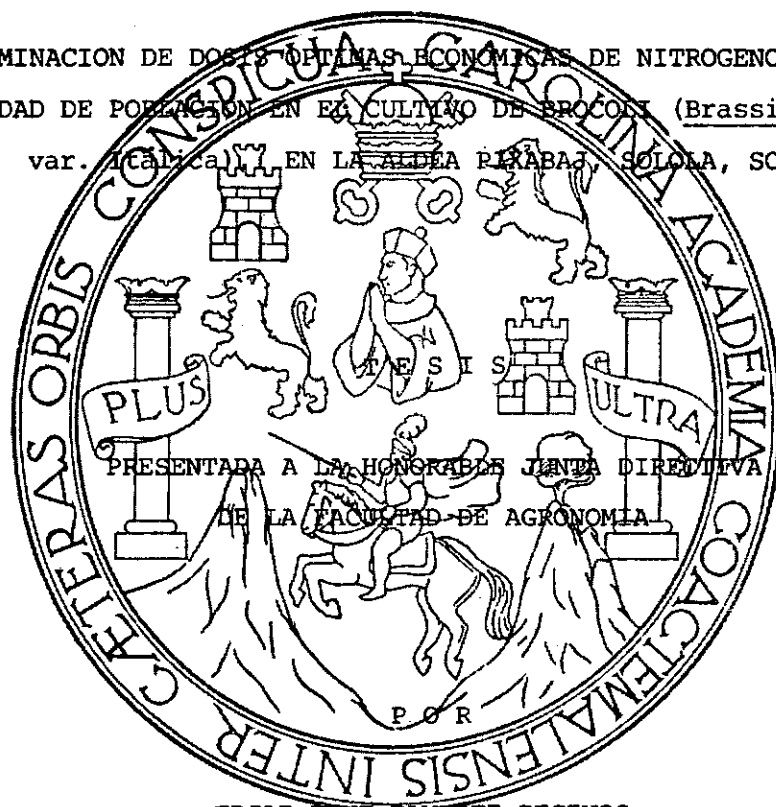


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE AGRONOMIA

BIBLIOTECA CENTRAL-USAC
DEPOSITO LEGAL
PROHIBIDO EL PRESTAMO EXTERNO

DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS DE NITROGENO, FOSFORO Y
DENSIDAD DE POBLACION EN EL CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea
var. italica) EN LA ALDEA PIRABAJ, SOLOLA, SOLOLA



EDGAR RENE RAMIREZ RECINOS

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRONOMO

EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO EN CIENCIAS AGRICOLAS

Guatemala, octubre de 1988

PROCESO DE INVESTIDURA DE GRADUADOS DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA CENTRAL

DL
01
T(1219)

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

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 | P.A. Byron Milián |
| SECRETARIO | Ing. Agr. Rolando Lara Alecio |



| |
|------------|
| Referencia |
| Asunto |

FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

17 de octubre de 1988

Ingeniero
Anibal Martínez, Decano
Facultad de Agronomía
Presente

Señor Decano:

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 EDGAR RAMIREZ RECINOS, carnet No. 8313956, en el desarrollo del trabajo titulado "DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS DE NITROGENO, FOSFORO Y DENSIDADES DE POBLACION EN BROCOLI (Brassica oleracea var. Itálica) EN PIXABAJ, SOLOLA, SOLOLA".

Y en virtud de haberse realizado 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

Guatemala,
octubre de 1988

SEÑORES
HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR
FACULTAD DE AGRONOMIA
PRESENTE

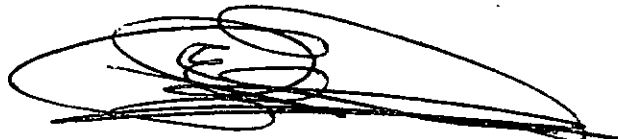
Señores:

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:

"DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS DE NITROGENO, FOSFORO Y DENSIDADES DE POBLACION EN EL CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea var. Itálica), EN LA ALDEA PIXABAJ, SOLOLA, SOLOLA".

Como requisito previo a optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Atentamente,



P. A. Edgar René Ramírez Recinos

ACTO QUE DEDICO

A DIOS

TODO PODEROSO

A MIS PADRES:

Oscar Ramírez

Reyna Recinos de Ramírez

A MIS HERMANOS:

Oscar Manolo

Miriam Yolanda

Alida Esperanza

Elcira Rubelina

Lesbia Nohelia

A MIS CUÑADOS:

Rosemary

Juvelino

Jaime

Esteban

Sergio

A MIS SOBRINOS EN

GENERAL

A MI FAMILIA EN GENERAL

TESIS QUE DEDICO

A MI PATRIA GUATEMALA

A HUEHUETENANGO

A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

A LA FACULTAD DE AGRONOMIA

AL INSTITUTO TECNICO DE AGRICULTURA

A MIS COMPAÑEROS Y AMIGOS, EN ESPECIAL A:

Juan Carlos Granados Friely
Gustavo Adolfo Fabián Grijalva
Juan Luis del Cid Pinot
Edwin E. Cano Morales
Emilio A. Say
Sergio N. Oliva
Héctor A. Fernández Cardona
Manuel E. Turcios Rojas

AL CAMPESINADO GUATEMALTECO

AGRADECIMIENTO

En el presente documento, quiero agradecer infinitamente a todas aquellas personas e instituciones que de una u otra forma colaboraron en la realización del presente trabajo de investigación.

- A: Ing. Agr. Marino Barrientos, por su desinteresada colaboración y asesoramiento para la realización del presente trabajo.
- A: Ing. Agr. Helmer Ayala y Marco Estrada Muy, por sus observaciones y acertada orientación a este trabajo.
- Al: Programa de Ejercicio Profesional Supervisado de la Facultad de Agronomía
- A: La Federación de Cooperativas Agrícolas de Guatemala
- A: Los Asociados de la Cooperativa Agrícola Pixabaj, R.L., por la colaboración prestada en la etapa de campo.

CONTENIDO

| | <u>PAGINA</u> |
|--|---------------|
| RESUMEN | |
| I. INTRODUCCION | 1 |
| II. HIPOTESIS | 2 |
| III. OBJETIVOS | 3 |
| 1. General | 3 |
| 2. Específicos | 3 |
| IV. REVISION DE BIBLIOGRAFIA | 4 |
| 1. Características botánicas de la planta | 4 |
| 2. Importancia nutritiva del brócoli | 4 |
| 3. Requerimientos climáticos | 5 |
| 4. Requerimientos de fertilización | 5 |
| 5. Función del nitrógeno como nutriente vegetal | 7 |
| 6. Función del fósforo como nutriente vegetal | 9 |
| 7. Densidad de población | 10 |
| 8. Mercado | 10 |
| 9. Antecedentes de investigación de fertilización para el cultivo de brócoli | 11 |
| V. MATERIALES Y METODOS | 14 |
| 1. Descripción general del área | 14 |
| 2. Características del material experimental | 14 |
| 2.1 Semilla | 14 |
| 2.2 Fertilización | 14 |
| 3. Diseño experimental | 15 |
| 4. Características del lote experimental | 17 |
| 5. Manejo del experimento | 17 |

| | <u>PAGINA</u> |
|---|---------------|
| 5.1 Semillero | 17 |
| 5.2 Campo definitivo | 18 |
| 6. Análisis de resultados | 19 |
| 6.1 Para el rendimiento | 19 |
| 6.2 Para el diámetro de las inflorescencias | 21 |
| | |
| VI. RESULTADOS Y DISCUSION | 23 |
| 1. Análisis de suelo | 23 |
| 2. Datos generales de rendimiento de las inflorescencias de brócoli | 24 |
| 3. Análisis de varianza | 26 |
| 4. Efectos factoriales medios | 27 |
| 5. Análisis económico | 29 |
| 6. Diámetro (cm) de las inflorescencias de brócoli | 31 |
| 7. Análisis de varianza y prueba de Tukey para el diámetro de la inflorescencia | 33 |
| | |
| VII. CONCLUSIONES | 35 |
| | |
| VIII. RECOMENDACIONES | 36 |
| | |
| IX. BIBLIOGRAFIA | 37 |
| | |
| X. APENDICE | 39 |

INDICE DE CUADROS

| <u>CUADRO No.</u> | | <u>PAGINA</u> |
|-------------------|--|---------------|
| 1 | Valor del contenido nutritivo de 100 gr de brócoli | 5 |
| 2 | Peso de brócoli (TM) exportado en Guatemala durante el período 1978-1986 e ingresos percibidos (Q) | 11 |
| 3 | Tratamientos utilizados en el experimento (determinados de acuerdo con la matriz experimental Plan Puebla I) | 16 |
| 4 | Resultado del análisis del suelo | 23 |
| 5 | Rendimiento comercial de brócoli del híbrido Green Valiant (kg/ha), obtenido en cada uno de los tratamientos evaluados. Pixabaj, Sololá, diciembre de 1987 a enero de 1988 | 25 |
| 6 | Análisis de varianza para el rendimiento (kg/ha) de las inflorescencias de brócoli (Green Valiant) | 26 |
| 7 | Determinación de efectos mínimos significativos (Método Automático de Yates) | 28 |
| 8 | Tasa de retorno de capital variable obtenida en cada uno de los tratamientos evaluados | 30 |
| 9 | Diámetro promedio (cm) de las inflorescencias | |

CUADRO No.

PAGINA

| | | |
|----|---|----|
| | de brócoli (Green Valiant), obtenido por unidad experimental, Sololá, diciembre 1987 a enero 1988 | 32 |
| 10 | Análisis de varianza del diámetro promedio (cm), de las inflorescencias de brócoli | 33 |
| 11 | Prueba de Tukey aplicado al diámetro de las inflorescencias de brócoli (Green Va- liant) | 34 |

FIGURA No.

PAGINA

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Tratamientos seleccionados de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla I | 15 |
| 2 | Mapa de la República de Guatemala | 40 |
| 3 | Mapa del Departamento de Sololá | 41 |

DETERMINACION DE DOSIS OPTIMAS ECONOMICAS DE NITROGENO, FOSFORO Y DENSIDADES DE POBLACION EN EL CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea var. Itálica) EN LA ALDEA PIXABAJ, SOLOLA, SOLOLA.

