> = Error experimental de la ij...esima unidad experimental.

#### 5.6 TAMAÑO DE LA UNIDAD EXPERIMENTAL

La unidad experimental estuvo constituida por una parcela bruta de  $3.64 \text{ m}^2$ , de la cual se tomó una parcela neta de  $2.18 \text{ m}^2$ , dejando  $0.23 \text{ m}$  y  $0.19 \text{ m}$  de efectos de borde y cabecera respectivamente y  $0.40 \text{ m}$  de calles, para tener un área total de  $257.56 \text{ m}^2$  (Figura 2).

En la unidad experimental se plantaron 12 por 18 posturas, con un distanciamiento entre plantas de  $0.12 \text{ m}$  por  $0.15 \text{ m}$ , de las cuales solo se tomaron las 8 por 14 hileras centrales para realizar los análisis respectivos, según se indica en la figura 3.

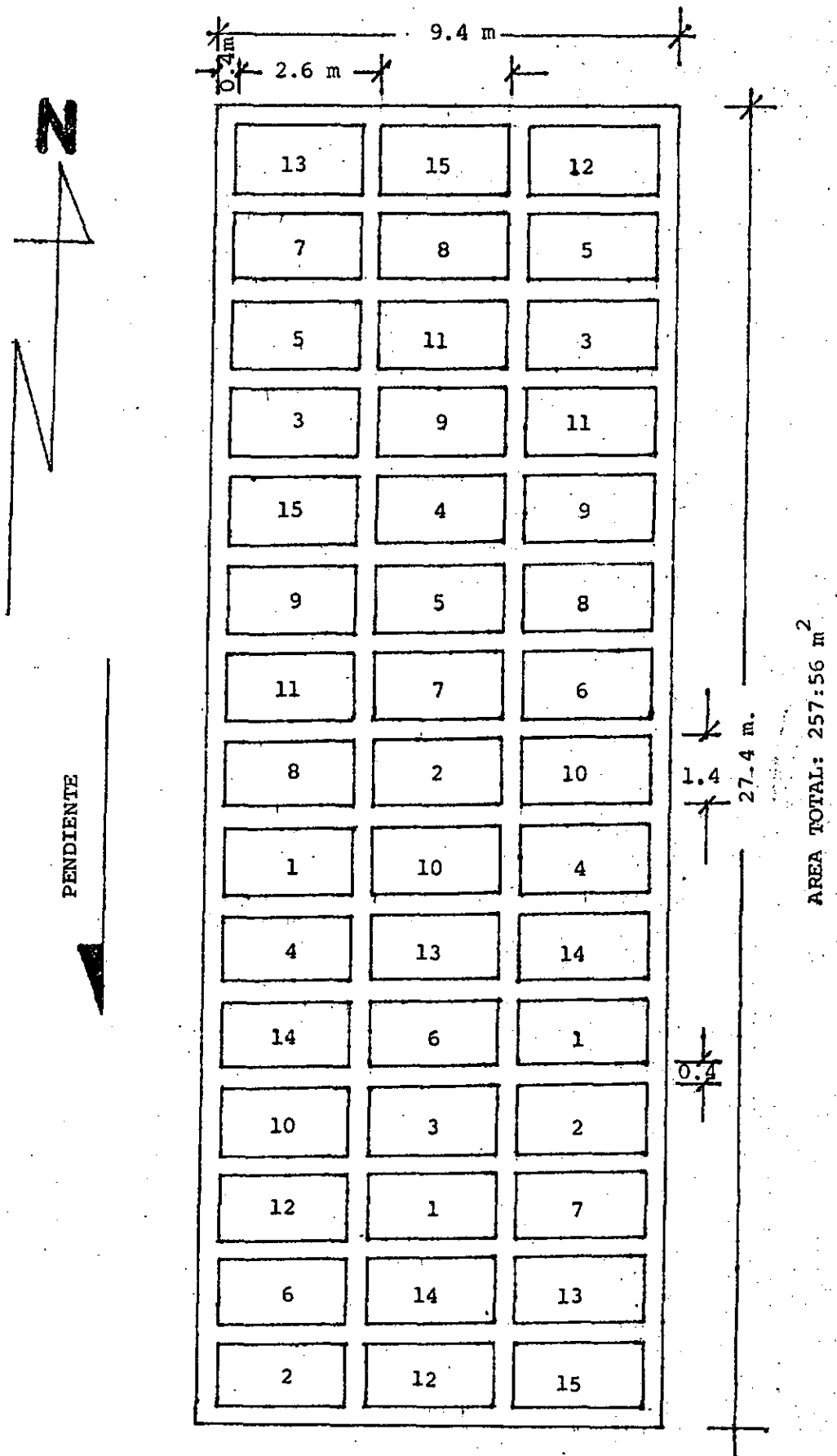


Figura 2. Croquis del Experimento de niveles de N-P-K, evaluados en Aguactaán, Huehuetenango. Escala 1:125.



