



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTILÁN

EVALUACIÓN DEL RENDIMIENTO DEL CULTIVO DE BRÓCOLI
(*Brassica oleracea var. Itálica*) HÍBRIDO PATRIOT, BAJO UNA DOSIS DE
FERTILIZACIÓN GRANULADA Y UNA FOLIAR EN CONDICIONES
AMBIENTALES DE LA FES-CUAUTILÁN.

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

I N G E N I E R O A G R Í C O L A

P R E S E N T A N:

OROZCO LUIS CRISTINA

ZUÑIGA REYES JOEL

ASESOR: M. en C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

DEDICATORIAS

Al **SER** me permite seguir adelante día a día.

A **TEODORO OROZCO MONTES**, por ser un gran ejemplo y hacer de mí una mujer de bien, pero sobre todo por ser mi padre.

A mi madre **EPIFANIA LUIS AGUILAR**, por ser una mujer de gran fortaleza, por todos sus sacrificios, amor y sobre todo por dejarme ser siempre yo misma.

A mis hermanos: **EDUARDO, ARTURO, NANCY** y **SANDRA** porque siempre están conmigo.

A **MATEO ELIZALDE MARTÍNEZ**, por creer en mí y apoyarme en todo momento.

A **JOEL ZUÑIGA REYES**, por su amistad y por permitirme compartir este trabajo con él.

A **MARÍA ELENA RODRÍGUEZ ARREDONDO, VÍCTOR MANUEL PEREA ESTRADA** y **JAIME GONZÁLEZ MARTÍNEZ** por su amistad.

A **LUIS ALBERTO CARREÓN IBARRA** por su amistad y su valiosa colaboración.

A **TODOS MIS AMIGOS** sin olvidar a ninguno.

A todos ellos **GRACIAS**

CRISTINA

DEDICATORIAS

A **JEHOVA DIOS**: Por permitirme vivir, conocer y disfrutar las cosas buenas que tiene este mundo.

A mi **MADRE: MARÍA LUISA REYES** por haberme dado la oportunidad de ofrecermme una carrera y a su verdadero ejemplo de cariño y sacrificio por esperar la culminación de este trabajo.

A **CRISTINA OROZCO**: Por ser mi amiga y compañera en la realización de este trabajo.

A mis **HERMANOS: MERCEDES, JOSÉ, SOFÍA y RUTH**, como ejemplo de aguante, esfuerzo y dedicación a una meta.

A mis **SOBRINOS: ELVIRA LIZATTE, KATIA ITZEL, BRAYAN, SAMUEL y YAHIR**, a quienes quiero mucho.

A mis **AMIGOS: SONIA TERESA ÁNGEL ARVIZÚ, VICTOR MANUEL PEREA ESTRADA Y MARÍA ELENA RODRÍGUEZ**, siempre los tendré presentes.

A **PATRICIA CALZADA Y ROBERTO BAEZA**: Por su amistad.

A toda **LA GENTE**: Que en este lapso de vida he conocido; por ustedes.

GRACIAS

JOEL

RECONOCIMIENTOS

A la **UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO** por darnos la oportunidad de formar parte de esta máxima casa de estudios.

A la **FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTILÁN** y especialmente a **INGENIERÍA AGRÍCOLA** por permitirnos sus espacios, su gente y por brindarnos los conocimientos para desempeñar tan noble profesión.

Al **M. en C. EDVINO JOSAFAT VEGA ROJAS**, su apoyo en la realización de este trabajo, pero sobre todo por su amistad.

Al **ING. JUAN R. GARIBAY**, por su apoyo en el proceso estadístico del trabajo.

A los profesores **MIEMBROS DEL JURADO**, por sus atenciones prestadas para la culminación de este trabajo.

A la memoria de la profesora **GUADALUPE BARRAL ZAPATA**, por su amistad y sus sabios consejos brindados.

A **TODOS LOS PROFESORES** de la carrera.

**CRISTINA
Y
JOEL**

ÍNDICE

	PÁG.
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. OBJETIVOS.....	3
III. HIPÓTESIS.....	4
IV. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
4.1 Generalidades del Cultivo de Brócoli.....	5
4.1.1 Origen.....	5
4.1.2 Antecedentes del cultivo del Brócoli.....	5
4.1.3 Importancia.....	6
4.1.4 Clasificación Taxonómica.....	8
4.1.5 Descripción Botánica.....	8
4.1.5.1 Raíz.....	8
4.1.5.2 Tallo.....	9
4.1.5.3 Hojas.....	9
4.1.5.4 Flores.....	9
4.1.5.5 Inflorescencias.....	10
4.1.5.6 Fruto.....	10
4.1.5.7 Semilla.....	11
4.1.6 Etapas Fenológicas.....	11
4.1.6.1 Fase juvenil.....	11
4.1.6.2 Fase de inducción floral.....	12
4.1.6.3 Fase de formación de cogollos.....	13
4.1.6.4 Fase de floración.....	15
4.1.6.5 Fase de polinización y fructificación.....	15
4.1.7 Composición Nutricional.....	16
4.1.8 Necesidades Edafoclimáticas.....	18
4.1.8.1 Requerimientos de clima.....	18
4.1.8.2 Requerimientos de suelo.....	19
4.1.9 Cultivares.....	19

4.2	Manejo Agronómico del Cultivo de Brócoli.....	21
4.2.1	Preparación del terreno.....	21
4.2.2	Siembra.....	21
4.2.3	Densidad de siembra y población.....	22
4.2.4	Riegos.....	23
4.2.5	Escarda.....	24
4.2.6	Aporque.....	25
4.2.7	Fertilización.....	25
4.2.8	Control de maleza.....	26
4.2.9	Plagas y enfermedades.....	27
4.2.10	Control de plagas y enfermedades.....	29
4.2.11	Accidentes y fisiopatías.....	31
4.2.12	Cosecha.....	32
4.3	Fertilización.....	34
4.3.1	Definición de fertilización.....	34
4.3.2	Definición de fertilizante.....	35
4.3.3	Uso efectivo de los fertilizantes.....	35
4.3.4	Clasificación de los fertilizantes.....	36
4.3.5	Abonos orgánicos.....	38
4.3.6	Fertilizantes inorgánicos.....	41
	4.3.6.1 Materiales portadores de nitrógeno (N).....	41
	4.3.6.2 Materiales portadores de fósforo (P).....	45
	4.3.6.3 Materiales portadores de potasio (K).....	48
4.3.7	Elementos esenciales para las plantas.....	50
	4.3.7.1 Características de los elementos mayores (Macronutrientes)..	50
	4.3.7.2 Características de los elementos menores (Micronutrientes)..	56
4.3.8	Fertilización foliar.....	61
	4.3.8.1 Mecanismos de absorción de nutrimentos.....	64
	4.3.8.2 Factores que influyen en la fertilización foliar.....	65
4.3.9	Fertilización en Brócoli.....	67
4.3.10	Estudios en fertilización de Brócoli.....	69
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	71
5.1	Localización del Sitio Experimental.....	71
5.2	Condiciones Ambientales.....	73

5.3	Condiciones Agrológicas.....	74
5.4	Materiales.....	76
5.5	Insumos Agrícolas.....	76
5.6	Diseño Experimental.....	77
5.7	Especificaciones de los Tratamientos.....	79
5.8	Unidad Experimental.....	79
5.9	Distribución de los Tratamientos.....	79
5.10	Conducción del Experimento.....	80
5.10.1	Preparación del terreno.....	80
5.10.2	Siembra.....	80
5.10.3	Trasplante.....	80
5.10.4	Escardas.....	80
5.10.5	Riegos.....	80
5.10.6	Deshierbes.....	80
5.10.7	Control de Plagas y Enfermedades.....	81
5.10.8	Fertilización.....	81
5.10.9	Cosecha.....	83
5.11	Parámetros Evaluados.....	84
VI.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	85
VII.	CONCLUSIONES.....	100
VIII.	BIBLIOGRAFÍA.....	101

ANEXOS

I. INTRODUCCIÓN

Las hortalizas en general son fundamentales en la dieta humana, debido a su alto contenido de vitaminas y minerales, dentro de este grupo de plantas se encuentra la familia de las crucíferas, a la cual pertenecen la coliflor, el rábano, la col y el brócoli entre otras.

En nuestro país 17 de los 32 Estados son productores de brócoli, de los cuales destacan los Estados de Guanajuato, Michoacán, Querétaro, Tamaulipas, Aguascalientes, y Baja California Norte, no sólo por la superficie que año tras año se destina a este cultivo, sino que además representa una gran aportación de divisas, dado que gran parte de la producción es destinada a la exportación, en fresco procesado o bien congelado. De ahí que existan compañías congeladoras y/o procesadoras como Birds Eye, Campbell's, Gigante Verde entre otras, asentadas principalmente en la zona del Bajío.

Otro aspecto importante del brócoli es que actualmente, se han determinado una serie de compuestos que tendrían efectos benéficos en la prevención de cáncer y diversas enfermedades, razón que justifica el creciente interés en su consumo y cultivo.

En la actualidad, el brócoli se ha ido colocando como una alternativa no sólo para producirse en grandes superficies, sino también en huertos familiares, o bien para producirse en las ciudades, conocido esto como agricultura urbana; lográndose cosechas de buena calidad.

Si bien las características climáticas de un lugar son importantes para la producción, el aspecto nutritivo también lo es. En sistemas de explotación intensivas, es indispensable que las plantas cuenten con los elementos nutritivos necesarios, en la cantidad y la época apropiada, ya que en caso contrario se dejaría de aprovechar el potencial productivo de las variedades utilizadas y por tanto la obtención de rendimientos por debajo de lo que sería una buena rentabilidad económica.

Por lo anterior una de las principales actividades dentro de la producción del

brócoli es la utilización de fertilizantes químicos, a fin de suministrar al suelo los elementos nutritivos que nos permitan obtener la máxima rentabilidad en la producción, ya que en ocasiones el suelo no cuenta con las cantidades necesarias de elementos nutritivos o bien estos no están en forma asimilable para las plantas.

El presente trabajo pretende aportar un grano de arena en el conocimiento del cultivo del brócoli abarcando todo su sistema de producción, haciendo énfasis principalmente en el punto de la fertilización química granulada y la foliar, a fin de determinar la dosis y el tipo de fertilizante más adecuada, si tomamos en cuenta que dicha actividad es determinante para obtener una producción óptima en cualquier cultivo.

I. OBJETIVOS

II.1 OBJETIVO GENERAL

- Ø Evaluar el rendimiento del cultivo de brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*) Híbrido Patriot, bajo una dosis de fertilización granulada y una foliar en condiciones ambientales de la FES-Cuautitlán.

II.2 OBJETIVOS PARTICULARES

- Ø Someter a dos tipos de fertilización una granulada (120-80-00) y otra foliar (Bayfolan forte a una dosis de 3 L/Ha.) al cultivo de Brócoli Híbrido Patriot a fin de evaluar su rendimiento agrícola.
- Ø Analizar la respuesta del Híbrido Patriot bajo las condiciones ambientales de la FES-Cuautitlán.
- Ø Determinar el tipo de fertilización (Granulada 120-80-00 y Foliar Bayfolan 3 L/Ha) más adecuada desde el punto de vista productividad, para el Híbrido Patriot bajo condiciones ambientales de la FES-Cuautitlán.

II. HIPÓTESIS

- Ø El establecimiento del cultivo de Brócoli sometido a los dos diferentes tipos de fertilización se verá reflejado en la productividad por unidad de superficie, que será mayor que en el testigo.

- Ø En base a los diferentes tratamientos de fertilización, se espera obtener mayor rendimiento con el tratamiento de fertilización 120-80-00 que con Bayfolan Forte 3 L/Ha.

IV. REVISIÓN DE LITERATURA

4.1 GENERALIDADES DEL CULTIVO DE BRÓCOLI

La familia de las crucíferas, se conocen también como “Cole-crops” o familia de la mostaza. Aunque se registran cerca de 300 géneros dentro de esta familia, el más conocido es el de las Brassicas, y dentro de este tenemos el brócoli, la col de bruselas, la col china, la coliflor, la col, la mostaza, el rábano, el nabo entre otras (Bringas, 2001).

4.1.1 Origen.

Al parecer, el brócoli se originó hace unos 2500 años de la col silvestre. Su origen parece ser que está ubicado en el Mediterráneo Oriental y concretamente en el Próximo Oriente (Asia menor, Líbano, Siria, etc.) (Maroto, 1989).

4.1.2 Antecedentes del cultivo de Brócoli.

La expansión como cultivo en Europa se inicia a partir del siglo XVI y en América se empezó a considerar importante a partir de 1940.

En Estados Unidos, las primeras descripciones de brócoli datan de inicios del siglo XIX; hoy en día es el principal país productor y consumidor. En Asia, a pesar de ser un cultivo también reciente, hay producción en diferentes países destacando Japón, donde se ha realizado un significativo mejoramiento genético de esta variedad botánica (López, 1991).

En México la demanda a nivel nacional para consumo en fresco es casi nula; sin embargo todo el brócoli que se produce es congelado, y una parte considerable es destinada al mercado de exportación, principalmente Estados Unidos (Valadez, 1994).

La importancia del brócoli recae también en los efectos medicinales relacionados con la presencia del compuesto Sulphoraphane, un potente agente anti-cancerígeno, característica muy valorada por los consumidores. Asimismo, algunas investigaciones indican que 100 gramos de brócoli contienen 75% más de vitamina C que igual cantidad de naranjas. A su vez, 148 gramos de brócoli aportan el 200% de la vitamina C requerida diariamente, 16% de la fibra, 6% de vitamina A en forma de betacaroteno, 6% de calcio y 4% de la ingesta diaria de hierro, además de potasio y otros minerales. En suma, en los próximos años, el USDA anticipa un sostenido crecimiento del consumo de brócoli en Estados Unidos. ("Agricultural Outlook", ERS, abril, 1999).