DETERMINATION OF THE BEST ECONOMIC DOSE OF NITROGEN, PHOSPHORUS AND POPULATION DENSITY IN THE CULTIVATION OF BROCCOLI (Brassica oleracea var. Itálica) IN THE VILLAGE OF PIXABAJ, SOLOLA, SOLOLA.

R E S U M E N

La aldea Pixabaj ubicada en el municipio de Sololá, Sololá, el cultivo de brócoli se ha incrementado considerablemente por las condiciones climáticas favorables y la demanda de la producción en el mercado exterior, sin embargo es posible mejorar los ingresos de los agricultores que se dedican a su cultivo pues por no tener recomendaciones tecnológicas locales, aplican cantidades excesivas de fertilizantes y usan densidades de población muy bajas con lo cual provocan que su actividad sea menos rentable.

El presente trabajo se realizó con el propósito fundamental de determinar el efecto de las dosis de nitrógeno, fósforo y densidades de población sobre el incremento del rendimiento y determinar la dosis óptima económica para capital limitado de cada uno de dichos factores.

Se realizó de agosto de 1987 a enero de 1988, en la aldea Pixabaj. El material experimental que se utilizó como semilla de brócoli fue el híbrido Green Valiant y como fertilizantes se utilizó urea al 46% como fuente de nitrógeno y superfosfato simple al 20% como fuente de fósforo. Se incluyó 15 tratamientos, seleccionados de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla I, los cuales se distribuyeron en un diseño en bloques al azar con 3 repeticiones. Se aplicó el 60% de nitrógeno y el 110% de fósforo a los 10 días después del transplante y el 40% de nitrógeno restante a los 40 días después del transplante. Los rangos de exploración fueron para nitrógeno de 110 a 185 kg/ha, para fósforo de 0 a 150 kg/ha y de 44,400 a

83,250 plantas/ha.

Los resultados de rendimiento expresados en kg/ha después de 7 cortes, varían de 2,425.32 kg/ha hasta 9.469.64 kg/ha de brócoli en los tratamientos 135 - 00 - 57,000 y 160 - 150 - 71,250 respectivamente. Con respecto al promedio de diámetros, éstos varían de 6.73 cm a 10.3 cm, a estos tratamientos se les aplicó 135 - 00 - 57,000 y 336 0 190 - 40,000 respectivamente, con lo cual se puede observar claramente la influencia de los factores en estudio sobre el rendimiento.

Al calcular la tasa de retorno para capital variable, el cual se utilizó para determinar la dosis óptima económica para capital limitado, la mayor tasa fue de Q. 80.95/ha en el tratamiento 160 - 150 - 71,250 obteniendo un rendimiento de 9,469.64 kg/ha de brócoli. Los otros dos tratamientos sobresalientes son: 185 - 100 - 71,250 y 160 - 100 - 83,250, éstos presentan tasas de -10.27 y -30.62 con un rendimiento de 8,369.734 kg de brócoli/ha y 8,488.347 kg de brócoli/ha respectivamente.

Con respecto al diámetro de las inflorescencias, a pesar de que sí hay efecto altamente significativo, no llega a producir disminución de la calidad pero es necesario indicar que el testigo produce el mayor diámetro y el tratamiento que no incluyó fósforo el menor, lo cual evidencia aún más los efectos de dichos factores.

I. INTRODUCCION

El brócoli (Brassica oleracea var. Itálica), es una hortaliza de alto contenido de nutrientes, muy apetecida en el exterior y por la estabilidad de los precios en el mercado, es en la actualidad una buena alternativa para incrementar los ingresos de los agricultores de la aldea Pixabaj, del municipio y departamento de Sololá, además, las condiciones climáticas prevaecientes ofrecen un medio adecuado para su cultivo.

A partir de 1984, esta especie ha venido cultivándose y el área destinada a la misma se ha incrementado considerablemente, sin embargo, la tecnología no ha sido generada adecuadamente, por lo que existe desconocimiento de niveles óptimos económicos de fertilización nitrogenada y fosforada a utilizar y su interacción con densidades de población. En particular, en la aldea Pixabaj, en donde los agricultores utilizan cantidades excesivas de fertilizantes y densidades de población demasiado bajas. En una encuesta realizada, se pudo determinar que los agricultores de esta aldea utilizan en su mayoría un promedio de 336 kg/ha de nitrógeno y 190 kg/ha de fósforo, con densidades de población de 40,000 plantas/ha.

Por otra parte, el aumento de los precios de los fertilizantes se acentúa cada vez más, ocasionando un incremento en los costos de producción, lo cual trae como consecuencia que el cultivo sea menos rentable. Por ambas razones, se pretende a través de este estudio, encontrar una alternativa que permita dar una recomendación más precisa a los agricultores del lugar, en lo referente a dosis óptimas para capital limitado de fertilización nitrogenada y fosforada y densidades de población para el material genético que de acuerdo a estudios anteriores y a la experiencia existente, es uno de los más promisorios.

II. HIPOTESIS

1. Los factores: nitrógeno, fósforo y densidades de población son limitantes en el rendimiento del cultivo de brócoli en la aldea Pixabaj, Sololá, Sololá.
2. La dosis óptima económica para capital limitado (DOECL), de los factores estudiados, se encuentra dentro de los espacios de exploración estudiados.

III. OBJETIVOS

1. GENERAL:

Contribuir a la generación de información acerca de la tecnología de producción de brócoli para la aldea Pixabaj, del municipio de Sololá, en cuanto a la recomendación de fertilización con nitrógeno, fósforo y densidades de población.

2. ESPECIFICOS:

- 2.1 Determinar el efecto de las dosis de nitrógeno, fósforo y densidades de población, sobre el incremento del rendimiento y el diámetro de las inflorescencias.
- 2.2 Determinar la dosis óptima económica para capital limitado de los factores: nitrógeno, fósforo y densidades de población.

IV. REVISION DE BIBLIOGRAFIA

1. CARACTERISTICAS BOTANICAS DE LA PLANTA.

La hortaliza denominada brócoli (Brassica oleracea var. Itálica), pertenece a la familia de las crucíferas. Produce brotes o inflorescencias en forma de cabezas aéreas de color verde azulado, su ciclo vegetativo fluctúa entre los 120 y 150 días, es de crecimiento erecto, alcanzando alturas que oscilan entre 50 y 70 cms, la inflorescencia es finamente granulada, cuyo diámetro alcanza de 12 a 15 cms.

Su producto comercial es la inflorescencia terminal o llamada brote de la primera cosecha, pudiéndose obtener una segunda cosecha de brotes laterales que se desarrollan después del corte de la inflorescencia terminal, éstos pueden medir desde 2.5 a 7.5 cms de diámetro en su estado de madurez. La planta emite entre 9 y 11 hojas grandes que pueden ser utilizadas para la alimentación de ganado (2).

Los sinónimos del nombre de esta hortaliza, según el país, son: brécoli, brócol, brócoli, colbrócol, brócolo de cabeza, brócoli espárrago, brócoli calabrés, albenga, etc. (17).

2. IMPORTANCIA NUTRITIVA DEL BROCOLI.

De acuerdo al contenido nutritivo del brócoli, se puede saber la importancia que tiene para la dieta alimentaria humana. El cuadro 1 resume los principales elementos nutritivos del brócoli.

Cuadro 1. Valor del contenido nutritivo de 100 gr de brócoli.

| HUMEDAD % | CALO- RIAS | PROT. gr | GRASA gr | CARBO HIDRÁ. gr | Ca mg | P % | Fe ppm | VIT A UI | VIR B mg | VIT C mg |
|--------------|---------------|-------------|-------------|-----------------------|----------|--------|-----------|----------------|----------------|----------------|
| 80 | 29 | 3 | 0 | 6 | 130 | 76 | 1 | 35000 | 0.1 | 118 |

FUENTE: Tabla de composición de alimentos. Universidad Agrícola La Molina, Perú. 1978. (19).

3. REQUERIMIENTOS CLIMATICOS.

El brócoli es una hortaliza de clima fresco o templado; se desarrolla a una temperatura óptima de 16 a 18°C, aunque tolera temperaturas entre 15 y 23°C; a temperaturas mayores de 24°C la planta permanece vegetativamente latente sin florecer, continúa formando nuevo follaje o las inflorescencias se pigmentan de un color púrpura; por esta razón, el desarrollo de inflorescencias es deficiente en climas tropicales (1). Las alturas en que se adapta, oscilan entre 610 y 2,744 m.s.n.m.; no resiste heladas severas (8).

4. REQUERIMIENTOS DE FERTILIZACION.

Las plantas hortícolas para un buen desarrollo, deben de disponer de no menos de doce elementos nutritivos que las raíces pueden obtener del suelo, ya sea porque se encuentren presentes o se hayan incorporado mediante la aportación de fertilizantes químicos o abonos orgánicos. Hay que tomar en cuenta que en la producción de hortalizas, el suelo se dedica a cultivos intensivos y por tanto, debe dársele especial atención a las probables deficiencias de los principales

elementos nutritivos que el suelo puede tener (8).

El objeto del horticultor es obtener un desarrollo rápido, vigoroso y por ende, un producto de competencia en el mercado, para lo cual los suelos destinados al cultivo de hortalizas deben ser fértiles, ricos en materia orgánica; cuando ésto no se logre, debe adicionarse fertilizante en cantidades adecuadas y en el momento oportuno. Generalmente se necesitan fertilizantes que contengan nitrógeno, fósforo y potasio y la aplicación de abonos orgánicos o verdes. También pueden necesitar la inclusión de diferentes elementos menores, los más importantes son el boro y el magnesio que pueden estar deficientes en el suelo (3).

Algunos horticultores consideran que aplicando fertilizante químico al suelo, se satisfacen los requerimientos más importantes para obtener altos rendimientos en los cultivos porque representan un medio inmediato de restituir al suelo los elementos nutritivos que le fueron extraídos por el cultivo anterior, mientras que otros se basan en la fertilización orgánica, como el uso de estiércol vacuno, gallinaza, residuos de cosechas y abonos verdes (16, 17).