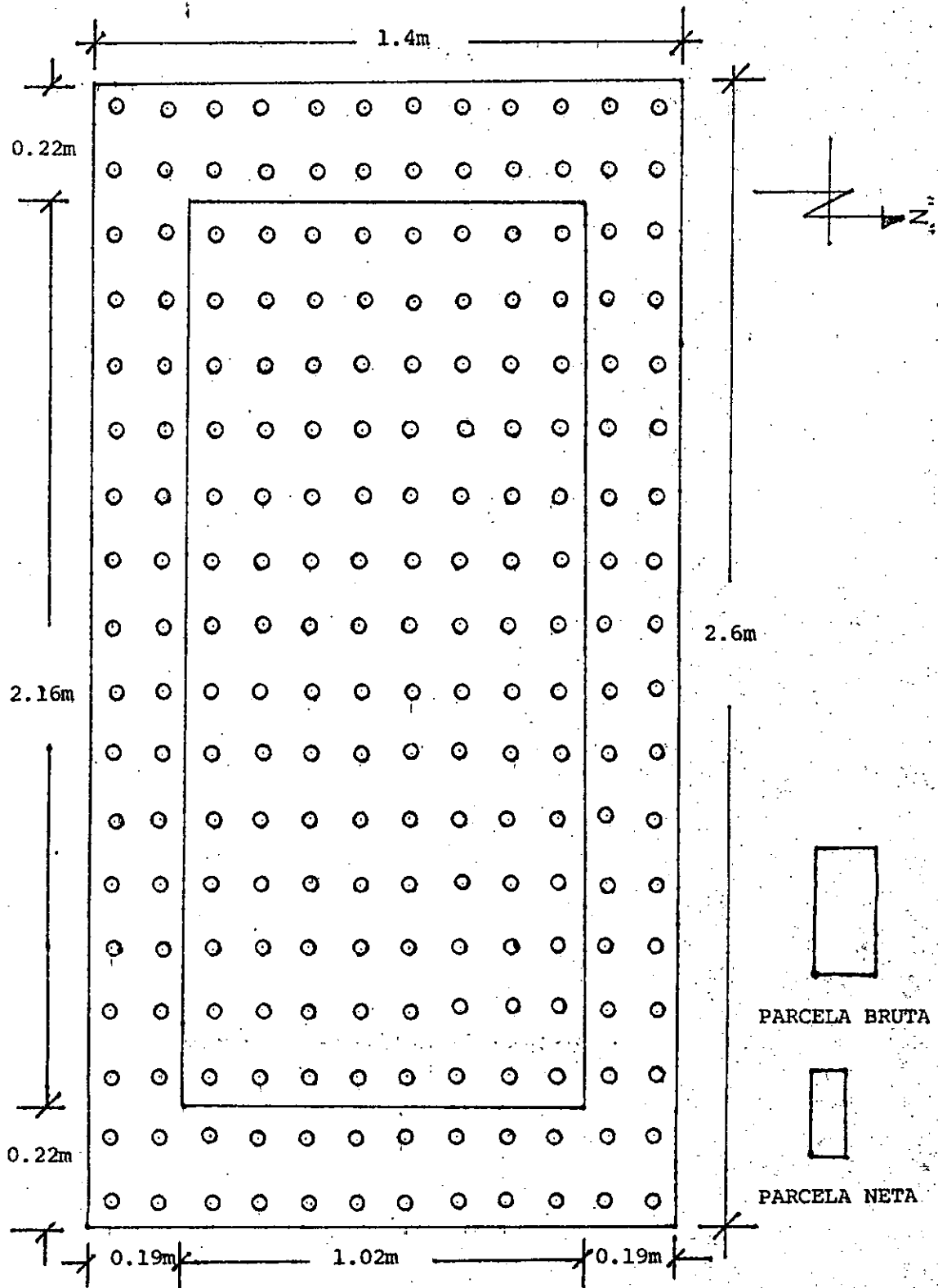


Figura 3. Distribución de posturas en las unidades experimentales del área de estudio.

## 5.7 MANEJO DEL EXPERIMENTO

### 5.7.1 Preparación del Terreno:

Para llevar a cabo la presente investigación, se principió por realizar un muestreo del suelo del área experimental, el cual proporcionó los resultados mostrados en el cuadro 6. Se puede apreciar que el pH está por encima de lo exigido por el cultivo. Los altos niveles de Calcio y Magnesio, provocan un desbalance entre nutrientes, con lo cual aunque los niveles de fertilidad se encuentren dentro de los rangos aceptables (caso del Fósforo), los elementos nutritivos no son disponibles para ser aprovechados por las plantas.

Cuadro 6. Análisis de disponibilidad de P, K, Ca y Mg, en el área de estudio.

Prof.	pH	Microgramos/ml		Meq/100 ml. de suelo	
		P	K	Ca	Mg
0.3m	7.8	>50.00	68	>30.00	5.04

FUENTE: Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas, 1987.

Se procedió a incorporar el rastrojo de la cosecha anterior de maíz, luego se enterró. La labor de aradura se efectuó con tracción animal, haciendo dos pasadas en cruz, luego se hizo el rayado de surcos y junta de basura. Se realizó un riego total del terreno y se construyeron los tabloncillos de 2.60 m de largo por 1.40 m de ancho por 0.20 m de altura (Figura 2 ).

### 5.7.2 Siembra:

La siembra se efectuó durante la segunda quincena del mes de octubre, para lo cual se utilizó semilla procedente de bul-

bos seleccionados de la cosecha anterior.

### 5.7.3 Riegos:

Previo a la siembra se efectuó un riego para proveer de humedad a la semilla y facilitar su germinación.

Durante el ciclo del cultivo se efectuaron un total de 12 riegos, con frecuencias de 6 a 8 días, realizando el primero a los 8 días de emergida la semilla y el último 20 días antes de la cosecha. El método de riego que se utilizó fue el tradicional de la zona, que consiste en llevar el agua por gravedad hasta los tablones y posteriormente asperjarla en forma manual, utilizando para ello recipientes de aluminio o corteza de cucurbitáceas (guacales); este sistema se utilizó durante las dos terceras partes del ciclo del cultivo y durante la última se efectuaron riegos por inundación, con frecuencias más espaciadas.

### 5.7.4 Limpias:

Durante los cuatro meses del ciclo del cultivo se efectuaron tres limpiezas manuales. La primera limpieza se realizó a los 25 días después de la siembra, la segunda a 50 y la tercera a los 80, respectivamente.

### 5.7.5 Fertilizaciones:

Se realizaron tres aplicaciones en bandas, separadas 6.00 m de la base del tallo y a una profundidad de 5.00 cm. La primera aplicación se hizo al momento de la siembra, incorporando al suelo el 20% de nutrientes, la segunda se efectuó a los 25 días después de la siembra y la tercera a los 50 días, incorporando en ambas el 40% de nutrientes respectivamente, como se puede apreciar en el cuadro 7.

Cuadro 7. Distribución de la aplicación de los fertilizantes, en el área experimental.

UREA, TRIPLE SUPERFOSFATO Y MURIATO DE POTASIO	
% DE LA CANTIDAD TOTAL	TIEMPO (días)
20	ams
40	25
40	50

ams = al momento de la siembra.

#### 5.7.6 Control Fitosanitario:

Para el control de insectos se utilizaron productos como Endosulfán (Thiodán), Metil-Parathión (Folidol), Foxin (Volatón) y Metamidophox (Tamarón), en dosis de 50 cc/15 L de agua; para combatir plagas del follaje y del suelo, como trips (Trips tabaci), gusano cogollero (Spodoptera frugiperda), gallina ciega (Phyllopaqa sp.), etc.