4.1.3 Importancia.

El cultivo del brócoli se produce, en 17 entidades de la República Mexicana, destacando las regiones del centro y norte del país por su participación en superficie sembrada, superficie cosechada y producción.

En la explotación de esta hortaliza, destacan como principales Estados productores, las Entidades de Guanajuato, Michoacán, Puebla, Sonora, Baja California, Jalisco, Aguascalientes, Zacatecas y San Luis Potosí, estados que concentran más del 80% de la superficie sembrada y cosechada, así como el 90% de la producción total nacional. Cabe señalar que San Luis Potosí no tiene gran participación sino hasta 1997. Sin embargo existen otros Estados en los cuales se cultiva el brócoli como son: Coahuila, Distrito Federal, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Querétaro, Tamaulipas y Tlaxcala, aunque la participación de estos últimos en el total producido es sumamente pequeña (SAGARPA, 1999-2002).

Los datos en cuanto a la superficie sembrada de brócoli a nivel nacional correspondiente al periodo de 1995 -2002, indican un incremento del área dedicada a este cultivo, al pasar de 12,165 hectáreas de las cuales 12,047 hectáreas corresponden a superficie de riego y 118 hectáreas a temporal; a 16,263 hectáreas, de las que 210 hectáreas son de temporal y 16,053 hectáreas de riego, respectivamente.

Asimismo cabe señalar que 1995, fue el año de menor superficie sembrada durante el período de análisis. (Ver Anexo No. 1).

La superficie cosechada, registró el mismo comportamiento aumentando un total de 3,959 hectáreas en total durante el período considerado al pasar de 12,158 hectáreas en 1995 a 16,117 hectáreas en 2002, concentrándose el 99.27% de la superficie cosechada en las zonas de riego (Ver Anexo No. 1 y 2).

Respecto a la producción nacional, el promedio producido por año en el periodo citado fue de 199,702 toneladas. Sin embargo el año de 1999 fue en el que mejor se obtuvo producción con un tonelaje de 263,092 toneladas a nivel nacional y el año en el que menos se produjo fue 1995 con 132,573 toneladas. Es importante mencionar que el Estado de Guanajuato es el estado más dinámico en este rubro. (Ver Anexo No. 1 y 2).

En relación al rendimiento en el periodo mencionado, tenemos un promedio nacional global de 12.03 Ton/Ha, mientras que para la superficie de riego es de 12.02 Ton/Ha y para la de temporal es de 12.78 Ton/Ha, aquí se puede observar que el promedio nacional esta por debajo del promedio correspondiente a temporal, esto se debe a que en los años 1995 y 1996, se obtuvieron bajos rendimientos en la superficie de riego, mientras que para los años de 1999 y 2000 aumento el rendimiento en la superficie de temporal. (Ver Anexo No. 1).

4.1.4 Clasificación Taxonómica.

En lo que se refiere a su taxonomía, según Sánchez (1990) la estructura es de la siguiente manera:

Reino.....	Vegetal
División.....	Angiospermae
Clase.....	Dicotiledoneae
Orden.....	Capparales
Familia.....	Cruciferae
Género.....	<i>Brassica</i>
Especie.....	<i>oleraceae</i>
Variedad.....	<i>Itálica</i>

Nombres vulgares en español: brócoli, bróculi.

Nombres vulgares en otros idiomas: Portugués: Couvolo brocolo. Italiano: Cavolo brocolo. Francés: Choux brócoli. Alemán: Brkkoli. Inglés: Sprouting broccoli. Holánides: brokelie. Danés: Brócoli y Ruso: Brokoli sparjevaya kapusta (Sobrino, 1989).

4.1.5 Descripción Botánica.

El brócoli (*Brassica oleracea var. itálica*), es una planta herbácea, de ciclo anual y/o bianual, erecta, mide de 60 a 90 cm. de altura y termina en una masa de yemas funcionales (Sakata, 2001 y Valadez, 1994).

4.1.5.1 Raíz.

Posee una raíz pivotante, de la que parte una cabellera ramificada y superficial de raíces, puede llegar a penetrar hasta 1.20 m de profundidad. El sistema de raíces secundario que presenta es muy profuso y abundante (Maroto, 1989 y Valadez, 1994).

Su zona radicular amplia le permite un buen anclaje y alta capacidad de absorción de agua y nutrientes (Sakata, 2001).

4.1.5.2 Tallo.

La planta desarrolla un tallo principal relativamente grueso o carnoso (3 a 6 cm. de diámetro) y de 20 a 50 cm. de alto (Maroto, 1989).

4.1.5.3 Hojas

Las hojas miden hasta 50 cm. de longitud y 30 cm. de ancho, y varían en número de 15 a 30, según el cultivar y se disponen en forma helicoidal en el tallo.

Suelen ser de color verde oscuro, muy rizadas, festoneadas, con ligerísimas espículas, presentando un limbo hendido, que en la base de la hoja puede dejar a ambos lados del nervio central (muy pronunciado) pequeños fragmentos de limbo foliar a modo de foliolos. Tienen un pecíolo pronunciado, son erectas y se extienden de forma más horizontal y abierta. En las axilas de las hojas pueden desarrollar brotes hipertrofiados de yemas florales (Maroto, 1989).

4.1.5.4 Flores.

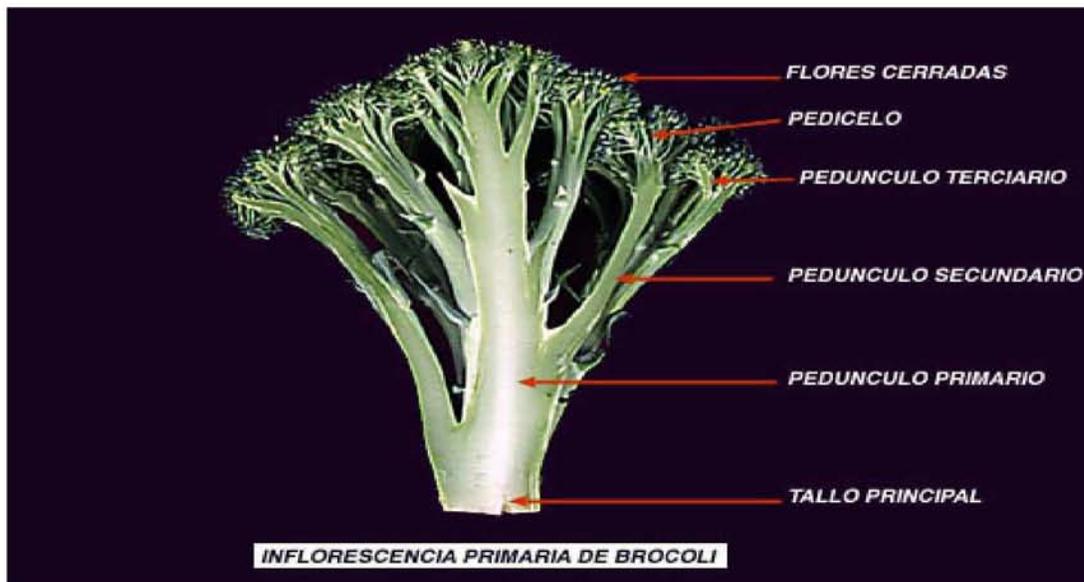
Las flores son de color amarillo y tienen cuatro pétalos en forma de cruz, de donde proviene el nombre de la familia a la que pertenece, presenta cuatro sépalos, seis estambres, cuatro más largos que los otros dos, el pistilo es simple y se compone de dos carpelos y tiene dos lóculos (López, 1991 y Valadez, 1994).

4.1.5.5 Inflorescencia.

El tallo principal termina en la inflorescencia primaria, la cual se desarrolla a partir de la yema apical de éste. La inflorescencia está conformada por flores dispuestas en un corimbo principal, denominado pella o pan que corresponde a la parte comestible.

Puede desarrollar inflorescencias laterales (secundarias), de menor tamaño que la principal. Las pellas son de color verde claro a púrpura dependiendo de la variedad. Mantienen la estructura compacta por poco tiempo, hasta que se elongan los pedúnculos y maduran las flores (Castaños, 2000).

La inflorescencia puede alcanzar un diámetro hasta de 35 cm.; sin embargo, las cabezas de los rebrotes solamente alcanzan 10 cm. (Valadez, 1994).



4.1.5.6 Fruto.

El fruto es una silicua o silícula es subsésil, delgada, con pico cónico y generalmente dehiscente en dos válvas, de color verde oscuro cenizo que mide en promedio de 3 a 4 cm. y que contiene las semillas (de 6 a 8 por silicua) (Sarli, 1980 y Valadez, 1994).

4.1.5.7 Semilla.

Las semillas tienen forma de munición (redondas) de color castaño oscuro, que miden de 2 a 3 mm de diámetro. En un gramo pueden contenerse unas 350 semillas, con una capacidad germinativa media de unos cuatro años (Maroto, 1989 y Valadez, 1994).

4.1.6 Etapas Fenológicas

4.1.6.1 Fase juvenil

Se inicia con la germinación y se caracteriza porque a lo largo de este estadio la planta sólo forma hojas y raíces. La duración de este período y la cadencia formadora de hojas, varían con los cultivares de que se trate.

En cultivares de verano esta fase dura 5-8 semanas, formando 5-7 hojas; en las de otoño la duración es de 5-8 semanas, pero forma en este tiempo 12-15 hojas; por último, en variedades de invierno, este período dura 10-15 semanas, en las que forma 20-30 hojas (Maroto, 1989).



Almácigo de brócoli



Crecimiento de planta posterior al trasplante

4.1.6.2 Fase de inducción floral.

En esta fase la planta recibe, por la acción de bajas temperaturas, la aptitud para reproducirse y la capacidad de formar un cogollo de yemas hipertrofiadas. Asimismo, continúa formando hojas, por lo que aparentemente no experimenta cambios morfológicos especiales. Sin embargo la planta internamente sufre una serie de cambios fisiológicos profundos que la hacen capaz de formar los órganos reproductivos (Maroto, 1989).

En la inducción floral el aspecto más importante es el papel que juegan las bajas temperaturas vernalizantes, las cuales están en función de los cultivares de que se trate; así para variedades de invierno, se requieren temperaturas que oscilan entre 6 y 10 °C; con una duración aproximada de 5 semanas para las precoces y 15 semanas para las más tardías; para variedades de otoño, entre 8 y 15 °C, con una duración de aproximadamente dos semanas para las precoces y cinco para las más tardías y para las de verano, superiores a los 15 °C. Asimismo la duración del período vernalizador puede acortarse si las temperaturas son más bajas y alargarse en caso contrario (Maroto, 1989).

Otros factores a considerar son: la edad, la variedad, etc. Cuando finaliza la fase de inducción floral cesa la formación de hojas.

Existe una correlación muy marcada entre el número de hojas formadas y la producción de cogollos, por esta razón es muy importante ajustar las fechas de siembra a la variedad de que se trate, para que el período de inducción floral se produzca cuando la planta posea un número suficiente de hojas (Maroto, 1989).

La concurrencia de temperaturas altas en pleno periodo de inducción puede tener un efecto desvernalizador.



Fase de inducción floral

4.1.6.3 Fase de formación de cogollos

La planta deja de formar nuevas hojas y las que ya se habían formado poseen una tasa de crecimiento menor.

La mayor parte de las sustancias de reserva elaboradas por las hojas, son movilizadas hacia el meristemo de crecimiento apical, que sufre una serie de transformaciones y multiplicaciones que conducen a la formación del cogollo apretado de la inflorescencia.

En esta multiplicación no se observa dominancia apical de la inflorescencia ni elongación alguna de los pedúnculos (Maroto, 1989).



Planta con inflorescencia en madurez óptima de cosecha



Planta iniciando formación de inflorescencia



Inflorescencias secundarias después de la cosecha de la inflorescencia central.

4.1.6.4 Fase de floración.

Las ramificaciones preflorales del cogollo inician un crecimiento en longitud, lo que ocasiona en primer lugar una descompactación de la cabeza.

El alargamiento se produce principalmente en las ramificaciones periféricas y posteriormente se diferencian internamente los pétalos, sépalos, estambres y carpelos. Finalmente las flores se abren al exterior (Maroto, 1989).



Inflorescencia iniciando la apertura de flores

4.1.6.5 Fase de polinización y fructificación.

Los estigmas están maduros antes de la abertura de la flor, mientras que los estambres no sueltan el polen hasta que se ha producido la floración. Debido al fenómeno de auto incompatibilidad, presenta polinización cruzada entomófila (principalmente abejas y moscas), o bien por el viento (Castaños, 2000).

En el brócoli ha sido detectado un gen recesivo que, influenciado por la temperatura, puede producir la andro esterilidad (Dickson, 1970). Aquellas plantas que poseen este gen, a temperaturas diurnas de 24 °C y nocturnas de 17 °C, manifiestan la esterilidad polínica total. Con temperaturas nocturnas de 12 °C tan sólo un escaso porcentaje del polen formado es anormal, y con temperaturas nocturnas de 10 °C, las plantas son androfértiles. Voss Stern et al. (1982) identificaron hasta siete genes de autoincompatibilidad en varios cultivos híbridos de brócoli (Maroto, 1989).