Basados en el análisis de suelo, el Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas (ICTA), recomienda para el cultivo de brócoli en esta aldea la aplicación de 523 kg/ha de 20-20-0, de 8 a 10 días después del trasplante y una segunda fertilización con 114 kg/ha de urea a los 30 días después del trasplante.

De acuerdo a Fassbender (5), no debe confundirse el concepto de cantidad y relación de nutrimentos requeridos por la planta para su crecimiento óptimo, con el de cantidad por aplicarse a un suelo como fertilizante para que pueda cubrir las necesidades de la planta.

Con respecto a ello, Palencia (12) señala que mientras el primer concepto está ligado más directamente al patrón genético de la plan

ta, el segundo lo está más a las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo. El primer autor dice que los requerimientos de fertilización no pueden ser definidos simplemente con obtener la diferencia entre la cantidad de nutrimentos requeridos por la planta para un nivel de rendimiento dado y el contenido natural de éstos en el suelo, sino considerando además la dinámica en el suelo de los elementos que habrán de aplicarse para incluir las pérdidas que ocurren por efecto de lixiviación, volatilización, fijación, etc.

Un elemento se considera esencial, si a causa de una deficiencia del mismo, la planta no puede completar su ciclo de vida; esa deficiencia es específica del elemento que se trata y solo puede evitarse o corregirse mediante el suministro de ese elemento; por su parte el elemento determina de manera directa la nutrición de la planta, independientemente de los efectos posibles en la corrección de algún estado microbiano o químico desfavorable del suelo u otro medio de cultivo (16).

Cooke (4), recomienda que para lograr el uso más eficiente del fertilizante, se debe escoger la cantidad óptima de su aplicación en el lugar preciso y en el momento oportuno, indicando que la forma usual para encontrar la dosificación de fertilizante para un cultivo se basa en los experimentos de campo donde se prueban diferentes cantidades de fertilizante y midiendo los resultados que éstos dan, se pueden hacer las debidas recomendaciones. Aunque los análisis de suelo y foliares, también son muy usuales para dar recomendaciones.

5. FUNCION DEL NITROGENO COMO NUTRIENTE VEGETAL.

En un amplio sentido de la palabra, entendemos como nutrientes vegetales, todos aquellos minerales que son requeridos por la planta pa

ra su crecimiento y formación de sustancias orgánicas. Jacobo & Uexkull (9), conforme a esta definición, llama nutrimento vegetal a toda aquella sustancia que después de ser asimilada por la planta, fomenta su desarrollo en cualquiera de sus fases de crecimiento, desde la germinación hasta la completa madurez, mejorando por lo consiguiente, el rendimiento de la planta.

Por ser el nitrógeno elemental el principal constituyente del aire (un 79% en volumen), cabría esperar en correspondencia una abundancia de compuestos nitrogenados en la superficie de la tierra, pero este no es el caso. Es evidente que el nitrógeno del suelo (uno de los más importantes nutrimentos para la planta), ocupa una posición singular muy diferente a la del fósforo o del potasio, que siempre existen en el suelo en forma mineralizada (15).

El nitrógeno es constituyente del plasma funcional y de gran número de compuestos de importancia fisiológica en el metabolismo vegetal, tales como la clorofila, enzimas, proteínas, nucleótidos, alcaloides, hormonas y algunas vitaminas (9, 15).

Por la serie de funciones en que toma parte este elemento, su deficiencia ejerce un marcado efecto en los rendimientos de la planta. Así, la falta de clorofila derivada de la deficiencia de nitrógeno causa la inhibición de la capacidad de asimilación y formación de carbohidratos (9).

La deficiencia de nitrógeno causa trastornos en la planta, el sobreabastecimiento del mismo produce efectos contrarios a su desarrollo normal, ello genera plantas más susceptibles a las inclemencias climáticas y las enfermedades foliares son más frecuentes (9, 15).

Las plantas absorben nitrógeno como iones, bien de amonio o bien de nitratos. Los iones de amonio pueden retenerse en forma intercambiable y obtenible en las superficies de los cristales de arcilla y

del humus, pero las bacterias cambian pronto el amonio en nitratos que son lixiviados con facilidad. No existe un buen almacén para las formas obtenibles de nitrógeno. El único almacén de cualquier tipo para el nitrógeno es la materia orgánica del suelo.

6. FUNCION DEL FOSFORO COMO NUTRIENTE VEGETAL.

El fósforo elemental no se encuentra en estado libre en la naturaleza porque su elevada facilidad de oxidación no lo permite. Los compuestos de fósforo son muy comunes, por ejemplo, los fosfatos, que se encuentran en numerosos minerales. El fósforo elemental se menciona como un elemento cuyo papel más importante es el de ser un energético del metabolismo de las plantas, encargado de la transferencia de la energía en los diferentes procesos. Se encuentra en toda célula viva y es esencial en la nutrición, tanto vegetal como animal. Promueve el crecimiento del sistema radicular, teniendo importantes repercusiones sobre el comportamiento del desarrollo general de la planta. Es parte constituyente de enzimas y de otros compuestos. Su deficiencia se observa en toda la planta, afectando gran parte del desarrollo de frutos y semillas (9).

Es sabido que en la determinación de los rendimientos, el fósforo tiene efectos diferentes a los del nitrógeno, su acción sobre la productividad del grano es más marcada que sobre el peso de los órganos vegetativos (15).

En los suelos muy ácidos, la disponibilidad de fósforo es baja debido a la formación de fosfatos de hierro y de aluminio, de los cuales el fósforo es obtenible con mucha lentitud. En los suelos cal cáreos, se forma con rapidez fosfato tricálcico ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$), con lo cual se reduce la disponibilidad de fosfato del suelo (16).

7. DENSIDAD DE POBLACION.

Los factores que determinan la densidad de población en las crucíferas son: la especie y la variedad a cultivar, el destino de la producción y el método de cultivo.

En la elección del espaciamiento para el cultivo de brócoli, se debe tomar en cuenta que a menores distancias, la tendencia es de que cada "cabeza" tendrá menor peso, pero obtendrá mayor rendimiento por hectárea. Se pueden obtener cabezas más grandes utilizando espaciamientos mayores, pero eso resulta en una disminución del rendimiento por hectárea (10). Por lo que el objetivo es encontrar el punto óptimo de densidad que logre el máximo rendimiento sin desmejorar el diámetro o calidad de la inflorescencia.

8. MERCADO.

La importancia económica del brócoli se debe actualmente a su demanda en el mercado internacional, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica, El Salvador, Nicaragua y otros, por su rico valor nutritivo, como también por su sabor. El brócoli es un vegetal importante entre los alimentos congelados que supera a la coliflor y otros de su familia (13).

En los últimos años, la exportación de este producto se ha incrementado considerablemente, como puede observarse en el cuadro 2.

Durante la última década, los cultivos tradicionales han sido desplazados por las hortalizas, principalmente aquellas con demanda en el extranjero, tanto en fresco como congelado. Las exportaciones vienen sucediendo cada vez en mayor escala, originados por el incremento de necesidades alimentarias y por la facilidad de comercialización de éstas en el exterior; a la par de ello ha surgido habilitación de tierras destinadas al cultivo hortícola, como un medio de ingresos económicos más prometedores (11).

Cuadro 2. Peso de brócoli (TM) exportado en Guatemala durante el período 1978-1986 e ingresos percibidos (Q).

| AÑO | PESO (TM) | INGRESO (Q) |
|------|-----------|--------------|
| 1978 | 326.35 | 265,724.13 |
| 1979 | 679.18 | 567,356.50 |
| 1980 | 1,674.68 | 1,755,418.28 |
| 1981 | 430.44 | 402,908.00 |
| 1982 | 1,174.73 | 1,082,862.00 |
| 1983 | 1,421.73 | 1,166,347.40 |
| 1984 | 1,552.02 | 1,297,252.00 |
| 1985 | 2,554.74 | 1,241,091.08 |
| 1986 | 5,974.13 | 2,598,076.30 |

FUENTE: Departamento de Sanidad Vegetal, DIGESA, Guatemala.

9. ANTECEDENTES DE INVESTIGACION EN FERTILIZACION PARA EL CULTIVO DE BROCOLI.

De acuerdo con los resultados obtenidos por el ICTA (6), en el año 1986, para la localidad de Chituc, Santiago Sacatepéquez, en la cual se evaluaron niveles de NPK y densidades de población para el híbrido Green Valiant, se llegó a concluir lo siguiente:

- a. El tratamiento utilizado como testigo por el ICTA con los siguientes niveles: 81.08 kg/ha de NPK más 78.18 kg/ha de nitrógeno adicional y 44,444 plantas/ha, obtuvo un rendimiento de 8.79 TM/ha, el cual fue económico y agronómicamente superado en rendimiento por la tecnología que utiliza el agricultor quien aplicó 103.35 kg/ha de NPK más 73.18 kg/ha de nitrógeno adicional y 62,500 plantas/ha, para obtener un rendimiento de

11.03 tm/ha.

- b. El nivel de 60.81 kg de NPK más 73.18 kg/ha de nitrógeno adicional y 70,444 plantas/ha, fué económica y agronómicamente superior a los tratamientos utilizados como testigos, los cuales fueron el que recomienda el ICTA y el que utiliza el agricultor, reportando la mayor tasa de retorno de capital (13.65% contra 0.96% correspondiente al que utiliza el agricultor para capital ilimitado), teniendo un rendimiento promedio de 15.03 TM/ha.

En esta localidad se recomienda utilizar 60.81 kg/ha de NPK, más 73.18 kg/ha de nitrógeno adicional y 44,444 plantas/ha para capital limitado.