Para el control de enfermedades, principalmente el Argeño o mal rosado, se utilizaron productos como Propineb (Antracol), Mancozeb (Dithane M-45) y Metil-axil (Ridomil), en dosis de 77-150 cc/15 L de agua. Las aplicaciones se hicieron con frecuencias de 4 a 8 días, dependiendo de las condiciones climáticas, siendo más frecuentes en épocas húmedas.

#### 5.7.7 Cosecha:

Esta actividad consistió en el arrancado en forma manual del producto, luego se colocó sobre los tablonés para su secado, durante un período de 12 días, seguidamente se pesó el producto de todas las parcelas (netas), para su posterior análisis

estadístico y económico.

## 5.8 VARIABLE A EVALUAR

Se evaluó el rendimiento de ajo, constituido por la planta completa (tallo y bulbo), expresado en kg/ha.

## 5.9 ANALISIS DE LA INFORMACION

### 5.9.1 Análisis Estadístico:

Para evaluar el efecto de los niveles de N-P-K, sobre el rendimiento del cultivo del ajo, se hizo el Análisis de Varianza, de acuerdo al Diseño Estadístico de Bloques al Azar, en el cual no se encontró significancia entre tratamiento, por lo que se procedió a determinar el Análisis Económico para to dos los factores involucrados en el experimento.

### 5.9.2 Análisis Económico:

Las Dosis Optimas Económicas (DOE), se calcularon para todos los factores, para lo cual se siguió la vía del Análisis Gráfico por constituir el principal argumento de la Matriz Experimental Plan Puebla I y a la vez ser de mayor utilidad para el investigador. Los pasos seguidos fueron los siguientes:

#### 5.9.2.1 Dosis Optimas Económicas con Capital Ilimitado (DOECI):

Dibujar las gráficas de respuesta (promedio) para todos los factores.

Calcular para cada una de las curvas obtenidas, los Ingresos Netos (IN), según la expresión:

$$\frac{1}{CF} + IN = yY - CV$$

Donde:

CF = Costos fijos (todos los gastos del cultivo menos los factores en evaluación)

IN = Ingresos Netos (Ingresos brutos menos gastos totales)

y = Precio por unidad del producto

Y = Producción obtenida (rendimiento)

CV = Costos Variables;

$$CV = \sum_{i=1}^K f_i; F_i$$

K = Número de factores

f<sub>i</sub> = Costo real unitario del factor i

F<sub>i</sub> = Cantidad total utilizada del factor i

Encontrar la relación entre precios unitarios del factor y precios unitarios del producto, hasta encontrar el punto en que son tangentes que al proyectarlo sobre el eje del factor en cuestión (X) o esa será la DOECI

#### 5.9.2.2 Dosis Óptimas Económicas con Capital Limitado

(DOECL):

Para su determinación se procedió de la siguiente forma:

---

1/ Los costos fijos son una constante para todos los factores, para facilidad de cálculo se toma:

$$IN = yY - CV$$

Calcular el incremento de rendimiento,  $\Delta Y$ , dado por la diferencia entre el rendimiento promedio de cada tratamiento y el rendimiento promedio del testigo.

Calcular el incremento de Ingreso Neto ( $\Delta IN$ ) según la expresión:

$$\Delta IN = y\Delta Y - CV$$

Obtener la Tasa de Retorno de Capital Variable (TRCV), como resultado de la razón entre  $\Delta IN/CV$ . La Dosis Optima Económica (DOECL) será aquella que corresponda al tratamiento que de mayor TRCV.

## 6. RESULTADOS Y DISCUSION

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la investigación y a la vez se hace una interpretación y discusión de los mismos.

El cuadro 8, presenta los rendimientos de ajo en peso seco para el experimento completo.

Cuadro 8. Rendimientos de ajo en peso seco, obtenidos en el área experimental, para el ensayo completo, expresados en kg/ha.

TRATAMIENTOS	B L O Q U E S			Yi
	I	II	III	
1	12695.130	12825.164	17766.421	43286.715
2	13085.230	11004.700	17766.421	41856.315
3	11784.899	14905.693	14645.627	41336.219
4	12370.048	13475.329	16075.991	41921.368
5	12174.998	12565.097	16726.156	41466.251
6	12695.130	14905.693	13995.461	41596.284
7	12305.031	11264.766	14580.610	38150.407
8	11524.833	13475.329	14255.528	39255.690
9	10874.667	10224.502	15555.858	36655.027
10	13410.312	11914.932	16075.991	41401.235
11	10614.601	14255.528	15425.825	40295.954
12	9184.237	10874.478	15490.842	35549.557
13	13865.428	12695.130	18351.570	44912.128
14	12435.064	14060.478	14905.693	41401.235
15 (t.t.)	10029.452	10809.651	10744.634	31583.737
Y.j	179049.060	189256.470	232362.628	600668.158

t.t. = Tratamiento testigo.



Como puede apreciarse en el cuadro anterior, los rendimientos en general se ven favorecidos por bajas dosis de NPK (160-120-100 kg/ha), tal es el caso de los tratamientos 3 (bloque II) y 13 (bloque I y III), que presentan los mayores rendimientos (14905.693, 13865.428 y 18357.571 kg/ha respectivamente), con respecto a los tratamientos 12 (bloque I y II y 6 (bloque III), que en la investigación recibieron las mayores dosis de NPK (210-200-200 kg/ha) y reportaron los menores rendimientos (9184.237, 10874.478 y 13995.461 kg/ha, respectivamente), lo cual es indicativo de que altas dosis de NPK en vez de favorecer a la planta, inhiben su desarrollo, dando como resultado que los rendimientos disminuyen considerablemente.

Los rendimientos tienden a aumentar del bloque I al III, probablemente porque en éste, permanecía por más tiempo el agua de riego, por la inclinación existente necesaria para poder irrigar las unidades experimentales; deduciéndose por lo tanto, que la humedad pudo ser determinante en cuanto al rendimiento del cultivo, en este caso.

Puede apreciarse en el cuadro 9, que no existen diferencias significativas entre tratamientos, únicamente entre bloques.

Cuadro 9. Análisis de Varianza para el total de tratamientos evaluados.