Inflorescencia en plena floración y formación de silicuas

4.1.7 Composición Nutricional.

El brócoli ha sido calificado como la hortaliza de mayor valor nutritivo por unidad de peso de producto comestible. El aporte de vitaminas, principalmente C, B2 (riboflavina) y provitamina A, es elevado; además suministra cantidades significativas de minerales como Ca, K y P, como puede apreciarse en la Tabla No.1.

Algunas investigaciones realizadas, han encontrado que el brócoli, y en general las Brasicas, producen una sustancia denominada Glycosinolate, que al reaccionar con otras enzimas produce un olor pungente y agrio, y al parecer esta misma sustancia contribuye al olor y sabor característico de las crucíferas, así como al alargamiento y engrosamiento de los tejidos (Bringas, 2001).

TABLA No. 1 COMPOSICIÓN NUTRITIVA DE 100 GRAMOS DE LA PARTE COMESTIBLE DE BRÓCOLI.

COMPONENTE	BRÓCOLI CRUDO		BRÓCOLI COCIDO	
	Contenido	Unidad	Contenido	Unidad
Agua	91,00	%	90,00	%
Carbohidratos	5,30	g	5,56	g
Proteínas	2,65	g	2,78	g
Lípidos	0,66	g	0,56	g
Calcio	47,68	mg	113,89	mg
Fósforo	66,23	mg	47,68	mg
Fierro	0,86	mg	1,17	mg
Potasio	325,17	mg	162,78	mg
Sodio	27,15	mg	11,11	mg
Vitamina A (valor)	1543,05	U.I.*	1411,11	U.I.*
Tiamina	0,07	mg	0,08	mg
Riboflavina	0,12	mg	0,21	mg
Niacina	0,66	mg	0,78	mg
Acido ascórbico	93,38	mg	62,78	mg
Valor energético	26,49	cal	27,78	cal

* Una Unidad Internacional (U.I.) de vitamina A es equivalente a 0.3 mg de vitamina A en alcohol.

Fuente: Adaptado de Gebhardt y Matthews, 1998.

4.1.8 Necesidades Edafoclimáticas.

4.1.8.1 Requerimiento de clima.

El brócoli se ubica dentro de los vegetales que se desarrollan bien en climas frescos o templados, ya que es propio de climas fríos, aunque existen variedades que prosperan en climas cálidos. Particularmente en México el cultivo del brócoli se puede explotar durante todo el año (Sakata, 2001 y Valadez, 1994).

El rango de temperaturas para germinación es de 5 a 28 °C pudiendo llegar a emerger a los ocho y tres días respectivamente. Las temperaturas para su desarrollo son de 15 a 25 °C siendo la óptima 17 °C. A temperaturas de 0 °C y mayores a los 30 °C pueden detener su desarrollo. Puede tolerar heladas (-2 °C) por ser una hortaliza de clima frío, mientras no haya formado su inflorescencia, ya que ésta es fácilmente dañada por las bajas temperaturas. El crecimiento a temperaturas altas es mayor durante el desarrollo de la inflorescencia, por lo que es necesario cosechar a tiempo (Valadez, 1994).

Resultan perjudiciales los vientos excesivamente secos, (Maroto, 1989).

El cultivo del brócoli requiere un fotoperíodo de 11 a 13 horas luz y una humedad relativa intermedia a baja (Sakata, 2001).

Las variedades tempranas y medias de brócoli no requieren de un periodo de frío para florear, mientras que las clases tardías requieren de temperaturas bajas (vernalización) antes de florear.

Temperaturas elevadas durante el periodo de cosecha, pueden dar como resultado un indeseable follaje en las cabezas y éstas se desarrollarán rápidamente, por lo que se dificultará cosechar en el tiempo debido.

Generalmente las mejores cabezas se forman en un rango de 13° a 20 °C, ya que arriba de los 25 °C se genera una mayor elongación del tallo con inflorescencias irregulares que causan una deformación de la cabeza (Bringas, 2001).

4.1.8.2 Requerimiento de suelo.

Se desarrolla bien en cualquier tipo de suelo, prefiriendo los franco arenosos, con buen contenido de materia orgánica; en cuanto a su pH, se le clasifica como ligeramente tolerante a la acidez, con un rango que va de 6.8 a 6.0 y medianamente tolerante a la salinidad (4 mmho o 2560 ppm) (Richards, 1954; Maas, 1984; citado por Valadez 1994).

Se adapta casi a cualquier tipo pero como todos los vegetales, prefieren suelos no muy ligeros, con buen drenaje, así como con buen poder de retención de humedad (Maroto, 1989 y Sakata 2001).

4.1.9 Cultivares.

Los cultivares se clasifican generalmente en tres grupos: tempranos (cosechas de verano/otoño), intermedios (otoño/invierno), y tardíos (invierno/primavera) que son bianuales y requieren de un periodo de dormancia con temperaturas bajas (Bringas, 2001).

Existe gran cantidad de variedades de esta hortaliza, sin embargo en las regiones productoras de Brócoli de nuestro país, se han probado varios cultivares y los más utilizados son los que se mencionan en la Tabla No. 2.

TABLA. 2. VARIEDADES DE BRÓCOLI

ZONA DEL BAJÍO		
VARIEDAD	ÉPOCA DE TRASPLANTE	ÉPOCA DE COSECHA
Greenbelt	Agosto – Diciembre	Octubre - Marzo
Patriot	Julio – Enero	Octubre – Abril
Arcadia	Agosto – Diciembre	Octubre – Abril
Decathlon	Septiembre – Noviembre	Diciembre – Marzo
Marathon	Septiembre – Diciembre	Noviembre – Marzo
Triathlon	Octubre – Diciembre	Enero – Marzo
Shogun	Octubre – Diciembre	Enero - Marzo
ZONA DEL NORTE DE GUANAJUATO		
Greenbelt	Junio – Septiembre	Septiembre – Diciembre
Patriot	Marzo – Junio	Junio – Septiembre
Arcadia	Febrero – Abril	Mayo – Junio
Decathlon	Julio – Septiembre	Octubre –Diciembre
Marathon	Junio – Septiembre	Septiembre – Diciembre
Triathlon	Agosto – Septiembre	Noviembre – Diciembre
Shogun	Agosto –Septiembre	Noviembre - Diciembre

Fuente: Sakata, 2001.

4.2 Manejo Agronómico del Cultivo de Brócoli.

4.2.1 Preparación del terreno.

La preparación del terreno tiene por objeto mullir, desmenuzar y voltear la tierra, modificando las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo, haciéndolo más apto para el cultivo (López, 1991).

Generalmente se efectúa en primer lugar una labor profunda de vertedera o subsoleo, para favorecer la evacuación del riego, principalmente en suelos con textura pesada (Maroto, 1989).

El terreno debe ser trabajado profundamente, es apropiada una labor de subsoleo que no baje de los 50 cm, seguido de una vertedera de 40 cm. (Sobrino, 1989).

En cuanto al surcado, la distancia entre surcos puede ser de 0.66 a 0.77 m a una sola hilera y de 0.92 cm a 1.00 m a doble hilera (Valadez, 1994).

4.2.2 Siembra.

La siembra se realiza entre mayo y agosto según la zona, el ciclo productivo que quiera cubrirse y la variedad (Maroto, 1989).

El brócoli puede sembrarse en forma directa o indirecta (trasplante) En la siembra directa se puede utilizar una sembradora de precisión, que consume en promedio de 2.0 a 2.5 lb./Ha (Valadez, 1994).

En cuanto a la siembra indirecta, aquí se pueden utilizar almácigos, ya sea a campo abierto cuya actividad se realiza ocupando pequeñas superficies de aproximadamente 60 m² gastando de 200 a 300 gramos de semilla y obteniendo suficientes plantas (65 000 plantas) o bajo condiciones de invernadero mediante el uso de charolas de poliestireno de 200 a 338 cavidades (Valadez, 1994).

La semilla se cubre ligeramente con una capa de 1-1.5 cm. y el terreno se mantiene fresco con riegos frecuentes a fin de conseguir una planta desarrollada en unos 45-55 días. La germinación tiene lugar aproximadamente diez días después de la siembra (Sobrino, 1989).

Tradicionalmente se siembra en semilleros. Las ventajas económicas que brinda la siembra indirecta son el ahorro de semilla, agua, deshierbes e insecticidas principalmente (Valadez, 1994).

Durante el tiempo que dura la fase de semillero, los riegos deben ser muy frecuentes, pues en pleno verano la evapotranspiración es muy intensa, asimismo, es conveniente aclarar las plantas nacidas para evitar el ahilamiento (Maroto, 1989).

El trasplante se debe de realizar cuando la planta tenga de 30 a 35 días en invernadero, cuando ya tenga de 5 a 6 hojas verdaderas para que tenga una buena firmeza de tallo y una adecuada zona radicular (Sakata, 2001).

El trasplante con cepellón permite conseguir más uniformidad, sobre todo en plantaciones de pleno verano, (Maroto, 1989).

El trasplante debe hacerse cuando los surcos estén bien mojados con el agua de riego para facilitar el trasplante o una mejor colocación de la planta en la parte superior del surco (Sakata, 2001).

4.2.3 Densidad de siembra y población.

Pallevitch, 1970 y Kraus, 1979, citados por Valadez, 1994, mencionan en cuanto a la densidad de población, las densidades comerciales son de 40,000 a 66,000 plantas por hectárea, sin embargo, experimentalmente se han obtenido poblaciones de hasta 150,000 plantas por hectárea.

En densidades comerciales se utilizan distancias entre hileras de 25 a 30 cm. para doble hilera. Mientras que para hilera sencilla como para doble se recomienda una distancia entre planta de 33 cm. (3 plantas por metro), (Valadez, 1994).

La población de plantas que se utiliza es muy variada debido al tipo de mercado al que se va a destinar la producción, las más comunes son: a) Mercado fresco: 80,000 plantas/ha. b) Proceso: 66,000 plantas/ha. En surcos de 1 metro de ancho con cama central de 60 cm.

La distancia entre plantas depende del mercado al cual se va a destinar la producción:

- 1) Mercado fresco: la distancia entre plantas es de 22 cm. con una disposición de estas en forma triangular.
- 2) Proceso: la distancia entre plantas es de 66 cm. con una disposición triangular de las plantas.

La disposición triangular es para permitir una mejor distribución de plantas y de esa manera tener mayor difusión de aire y mejor sanidad y temperatura en el cultivo (Sakata, 2001).

Sin embargo, Maroto, 1989; menciona que la distancia entre plantas va de 0.40 a 0.80 m, esto está en función de la variedad.

4.2.4 Riegos.

Inmediatamente después del trasplante se dará un primer riego de auxilio, a los 2 o 3 días después del trasplante, se dará el segundo riego, el tercero a los 6 ó 7 días y posteriormente con una frecuencia regular, según las condiciones climáticas (Maroto 1989).

No se tienen datos específicos sobre la cantidad de agua requerida, sin embargo, por ser una hortaliza, sus requerimientos de este líquido son muy elevados, reportándose a nivel comercial de 8 a 12 riegos (Ver Tabla No. 3) con un intervalo promedio de 15 días, dependiendo de la variedad, época del año y textura del suelo. Cabe señalar que la etapa crítica es cuando está pequeña (30 a 45 días) (Sakata, 2001 y Valadez, 1994).

TABLA No. 3 PPROGRAMACIÓN DE RIEGOS EN EL BAJÍO.

RIEGO	ETAPA
1°	Al trasplante
2°	Dos semanas después del trasplante
3°	Cinco semanas después del trasplante
4°	Ocho semanas después del trasplante
5°	12 a 13 semanas después del trasplante
6°	Catorce semanas después del trasplante
Posteriores	Antes de cada corte

Fuente: Sakata, 2001.

En ésta área es muy común realizar otro riego al momento de la cosecha, con la finalidad de que la cabeza del brócoli esté más firme y tenga mayor peso (Sakata, 2001).

4.2.5 Escarda.

Esta actividad se realiza a las tres semanas después de la plantación y la segunda a la séptima semana y es alternativa otra, dependiendo del grado de madurez del cultivo (Sakata, 2001).

El objetivo principal de esta actividad es oxigenar y aflojar el suelo. Se recomienda hacer las escardas necesarias, sobre todo cuando los suelos son arcillosos. Esta labor se realiza antes de cada riego y/o fertilización nitrogenada, y una vez hecha es

preferible dejar pasar 1 o 2 días para que se oxigene el suelo y después fertilizar cuando sea necesario (Valadez, 1994).

4.2.6 Aporque.

Esta actividad se realiza después de la escarda y cuando se ha fertilizado, consiste en “arrimar” tierra a las plantas con el objeto de tapar el fertilizante y/o darle más apoyo a las plantas. El primer aporque se realiza a los 40 días cuando se hizo siembra directa y 18 días después en caso de haber llevado a cabo trasplante (Valadez, 1994).

4.2.7 Fertilización.

La fertilización está determinada por el tipo de suelo, pH, CE y CIC. Sin embargo se recomienda lo siguiente:

Nitrógeno. Se recomienda utilizar 225 Kg/Ha, distribuidos en cuatro partes.

Fósforo. De acuerdo a lo siguiente: En suelos pobres, se recomienda de 225 a 280 Kg./Ha. En suelos medios de 170 a 225 Kg. de P_2O_5 /Ha y en suelos con fósforo, se pueden utilizar fertilizantes no mayores de 90 Kg. de P_2O_5 /Ha.

Potasio. En terrenos que necesiten la aplicación de este elemento, se podrá utilizar de 110 a 220 Kg. de P_2O_5 /Ha.

Otros nutrientes. Aunque el brócoli no es sensible a la falta de boro, es conveniente aplicar directamente al suelo 0.5 Kg./Ha de borato de sodio. Este cultivo requiere la falta de molibdeno, el cual se puede aplicar en forma foliar (Castaños, 2000).