En la localidad de 3 Cruces, Santiago Sacatepéquez, evaluaron niveles de NPK y densidades de población para el híbrido Green Valiant y se llegó a concluir lo siguiente:

- a. "El híbrido Green Valiant no responde positivamente a la fertilización y densidades de población altas, cuando las condiciones de fertilidad natural del suelo son pobres".
- b. "La tecnología que utiliza el agricultor (103.35 kg/ha de NPK más 73.18 kg/ha de nitrógeno adicional y 62,500 plantas/ha), fué dominada por el nivel 60.81 kg/ha de NPK y 57,444 plantas/ha, la cual tiene mayor tasa marginal de retorno de capital (3.03%), con respecto a uno de los testigos el cual es el que utiliza el ICTA (81.08 kg/ha de NPK más 73.18 kg/ha de nitrógeno adicional y 44,444 plantas/ha, obteniendo una media de rendimiento de 10.05 TM/ha de calidad exportable, la cual puede ser utilizada por agricultores con capital ilimitado".
- c. "Se encontró alta significancia entre niveles de NPK, no así en densidades".

Para esta localidad se recomienda utilizar 60.81 kg/ha de NPK y 44,444 plantas/ha para agricultores con capital limitado.

En otra investigación realizada por el ICTA (7) en 1986, se evaluaron niveles de fórmulas de fertilizantes químicos y materia orgánica en el híbrido Green Valiant, realizado en la aldea Los Encuentros (colinda con la aldea Pixabaj del municipio de Sololá), llegándose a concluir lo siguiente:

- a. "La dosis óptima económica para capital limitado es de 74.32 kg/ha de nitrógeno en la primera fertilización, más 41.44 kg/ha de nitrógeno adicional en la segunda fertilización, reportando un rendimiento de 7.13 TM/ha".
- b. "La incorporación de materia orgánica previo al transplante, incrementó el rendimiento".

V. MATERIALES Y METODOS

1. DESCRIPCION GENERAL DEL AREA.

La aldea Pixabaj, está en jurisdicción del municipio de Sololá, departamento de Sololá. Se ubica geográficamente bajo las siguientes coordenadas: 14°52'25" latitud norte y 91°10'30" longitud oeste. Su altura es de 2,500 m.s.n.m.

Su clima está determinado por la zona ecológica caracterizada como bosque muy húmedo montano bajo subtropical, con una precipitación pluvial media de 1,618.2 mm. La temperatura media anual es de 17.5°C y una humedad relativa promedio anual de 81.0% (4).

Los suelos corresponden a la serie Camanchá, caracterizada porque el material madre proviene de ceniza volcánica, bien drenados, de textura franca y franco-arcillosa. La topografía es de ondulada a quebrada, con pendientes mayores del 15% (14).

2. CARACTERISTICAS DEL MATERIAL EXPERIMENTAL.

2.1 Semilla:

El material que se utilizó como semilla fué el híbrido Green Valiant, cuyo ciclo es de 108 días tomado desde la siembra hasta la cosecha, coloración verde claro, granulación fina, su grado de compacidad está clasificado como compacta, inflorescencias muy pequeñas, forma redonda, cabeza de hasta 20 cm de diámetro, buena tolerancia a enfermedades y buenos vástagos la terales.

2.2 Fertilización:

Como fuente de nitrógeno se utilizó urea al 46%. Como fuente

de fósforo (P_2O_5) se utilizó super fosfato simple al 20%.

3. DISEÑO EXPERIMENTAL.

Para la realización de este estudio, se utilizó un diseño de bloques al azar con 3 repeticiones y 15 tratamientos, seleccionados de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla I.

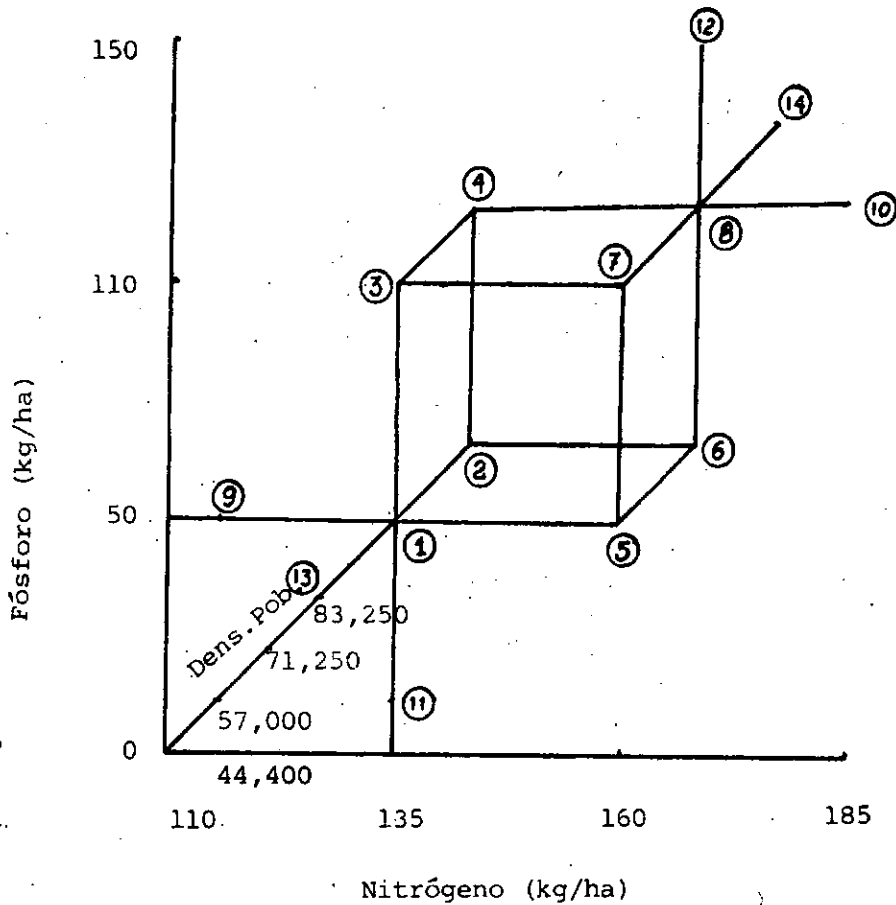


Figura 1. Tratamientos seleccionados de acuerdo a la matriz experimental Plan Puebla I.

El tamaño de cada parcela varió de acuerdo a la densidad de población correspondiente a cada tratamiento, de tal forma que se utilizaron parcelas con un área de 6.4 m² y de 8.0 m², presentando cada una 4 surcos de 4.0 m de largo y 0.4 a 0.5 m entre surcos respectivamente. La distancia entre plantas varió de acuerdo a la densidad de población de cada tratamiento. La parcela neta la constituyeron los dos surcos centrales, dejando una planta en cada extremo por efecto de cabecera.

Cuadro 3. Tratamientos utilizados en el experimento (determinados de acuerdo con la matriz experimental Plan Puebla I)

| TRATAMIENTOS | kg/ha | | DENSIDAD PLANTAS/ha | DISTANCIA DE SIEMBRA EN cm | |
|-------------------|-------|-------------------------------|---------------------|----------------------------|------|
| | N | P ₂ O ₅ | | | 1/ |
| 1 | 135 | 50 | 57,000 | 50 | × 35 |
| 2 | 135 | 50 | 71,250 | 40 | × 35 |
| 3 | 135 | 100 | 57,000 | 50 | × 35 |
| 4 | 135 | 100 | 71,250 | 40 | × 35 |
| 5 | 160 | 50 | 57,000 | 50 | × 35 |
| 6 | 160 | 50 | 71,250 | 40 | × 35 |
| 7 | 160 | 100 | 57,000 | 50 | × 35 |
| 8 | 160 | 100 | 71,250 | 40 | × 35 |
| 9 | 110 | 50 | 57,000 | 50 | × 35 |
| 10 | 185 | 100 | 71,250 | 40 | × 35 |
| 11 | 135 | 00 | 57,000 | 50 | × 35 |
| 12 | 160 | 150 | 71,250 | 40 | × 35 |
| 13 | 135 | 50 | 44,400 | 50 | × 45 |
| 14 | 160 | 100 | 83,250 | 40 | × 30 |
| 15 Testigo Agric. | 336 | 190 | 40,000 | 50 | × 50 |

1/ Correspondientes a las densidades utilizadas.

Las variables que se utilizaron para evaluar el efecto de los trata
mientos son: Rendimiento en peso (kg/ha) y diámetro de la inflores
cencia (cm).

4. CARACTERISTICAS DEL LOTE EXPERIMENTAL.

El terreno donde se realizó esta investigación, presenta una textu-
ra franca, con una pendiente bastante inclinada y una densidad apa-
rente de 0.7690. El cultivo anterior fué maíz.

5. MANEJO DEL EXPERIMENTO.

5.1 Semillero:

- Preparación del terreno:

Se preparó un tablón de 1.00 m de ancho y 4.0 m de largo; la mezcla del suelo fue en proporciones de dos partes de tierra negra, una parte de arena y una de material orgáni-
co vegetal. Luego de mullido, mezclado y nivelado el te-
rreno, se aplicó con regadera PCNB (Quintozeno) al 75% y Aldrín al 2% disueltos en agua, a razón de 20 gr por metro cuadrado.

- Siembra:

Esta se efectuó el día 4 de agosto de 1987 al chorrillo, en surcos con calles de 10.0 cm, luego se colocó una co-
bertura de pasto seco con el propósito de proteger a las
semillas hasta su germinación.

- Fertilización:

A los 13 días después de la siembra, se aplicó fertilizan-
te de fórmula comercial 15-15-15 en proporción de 60 gr
por metro cuadrado en el centro de las calles.

5.2 Campo definitivo:

- Preparación del terreno:

La labranza del suelo se realizó en forma tradicional, que consiste en voltear el suelo y eliminar la maleza con azadón, a una profundidad de 30 cm, dejando el suelo bien mullido.

- Transplante:

A los 35 días después de establecido el semillero, se procedió al transplante, a distancias según la densidad de población correspondiente a cada tratamiento.

- Fertilización:

A los 10 días después del transplante se realizó la primera fertilización, que consistió en aplicar el 60% de nitrógeno y el 100% de fósforo; luego a los 35 días después del transplante, se aplicó el nitrógeno restante, es decir el 40%.

- Limpias:

Se realizaron en forma manual con azadón, en dos épocas, la primera a los 20 días del transplante y la segunda a los 40 días.