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Bloques	2	1.06777x10 <sup>8</sup>	53388500	28.133**	3.34	5.45
Tratamientos	14	52787863	3770561.61	1.987NS	2.07	2.80
Error	28	53136137	1897719.10			
Total	44	2.12701x10 <sup>8</sup>				

CV = Coeficiente de Variación                      CV = 10.32%  
 NS = No significativo al 5% de probabilidad;  
 \*\* = Significativo al 1% de probabilidad

Observando el Coeficiente de Variación (10.32%), vemos que se encuentra dentro del rango aceptable por lo que se puede decir que el experimento fué bien manejado; por lo tanto los resultados obtenidos en este análisis estadístico, son confiables.

Cuadro 10. Análisis de Varianza para los tratamientos resultantes de la Matriz Experimental Plan Puebla I (menos el tratamiento testigo).

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft	
					0.05	0.01
Bloques	2	1.12364x10 <sup>8</sup>	56182000	30.97**	3.37	5.53
Tratamientos	13	27217049	2093619.1	1.154NS	2.12	2.91
Error	26	47173951	1914382.7			
Total	41	1.86755x10 <sup>8</sup>				

CV = Coeficiente de Variación                      CV = 9.94%  
 NS = No significativo al 5% de probabilidad  
 \*\* = Significativo al 1% de probabilidad

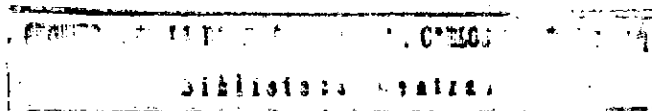
El cuadro 10, muestra el análisis de varianza de los 14 tratamientos resultantes de la Matriz Experimental Plan Puebla I, en donde al igual que el cuadro 9, no existen diferencias significativas entre tratamientos, solo entre bloques, lo cual podría deberse al mayor grado de humedad existente en el bloque III, como se explicó anteriormente. Solo vemos que el Coeficiente de Variación (9.94%) tiende a bajar, esto se debe a que al omitir el tratamiento testigo absoluto, los resultados se vuelven más uniformes.

Para la determinación de las Dosis Óptimas Económicas para Capital Ilimitado, primero se procedió a calcular los rendimientos promedio de los tratamientos y factores, como se muestra en los cuadros 11 y 12.

Cuadro 11. Niveles codificados y rendimientos promedio obtenidos en el cultivo del ajo en Aguacatán, Huehuetenango.

TRATAMIENTO	NIVELES CODIFICADOS			RENDIMIENTO $\bar{X}$
	N	P	K	
1	-0.33	-0.33	-0.33	14428.405
2	-0.33	-0.33	+0.33	13952.117
3	-0.33	+0.33	-0.33	13778.740
4	-0.33	+0.33	+0.33	13973.790
5	+0.33	-0.33	-0.33	13822.084
6	+0.33	-0.33	+0.33	13865.428
7	+0.33	+0.33	-0.33	12716.802
8	+0.33	+0.33	+0.33	13085.230
9	-1.00	-0.33	-0.33	12218.342
10	+1.00	+0.33	+0.33	13800.412
11	-0.33	-1.00	-0.33	13431.985
12	+0.33	+1.00	+0.33	11849.852
13	-0.33	-0.33	-1.00	14970.709
14	+0.33	+0.33	+1.00	13800.412
15 (t.t.)	-	-	-	10527.912

t.t. = Tratamiento testigo.



Cuadro 12. Rendimientos promedio de NPK obtenidos según la codificación expresados en kg/ha.

NIVEL	FACTOR	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
-1.00		12218.342	13431.985	14970.709
-0.33		14089.374	13876.264	13399.479
+0.33		13189.968	13525.897	13421.138
+1.00		13800.412	11849.852	13800.412

Para poder establecer el costo de cada tratamiento, se tomaron los siguientes precios de fertilizantes:

- "N"  $21.19 \div 45.36 = 0.467$
- "P"  $32.69 \div 45.36 = 0.721$
- "K"  $20.44 \div 45.36 = 0.451$

El precio de venta del producto fué de Q. 40.00 el quintal. Para los Ingresos Brutos se tomó en cuenta el precio de 1 kg del producto = 0.882.

Cuadro 13. Ingresos Brutos de NPK (Rend.  $\bar{x}$  x Precios Unitarios de Venta del Producto), en el cultivo del Ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.

NIVEL	FACTOR	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
-1.00		10776.578	11847.011	13204.165
-0.33		12426.828	12238.865	11818.338
+0.33		11633.552	11929.841	11837.444
+1.00		12171.963	10451.569	12171.963

Abril 1988.

Cuadro 14. Costos Variables (Cantidad aplicada x Costo Unitario del factor) e Ingresos Netos (IB - CV) de producción de ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.

NIVEL	NITROGENO		FOSFORO		POTASIO	
	CV	IN	CV	IN	CV	IN
-1.00	51.37	10725.208	57.68	11789.331	45.10	13159.065
-0.33	74.72	12352.108	86.52	12153.345	67.65	11750.688
+0.33	98.07	11535.482	115.36	11814.481	90.20	11747.244
+1.00	121.42	12050.543	144.20	10307.368	112.75	12059.213

Obtenidos los resultados anteriores se procede a determinar las pendientes (Precio unitario del factor/precio unitario del producto), las cuales sirven para encontrar los puntos que siendo tangentes a las curvas de Ingresos Netos, proporcionan las DOECI.

Cuadro 15. Determinación de pendientes para cada uno de los factores evaluados en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.

FACTOR	PRECIO UNITARIO	PRECIO UNITARIO	tg	GRADOS
	FACTOR	PRODUCTO		
N	0.467	0.882	0.529	27.90
P	0.721	0.882	0.805	38.83
K	0.451	0.882	0.511	27.08

A continuación se presentan las figuras resultantes de Ingresos Netos en función de los niveles de NPK evaluados.