4.2.8 Control de maleza.

Los mayores daños los causan las malezas de hoja ancha si no se les controla dentro de los primeros treinta días después de la siembra. Existen reportes de pérdidas entre el 38 % y el 40 %, así como retraso en la madurez, sobre todo en variedades de ciclo largo, además debe mantener el cultivo libre de malezas para evitar competencia por nutrientes (INIFAP, 1999 y Castaños, 2000).

El control manual o mecánico se puede iniciar a los 20 días después del trasplante teniendo cuidado de no lesionar las raíces, o bien puede realizarse un control químico, existiendo para ello varios herbicidas (Ver Tabla No.4), que permiten solucionar este problema. Algunos productos son para aplicación antes o después de la siembra, incluso algunos tienen las dos aplicaciones (Sobrino, 1989).

TABLA No. 4. PRODUCTOS QUÍMICOS PARA EL CONTROL DE MALEZA.

NOMBRE COMERCIAL	I.A.	PRESENTACIÓN	DOSIS POR L ó Kg./HA.	APLICACIÓN	CATEGORÍA TOXICOLÓGICA
Treflan Diafloran Herban Treto	Trifuralina	Concentrado Emulsionable	.560-1.125	Preemergente	Moderadamente Tóxico
Prefar	Bensulide	Concentrado Emulsionable	5.5- 6.7	Preemergente	Moderadamente Tóxico
Dacthal	Clortal Dimetil	Polvo Humectable	5-12	Preemergente (selectivo)	Ligeramente Tóxico
Gramoxone Nasaquat Cuproquat	Paraquat	Solución Acuosa y Solución Concentrada	.625-.940	Postemergente	Moderadamente Tóxico
Goal	Oxifluorfen	Concentrado Emulsionable	1.125-2.250	Pre y Postemergente (sistémico)	Ligeramente Tóxico

Fuente: Castaños, 2000.

4.2.9 Plagas y enfermedades.

En las Tablas No. 5 y 6 se presentan las principales plagas y enfermedades que atacan al cultivo de brócoli.

TABLA No. 5 PRINCIPALES PLAGAS DEL BRÓCOLI

PLAGAS		
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	DAÑOS QUE CAUSAN
Áfido o Pulgón de la col	<i>Brevicoryne brassica</i> L.	Ninfas y adultos chupan la savia de las plantas causándoles distorsión, achaparramiento, rizado, marchitamiento y poco después la muerte. Las plantas infectadas tienen una apariencia blanquecina.
Diabrotica	<i>Diabrotica balteata</i> (Le Conte) <i>Diabrotica undecimpunctata howardi</i> (Barber)	Las larvas minan las raíces y se alimentan dentro de ella. Los adultos se alimentan de las flores y el follaje. Los daños más severos se registran en plantas jóvenes, El insecto es vector de algunas enfermedades virosas.
Pulga saltona	<i>Epitrix cucumerix</i> (Harry) <i>Chactocnema</i> sp. <i>Phyllotreta</i> spp.	Las larvas al emerger, atacan raíces o producen cierto tipo de minadura en el follaje. Los adultos se alimentan de la parte inferior de las hojas, dando apariencia de "tiro de munición" El mayor daño se registra cuando las plantas se encuentran en etapa de cotiledón o cuando solo tienen una hoja.
Gusano rayado de la col	<i>Leptophobia aripa</i> (Bois Duval)	La larva al nacer se alimenta de sus propios huevecillos y posteriormente se desplazan por toda la planta comiendo las hojas.
Gusano Importado de la col	<i>Pieris rapae</i> L.	Las larvas atacan las hojas y tallos, generalmente hacen agujeros grandes de forma y tamaño regulares
Dorso de diamante	<i>Plutella xylostella</i> (L)	Las larvas se alimentan principalmente en el envés de las hojas, haciendo pequeños hoyitos que dan la apariencia de "tiro de munición". En épocas secas aumentan su población pudiendo ocasionar un daño apreciable.
Gusano falso medidor de la col	<i>Trichoplusia ni</i> (Hübner)	Se alimentan vorazmente de las hojas.
Chinche arlequín	<i>Murgantia histrionica</i> (Hahn)	Adultos y las ninfas chupan la savia de las hojas y tallos, inyectando una sustancia tóxica que origina bolseado y necrosis de las hojas, retardando el crecimiento de las plantas.
Caracoles y Babosas	<i>Helix aspersa</i> <i>Deroceras reticulatum</i> Müller	Son plagas muy corrientes, que pueden producir daños importantes en esta especie

Fuente: Castaños, 2000.

TABLA No. 6 ENFERMEDADES DEL BRÓCOLI.

ENFERMEDADES		
NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	DAÑOS
Pudrición negra	<i>Xanthomonas campestris</i> (E. F. Smith)	Afecta a las plantas de cualquier estado de desarrollo, los primeros síntomas se manifiestan por manchas necróticas en los márgenes de las hojas y una redecilla de venas negras que se desarrolla dentro de ellas. Las áreas afectadas se tornan café y se secan, dejando una lesión en forma de "V", internamente en los tallos se pueden detectar anillos negros.
Cenicilla Velloso	<i>Perenospora parasitica</i> (Pers y Fr), <i>Perenospora efusa</i> (Grev. Ex Desm)	La característica más importante de esta enfermedad son las vellosidades blanco-grisáceas que se desarrollan en la parte inferior de las hojas infectadas durante las épocas húmedas y frías. Tanto en el haz como en el envés de las hojas, se detectan manchas de forma irregular, la infección se puede extender a tallos e inflorescencias donde se manifiestan áreas café oscura o manchas morado oscuras, en el tallo, las inflorescencias pueden ser invadidas posteriormente por bacterias u organismos secundarios.
Marchitez por Fusarium o Amarillamiento	<i>Fusarium oxysporum</i> <i>Fusarium cepae</i> (Hans) Snyd. Y Hans F. y/o <i>Fusarium. oxysporum lycopersici</i> (Sacc.)	Amarillamiento de las hojas tiernas, seguido de un marchitamiento general, al cortar el tallo se observa un anillo castaño oscuro. Las raíces adquieren una coloración rosada y se pudren. El ataque de plagas de suelo acelera los daños en raíz.
Pierna negra de las crucíferas	<i>Phoma lingam</i> (Tod ex Fr)	La enfermedad ocasiona pudriciones en la parte basal del tallo, las cuales tienen tonalidades rojizas. Cubriendo las lesiones se encuentran picnidos de color negro. Si se corta transversalmente el tallo, se observarán líneas de color negro a lo largo del xilema, que obstruyen la conducción del agua, causando inicialmente marchitamiento y posteriormente la muerte de la planta.
Roya Blanca de las crucíferas	<i>Albugo candida</i> (Pers) Ktz,	Los síntomas se manifiestan en las partes aéreas. La infección se caracteriza por pústulas realizadas en los tallos y en la parte superior de las hojas y de color verde amarillento. El hongo provoca malformaciones, marchitez y muerte de las hjas

Fuente: Agrios, 1986 y Castaños, 2000.

4.2.10 Control de plagas y enfermedades.

El control de plagas es uno de los factores importantes en el cultivo, debido a la diversidad de insectos plaga en esta especie, en nuestro País las plagas de mayor importancia económica para las crucíferas son la palomilla dorso de diamante (*Plutella xilostela*), gusano falso medidor (*Trichoplusia ni*) y el pulgón de la col.

La presencia de varios de los estados biológicos de estas plagas, así como sus excrementos, ocasiona la contaminación de las cosechas de brócoli por lo que afectan la calidad del producto (Sakata, 2001).

1) Control químico

En la utilización de los productos químicos es importante considerar la cantidad que se debe aplicar, tomando en cuenta la edad de la planta (tamaño), infestación y tipo de insecto o parásito. Asimismo se recomienda elaborar un programa de aplicación durante todo el ciclo de la hortaliza, utilizar 4 o 5 insecticidas diferentes (Ver Tabla No. 7) y que su aplicación sea en forma rotativa.

TABLA No. 7. CONTROL QUÍMICO DE PLAGAS Y ENFERMEDADES

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	PRODUCTO	DOSIS/HA
Áfido o Pulgón de la col	<i>Brevicoryne brassicae</i> L	Azinfos Metílico Dimetoato Diazinon Paratión Metílico	1Kg. 1 L 0.5-0.7 L a 1L
Diabrotica	<i>Diabrotica balteata</i> (Le Conte) <i>Diabrotica undecimpunctata howardi</i> (Barber)	Caramillo Disulfoton Malatión	1-1.5 Kg. 10 Kg. 0.5-0.75 L
Gusano rayado de la col	<i>Leptophobia aripa</i> (Bois Duval)	Azinfos Metílico Caramillo Fosfamidón Triclorfon	0.8 Kg. 1 Kg. 0.5-1 L 1-1.5 Kg.

NOMBRE COMÚN	NOMBRE CIENTIFICO	PRODUCTO	DOSIS/HA
Gusano Importado de la col	<i>Pieris rapae</i> L.	Azinfos Metílico Endosulfán	0.8 Kg. 2-3 L
Dorso de diamante	<i>Plutella xylostella</i> (L)	L. Cyalotrina Permetrina	0.5 L 0.5 L
Gusano falso medidor de la col	<i>Trichoplusia ni</i> (Hübner)	Azinfos metílico Endosulfán Metomilo	0.5-1.25 Kg. 2-3 L 0.4 Kg.
Chinche Arlequín	<i>Murgantia histrionica</i> (Hahn)	Azinfos Metílico Dimetoato Diazinon Paratión Metílico	1Kg. 1 L 0.5-0.7 L 1 L
Cenicilla Velloso	<i>Perenespora parasitica</i> (Pers y Fr) <i>Perenospora efusa</i> (Grev. Ex Desm)	Captan Maneb Oxicloruro de Cobre Zineb	2-4 Kg. 1-3 Kg. 2-4 Kg. 1.6-3.2 Kg.
Pudrición negra	<i>Xanthomonas campestris</i> (E. F. Smith)	Maneb	1-3 Kg.
Pierna negra de las crucíferas	<i>Phoma lingam</i> (Tod ex Fr)	Sin Agroquímicos Autorizados	
Roya Blanca de las Crucíferas	<i>Albugo candida</i> (Pers) Ktz,	Maneb Oxicloruro de Cobre	1-3 Kg. 2-4 Kg.

Fuente: INIFAP, 1999 y Castaños, 2000.

Es común en México hacer combinaciones de insecticidas, lo cual no es nocivo cuando se tiene conocimiento de la afinidad de los pesticidas y el tipo de parásito que se quiere combatir. Sin embargo, cuando se utilizan combinaciones y dosis sin control alguno pueden presentarse problemas tales como resistencia del insecto a los insecticidas, muerte de parásitos naturales del insecto plaga, alto costo y desequilibrio general, tanto natural como económico (Valadez, 1994 y Castaños, 2000).

2) Control Biológico

En nuestro País, se utiliza la bacteria *Bacillus thuringensis* con el nombre comercial de Dipel y Thuricide, siendo recomendable hacer 3 ó 5 aplicaciones durante todo el ciclo agrícola (Valadez, 1994).

Según el Cuadro Básico del INIFAP, 1999, la formulación de estos productos es Polvo Humectable ó gránulos dispérsables y la dosis recomendada es de 0.5 – 1.0 Kg/ha.

3) Manejo Integrado de Plagas

Actualmente se utilizan programas de Manejo Integrado de Plagas que consiste en:

Monitoreos

Control biológico. Uso de insecticidas a base de *Bacillus thuringensis*

Control químico

Calidad de aplicación

Vedas Establecidas: Bajío (30 de abril a 15 de junio),

Norte de Guanajuato (15 de enero al 28 de febrero),

Querétaro (2 de diciembre y 10 de febrero)

Destrucción de residuos de cosecha

Destrucción de hospederos alternantes

Uso de plantas sanas

(Sakata, 2001).

4.2.11 Accidentes y fisiopatías

Ø Formación prematura de la cabeza: es causada por el stress de agua en los primeros estadios de desarrollo (Valadez, 1994).

Ø Aparición de hojas bracteiformes en el interior del cogollo prefloral: puede producirse por: vernalización muy corta, elevación brusca de temperaturas, inducción y exposición de las plantas a temperaturas muy altas subsecuentes a la fase juvenil. Alguno de éstos eventos pueden ocurrir en el caso de siembras demasiado precoces, o bien por influencia de la variedad, labores de cultivo u otros (Maroto, 1989).

Ø Granos pardos en la superficie del cogollo: como consecuencia del efecto llamado lupa de la luz sobre las gotas de rocío, puede producirse un escalonado de granos, que posteriormente en la recolección se desprenden (Maroto, 1989).

Ø Amarillamiento de inflorescencias: determinadas variedades y en épocas con temperaturas elevadas pueden presentar una sintomatología parecida con una mayor incidencia de áreas bronceadas e incluso marrones, en la inflorescencia, este último desorden, suele atribuirse a problemas relacionados con la nutrición cálcica asociada a un crecimiento demasiado rápido (Maroto, 1992).

Ø Carencia en Boro: aparecen en los pecíolos de las hojas manchas corchosas, escaso desarrollo radicular y manchas necróticas en los cogollos. La deficiencia de boro aunado con altas temperaturas (más de 26 °C), causan que las plantas presenten tallos huecos (Castaño, 2000 y Maroto, 1989).

Ø Carencia de Molibdeno: se produce un desarrollo anormal de los limbos y pueden quedar reducidas las hojas al nervio central y no haber producción y otras forman cogollos muy pequeños.