- Control fitosanitario:

Se realizaron aspersiones con los siguientes productos: Parathión metílico, Endosulfán y Propineb y Mancozeb. Estos productos se aplicaron en forma alternada y en las dosis recomendadas comercialmente.

- Cosecha:

Se inició en el mes de diciembre de 1987, en forma manual, cortando las inflorescencias compactas, punto óptimo de an-

tesis floral, de acuerdo a los requerimientos del mercado. La cosecha se realizó en 7 cortes a intervalos de 5 días, terminándose en el mes de enero de 1988.

6. ANALISIS DE RESULTADOS.

6.1 Para el rendimiento:

6.1.1 Se realizó análisis de varianza para 8, 14 y 15 tratamientos. Los tratamientos seleccionados del 1 - 8 se evaluaron por medio de un experimento factorial 2^3 en bloques al azar, con 3 repeticiones de acuerdo al modelo siguiente:

$$Y_{ijkl} = M + \alpha_i + \delta_j + T_k + (\alpha\delta)_{ij} + (\alpha T)_{ik} + (\delta T)_{jk} + (\alpha\delta T)_{ijk} + Bl + E_{ijkl}$$

Donde:

| | |
|--------------------------|---|
| Y_{ijkl} | = Rendimiento en kg/ha de brócoli |
| α_i | = Efecto del i...ésimo nivel de nitrógeno |
| δ_j | = Efecto de la j...ésimo nivel de fósforo |
| T_k | = Efecto de la k...ésima densidad de siembra |
| $(\alpha\delta)_{ij}$ | = Efecto de la interacción entre nitrógeno y fósforo |
| $(\alpha T)_{ik}$ | = Efecto de la interacción entre nitrógeno y densidad de población |
| $(\delta T)_{jk}$ | = Efecto de la interacción entre fósforo y densidad de población. |
| $(\alpha\delta T)_{ijk}$ | = Efecto de la interacción entre nitrógeno, fósforo y densidad de población |
| Bl | = Efecto del i...ésimo bloque |
| E_{ijkl} | = Error experimental. |

Los tratamientos del 1-14 y del 1-15, se evaluaron por medio del diseño de bloques al azar, con 3 repeticiones de acuerdo al modelo siguiente:

$$Y_{iJ} = M + T_i + B_j + E_{iJ}$$

Donde:

Y_{ij} = Rendimiento (kg/ha) de brócoli, obtenido en el i...ésimo tratamiento y j...ésimo bloque

M = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i...ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j...ésimo bloque

E_{iJ} = Error experimental.

6.1.2 Método automático de yates:

Se aplicó la técnica de yates con el objeto de encontrar o detectar efectos significativos, ya sea de los factores o de las interacciones en el núcleo del espacio de exploración.

Con el propósito de determinar si existió efecto significativo de alguno de los factores en estudio en todo el espacio de exploración, se compararon las prolongaciones contra el valor de la diferencia mínima significativa.

6.1.3 Análisis económico:

Se aplicó el método matemático-estadístico propuesto por Turrent (19)

Determinación de los Costos Variables: (CV):

$$CV = P_nN + P_pP + P_dPDP$$

Donde:

- Pn = Precio de un kg de nitrógeno
N = Dosis de nitrógeno aplicado/ha
Pp = Precio de un kg de fósforo
P = Dosis de fósforo aplicado/ha
PdP = Precio de una planta de brócoli al momento del
transplante
DP = Densidad de población/ha

Determinación del Ingreso Neto (IN):

$$IN = Py(p) - CV$$

Donde:

- Py = Precio de un kg de brócoli
P = Rendimiento promedio de brócoli en kg/ha

Determinación de la Tasa de Retorno de Capital Variable (TRCV):

$$TRCV = \frac{\Delta IN}{\Delta CV}$$

Donde:

- ΔIN = Incremento en el ingreso neto del tratamiento
con respecto al testigo
 ΔCV = Incremento en los costos variables del trata-
miento con respecto al testigo.

6.2 Para el diámetro de las inflorescencias:

6.2.1 Análisis de varianza:

Se midió el diámetro de cada inflorescencia, luego se

realizó el análisis de varianza sobre el promedio por parcela.

6.2.2 Prueba de Tukey:

Se aplicó la prueba de Tukey a los diámetros promedio de las inflorescencias de brócoli de cada tratamiento, con el propósito de determinar si eran o no afectadas negativamente por los tratamientos.

VI RESULTADOS Y DISCUSION

1. ANALISIS DE SUELO.

Los resultados del análisis de suelos que se resumen en el cuadro 4, muestran que el pH es ligeramente ácido (pH = 6.2), el cual se encuentra dentro del rango adecuado para el cultivo de brócoli, el cual es de 6-7. El estado de fertilidad que presenta este suelo es el siguiente: El fósforo con 2.5 ppm se encuentra deficiente (el nivel crítico es de 7 ppm), el potasio con 185 ppm, se encuentra abundante (el nivel crítico es de 60 ppm). La relación Ca:Mg se encuentra por abajo del nivel crítico, ya que tiene una proporción de 5.79:1 y que para Guatemala se considera aceptable la proporción de 6.75:1.

Considerando las características del suelo antes mencionadas, se puede inferir que el mismo es adecuado para el cultivo de brócoli, además de poseer una textura franca, ideal para este cultivo, pero sí es necesario corregir las deficiencias que este suelo presenta de fósforo, conjuntamente con la aplicación de los requerimientos de nitrógeno para este cultivo, mediante un programa racional de fertilización.

Cuadro 4. Resultado del análisis del suelo.

| PROFUNDIDAD DE MUESTREO | TEXTURA | DENSIDAD APARENTE | pH | ppm | | meq/100 ml | |
|-------------------------|---------|-------------------|-----|-----|-----|------------|------|
| | | | | P | K | Ca | Mg |
| 0 - 20 cm | Franca | 0.7690 | 6.2 | 2.5 | 185 | 6.60 | 1.14 |

FUENTE: Laboratorio de suelos del ICTA para el análisis químico y Laboratorio de suelos de DIRYA para el análisis físico. 1987.

2. DATOS GENERALES DE RENDIMIENTO DE LAS INFLORESCENCIAS DE BROCOLI.

Los resultados de rendimiento expresados en kg/ha después de 7 cortes y del número de plantas cosechadas en cada parcela neta, se presentan en el cuadro 5, en el cual se puede observar que los rendimientos promedio varían de 2,425.32 kg/ha de brócoli en el tratamiento que incluye 135 kg/ha de nitrógeno, cero kg/ha de fósforo y una densidad de población de 57,000 plantas/ha hasta 9,469.64 kg/ha en el tratamiento con 160 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo y una densidad de 71,250 plantas/ha.

Con respecto al número de inflorescencias cosechadas en cada parcela neta, se puede apreciar que en algunos tratamientos se perdieron algunas plantas debido fundamentalmente a:

- a. Efectos ajenos a los tratamientos aplicados, ésto se debió principalmente al ataque de plagas (Agriotis spp.) (Ver cuadro 5).
- b. Efectos de los tratamientos en donde la aplicación de 135 kg/ha de nitrógeno, cero kg/ha de fósforo y 57,000 plantas/ha, provocó que no se cosecharan todas las plantas establecidas, debiéndose a que el crecimiento de éstas fue muy lento y no lograron florecer, notándose claramente la influencia del fósforo en el rendimiento.

Cuadro 5. Rendimiento comercial de brócoli del híbrido Green Valiant (kg/ha), obtenido en cada uno de los tratamientos evaluados. Pixabaj, Sololá, diciembre de 1987 a enero de 1988.

| No. | T R A T A M I E N T O | | | B L O Q U E S | | | | | | | | | PROMEDIO DE REND. (kg/ha) |
|-----|-----------------------|---------------|------------------|---------------|-----------------|-----------------|----------|-----------------|-----------------|------------|-----------------|-----------------|---------------------------|
| | NITROGE- NO kg/ha | FOSFORO kg/ha | DENSIDAD Plan/ha | I | | II | | III | | | | | |
| | | | | Rend kg/ha | Plan/par | Rend kg/ha | Plan/par | Rend kg/ha | Plan/par | Rend kg/ha | Plan/par | | |
| 1 | 135 | 50 | 57,000 | 6,299.23 | <u>1/</u> 18 | <u>2/</u> 17 | 6,328.52 | <u>1/</u> 18 | <u>2/</u> 18 | 5,337.86 | <u>1/</u> 18 | <u>2/</u> 18 | 5,988.54 |
| 2 | 135 | 50 | 71,250 | 6,533.07 | 18 | 18 | 7,758.85 | 18 | 18 | 6,106.44 | 18 | 18 | 6,799.44 |
| 3 | 135 | 100 | 57,000 | 6,193.53 | 18 | 18 | 7,424.57 | 18 | 18 | 7,330.77 | 18 | 17 | 6,849.67 |
| 4 | 135 | 100 | 71,250 | 7,143.48 | 18 | 18 | 8,813.03 | 18 | 18 | 7,071.48 | 18 | 18 | 7,676.10 |
| 5 | 160 | 50 | 57,000 | 5,621.11 | 18 | 18 | 7,030.85 | 18 | 18 | 6,420.23 | 18 | 18 | 6,357.40 |
| 6 | 160 | 50 | 71,250 | 7,674.53 | 18 | 18 | 6,963.34 | 18 | 18 | 8,264.29 | 18 | 18 | 7,634.05 |
| 7 | 160 | 100 | 57,000 | 5,726.70 | 18 | 18 | 7,005.55 | 18 | 18 | 7,239.41 | 18 | 18 | 6,657.19 |
| 8 | 160 | 100 | 71,250 | 6,083.88 | 18 | 18 | 8,332.84 | 18 | 18 | 7,422.27 | 18 | 18 | 7,279.66 |
| 9 | 110 | 50 | 57,000 | 5,930.85 | 18 | 18 | 6,424.50 | 18 | 18 | 8,018.51 | 18 | 18 | 6,791.29 |
| 10 | 185 | 100 | 71,250 | 11,171.52 | 18 | 18 | 8,091.90 | 18 | 18 | 8,845.77 | 18 | 18 | 9,369.73 |
| 11 | 135 | 00 | 57,000 | 1,907.60 | 18 | 9 | 2,761.05 | 18 | 11 | 2,607.31 | 18 | 8 | 2,425.32 |
| 12 | 160 | 150 | 71,250 | 8,316.91 | 18 | 16 | 9,370.21 | 18 | 18 | 10,821.8 | 18 | 18 | 9,469.64 |
| 13 | 135 | 50 | 44,400 | 4,142.42 | 14 | 14 | 6,136.62 | 14 | 14 | 6,556.20 | 14 | 14 | 5,611.75 |
| 14 | 160 | 100 | 83,250 | 7,871.32 | 22 | 20 | 9,877.16 | 22 | 22 | 7,716.56 | 22 | 22 | 8,488.35 |
| 15 | 336 | 190 | 40,000 | 6,800.10 | 12 | 12 | 6,970.30 | 12 | 12 | 7,178.07 | 12 | 12 | 6,982.68 |

1/ Número de plantas que deberían de cosecharse.