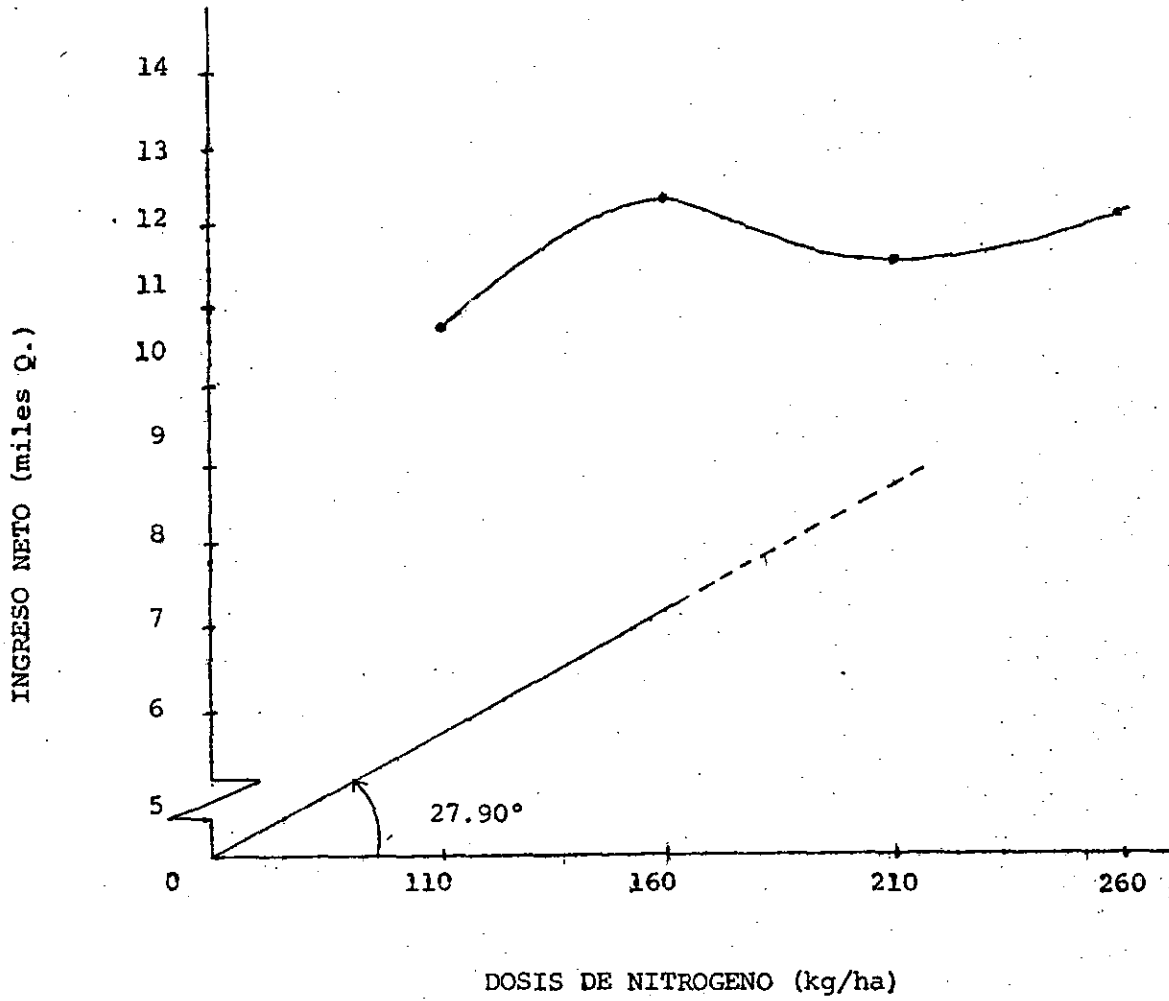


Figura 4. Efecto del Nitrógeno sobre el rendimiento del cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.

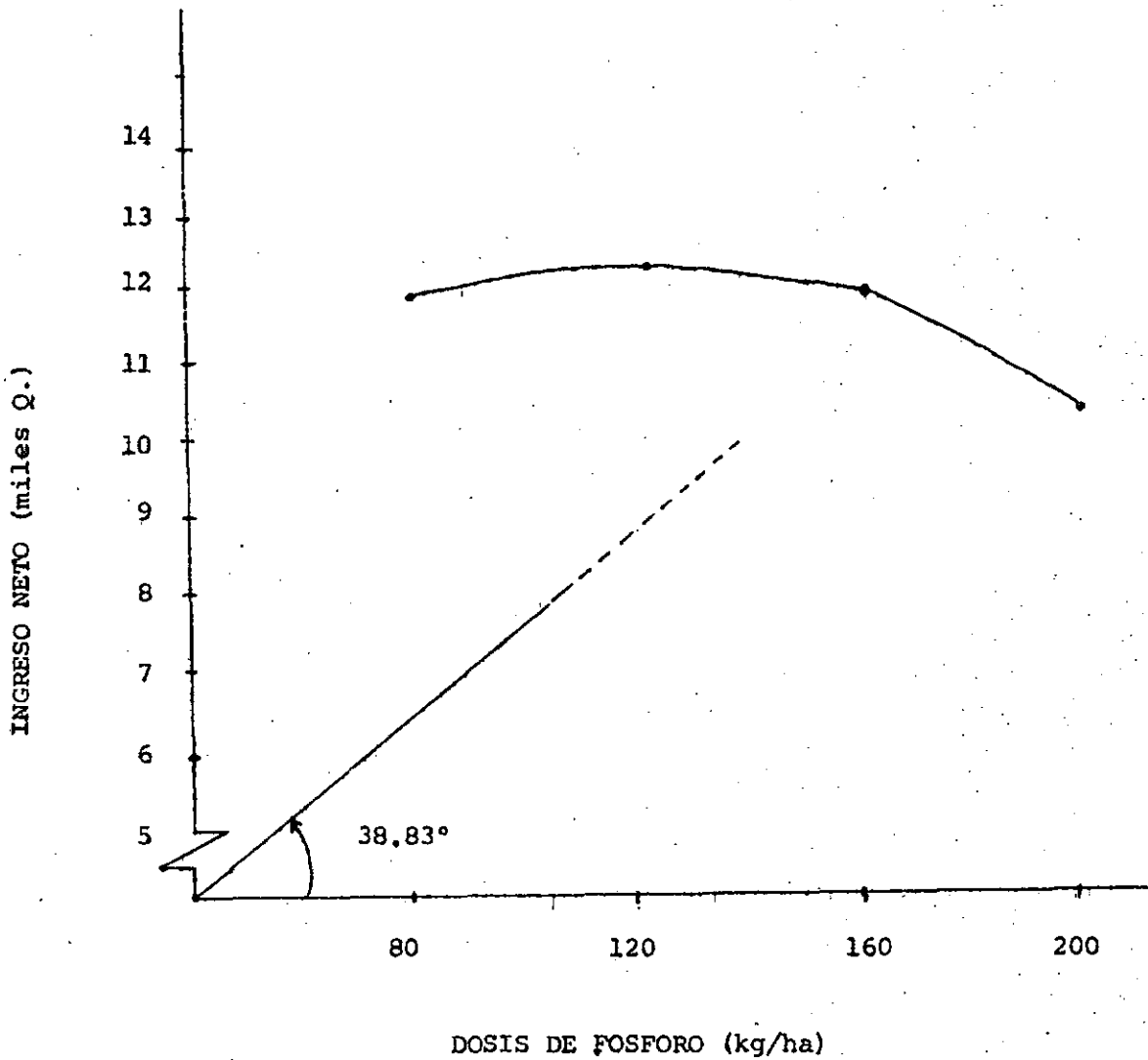


Figura 5. Efecto del Fósforo sobre el rendimiento del cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.