4.2.12 Cosecha.

El inicio y duración de la cosecha estará en función de la variedad cultivada, fecha de siembra y trasplante principalmente. Para iniciar la cosecha se debe de tener en cuenta los indicadores físicos siguientes:

Tiempo. Cuando tenga una edad de 70 o 75 después del trasplante, se efectúa el primer corte y de ahí cada 2 o 3 días dependiendo del cultivar y de la superficie sembrada.

Diámetro y/o firmeza de la parte comestible. Será cuando la inflorescencia principal alcance un diámetro de 25 a 35 cm. y ésta debe ser lo más firme y compacta posible, (Valadez, 1994).

Con el fin de que el producto no pierda calidad por el manejo y roces hasta su comercialización, deben cosecharse con el número de hojas exteriores necesaria para su comercialización (Sobrino, 1989).

Según Sakata, (2001), la cosecha se realiza cuando la cabeza principal o inflorescencia tiene un tamaño ideal de 5 a 6 pulgadas, grano fino y compacto, este es el momento óptimo de cosecha que es el parámetro usado en el mercado.

La cosecha para el mercado de proceso se realiza un poco sobre maduro en el punto máximo de tamaño y grano fino a medio, antes de que reviente el pedicelo, para evitar daño mecánico. El tamaño ideal de corte es de 6 a 5 pulgadas para que favorezca el corte de 5 pears (lanzas) y flores.

4.3 Fertilización.

4.3.1 Definición de fertilización.

La **fertilización** tiene la finalidad de mantener o aumentar la fertilidad del suelo, para lo cual hay que suministrar productos que aportan elementos nutritivos y/o favorezcan la capacidad del suelo de retener temporalmente esos elementos. Suele llamarse fertilización a la aportación de productos que suministran elementos nutritivos disponibles para las plantas en un plazo más o menos corto (Fuentes, 1999).

Fuentes (1994) menciona que el objetivo primordial de la fertilización es suministrar al suelo los elementos nutritivos que se precisan para obtener la máxima rentabilidad de la producción, tomando en cuenta lo siguiente:

- Ø La fertilidad del suelo, que es la capacidad para abastecer de elementos nutritivos a las plantas y se conserva reponiendo las pérdidas de dichos elementos, las cuales se producen por extracción de los cultivos, por lixiviación o por fijación irreversible en el suelo. La reposición de los nutrientes se puede hacer de forma natural (meteorización de minerales primarios, aportación de restos vegetales, fijación biológica, etc.) o de forma artificial (aportación de abonos verdes, estiércoles, abonos minerales, etc.).
- Ø El aumento de la fertilidad no es proporcional al incremento de la dosis de abonado.
- Ø La aportación de una determinada cantidad de un elemento nutritivo es más eficaz cuanto más próximos estén a su óptimo los demás elementos. Para tal efecto el análisis del suelo es una guía de gran utilidad.

4.3.2 Definición de fertilizante.

El **fertilizante** es un medio a través del cual, abasteciendo las necesidades nutritivas de las plantas, influye en las mismas para que desarrollen sus máximas posibilidades productivas y de mayor rendimiento y mejor calidad abaratando el costo de producción. Sin embargo, la definición más estricta de fertilizantes dice que son todas aquellas sustancias que contienen una cantidad apreciable de uno o varios elementos en forma asimilable, es decir, son todos aquellos productos orgánicos e inorgánicos que contienen uno o varios de los elementos nutritivos primarios; nitrógeno, fósforo y potasio, pudiendo contener, además otros elementos secundarios o microelementos. (Fuentes, 1994).

4.3.3 Uso efectivo de los fertilizantes.

Según Vega (1996), los fertilizantes serán efectivos cuando los tipos, grados y cantidades satisfagan las necesidades nutritivas del cultivo y cuando la absorción por las plantas sea óptima.

Para evitar pérdidas y mantener disponibles los nutrientes, así como economizar en el proceso de fertilización, se deben tomar en cuenta varias medidas apropiadas desde el momento de la compra, hasta la aplicación en el suelo.

Algunas prácticas son las siguientes:

- a) Selección del producto: Está dependerá del cultivo, sus requerimientos según la fertilidad del suelo, pH, textura, de la precipitación en la región y el precio del producto.
- b) Control de pérdidas. La selección de fertilizantes más adecuada es la primera medida para reducir las pérdidas por lixiviación y fijación. Después de haber aplicado el fertilizante es necesario evitar pérdidas físicas antes de su aplicación.

c) Que no haya derrames del producto o formación de terrones al momento de la descarga o su almacenamiento o durante el transporte al campo cuando se vaya a utilizar.

d) Si lo anterior no es posible el fertilizante se debe de acomodar en pilas o cubrirlo con plástico, pero el almacenamiento no debe de ser mayor a tres semanas; cuando el fertilizante se acomoda no debe de ser mayor la pila a 12 sacos.

e) El fertilizante debe ser aplicado en forma apropiada para obtener el máximo beneficio de una distribución uniforme, debe aplicarse de tal manera que tanto las semillas como las plantas dispongan fácilmente del nutrimento, tomando en cuenta las necesidades del cultivo; puede ser aplicado antes de la siembra, durante la siembra o en diferentes etapas de desarrollo.

El fertilizante granulado puede ser aplicado mediante los siguientes métodos.

1. Aplicación Superficial.
2. Aplicación en Hilera.
3. Aplicación en Banda.
4. Aplicación Localizada.
5. Aplicación de Inyección al Suelo.

4.3.4 Clasificación de los fertilizantes.

I. Según su origen, los fertilizantes se clasifican en:

✓ **Orgánicos.** Son aquellos que se derivan de productos animales, vegetales o mixtos.

✓ **Inorgánicos, Minerales o Químicos.** Son productos inorgánicos obtenidos mediante procesos químicos.

II. Según contengan uno o varios elementos principales, los fertilizantes se clasifican en:

- **Simples.** Porque no contienen más que un solo elemento fertilizante N, P ó K y se llaman nitrogenados, fosfatados o potásicos.
- **Compuestos.** Contienen dos o tres elementos primarios (N, P, K) pueden ser binarios o ternarios, según contengan dos o tres elementos. Estos a su vez, pueden ser de mezcla, cuando son el resultado de la mezcla de abonos simples y complejos o cuando resultan de una reacción química. Se designan mediante una fórmula de dos o tres números que expresan la cantidad de cada elemento contenido en 100 Kg. de fertilizante. El primer número indica el nitrógeno, el segundo el ácido fosfórico y el tercero la potasa (Guerrero, 1996, Domínguez, 1992 y Fuentes, 1994).

Guerrero (1996) menciona las ventajas e inconvenientes de los fertilizantes compuestos sobre los simples y estas son:

Ventajas:

- ü Al suprimir la mezcla de los fertilizantes simples y repartir dos o tres elementos de una sola vez se ahorra en mano de obra y de empleo de horas tractor.
- ü La mezcla de abonos simples suele ser menos homogénea que los fertilizantes compuestos.
- ü Ahorro de sacos y gastos de transporte, al ser generalmente los fertilizantes compuestos de fórmulas más concentradas aunque no siempre es así.

Inconvenientes:

- ^a El precio es más elevado.
- ^a En ocasiones no se encuentran fórmulas con la proporción N, P, K que se desea, con lo que, para no disminuir la cantidad a añadir de uno de ellos, se aumenta innecesariamente la cantidad añadida en otros.

III. Según su estado físico, los fertilizantes pueden ser:

- Ø Sólidos
 - Polvo (manejo difícil)
 - Cristalina (poco utilizada)
 - Granulado (tamaño de 1-4 mm, permite buena manipulación)
 - Perlado (esferas de tamaño uniforme)
 - Macrogranulado (tamaño 1 – 3 cm. de diámetro)

- Ø Líquidos
 - Soluciones claras sin presión. Contiene uno o varios elementos disueltos en agua
 - Soluciones con presión. Contienen productos nitrogenados disueltos en agua, en concentración elevada y sometidos a una presión superior a la atmosférica, se necesita un equipo especial para su manipulación.
 - Suspensiones. La elevada concentración del elemento no permite la disolución total.

Ø Gaseosos. El único abono que se aplica en esta forma es el amoníaco anhidro, que es líquido cuando está sometido a presión y se vaporiza al momento de la aplicación. (Fuentes, 1994).

4.3.5 Abonos orgánicos.

Existen diferentes formas de abonar orgánicamente el suelo.

Los abonos orgánicos incluyen todas las sustancias de origen vegetal, animal y mixto, que se añaden al suelo con el objeto de mejorar su fertilidad (Rey, 1991).

Dentro de esta categoría se incluyen:

1. Abonos de Origen Vegetal:

« Abonos Verdes: Se entiende por abono verde, la práctica de sembrar una determinada planta en el terreno con la finalidad específica de incorporarla al suelo durante la época de su desarrollo vegetativo (generalmente antes de la floración), cuya finalidad es agregar materia orgánica y mantener e incrementar la fertilidad de los suelos (Rey, 1991).

Los abonos verdes se utilizan porque aumentan el nitrógeno en el suelo, nitrógeno asimilable a través de las plantas verdes jóvenes que son fácilmente descompuestas (Torres, 1996).

« Los residuos de cosecha: Son los desechos orgánicos que deja el cultivo “saliente” en o sobre el suelo, en forma de hojas, tallos, raíces y otros órganos aéreos o subterráneos de las plantas (Domínguez, 1992).

La reintegración al suelo de los residuos de cosecha es uno de los medios más económicos para mantener la materia orgánica activa en el suelo, sin embargo no es el más apropiado, porque representa un material difícil de descomponer por la lignificación que puede presentar (Torres, 1996).

« Residuos orgánicos, es decir los desperdicios orgánicos de la industria cafetalera, ingenios y desechos urbanos entre otros (León, 1991).

2. Abonos de Origen Animal:

Ø Estiércoles. El estiércol animal está formado por los excrementos sólidos y líquidos del ganado, mezclado generalmente con ciertos materiales usados para cama de establo como paja o turba (Hernández, 1996).

Dependiendo del tipo de animal, su hábito de alimentación y del grado de descomposición en que se encuentre el estiércol, tendremos los tipos y sus calidades incluyendo su composición (Torres, 1996).

3. Abonos de origen Mixtos

- w Compostas. La composta es el producto de la degradación acelerada de restos vegetales y animales, llevados a cabo por microorganismos aeróbicos facultativos (bacterias y hongos principalmente), esta degradación comprende la destrucción de compuestos orgánicos y complejos en sustancias más sencillas de fácil asimilación por parte de las plantas (Hernández, 1996).

Estos materiales, deben de sufrir amonización, amonificación y nitrificación antes de que su nitrógeno resulte aprovechable para las plantas. Claro que no será rápidamente efectivos como los provenientes de sales minerales y no producirán respuesta satisfactoria a menos que el suelo no tenga una temperatura elevada. Su acción no obstante es moderada y natural.

Los fertilizantes orgánicos se usan en muchos casos debido a su tendencia a liberar nitrógeno gradualmente durante la estación y debido a que la materia orgánica modifica las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo (Fuentes, 1994).

Alguno de estos abonos son demasiado caros para su uso comercial, pero por lo general estos se aplican cuando se tienen disponibles en un lugar cercano evitando el encarecimiento del cultivo. Su uso se ha extendido mucho en sistemas de cultivo reducidos, tal es el caso de huertos familiares, los cuales requieren de cantidades pequeñas.

4.3.6 Fertilizantes inorgánicos.

4.3.6.1 Materiales portadores de nitrógeno (N).

Los materiales portadores de Nitrógeno son producidos partiendo del nitrógeno atmosférico, esto quiere decir, que la cantidad de nitrógeno aprovechable para producir estos compuestos viene limitada por la cantidad que está presente en la atmósfera y a su vez, los métodos sintéticos de proporcionar nitrógeno han jugado un papel importante en reducir el costo de este elemento. Además, los procesos sintéticos han utilizado gran variedad de materiales en cantidades bastante grandes para hacer práctico su uso; tal variedad no sería posible cuando sólo se dependía de los depósitos naturales.

Los fertilizantes sintéticos son de mayor importancia, ya que las 2/3 partes de éstos son usados (Ver Anexo No.3).

1) Sulfato amónico

Tiene una riqueza del 21% de Nitrógeno, que equivale a un 96.6 % de pureza como $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ y azufre 24%, por lo que resulta aconsejable para aquellos cultivos que requieren este elemento (papas, zanahoria y algunas crucíferas) (Fuentes 1999 y Guerrero, 1996).

El nitrógeno de este abono está en forma amoniacal, por lo que es retenido en el complejo de cambio (fase sólida del suelo) y no se pierde con el agua de percolación. Tiende a acidificar el suelo, por lo que es adecuado en suelos que tiene un pH elevado (Fuentes, 1999).

Es de los más importantes portadores de nitrógeno, sobre todo, para la preparación de mezclas de fertilizantes. Su fuente es más barata que el contenido del nitrato sódico, por consiguiente, es el más utilizado. (León, 1991 y Guerrero, 1996).

2) Nitratos amónicos

Se fabrican los siguientes fertilizantes de este tipo:

Ø Nitrato de amonio

El nitrato de amonio generalmente se reviste para evitar que se coagule y el producto comercial contiene entre 33.5 y 34 % de nitrógeno, que equivale a un 95.72% de pureza como NH_4NO_3 León, 1991 y Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995).

Ø Nitrato amónico cálcico

El Nitrato amónico cálcico NO_3NH_4 con 35% de Nitrógeno, mitad nítrico y mitad amoniacal. Pero el nitrato amónico no puede utilizarse puro a causa de su elevada higroscopicidad, por lo que suele añadirse materia inerte que es el carbonato de cal (Guerrero, 1996).