2/ Número de plantas que se cosecharon.

3. ANALISIS DE VARIANZA.

En el cuadro 6 se resumen los análisis de varianza del rendimiento expresado en kg/ha de brócoli para 8, 14 y 15 tratamientos encontrándose que sí existe significancia entre el efecto de los tratamientos.

Cuadro 6. Análisis de varianza para el rendimiento (kg/ha) de las inflorescencias de brócoli (Green Valiant).

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F. |
|------------------------------------|------|-------------|-----------|----------|
| Tratamientos: 1-8 (C.V. = 9.54%) | | | | |
| Bloque | 2 | 4479104.00 | | |
| Tratamiento | 7 | 7373184.00 | 1053312.0 | 2.43* |
| Error | 14 | 6069120.00 | 433508.6 | |
| Total | 23 | 17921410.00 | | |
| Tratamientos: 1-14 (C.V. = 13.45%) | | | | |
| Bloque | 2 | 5388032.00 | | |
| Tratamiento | 13 | 118069500.0 | 9082270.0 | 10.38** |
| Error | 26 | 22749950.0 | 874998.1 | |
| Total | 41 | 146207500.0 | | |
| Tratamientos: 1-15 (C.V. = 13.01%) | | | | |
| Bloque | 2 | 5244160.0 | | |
| Tratamiento | 14 | 118070500.0 | 8033609.0 | 10.282** |
| Error | 28 | 22965760.0 | 820205.7 | |
| Total | 44 | 146280500.0 | | |

4. EFECTOS FACTORIALES MEDIOS.

En el cuadro 7 se resumen los resultados en la aplicación de la técnica de Yates para determinar los efectos factoriales medios (EFM), en donde se puede observar que únicamente la densidad de población y fósforo producen efectos significativos.

Con el propósito de probar si el efecto del nitrógeno fue o no significativo en todo el espacio de exploración, se compararon las prolongaciones de dicho factor contra el valor de la diferencia mínima significativa (DMS = 1,362.56).

Los tratamientos comparados en las prolongaciones, son los siguientes:

| | | | | | | | | | | | |
|-----|---|----|---|-----------|------|----------|---|--------|----|--------|---|
| 110 | - | 50 | - | 57,000 | Vrs. | 135 | - | 50 | - | 57,000 | + |
| | | | | | | 160 | - | 50 | - | 57,000 | |
| | | | | 6,791.287 | - | 6,172.97 | = | 618.32 | NS | | |

| | | | | | | | | | | | |
|-------|---|-----|---|----------|------|----------|---|-----------|---|--------|---|
| Y 185 | - | 100 | - | 71,250 | Vrs. | 135 | - | 100 | - | 71,250 | + |
| | | | | | | 160 | - | 100 | - | 71,250 | |
| | | | | 9,369.73 | - | 7,477.88 | = | 1,891.85* | | | |

NS = No significativo

* = Significativo

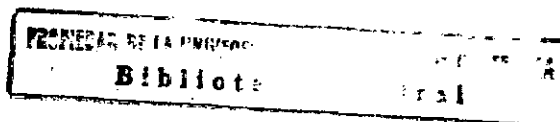
Se determinó que sí hay respuesta del cultivo de brócoli a la aplicación de nitrógeno, por lo que se continuó el análisis económico de todos los tratamientos de la matriz.

Cuadro 7. Determinación de efectos mínimos significativos (Métodos Automático de Yates).

| No. | N | P | DP | NOTACION DE YATES | RENDIMIENTOS TOTALES | EFM |
|-----|-----|-----|--------|-------------------|----------------------|----------|
| 1 | 135 | 50 | 57,000 | I | 17,965.611 | 6,903.17 |
| 2 | 135 | 50 | 71,250 | D | 20,398.320 | 879.92* |
| 3 | 135 | 100 | 57,000 | P | 20,549.022 | 641.00* |
| 4 | 135 | 100 | 71,250 | PD | 23,027.991 | 470.62 |
| 5 | 160 | 50 | 57,000 | N | 19,072.191 | 149.51 |
| 6 | 160 | 50 | 71,250 | ND | 22,852.161 | 61.32 |
| 7 | 160 | 100 | 57,000 | NP | 19,971.561 | - 227.84 |
| 8 | 160 | 100 | 71,250 | NPD | 21,838.992 | - 159.38 |
| 9 | 110 | 50 | 57,000 | | 20,373.861 | |
| 10 | 185 | 100 | 71,250 | | 28,109.187 | |
| 11 | 135 | 00 | 57,000 | | 7,275.960 | |
| 12 | 160 | 150 | 71,250 | | 28,408.932 | |
| 13 | 135 | 50 | 44,400 | | 16,835.241 | |
| 14 | 160 | 100 | 83,250 | | 25,465.041 | |
| 15 | 336 | 190 | 40,000 | | 20,948.472 | |

EMS = 473.081 al 10% para la prueba de yates.

DMS = 1362.56 al 5% para el chequeo de las prolongaciones.



5. ANALISIS ECONOMICO.

En el cuadro 8 se resume el análisis económico para determinar la dosis óptima económica para capital limitado (DOECL).

Se puede observar que dentro de la matriz evaluada, al calcularse el incremento de los costos variables con respecto al del testigo, en la mayoría de los tratamientos se opera con costos variables menores que los utilizados por la tecnología tradicional (para este caso el tratamiento testigo), lo contrario sucede únicamente en el tratamiento No. 12, al que se le aplicó 160 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo y una densidad de 71,250 plantas/ha, cuyos costos variables fueron ligeramente mayores al del testigo (Q. 14.02 /ha).

Al observar el incremento del ingreso neto con respecto al testigo, indica que se están obteniendo ingresos netos mayores que los obtenidos por la tecnología tradicional. Para este caso solamente dos tratamientos (135 - 00 - 57,000 y 135 - 50 - 44,400) tuvieron un ingreso neto menor que el testigo, Q. 418.20 y Q. 1,858.83 contra Q. 1,898.28 respectivamente.

Se puede inferir que la influencia del factor fósforo es determinante en el incremento del rendimiento, ya que para el tratamiento No. 11 (135 - 00 - 57,000), no se aplicó fósforo y tuvo el menor rendimiento (2,425.32 kg/ha) y por ende, el ingreso neto también fue el más bajo (Q. 418.20); todo lo contrario sucede con el tratamiento No. 12 (160 -150 - 71,250), el cual tuvo el rendimiento más alto (9,469.64 kg/ha) y un ingreso neto de Q. 3,033.17.

Cuadro 8. Tasa de retorno de capital variable obtenida en cada uno de los tratamientos evaluados.

| No. | NITROGENO kg/ha | FOSFORO kg/ha | DENSIDAD Plan/ha | PROM. REND. kg/ha | COSTOS VARIABLES Q/ha | INGRESO NETO Q/ha | INCREMENTO EN COSTOS VARIAB. Q | INCREM. EN INGR. NETO Q | TRCV Δ IN/ Δ CV |
|-----|--------------------|------------------|---------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|--------------------------------------|-------------------------------|----------------------------------|
| 1 | 135 | 50 | 57,000 | 5,988.537 | 859.80 | 1,906.90 | - 467.98 | 8.62 | - 0.018 |
| 2 | 135 | 50 | 71,250 | 6,799.440 | 1,002.30 | 2,139.04 | - 325.48 | 240.76 | - 0.740 |
| 3 | 135 | 100 | 57,000 | 6,849.674 | 1,017.30 | 3,147.25 | - 310.48 | 248.97 | - 0.802 |
| 4 | 135 | 100 | 71,250 | 7,676.097 | 1,159.80 | 2,386.56 | - 169.98 | 488.28 | - 2.872 |
| 5 | 160 | 50 | 57,000 | 6,357.397 | 884.30 | 2,052.82 | - 443.48 | 154.54 | - 0.348 |
| 6 | 160 | 50 | 71,250 | 7,634.053 | 1,026.80 | 2,500.13 | - 300.98 | 601.85 | - 1.999 |
| 7 | 160 | 100 | 57,000 | 6,657.187 | 1,041.80 | 2,033.82 | - 285.98 | 135.54 | - 0.474 |
| 8 | 160 | 100 | 71,250 | 7,279.664 | 1,184.30 | 2,178.90 | - 143.48 | 280.62 | - 1.956 |
| 9 | 110 | 50 | 57,000 | 6,791.287 | 835.30 | 2,302.27 | - 492.48 | 403.99 | - 0.820 |
| 10 | 185 | 100 | 71,250 | 8,369.729 | 1,208.80 | 3,120.01 | - 118.98 | 1,221.73 | - 10.270 |
| 11 | 135 | 00 | 57,000 | 2,425.320 | 702.30 | 418.20 | - 625.48 | - 1,480.08 | |
| 12 | 160 | 150 | 71,250 | 9,469.644 | 1,341.80 | 3,033.17 | 14.02 | 1,134.89 | 80.95 |
| 13 | 135 | 50 | 44,400 | 5,611.747 | 733.80 | 1,858.83 | - 593.98 | 39.45 | • |
| 14 | 160 | 100 | 83,250 | 8,488.347 | 1,304.30 | 2,617.32 | - 23.48 | 719.04 | - 30.62 |
| 15 | 336 | 190 | 40,000 | 6,982.820 | 1,327.78 | 1,898.28 | | | |

NOTA: 1 kg de nitrógeno = Q. 0.98
1 kg de fósforo = Q. 3.15
1 planta = Q. 0.01
1 kg de brócoli = Q. 0.462

Con respecto a la tasa de retorno de capital variable (TRCV), tres fueron los tratamientos que sobresalieron en cuanto a que producen las tasas más altas, de las cuales la mayor es de 80.95; esto indica que sus costos variables son más altos que los del testigo, pero que su ingreso neto es mucho mayor (Q. 3,033.17). En este tratamiento se utilizaron 160 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo y 71,250 plantas/ha, sus costos variables fueron de Q. 1,341.8. Dicha TRCV significa que por cada quetzal extra que se invierta en los costos variables con respecto al testigo, el ingreso neto va a incrementarse en Q. 80.95. Debe notarse que el costo de este tratamiento (No. 12), aumenta debido al incremento en la densidad de población, porque las cantidades de fertilizantes se disminuyen considerablemente.