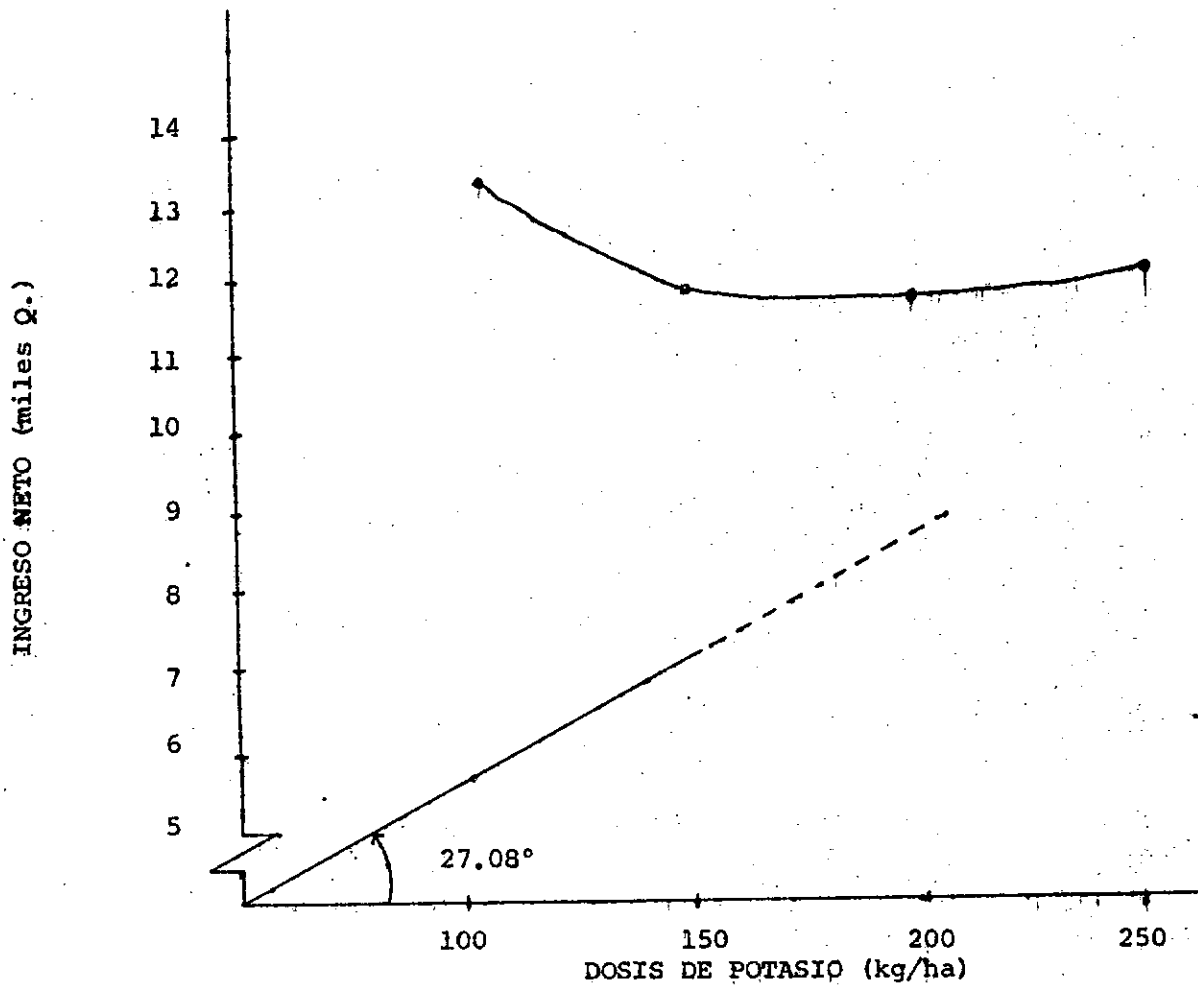


Figura 6. Efecto del Potasio sobre el rendimiento del cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.



Las figuras 4, 5 y 6, presentan el análisis gráfico para NPK, en las cuales se puede ver que no hay ninguna línea tangente que toque las curvas de Ingresos Netos, lo cual se debe a que en el análisis estadístico no se encontró significancia entre tratamientos.

Los niveles, 160 y 120 kg/ha de Nitrógeno y Fósforo respectivamente presentan los mayores Ingresos Netos (12352.108 y 12153.345), siendo a la vez los puntos donde las curvas tienden a descender, por lo que se deduce que estos niveles son los más indicados para tomarlos como las Dosis Óptimas Económicas de Nitrógeno y Fósforo, para Capital Ilimitado.

Para el Potasio el menor nivel (100 kg/ha) presenta el mayor Ingreso Neto (13159.065), punto donde la curva de la figura (6) tiende a descender a medida que aumentan los niveles, a la vez cumple con lo establecido por la literatura: "al no encontrarse diferencias significativas entre tratamientos, se recomiendan los niveles mínimos del factor"; por lo que este nivel es el más apropiado para tomarlo como Dosis Óptima Económica de Potasio para Capital Ilimitado, en la presente investigación,

La determinación de las Dosis Óptimas Económicas para Capital Limitado (DOECL) de NPK, se realizó de la siguiente forma:

- Incremento de rendimiento (cuadro 16)
- Incremento de Ingresos Netos (cuadro 17)
- Tasa de Retorno de Capital Variable (cuadro 18)

Cuadro 16. Incremento de Rendimiento para cada nivel de NPK (kg/ha) en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.