3) Nitrosulfato de amonio

Es una sal doble de nitrato y sulfato de amonio. El producto que se vende comercialmente contiene 30 % de Nitrógeno y 6.5 % de Azufre (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995).

Según Fuentes (1999), tiene una riqueza del 26%, de la cual el 75% corresponde a la forma amoniacal y el 25 % restante a la forma Nítrica. Contiene el 15 % de Azufre (Guerrero, 1996).

4) Nitrato sódico

El nitrato sódico (NO_3Na), también llamado de Chile, por su procedencia de aquel país, es un fertilizante de síntesis que contiene el 16% de N y el 25% de sodio y además posee pequeñas cantidades de microelementos.

El sodio es un elemento que puede ser perjudicial en tierras arcillosas principalmente, por tener una acción disociadora de la arcilla, que provoca la aparición de costras en la superficie (Guerrero, 1996)

5) Nitrato de calcio

La fórmula química del nitrato de calcio es: $(\text{NO}_3)_2\text{Ca}$, lo más común es que presente una riqueza del 15.5% de nitrógeno (14.5% nítrico y 1% amoniacal) y 19% de calcio.

Es un material muy higroscópico, lo que perjudica su almacenamiento, sin embargo esta característica le da una gran capacidad para su absorción, siendo el fertilizante que la planta absorbe mejor y más rápidamente en tiempo de sequía (Guerrero, 1996).

6) Urea

Tipos:

- a) Recubierta
- b) Sin recubrir

La fórmula química de la urea es: $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, posee una riqueza del 45% de Nitrógeno sin recubrir y 46% para el recubierto y una pureza del 96.47 % y 98.62% como NH_2CONH_2 respectivamente. (León, 1991).

La urea posee el más alto porcentaje de N de los fertilizantes sólidos que comúnmente se utilizan y es muy soluble, se emplea directamente y como constituyente de abonos complejos y soluciones nitrogenadas, en pulverizaciones foliares se emplea urea

cristalina y también en fertirrigación por goteo, ya que por su gran pureza no deja residuos en tuberías y goteros (Fuentes, 1999 y Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995).

Este fertilizante suele presentarse en forma perlada y es algo mas barato que los demás abonos nitrogenados de mayor consumo, también es un fertilizante utilizado en la ganadería, como complemento proteínico en la alimentación de los rumiantes (Guerrero, 1996 y Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995).

7) Amoniaco anhidro

El amoniaco anhidro es un gas que contiene el 82% de su peso de nitrógeno en forma amoniacal. Cuando se somete a grandes presiones se licua y de este modo se utiliza como fertilizante. El manejo se hace con equipos especiales capaces de soportar elevadas presiones (Fuentes, 1999).

Es el menos caro de todos los portadores de nitrógeno inorgánico y también se considera importante el hecho de ser este el primer paso para la formación de cualquier otro compuesto sintético (Guerrero, 1996).

8) Agua amoniacal

El amoniaco anhidro disuelto en agua forma agua amoniacal, la cual contiene 20% de N, que equivale a un 24.3% como NH_3 . Se almacena este fertilizante en tanques a baja presión y se aplica utilizando un equipo menos costoso que el que se requiere para aplicar el amoniaco anhidro (Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995).

9) Cianamida de calcio

Contiene una riqueza del 20.5 % de un nitrógeno que se transforma en urea y posteriormente en nitrógeno amoniacal. Se utiliza poco porque es cara y exige precauciones especiales en su aplicación (Fuentes, 1999).

4.3.6.2 Materiales portadores de fósforo (P).

Los principales fertilizantes sintéticos, cuya fuente es el fósforo son de gran importancia al igual que los nitrogenados (Ver Anexo No. 3).

La principal fuente de fosfatos para la obtención de fertilizantes son las rocas fosfatadas de origen ígneo o marino. También se utilizan depósitos de guano, principalmente los originados por aves marinas y en menor escala, los de murciélagos. La fuente más importante a escala comercial es la roca fosfatada de origen marino que puede contener hasta el 80% de apatito, normalmente con sustituciones isomórficas. Rocas ígneas y metamórficas se aprovechan para la extracción de apatito (Wild, 1992).

1. Superfosfatos

Ø Superfosfato simple

Este fertilizante es una mezcla de fosfato monocálcico (16 a 24% de P_2O_5) soluble en agua y citrato, siendo al menos el 90% soluble en agua) y de sulfato de calcio o yeso, aproximadamente, al 50% en peso. (Domínguez, 1992).

El superfosfato simple contiene alrededor de un 12% de azufre y pequeñas cantidades de microelementos: hierro, zinc, manganeso, boro, molibdeno, además de un 21% de calcio, por lo que resulta interesante aplicarlo en suelos pobres en calcio, con independencia del pH (Guerrero, 1996).

Ø **Superfosfato triple**

Posee de 38 a 48%, soluble en agua y citrato, y el contenido de azufre es casi nulo (1 a 5%). Por su alta concentración es muy útil en la preparación de mezclas muy concentradas. Los productos con el 45% de P_2O_5 son los más corrientes (Domínguez, 1992).

Los superfosfatos se presentan generalmente granulados. No conviene mezclar los superfosfatos con fertilizantes que lleven cal activa, Por corto espacio de tiempo se pueden mezclar con nitrato cálcico, urea y nitrato amónico. Los mejores resultados de los superfosfatos se obtienen en suelos neutros o ligeramente ácidos (Fuentes, 1999).

2. Ácido fosfórico

Tiene una riqueza del 54% de P_2O_5 soluble en agua en su totalidad. Es sobre todo un producto intermedio en la industria de fertilizantes, también se aplica en estado líquido en fertirrigación (Fuentes, 1999).

3. Escorias de desfosforación o escorias Thomas

Tiene una riqueza de P_2O_5 comprendida entre el 15 y 20 %, insoluble en agua y soluble en citrato, además contiene cantidades apreciables de magnesio y algunos microelementos. Es utilizado muy poco (Fuentes, 1999).

Las escorias de Thomas son un subproducto de la fabricación del acero, y se presentan en forma de polvo negro (Guerrero, 1996).

4. Fosfatos y polifosfatos

Contienen de 85 a 95 unidades fertilizantes totales de P_2O_5 y K_2O (Fuentes, 1999).

El fosfato de amonio puede existir como sal mono o diamoniacal. Estos fertilizantes aportan nitrógeno y fósforo, se utilizan como base para la elaboración de abonos compuestos. Son fuente excelente de fósforo pues está demostrado que el ión amonio favorece la absorción del fósforo por la planta (Fuentes, 1999).

El fosfato monoamónico tiene una riqueza del 10/11-50/55-00, presentación granulada o polvo. La formulación 12-61-00 corresponde al producto más puro y se presenta en forma cristalina utilizada en fertirrigación (Fuentes, 1999).

El fosfato monoamónico, puede presentar un análisis de 11% de nitrógeno y un 84% de ácido fosfórico, es también un fertilizante económico cuando se requiere en altas dosis.

El fosfato diamónico, tiene una riqueza de 16/18-46/48-00, en fertirrigación se utiliza la formulación más pura 21-53-00 (Fuentes, 1999).

El fosfato diamónico es un material más recientemente utilizado, conteniendo más del 21% de nitrógeno y un 53% de P_2O_5 . Es muy valioso en suelos con un alto poder de retención de potasio, donde se precisen tanto de N y P.

Los fosfatos amónicos son compuestos solubles en agua y tienen un efecto residual ácido sobre los suelos, son adecuados para suelos alcalinos o neutros (Fuentes, 1999).

Los polifosfatos amónicos son productos de altas concentraciones 10/15-35/62-00 y se presentan en forma sólida o líquida. Estos fertilizantes permiten la incorporación de micronutrientes, que se mantienen en suspensión en los líquidos.

5. Fosfato mineral.

El fosfato mineral es el menos asimilable de todos los fertilizantes fosfatados, siendo su origen así; fosfatos amónicos y superfosfatos, escorias básicas, harinas de hueso y roca pulverizada. El fosfato mineral es mucho más complicado de lo que esta fórmula puede sugerir. Aparentemente se acerca a fluorapatita ($3(\text{PO}_4)_2\text{Ca}_3 \text{P}_2 \text{Ca}$) en su estructura molecular, lo que influye en un lento aprovechamiento.

El fosfato mineral cuando se aplica al suelo debe ser finamente reducido a polvo para que pueda reaccionar fácilmente, su aprovechamiento aumenta marcadamente por la presencia de materia orgánica descompuesta, por esta razón, se recomienda a menudo como refuerzo del estiércol, usándose liberales cantidades de él. Ordinariamente no puede aplicarse solo, a menos que el suelo sea bien abastecido con materia orgánica.

4.3.6.3 Materiales portadores de potasio (K).

Los fertilizantes minerales potásicos son originados por evaporación de grandes depósitos de agua salina. Son sulfatos y cloruros impurificados con otras sales que es preciso separar mediante algunos procesos industriales. Los principales fertilizantes inorgánicos potásicos. (Ver Anexo No. 3).

1) Cloruro de potasio

El cloruro de potasio es la fuente más importante de potasa (K_2O). Este fertilizante contiene una riqueza del 60% de K_2O , lo cual equivale al 93.37% de pureza como KCl y su presentación es en forma de cristales blancos.

Es muy soluble en el agua e higroscópico, por lo que forma agregados con facilidad. Se puede mezclar con cualquier otro fertilizante, aunque es aconsejable efectuar la mezcla

en el momento de emplearlo. No se debe utilizar cuando se riega con aguas que tienen altas concentraciones de sales (León, 1991 y Guerrero, 1996).

2) Sulfato potásico

Tiene una riqueza de 50 % de K_2O , equivalente a un 90.93% de pureza como K_2SO_4 , además contiene un 18% de azufre. (León, 1991 y Domínguez, 1992).

Tiene una reacción ácida, por lo que puede provocar una acidificación en el suelo cuando se usa constantemente (Fuentes, 1999).

La unidad fertilizante K_2O resulta más cara abonado con sulfato potásico que con cloruro de potasio; sin embargo, deberá de usarse preferentemente sulfato en los siguientes casos:

- Ø En suelos que sin llegar a ser salinos, contienen una cierta cantidad de sal.

- Ø Cuando se riega con aguas saladas.

- Ø En cultivos que tienen apetencia por este fertilizante, tales como: tabaco, agrios, patata, cultivos florales, vid, plátano y algunas leguminosas.

- Ø En suelos descalcificados. Al reaccionar con la cal el cloruro o el sulfato potásico se produce, respectivamente, cloruro cálcico (muy soluble) y sulfato cálcico (muy poco soluble). En el primer caso se pierde cal por lixiviación (Fuentes, 1994).

En la mayoría de los suelos existen suficientes cantidades de potasio, sobre todo en los suelos arcillosos; pero para que pueda ser asimilado por las plantas tiene que estar solubilizado en el agua del suelo. Las plantas lo absorben en forma de ión potasio (K^+) (Fuentes, 1999).

4.3.7 Elementos esenciales para las plantas.

Existen 16 elementos químicos considerados esenciales para la vida de las plantas, cada uno tiene una función específica en la misma. De estos el carbono, el oxígeno y el hidrógeno son suministrados por el aire y el agua. Los trece elementos restantes tienen que ser suministrados por el suelo. (Fuentes, 1999).

4.3.7.1 Características de los elementos mayores (Macronutrientes).

Los llamados macronutrientes son: Azufre (S), Calcio (Ca), Fósforo (P), Nitrógeno (N), Magnesio (Mg) y Potasio (K), son necesarios para las plantas en cantidades relativamente grandes, sin embargo, el N, P y K son considerados entre los nutrientes que la planta absorbe en mayor cantidad e intervienen en las principales funciones metabólicas de la planta (León, 1991).

La clasificación de los elementos nutritivos considerando la cantidad de ese elemento que las plantas necesitan y la frecuencia con que se necesita aportarlo es la siguiente:

Elementos Primarios: Nitrógeno, Fósforo y Potasio. Las plantas los necesitan en grandes cantidades. En la mayoría de los cultivos, las necesidades de las plantas son mayores que las disponibilidades en el suelo, por lo que se precisa hacer aportaciones cuantiosas.

Elementos Secundarios: Calcio, Magnesio y Azufre: Las plantas consumen grandes cantidades, pero, por lo general hay suficiente disponibilidad en el suelo y no se necesita hacer aportaciones. (Fuentes, 1999).

✓ **Nitrógeno (N)**

El contenido de nitrógeno en los suelos está íntimamente relacionado con su fertilidad. La mayor parte de este elemento se encuentra en los suelos en forma orgánica de ahí que de los tres elementos aplicados en fertilizantes comerciales (N, P, K), el Nitrógeno es el de los mayores y más rápidos efectos.

Las plantas toman el nitrógeno a través de sus raíces, la mayor parte bajo la forma de ión nitrato (NO_3^-) y en mucho menor cantidad bajo la forma de ión amonio (NH_4^+), estas son las dos formas de nitrógeno asimilable por las plantas. Sin embargo, las hojas también pueden absorber N mineral y aún de la urea (Guerrero, 1996 y Fuentes, 1999).

El nitrógeno se combina con otros elementos (carbono, oxígeno, hidrógeno azufre, fósforo), para formar materias nitrogenadas orgánicas denominadas albuminoides, proteínas o próticos. Algunas de las proteínas que tienen una naturaleza compleja (ácidos nucleicos y núcleo-proteínas) juegan un papel esencial en la constitución de la célula, en la fotosíntesis (clorofila) o en la estructura de los cromosomas (Domínguez, 1992).