Los otros dos tratamientos sobresalientes (No. 10 y 14), presentan tasas de retorno de capital variable de -10.27 y -30.62 respectivamente; estos presentan costos variables menores que el testigo e ingresos netos mayores (Q. 3,120.01 y Q. 2,617.30). En las TRCV de estos tratamientos, por cada quetzal en que se disminuye el costo variable de los tratamientos con respecto al testigo, el ingreso neto aumenta en Q. 10.27 y Q. 30.62 respectivamente. Es necesario notar esto ya que gastando menos, pero utilizando la tecnología apropiada, pueden aumentar su ingreso económico.

6. DIAMETRO (cm) DE LAS INFLORESCENCIAS DE BROCOLI.

En el cuadro 9 se presentan los promedios del diámetro de las inflorescencias para cada repetición y el promedio general de los 3 bloques.

Cuadro 9. Diámetro promedio (cm) de las inflorescencias de brócoli (Green Valiant), obtenido por unidad experimental, Sololá, diciembre 1987 a enero 1988.

| No. | T R A T A M I E N T O S | | | I | II | III | PROMEDIO cm |
|-----|-------------------------|---------|-----------------------|-------|-------|------|----------------|
| | NITRO- GENO | FOSFORO | DENSIDAD POBLACION | | | | |
| 1 | 135 | 50 | 57,000 | 8.55 | 8.55 | 8.30 | 8.47 |
| 2 | 135 | 50 | 71,250 | 8.13 | 8.13 | 8.13 | 7.96 |
| 3 | 135 | 100 | 57,000 | 9.15 | 9.15 | 8.12 | 8.80 |
| 4 | 135 | 100 | 71,250 | 8.77 | 8.77 | 7.72 | 8.42 |
| 5 | 160 | 50 | 57,000 | 8.49 | 8.49 | 8.50 | 8.49 |
| 6 | 160 | 50 | 71,250 | 7.88 | 7.88 | 8.05 | 7.93 |
| 7 | 160 | 100 | 57,000 | 8.60 | 8.60 | 8.61 | 8.60 |
| 8 | 160 | 100 | 71,250 | 8.67 | 8.67 | 8.27 | 8.53 |
| 9 | 110 | 50 | 57,000 | 8.23 | 8.23 | 9.07 | 8.50 |
| 10 | 185 | 100 | 71,250 | 8.52 | 8.52 | 8.61 | 8.54 |
| 11 | 135 | 00 | 57,000 | 6.57 | 6.57 | 7.06 | 6.73 |
| 12 | 160 | 150 | 71,250 | 8.83 | 8.83 | 9.59 | 9.08 |
| 13 | 135 | 50 | 44,400 | 9.16 | 9.04 | 9.32 | 9.17 |
| 14 | 160 | 100 | 83,250 | 8.74 | 8.74 | 7.87 | 8.45 |
| 15 | 336 | 190 | 40,000 | 10.55 | 10.55 | 9.62 | 10.20 |

7. ANALISIS DE VARIANZA Y PRUEBA DE TUKEY PARA EL DIAMETRO DE LA INFLORESCENCIA.

En el cuadro 10 se resume el análisis de varianza aplicado a los promedios de diámetro de todas las plantas cosechadas en cada parcela. Se pudo determinar que sí existe significancia ($F = 21.26$ y $CV = 3.36\%$), entre los tratamientos.

Cuadro 10. Análisis de varianza del diámetro promedio (cm), de las inflorescencias de brócoli.

| FUENTE DE VARIACION | G.L. | S.C. | C.M. | F |
|---------------------|------|---------|-------|---------|
| Bloques | 2 | 0.2618 | | |
| Tratamientos | 14 | 24.3900 | 1.742 | 21.26 * |
| Error | 28 | 2.2952 | 0.082 | |
| Total | 44 | 26.9470 | | |

C.V. = 3.36%

En el cuadro 11 se presentan los resultados de la prueba de Tukey aplicada a los promedios de diámetro de las inflorescencias. Se puede observar que existen 4 grupos significativos entre diámetros, en donde sobresale el tratamiento testigo (336 - 190 - 40,000), el cual tiene mayor diámetro, debiéndose principalmente a la alta fertilización y baja densidad de población, comparado con los demás tratamientos.

El tratamiento No. 11 (135 - 00 - 57,000), es diferente estadísticamente a los demás, presentando el diámetro con más bajo valor (6.72 cm), corroborando de esta forma la influencia del fósforo sobre la producción.

Con respecto al segundo y tercer grupo, representados por las letras b y c respectivamente, que son los que predominan, presentan diámetros menores que el testigo, pero la densidad de población es más alta, deduciéndose de esta forma la razón de la reducción del diámetro.

Las TRCV más altas se encuentran en el grupo b, cuyos diámetros varían de 8.42 a 9.17 cm, valores que no afectan la calidad del producto, encontramos así que es posible disminuir las cantidades de fertilizante a aplicar y aumentar la densidad de siembra para incrementar el rendimiento sin afectar su calidad.

Cuadro 11. Prueba de Tukey aplicado al diámetro de las inflorescencias de brócoli (Green Valiant).

| No. | N | P ₂ O ₅ | DENSIDAD | DIAMETRO MEDIO cm | TUKEY |
|-----|-----|-------------------------------|----------|----------------------|-------|
| 15 | 336 | 190 | 40,000 | 10.20 | a |
| 13 | 135 | 50 | 44,400 | 9.17 | b |
| 12 | 160 | 150 | 71,250 | 9.08 | b |
| 3 | 135 | 100 | 57,000 | 8.80 | b c |
| 7 | 160 | 100 | 57,000 | 8.60 | b c |
| 10 | 185 | 100 | 71,250 | 9.54 | b c |
| 8 | 160 | 100 | 71,250 | 8.53 | b c |
| 9 | 110 | 50 | 57,000 | 8.50 | b c |
| 5 | 160 | 50 | 57,000 | 8.49 | b c |
| 1 | 135 | 50 | 57,000 | 8.47 | b c |
| 14 | 160 | 100 | 83,250 | 8.45 | b c |
| 4 | 135 | 100 | 71,250 | 8.42 | b c |
| 2 | 135 | 50 | 71,250 | 7.96 | c |
| 6 | 160 | 50 | 71,250 | 7.94 | c |
| 11 | 135 | 00 | 57,000 | 6.73 | d |

$W_{0.01} = 0.86625$

VII. CONCLUSIONES

Se obtuvo mayores rendimientos sin afectar la calidad del producto, utilizando menores cantidades de fertilizantes y mayores densidades de población que las que se utilizan tradicionalmente en esta aldea de Sololá, produciendo con ello que los agricultores pueden obtener mayores beneficios económicos con gastos menores que los que normalmente realizan.

- a. Los factores: nitrógeno, fósforo y densidades de población, son limitantes en el rendimiento del cultivo de brócoli para el híbrido Green Valiant en esta localidad.
- b. La dosis óptima económica para capital limitado (DOECL), de los factores estudiados, es aquel tratamiento que presenta una dosis de 160 kg/ha de nitrógeno, 150 kg/ha de fósforo y una densidad de población de 71,250 plantas/ha.

VIII. RECOMENDACION

Para el cultivo de brócoli del híbrido Green Valiant en la aldea Pixabaj, se recomienda una distancia de siembra de 0.40 x 0.35 m y una fertilización de 160 kg/ha de nitrógeno (60% aplicado a los 10 días después del transplante y el 40% a los 35 días después del transplante) y de 100 a 150 kg/ha de fósforo, aplicado todo a los 10 días después del transplante.

IX. BIBLIOGRAFIA

1. BURGOS O., S. 1983. Producción de hortalizas para el altiplano; cultivo de brócoli. Quezaltenango, Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 32 p.
2. CASSERES, E. 1966. Producción de hortalizas. San José, C.R., IICA. p. 115-124.
3. COOKE, C.N. 1965. Fertilizantes y sus usos. Trad. por Alonso Blackaller Valdez. 2 ed. México, Continental. 180 p.
4. CRUZ, J.R. DE LA. 1982. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento; basado en el sistema Holdridge. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 30-32.
5. FASBENDER, H.W. 1987. La fertilidad del frijol. Turrialba, C.R., CATIE. p. 46-52.
6. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1987. Informe anual del programa de hortalizas y disciplina de suelos, Región V, Centro de producción. Chimaltenango, Guatemala. p. 16-27.
7. _____. 1987. Informe técnico del programa de hortalizas, Región I. Guatemala. p. 39-64.
8. GUDIÉL, V.N. 1987. Manual agrícola Superb. 6 ed. Guatemala, Superb. p. 35, 95.
9. JACOB, A.; UEXCKULL, H. 1966. Fertilización, nutrición y abonamiento de los cultivos tropicales y subtropicales. Trad. por López Martínez de Alva. Alemania, Hannover Verlagsgeselleschaft Fer Axkerbau mbh. 626 p.
10. LIMONGELLI, J.C. 1979. El repollo y otras crucíferas de importancia en la huerta comercial. Buenos Aires, Argentina, Hemisferio Sur. 144 p.
11. OROZCO B., O.L.; BURGOS O., S.V. 1983. El cultivo de las crucíferas: brócoli, coliflor, repollo. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. p. 5-10.
12. PALENCIA O., J.A. 1974. Algunos aspectos sobre la fertilización del maíz en Guatemala. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 11 p.
13. ROSS C., T. 1959. Coliflor y brócoli; variedades y cultivo. AID. Boletín agrícola no. 1957. p. 7.