NIVEL	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
-1.00	1690.430	2904.73	4442.797
-0.33	3561.462	3348.352	2871.564
+0.33	2662.956	2997.985	2893.226
+1.00	3272.500	3121.940	3272.500

Cuadro 17. Incremento de Ingresos Netos para cada nivel de NPK en el cultivo del ajo, en Aguacatán, Huehuetenango.

NIVEL	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
-1.00	738.061	2036.157	1958.601
-0.33	1588.483	2327.642	1227.425
+0.33	1145.110	2046.187	1214.642
+1.00	1406.838	808.919	1363.148

Cuadro 18. Tasas de Retorno de Capital Variable de NPK, en el cultivo del ajo en Aguacatán, Huehuetenango.

NIVEL	NITROGENO	FOSFORO	POTASIO
-1.00	14.368	35.301	43.428
-0.33	21.259	26.903	18.144
+0.33	11.676	17.737	13.466
+1.00	11.587	5.610	12.090

Observando el cuadro 18, se concluye que las Dosis Óptimas Económicas de NPK para Capital Limitado son: 160, 80 y 100 kg/ha respectivamente; por ser los niveles que presentan los mayores valores de TRCV.

El efecto de la aplicación de Nitrógeno sobre los rendimientos varió de 12218.342 a 14089.374 kg/ha de ajo (cuadro 12), con los niveles de 110 a 160 kg/ha de N, con una Tasa de Retorno de Capital Variable de 21.259 kg de ajo producido por kg de Nitrógeno aplicado (cuadro 18). Valores similares a los encontrados por Paz Gómez (15) e ICTA (8), en 1976,

además la DOE se encuentra dentro de los rangos establecidos por Zink, et al (37 a 230 kg/ha, cuadro 1).

El efecto de la aplicación de Fósforo sobre los rendimientos varió de 11849.852 a 13876,264 kg/ha de ajo (cuadro 12), con los niveles de 200 y 120 kg/ha respectivamente, encontrándose la DOECL en el nivel más bajo aún (80 kg/ha), con un rendimiento promedio de 13431.985 kg/ha de ajo y una TRCV de 35.301 kg de ajo producido por kg de Fósforo aplicado (cuadro 18), encontrándose dentro de los rangos establecidos por Zink, et al (20 a 160 kg/ha, cuadro 1).

Se puede observar que la TRCV es mucho mayor, que las reportadas por Paz Gómez (15), e ICTA (8) (15.07 y 11.16), lo cual es debido a que la DOE de la presente investigación (80 kg/ha), se encuentra muy por de bajo de las determinadas por ellos (133 y 120 kg/ha).

El efecto de la aplicación del Potasio sobre los rendimientos varió de 13399.476 a 14979.709 kg/ha de ajo (cuadro 12), con los niveles de 150 a 100 kg/ha de Potasio y una TRCV de 43.428 kg de ajo producido por kg de Potasio aplicado (cuadro 18), encontrándose la DOE dentro de los rangos establecidos por Zinc, et al (30 a 214 kg/ha, cuadro 1).

Como puede verse en el apéndice 2, los valores de rendimiento obtenidos, son mayores que los reportados por Paz Gómez (15) e ICTA (9), en 1976, obteniéndose además la DOE a un nivel más bajo (100 kg/ha de K), por lo que la TRCV, es mucho mayor.

En general los rendimientos medios obtenidos en la presente investigación (13348.181 kg/ha de ajo), son aceptables, pues superan a los reportados por Paz Gómez (15) (12650.667 kg/ha de ajo) e ICTA (8) (12844.333 kg/ha de ajo) en 1976; y a la vez los del agricultor del área (11958.180 kg/ha de ajo), que en la actualidad utiliza los mayores niveles evaluados en el presente estudio.

## 7. CONCLUSIONES

1. En el suelo existen altos niveles de fósforo, calcio y magnesio, lo cual se debe probablemente al material original existente en el área y a altas fertilizaciones anteriores, y esto puede incidir en la no respuesta al fósforo y potasio.
2. Las altas aplicaciones de NPK hechas en el área tienden a elevar considerablemente los costos de producción del cultivo del ajo.
3. La dosis óptima económica para capital ilimitado de nitrógeno y fósforo, resultó ser de 160 y 110 kg/ha, respectivamente. Para potasio no pudo ser determinada específicamente, dentro del espacio de explotación utilizado en la construcción de la matriz experimental, pues el nivel de 100 Kg/ha empleado como extremo inferior, estuvo por arriba de los requerimientos del cultivo, bajo las condiciones del presente estudio.
4. La dosis óptima económica de nitrógeno para capital limitado, resultó ser de 160 kg/ha, por presentar este nivel la mayor TRCV. Para fósforo y potasio, no pudo ser determinada específicamente, por encontrarse en las mismas condiciones del potasio en la determinación de la DOECI; deduciéndose por lo tanto que puede emplearse 80 kg/ha de fósforo y 100 kg/ha de potasio, como DOECL, por presentar estos niveles la mayor TRCV.

LIBRERIA  
BIBLIOTECA CENTRAL

## 8. RECOMENDACIONES

1. Según la metodología Plan Puebla I, se recomienda aplicar los niveles más bajos (a excepción del Nitrógeno), de los factores evaluados:
  - 160 kg/ha de Nitrógeno
  - 80 kg/ha de Fósforo
  - 100 kg/ha de Potasio
  
2. Para posteriores investigaciones con la metodología Plan Puebla I, se recomienda estudiar los niveles de fósforo y potasio por debajo de los niveles evaluados en el presente estudio.
  
3. En vista de que los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio, se mantuvieron altos y la respuesta a las dosis fué no significativa, se recomienda efectuar estudios de sorción de nutrientes, como punto de partida para efectuar posteriores investigaciones.