El Nitrógeno de la planta es fácilmente translocable, si el nitrógeno es deficiente, las proteínas de las partes más viejas de la planta se hidrolizan y en forma de aminoácidos se movilizan a los tejidos jóvenes (León, 1991).

En todas las plantas, el Nitrógeno es un regulador que gobierna un considerable grado el uso de Potasio, Fósforo y otros constituyentes; además, su aplicación tiende a producir suculencia cualidad particularmente deseable en muchos cultivos (como lechuga y rábano).

Los inconvenientes de una fertilización excesiva de Nitrógeno.

- ^a Hojas de color verde oscuro, demasiado jugosas y blandas.
- ^a Retarda la maduración al favorecer el crecimiento excesivo, la absorción tardía de N retrasa la maduración, al estimular el desarrollo vegetativo y si se aplica en época adecuada, acelera el crecimiento aumentando la precocidad.
- ^a Favorece el acame, ya que el gran desarrollo foliar y el número de hijos impide que la luz ilumine y fortalezca el pie de las plantas.
- ^a El Nitrógeno puede hacer baja la calidad del cultivo. Específicamente notable en cereales y fruto de melocotones.
- ^a Mayor sensibilidad a enfermedades al permanecer los tejidos verdes.

Deficiencias de Nitrógeno.

- Por ser constituyente de la clorofila una deficiencia de (N), produce amarillamiento en las plantas.
- En las plantas jóvenes el crecimiento es lento, leñoso y con hojas verdes amarillentas.
- Se retarda la floración y la cosecha.
- Los síntomas de deficiencia de nitrógeno se acentúan conforme persiste la carencia de N en el suelo.

Además el nitrógeno es el factor que determina los rendimientos y la base de la fertilización (Domínguez, 1992).

✓ Fósforo (P)

En los suelos existe el fósforo orgánico e inorgánico en suficiente cantidad para satisfacer las necesidades de los cultivos, pero únicamente puede ser asimilado por las plantas el fósforo soluble contenido en la solución del suelo, y éste representa una parte muy pequeña del total. La solubilidad del fósforo depende de la presencia de otros iones (calcio, hierro, aluminio) y del pH (6 y 7.5) Fuentes, 1999).

El fósforo disponible en los suelos se encuentra en forma de iones fosfóricos, de los que el más abundante es el ion monovalente (PO_4H_2^-), aunque también existen iones bivalentes ($\text{PO}_4\text{H}_2^{2-}$) (Domínguez, 1992).

El fósforo no se encuentra en la planta en estado libre, sino combinado con otras sustancias o con cuerpos simples formando fosfatos minerales, o bien, más frecuente, con sustancias complejas, formando combinaciones orgánicas con lípidos, prótidos y glúcidos, como la lecitina, las nucleoproteínas (componentes del núcleo celular) y la fitina (órganos de reproducción) (Domínguez, 1992 y Guerrero, 1996).

Funciones del Fósforo

- P Interviene en la mayor parte de las reacciones bioquímicas complejas de la planta (metabolismo de carbohidratos, lípidos y proteínas; en la fotosíntesis, respiración y fermentación).
- P Juega un papel importante en la asimilación de N nítrico y en la regulación del pH en la célula.
- P División celular y crecimiento, así como la formación de albúminas.
- P Floración y fructificación, así como la formación de semilla.
- P Maduración de las cosechas, disminuyendo así los efectos de aplicaciones excesivas de Nitrógeno.
- P El desarrollo de raíces, fundamentalmente de raicillas laterales y fibrosas.

- P Robustecimiento de la paja en los cultivos de cereales, ayudando así a prevenir el encamado (acame).
- P Sobre la calidad de la cosecha, sobre todo en forrajes y hortalizas.
- P Resistencia a determinadas enfermedades y al frío.
- P Esta asociado a la fijación de nitrógeno y al amacoyamiento en las gramíneas.

Carencia de Fósforo

- Se refleja en un follaje color verde oscuro, casi azulado y por el amarillamiento y secado de las puntas de las hojas.
- Ondulación característica, mostrando manchas púrpuras.
- Retraso en el crecimiento y maduración.
- Fecundación defectuosa.
- Deficiente calidad de la cosecha.
- Influye en una disminución de la absorción del nitrógeno.

√ **Potasio (K)**

El contenido de K total en el suelo varía ampliamente, desde menos de 0.01% hasta cerca del 4%, pero normalmente se sitúa en alrededor del 1%. (Wild, 1992).

La riqueza de los fertilizantes, lo mismo que la existencia de este elemento en el suelo, se expresa en potasa (K_2O), y es quizá el elemento extraído del suelo en mayor cantidad en cada cosecha (León, 1991).

El potasio en el suelo se encuentra en:

- 1) La roca madre en formaciones cristalinas y volcánicas, sin embargo dicha potasa se encuentra en forma de silicatos insolubles, no obstante la acción de raíces y agentes atmosféricos parte de esa potasa se pone a disposición de las plantas.
- 2) En ciertas arcillas de tipo laminar como motmorillonita y la illita, que atrapan iones K^+ ; y
- 3) En estado cambiante. Existiendo equilibrio entre el potasio de la solución del suelo y el absorbido por el complejo arcillo-húmico y por la arcilla y demás coloides del suelo (Guerrero, 1996).

Las plantas absorben el potasio bajo la forma de K^+ . La potasa interviene en la planta en:

- Ø Contribuye a disminuir la transpiración de la planta, aumentando su tolerancia a la sequía e indirectamente a la tolerancia de enfermedades y heladas.
- Ø Favorece el desarrollo de las raíces.
- Ø Aumenta la resistencia de los cereales al encamado, pues da rigidez a los tejidos.
- Ø Interviene en la fotosíntesis, favoreciendo la formación de los carbohidratos y el movimiento de estos glúcidos hacia los órganos de reserva.
- Ø Interviene en la formación de los prótidos, por ello existe interacción entre el N y el K.
- Ø El Potasio promueve el crecimiento de tejidos meristemáticos, ya que las partes de las plantas en desarrollo activo son más ricas en potasio que sus partes viejas (León, 1991 y Guerrero, 1996).

Junto con la cal constituye la mayor parte de las materias minerales de las plantas y aproximadamente el 3% de la materia seca de los vegetales (Fuentes, 1999).

El potasio tiende a frustrar los efectos nocivos del nitrógeno. Retrasando la madurez, el potasio actúa contra las influencias del exceso de fósforo y por lo tanto, es de importancia enorme en la mezcla de fertilizantes.

Deficiencias de Potasio.

- Ø Las hojas de los cultivos se secan, se endurecen sus bordes y sus superficies presentan una clorosis irregular. Como consecuencia de este deterioro, la fotosíntesis es poco activa y la síntesis de almidón se detiene.
- Ø Se tienen frutos pequeños y de cáscara delgada.
- Ø En los cereales se produce amarillamiento de la punta de las hojas.

4.3.7.2 Características de los elementos menores (Micronutrientes).

Los microelementos son los elementos absorbidos en cantidades muy pequeñas, del orden de algunos gramos o cientos de gramos por hectárea, pero esenciales para realizar las funciones de la fisiología vegetal y se consideran generalmente a siete elementos (Ver Tabla No. 8) (Domínguez, 1992).

TABLA No. 8. MICROELEMENTOS.

MICROELEMENTO	SÍMBOLO	CANTIDAD (g)
Manganeso	Mn	500
Hierro	Fe	
Zinc	Zn	200
Boro	B	
Cobre	Cu	100
Molibdeno	Mo	10
Cloro	Cl	

Fuente: Domínguez, 1992.

La absorción de estos oligoelementos en cantidades insuficientes provoca en la planta irregularidades nutritivas, acompañadas de manifestaciones patológicas llamadas enfermedades carenciales, que se exteriorizan de muchas maneras (Ver Tabla No. 9).

TABLA No. 9. CARACTERÍSTICAS DE LOS MICROELEMENTOS:

MICROELEMENTO	FUNCIONES	SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA
<p>Cinc (Zn)</p> <p>§ Es absorbido por las plantas en forma de ion Cinc Zn^{++}</p>	<p>§ Componente fundamental de varios sistemas enzimáticos.</p> <p>§ Regulador del crecimiento de las plantas</p> <p>§ Necesario para la síntesis de triptofano a partir del cual se forma AIA.</p> <p>§ Necesario para la síntesis de proteínas.</p> <p>§ Interviene en el mantenimiento de niveles adecuados de auxina en los tejidos.</p> <p>§ Interviene en los procesos de oxido-reducción, síntesis de clorofila y asegura un adecuado contenido de ácido ascórbico.</p>	<p>§ Quemadura del ápice de las hojas jóvenes.</p> <p>§ Muerte de los ápices de crecimiento (yemas terminales) y los ápices de las raíces.</p> <p>§ Coloración verde oscura anormal del follaje.</p> <p>§ Caída prematura de flores y yemas.</p> <p>§ Tallos debilitados.</p> <p>§ Áreas decoloradas y embebidas en agua presentes en frutos.</p>
<p>Hierro (Fe)</p> <p>§ Es absorbido por las plantas en forma de ion ferroso Fe^{++}</p> <p>§ Su absorción es difícil cuando hay un exceso de cal que inmoviliza el hierro en el suelo.</p> <p>§ Las plantas absorben cantidades del orden de 1 a 2 Kg/Ha</p> <p>§</p>	<p>§ Síntesis y degradación de clorofila.</p> <p>§ Funciona como activador de procesos bioquímicos (respiración, fotosíntesis y fijación simbiótica del nitrógeno).</p>	<p>§ Clorosis internerval de las hojas jóvenes.</p> <p>§ Muerte descendente de las ramas nuevas.</p> <p>§ En casos severos, muerte de todas las ramas o de toda la planta.</p>
<p>Manganeso (Mn)</p> <p>§ Es absorbido por las plantas en forma de ion manganeso Mn^{++}</p> <p>§ Es un elemento no móvil. Es necesario aplicar este elemento junto con el cinc.</p>	<p>§ Actúa como catalizador de los sistemas enzimáticos de la respiración, fotosíntesis y metabolismo del nitrógeno.</p> <p>§ Es activador de enzimas en los procesos de crecimiento.</p> <p>§ Junto con el hierro forman la clorofila.</p>	<p>§ Clorosis internerval de las hojas jóvenes.</p> <p>§ Gradación de una coloración verde pálido.</p>

MICROELEMENTO	FUNCIONES	SÍNTOMAS DE DEFICIENCIA
<p>Cobre (Cu)</p> <p>§ Es absorbido por las plantas en forma de ion cuproso Cu^+ y cúprico Cu^{++}</p> <p>§ Este elemento puede ser muy tóxico aún en niveles bajos, no se recomienda aplicarlo salvo cuando sea muy necesario.</p>	<p>§ Componente de enzimas (fenolasas u oxidasa de ácido ascórbico).</p> <p>§ Activador de enzimas.</p> <p>§ Síntesis de vitamina A.</p> <p>Síntesis de proteínas</p>	<p>§ Achaparramiento de las plantas.</p> <p>§ Muerte descendente de los retoños terminales de los árboles.</p> <p>§ Escasa pigmentación del follaje.</p> <p>§ Marchitamiento y muerte de los ápices de las hojas.</p> <p>§ Formación de bolsas de goma alrededor de la médula central.</p>
<p>Boro (B)</p> <p>§ Es absorbido por las plantas en forma de ion borato BO_3^{++}</p> <p>§ No es móvil en la planta</p> <p>§ El contenido en suelos es de 1 a 2 ppm, riesgo de carencia contenidos menores a 0.6 ppm</p> <p>§ Este elemento es bloqueado por un pH elevado (suelos calizos o encalados excesivos).</p>	<p>§ Se cree que interviene en el transporte de carbohidratos</p> <p>§ Interviene en la diferenciación de células meristemáticas.</p> <p>§ Metabolismo del nitrógeno.</p> <p>§ Fertilización</p> <p>§ Absorción de sales activas</p> <p>§ Metabolismo de Hormonas</p> <p>§ Relaciones con el agua</p> <p>§ Metabolismo de grasas</p> <p>§ Metabolismo de fósforo</p> <p>§ Fotosíntesis</p>	<p>§ Muerte del crecimiento terminal.</p> <p>§ Hojas cloróticas, engrosadas, enrolladas y marchitas.</p> <p>§ Presencia de manchas blandas o necróticas en frutos.</p> <p>§ Menor floración o polinización inadecuada.</p>
<p>Molibdeno (Mo)</p> <p>§ Es absorbido por las plantas en forma de ion molibdato MoO_4^-</p> <p>Es el único elemento cuya carencia se acentúa con la acidez del suelo, desapareciendo con un encalado.</p>	<p>§ Interviene en el metabolismo del nitrógeno (fijación de nitrógeno gaseoso y asimilación del ion NO_3^-)</p> <p>§ Al parecer esta involucrado en el metabolismo del fósforo.</p>	<p>§ Achaparramiento y falta de vigor</p> <p>§ Quemadura marginal y coqueo o enrollamiento de las hojas.</p> <p>§ Cola de látigo de la coliflor</p> <p>§ Mancha amarilla en cítrico.</p>
<p>Cloro (Cl)</p> <p>§ Es absorbido por las plantas en forma de ion cloruro Cl^-</p> <p>§ La deficiencia de este elemento es muy rara ya que es un ion muy móvil en el suelo.</p> <p>§ Su presencia es más bien perjudicial</p>	<p>§ Se requiere para que se lleven a cabo reacciones fotosintéticas.</p>	<p>§ Marchitamiento, seguido de clorosis</p> <p>§ Ramificación excesiva de raíces laterales</p> <p>§ Bronceado de las hojas</p>

Fuente: Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995, León, 1991 y Guerrero, 1996.