14. SIMMONS, CH.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
15. TAMHANE, R.V. et al. 1979. Suelos, su química y fertilidad en zonas tropicales. México, Diana. 482 p.
16. TEUSCHER, H.; ADLER, R. 1980. El suelo y su fertilidad. Trad. por Rodolfo Vera. México, D.F., Continental. 510 p.
17. TISCORNIA, J.R. 1977. Hortalizas de hoja. Buenos Aires, Argentina, Albatros. 167 p.
18. TURRENT F., A.; LAIRK, R.J. 1978. La matriz experimental Plan Puebla para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. 3 ed. Chapingo, México, Colegio de Postgraduados. 45 p.
19. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (Perú). 1966. Generalidades en el cultivo de hortalizas. Lima, Perú. p. 7-17.

Vo. Bo.
Patwalle



X. APENDICE

República de Guatemala

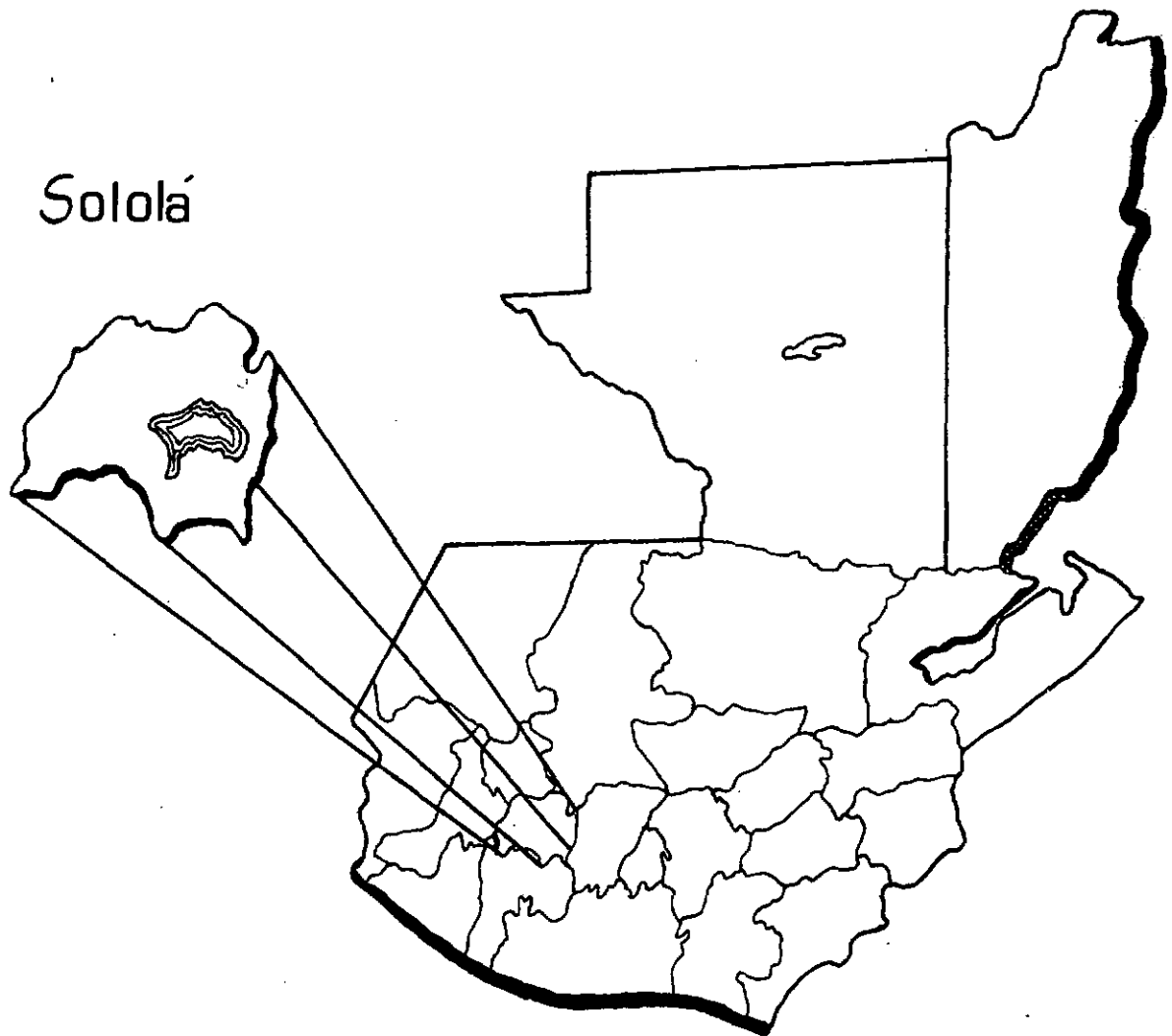
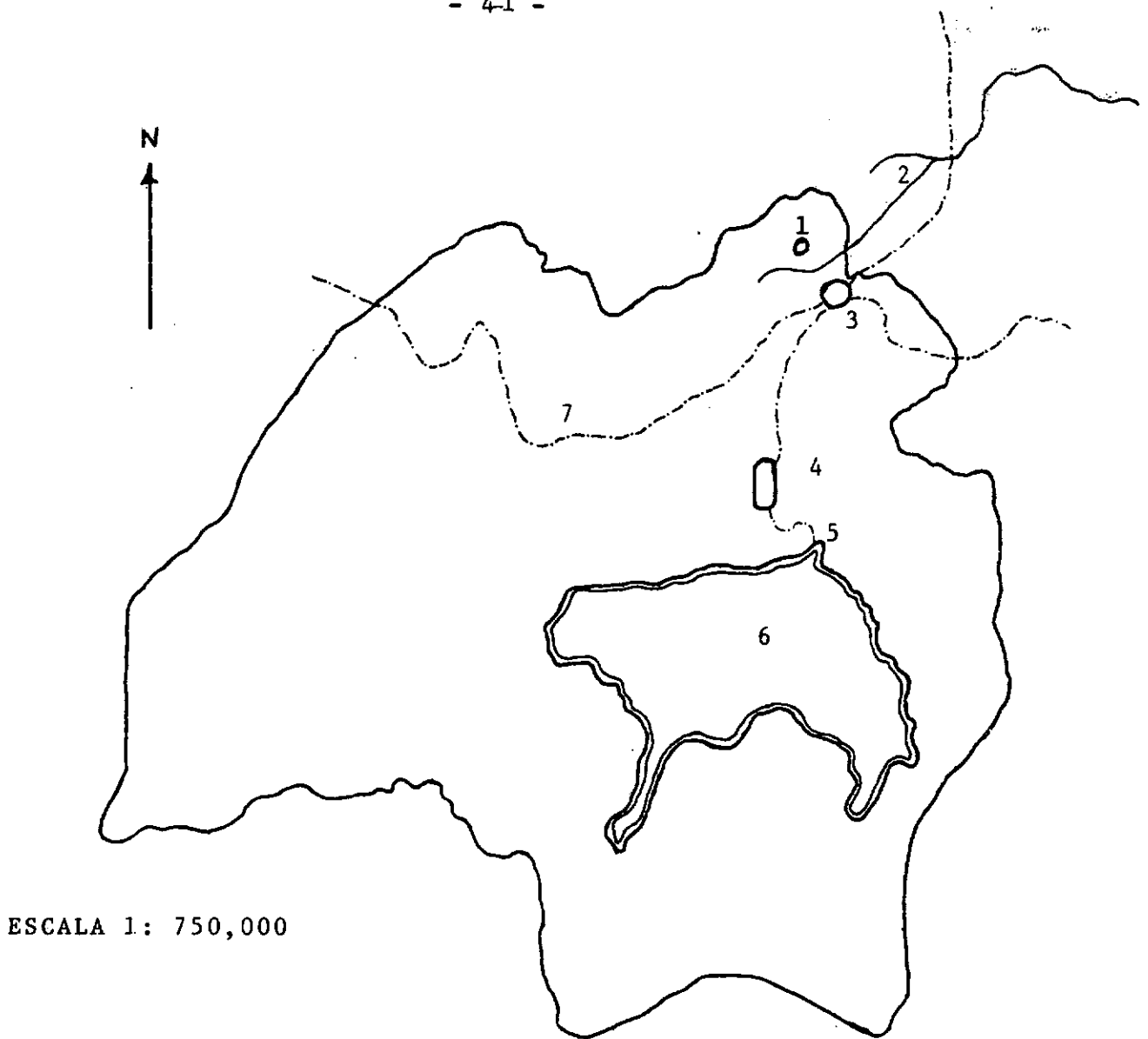


Figura 2. Mapa de la República de Guatemala.



ESCALA 1: 750,000

Figura 3. Mapa del Departamento de Sololá

REFERENCIAS

SIMBOLOGIA

- Límite
- - - - Carretera
- Aldea, Municipio
- Cabecera Municipal
- Río

- 1. Aldea Pixabaj
- 2. Río María Tecún
- 3. Aldea Los Encuentros
- 4. Cabecera Departamento de Sololá
- 5. Panajachel
- 6. Lago de Atitlán
- 7. Carretera Interamericana

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE AGRONOMIA

Ciudad Universitaria, Zona 12.

Apartado Postal No. 1545

GUATEMALA, CENTRO AMERICA

Referencia

Fecha 28 de octubre, 1988

"IMPRIMASE"



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

PROPIEDAD DE LA UNIVERSIDAD

Biblioteca Central