## 9. BIBLIOGRAFIA

1. ASABA RIVAS, R.A. 1981. Niveles de nitrógeno y fósforo en el rendimiento y calidad de la cebolla (Allium cepa L.). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 51 p.
2. BARRIENTOS G., M. 1980. La matriz experimental plan Puebla, para determinación de dosis óptima económica de capital limitado y dosis óptima económica de capital ilimitado en experimentos agrícolas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 36 p. (Mimeo).
3. \_\_\_\_\_. 1985. Curso de métodos de investigación aplicados a la producción agrícola. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. s.p.
4. CANO MORALES, E.E. et al. 1987. Diagnóstico del área de influencia del grupo pre-cooperativo "OCCIDENTAL", del municipio de Aguacatán, Huehuetenango. Cursos Especializados. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 116 p.
5. CHONAY, J.J. 1983. Curso de suelos III. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. s.p.
6. GARCIA BARRIGA, H. 1974. Flora Nacional de Colombia; botánica médica. Bogotá, Colombia, Editorial de la Imprenta Nacional. v. 1, p. 166-171.
7. GONZALEZ ALVARADO, R. 1985. Cultivo del ajo (Allium sativum L.). Guatemala, Dirección General de Servicios Agrícolas, Unidad de Comunicación Social. 12 p.
8. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1976. Programa de producción de hortalizas. Guatemala. 88 p.
9. \_\_\_\_\_. 1984. Programa de producción de hortalizas. Guatemala. s.p. (Mimeo).
10. GUDIEL, V.M. 1980. Manual agrícola Superb. 5 ed. Guatemala, Superb. 291 p.
11. HOLDRIDGE, L.R. 1959. Mapa de zonificación ecológica de Guatemala, según sus formaciones vegetales. Guatemala, Ministerio de Agricultura. 19 p.

12. KNOTT, J.E. 1966. Vegetable growers, Estados Unidos, Willy. 245 p.
13. POPEZ GODINEZ, C.E. 1987. Determinación del período crítico de interferencia de malezas en el cultivo del ajo (Allium sativum L.), en el municipio de Aguacatán, Huehuetenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 50 p.
14. MAYORGA, R.M. DE. 1977. Estudio sobre el desarrollo para el cultivo del ajo en Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala. Facultad de Agronomía. 108 p.
15. PAZ GOMEZ, R.G. DE. 1976. Evaluación de la respuesta del ajo (Allium sativum L.) a la fertilización con NPK. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 37 p.
16. REYES REYES, C.E. 1987. Diagnóstico del grupo pre-cooperativo "OCCIDENTAL" y de la comunidad Cantón Aguacatán, Aguacatán, Huehuetenango, EPSA. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 70 p.
17. ROJAS GARCIDUEÑAS, M. 1979. Fisiología vegetal aplicada. 2 ed. México, Mc Graw Hill. 262 p.
18. SIMMONS, C.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
19. STANDLEY, P.C.; STEYEMARK, J.M. 1952. Flora of Guatemala. Chicago, Chicago Natural History Museum. Fieldiana Botany. v. 24, pt. 3.
20. TEUSCHER, H.; ADLER, R. 1980. El suelo y su fertilidad, 5 ed. México, CECSA. 510 p.
21. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. 1982. Fertilidad de los suelos y fertilizantes. México, UTHERA. 760 p.

Vo. Co.  
*Palmalle*



10. APENDICE



Apéndice 1. Costos de producción de ajo/ha., en Aguacatán, Huehuetenango.

CONCEPTO	VALOR UNITARIO Q	CANTIDAD	VALOR PARCIAL Q	VALOR TOTAL Q
1. COSTOS DIRECTOS:				
- <u>Mano de Obra:</u>				
Preparación del terreno:				
- Picado y enterrado de rast.	3.00	45.79 jor.	137.38	
- Arado	3.00	76.66 jor.	229.97	
- Rayado de surcos y junta de basura	3.00	45.79 jor.	137.38	
- Hechura de tablones y siembra	3.00	220.57 jor.	661.72	
- Limpias (3)	3.00	309.11 jor.	927.33	
- Fertilizaciones (2)	3.00	11.45 jor.	34.35	
- Riegos	3.00	228.97 jor.	686.91	
- Aplicación de pesticidas (24):				
- Fungicidas e insecticidas	3.00	183.18 jor.	439.53	
- Cosecha:				
- Arranque	3.00	137.38 jor.	412.15	
- Amarrado	3.00	33.90 jor.	68.69	
- Acarreo, revisión y Almac.	3.00	68.69 jor.	206.07	
- <u>Insumos:</u>				
Semilla:				
- Hechura	3.00	34.35 jor.	103.04	
- Precio	0.75		1187.06	
- Pesticidas:				
- Fungicidas (Propineb más Mancozeb)	11.60	38.14 L	422.45	
- Insecticidas (Endosulfán)	19.00	1.72 L	32.74	
- Adherente	12.00	2.88 L	34.56	

Continúa...

CONCEPTO	VALOR UNITARIO Q	CANTIDAD	VALOR PARCIAL Q	VALOR TOTAL Q
VIENEN			5835.23	
- Fertilizantes				
- 15-15-15	31.25 q	29.08 q.	908.72	
- Urea	21.19	2.98 q.	63.07	
- Bayfolán (foliar)	5.25	22.90 L	120.21	
- Material para amarrado (Mecate)	1.00	12.00 man,	12.00	
			<u>6935.23</u>	
SUB-TOTAL				6935.23
2. COSTOS INDIRECTOS:				
- Administrativos (10%SCD)			693.52	
- Imprevistos (1% SCD)			69.35	
- Intereses (10% anual, 6 meses)			346.76	
- Arrendamiento del terreno			2175.22	
			<u>3284.85</u>	
SUB-TOTAL				3284.85
TOTAL				10220.08
3. INGRESOS				
- Ingreso bruto	40.00	263.63 q.		10545.20
- Ingreso neto				325.12
4. RENTABILIDAD				3.18%

FUENTE: Reyes Reyes, C.E. (16). 1988.

Apéndice 2. Comparación de rendimientos, Tasa Marginal de Capital Variable y Dosis Óptimas Económicas obtenidas, comparadas con otras investigaciones realizadas en ajo (Allium sativum L.), en Aguacatán, Huehuetenango.

FAC- TOR	AUTOR	RENDIMIENTO kg/ha			TMCV			DOE		
		PAZ GOMEZ	ICTA		1	2	3	1	2	3
N	12218-14089	8167-14339	9112-14510	21.26	34.84	29.98	160	180	180	
P	11850-13876	12875-14689	13133-14473	35.30	15.07	11.16	80	133	120	
K	13399-14971	12076-13763	12216-13622	43.43	9.37	11.71	100	172	120	

- 1 - Autor
- 2 - Paz Gómez (15)
- 3 - ICTA (8)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Asunto 26 de agosto, 1988

"IMPRIMASE"



  
ING. AGR. ANIBAL B. MARTINEZ M.  
D E C A N O

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

Biblioteca Central