La cantidad de microelementos presentes en el suelo depende, de la naturaleza del material parental. A medida que el suelo evoluciona y actúan la lixiviación y el reciclado de nutrientes a través de las plantas, algunos elementos tienden a encontrarse en determinados horizontes del suelo, mientras otras irán perdiéndose progresivamente en el agua de drenaje. Al mismo tiempo, algunos elementos se incorporan a partir de la contaminación atmosférica, de aportes naturales (emisiones volcánicas, deposiciones de polvo) y por las aguas de escorrentía procedentes del suelo en partes más elevadas (Wild, 1992).

Las carencias de los elementos menores pueden ser de dos tipos:

- a) Carencia absoluta o primaria: Falta de un microelemento en cantidad suficiente en el suelo. Bastará con añadir al suelo el elemento que falta para que desaparezca la deficiencia.

- b) Carencia inducida: Los microelementos se encuentran en el suelo en forma no asimilable, por haber sido bloqueados por otros elementos, un pH demasiado alto, antagonismo de iones, etc. Es preciso suministrarlo directamente por las hojas, o modificar las condiciones desfavorables del medio. El hierro, el manganeso, el boro y el magnesio, son buenos ejemplos de estas carencias (Guerrero 1996 y Domínguez, 1991).

Las deficiencias de los micronutrientes suelen presentarse en:

- § Suelos ácidos, arenosos y lixiviados.
- § Suelos con drenaje superficial e interior deficiente y manto freático elevado.
- § Suelos con mayor contenido de materia orgánica.
- § Suelos con explotación continua e intensiva.
- § Suelos de gran cantidad de caliza.
- § Contenido de micro-nutrientes en el suelo y rocas (ppm).

Las adiciones de micronutrientes a los fertilizantes debe de ser con mayor cuidado y controladas que en el caso de macronutrientes. La diferencia entre la cantidad de un micronutriente determinado cuando es deficitario y cuando ya es tóxico, es extremadamente pequeña. Por lo tanto, los micronutrientes deben de ser añadidos sólo cuando se esta seguro de que faltan y cuando se conozca la cantidad requerida.

Cuando deba corregirse la deficiencia de un elemento traza, sobre todo si es urgente, se añade frecuentemente una sal del elemento faltante, por separado al suelo. El cobre, manganeso, hierro y zinc son aplicados sobre todo en forma de sulfato, mientras que el boro en forma de borax. El hierro y en algunos casos el zinc, pueden ser aplicados como quelatos.

El molibdeno es añadido en forma de molibdato sódico. El hierro, manganeso y zinc a veces son requeridos en pequeñas cantidades sobre las hojas, que directamente en el suelo.

Los llamados compuestos silíceos “desmenuzados de Boro, Manganeso, Hierro y Zinc pueden ser también usados para abastecer a estos nutrientes.

Las propiedades de las diferentes fuentes de micronutrientes varían de manera considerable. Las fuentes orgánicas existen en forma de quelatos sintéticos, y complejos orgánicos naturales de iones metálicos.

Un agente quelante es el compuesto (comúnmente orgánico) que se combina con un ion metálico y forma una estructura en anillo en cierta porción de la molécula del agente quelante y el metal (Ver Tabla 10).

**TABLA No. 10. QUELATOS SINTÉTICOS COMO FUENTES
DE MICROELEMENTOS.**

AGENTE QUELANTE	CONTENIDO DE MICRONUTRIENTES (PORCENTAJE DEL ELEMENTO)			
	Cu	Fe	Mn	Zn
EDTA	7-13	5-14	5-12	6-14
HEEDTA	4-9	5-9	5-9	9
NTA	-	8	-	13
DTPA	-	10	-	-
EDDHA	-	6	-	-

Fuente: Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995.

Los complejos orgánicos naturales que se emplean con fines comerciales para formar complejos con micronutrientes suelen obtenerse a partir de subproductos de la industria de la pulpa de la madera. Los complejos metálicos de estos compuestos son menos estables que los quelatos sintéticos comunes.

Las fuentes inorgánicas pueden ser compuestos relativamente puros o mezclas (Ver Anexo No. 4).

La tasa de aplicación deberá de ser cuidadosamente regulada ya que una sobredosis causaría daños severos a las plantas

4.3.8 Fertilización foliar.

El abastecimiento de los nutrimentos a través del suelo está afectado por muchos factores de diferentes tipos como son: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades. Sin embargo puede contener todos los elementos necesarios para la nutrición, pero estos pueden estar en una forma no disponible para la absorción radicular; tal es el caso frecuente del hierro y el fósforo

cuando el suelo es alcalino, es decir, que tiene un pH elevado. En esos casos se realiza una fertilización a nivel foliar, constituyendo una nutrición complementaria.

Los fertilizantes foliares comenzaron a utilizarse desde principios de los años 70's, poco después de comprobarse que podían aumentar el rendimiento hasta en un 30% en los cultivos de maíz y soya. Sin embargo, estos resultados habían sido obtenidos al aplicar numerosas dosis de urea en aspersiones de baja concentración y elevado volumen. Lógicamente estas condiciones no podían aplicarse a todos los cultivos y con el tiempo, las formulaciones a base de urea, como su empleo se fueron convirtiendo en una práctica convencional de beneficios muy cuestionables (Bayer, 2000).

Sin embargo, esta práctica es utilizada desde hace muchos años, en la literatura se reporta que en 1844 en Francia se aplicaba sulfato ferroso en el follaje de la vid, para corregir clorosis en las plantas, aunque su uso se inicia desde la época Babilónica. (Trinidad y Aguilar, 1999).

Según Fuentes (1999), la fertilización foliar consiste en aplicar sobre las hojas, los fertilizantes disueltos en agua, sin embargo, la fertilización foliar no suele emplearse para el nitrógeno, el fósforo y el potasio, pues para suministrar la cantidad adecuada haría falta un elevado número de aplicaciones.

Con frecuencia las deficiencias de micronutrientes, los cuales tienden a ser fijados o bloqueados en el suelo, generalmente se corrigen con fertilización foliar. al ser más eficaces cuando se aplican sobre las hojas y bastará con dos o tres aplicaciones de éstos para cubrir las necesidades de las plantas (Fuentes, 1999 y León 1991).

La fertilización foliar es una realidad en la nutrición de los cultivos y esta práctica utilizada convenientemente (Ver Anexo No. 5), optimiza la capacidad productiva de las cosechas tanto de gramíneas, leguminosas, hortalizas, plántulas de viveros, frutales y especies forestales.

La fertilización foliar se ha convertido en una práctica común, debido a que permite la incorporación inmediata de los elementos esenciales en los metabolitos que se están generando en el proceso de fotosíntesis.

Algunos de los propósitos se indican a continuación:

- Ø Corregir las deficiencias nutrimentales, que en un momento dado se presentan en el desarrollo de la planta.
- Ø Corregir requerimientos nutrimentales que no se logran cubrir con la fertilización común al suelo.
- Ø Abastecer de nutrimentos a la planta que se retienen o se fijan en el suelo.
- Ø Mejora la calidad del producto.
- Ø Acelera o retarda alguna etapa fisiológica de la planta.
- Ø Hace eficiente el aprovechamiento nutrimental de los fertilizantes.
- Ø La aplicación de nutrientes puede combinarse con la de plaguicidas.
- Ø Se obtiene fácilmente una aplicación uniforme.

Este tipo de fertilización no sustituye a la fertilización tradicional de los cultivos, o bien los nutrimentos que se requieren en cantidades elevadas, pero sirve de respaldo, garantía o apoyo para suplementar o complementar los requerimientos nutrimentales de un cultivo que no se puede abastecer mediante la fertilización común al suelo. (Trinidad y Aguilar, 1999).

Entre las desventajas que podemos encontrar en la fertilización foliar están las siguientes:

- Ø Pueden resultar quemaduras de las hojas si las concentraciones salinas en el asperjado son muy elevadas.
- Ø La demanda de nutrientes frecuentemente es alta cuando las plantas son pequeñas y la superficie de las hojas de las plantas son insuficientes para la absorción foliar.

- Ø No se pueden lograr rendimientos máximos si la aplicación se retrasa hasta que aparezcan los síntomas de deficiencia.
- Ø El efecto residual es pequeño, de modo que los costos de la aplicación serán mayores si se precisa más de una aspersión (Eddy, 2000).

Las raíces no son los únicos órganos capaces de absorber los elementos minerales, sino que también las hojas y los tallos, si estos no presenta una suberización o lignificación muy fuerte, pueden asimilar las sustancias nutritivas, tanto minerales como orgánicas, principalmente aminoácidos. Entre las partes aéreas de las plantas las hojas son las más activas en la absorción de las sustancias aplicadas, pues tienen una mayor superficie expuesta (López, 1991).

La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda.

Fisiológicamente la hoja es la principal fábrica de fotosintatos. De aquí la importancia de poner al alcance de la fábrica los nutrimentos necesarios que se incorporan de inmediato a los metabolitos al ser aplicados por aspersión en el follaje (Trinidad y Aguilar, 1999).

La efectividad de la fertilización foliar depende en gran medida de la cantidad absorbida de la sustancia a través de la superficie (siendo importante la composición química de las hojas) y su traslado por los conductos floemáticos, requiriendo un gasto de energía metabólica (Suppo, 1982).

4.3.8.1 Mecanismo de absorción de nutrimentos

El proceso de absorción comienza con la aspersión de gotas muy finas sobre la superficie de la hoja de una solución acuosa de nutrimentos en cantidades

convenientes. Estas sustancias nutritivas deben atravesar la cutícula, formada de cutina, aparentemente impermeable por su naturaleza lipofílica, la pared externa de las células epidermales, debajo de la cutícula, que es una mezcla de pectina, hemicelulosa y ceras y tiene una estructura formada por fibras entrelazadas, dependiendo de la textura de éstas es el tamaño de los espacios que quedan entre ellas, llamados espacios interfibrilares. Después de esta capa se tiene al plasmalema o membrana plasmática, que es el límite más externo del citoplasma.

Al ser aplicado el nutrimento este se difunde por los espacios interfibrilares en la pared de las células epidermales (difusión), o bien vía intercambio iónico a través de ectodesmos (ectoteichodes), hasta llegar al plasmalema, lugar donde se lleva a cabo una absorción activa como es el caso de la absorción de nutrimentos por las raíces. En esta absorción activa participan transportadores, que al incorporar el nutrimento al citoplasma de la célula, forman metabolitos que son posteriormente translocados a los sitios de mayor demanda para el crecimiento y rendimiento de la planta. Por lo tanto la absorción foliar de nutrimentos se lleva a cabo por las células epidérmicas de la hoja y no exclusivamente a través de los estomas. (Trinidad y Aguilar, 1999).

4.3.8.2 Factores que influyen en la fertilización foliar

Para el éxito de la fertilización foliar es necesario tomar en cuenta tres factores: los de la planta, ambiente y formulación foliar.

1. Relacionados con la formulación foliar

- Ø **pH de la solución.** El pH de la solución y el ion acompañante del nutrimento por aplicar influyen en la absorción de éste en la hoja. Reed y Tukey (1978), citado por Trinidad y Aguilar, 1999 mencionan que en soluciones de pH ácido favorecen la absorción de fósforo y esta absorción es mayor en el ion acompañante Na^+ , NH_4^+ que con el K^+ .

- Ø **Surfactantes y Adherentes.** La adición de estos a la solución favorece el aprovechamiento del fertilizante foliar, al permitir una mayor superficie de contacto con la hoja y una mejor distribución del nutrimento en la misma, evitando concentraciones de éste en un punto aislado cuando el agua se evapora.
- Ø **Presencia de sustancias activadoras.** Los ácidos húmicos y la urea que desempeñan la función de absorción de fósforo.
- Ø **Concentración de la solución.** La concentración de la sal portadora de un nutrimento en la solución foliar.
- Ø **Cantidad aplicada**

2. Relacionados con el ambiente:

- Ø **Temperatura.** La temperatura influye en la absorción de nutrimentos vía aspersión foliar. Un ejemplo es que el fósforo en las hojas de frijol se absorbe en mayor cantidad a 21 °C que a 14 o 25 °C.
- Ø **Luz.** Para que la planta pueda incorporar nutrimentos en los metabolitos se requiere de un proceso fotosintéticamente activo en la planta.
- Ø **Humedad relativa.** Influye en la velocidad de evaporación del agua que se aplica, una alta HR del medio favorece la penetración de los nutrimentos al mantener húmeda la hoja.
- Ø **Hora de aplicación.** Los nutrimentos deben aplicarse muy temprano o muy tarde, según las condiciones de la región, para evitar evaporación por calor.
- Ø **Viento.** La dirección y la intensidad principalmente.

3. Relacionados con la planta:

- Ø **Edad de la planta y Hoja.** Las plantas y hojas jóvenes son las que tienen mayor capacidad de absorción de nutrimentos.

∅ **Especies de plantas.** Principalmente se refiere al grado de cutinización y/o lignificación de las hojas, ya que a mayor cutinización o lignificación y presencia de ceras en las hojas, habrá menor facilidad de absorción del nutrimento.

La aplicación foliar se realiza con aspersiones aéreas por medio de pulverizados específicos. En estas aspersiones se suele combinar la práctica de fertilización con las prácticas terapéuticas del cultivo: tratamiento con productos insecticidas y fungicidas. La aplicación foliar es un medio tanto de corrección complementaria de fertilización como una forma única de suministro de algunos elementos, principalmente de los micronutrientes como el Zinc, Manganeso, Cobre, Boro, Molibdeno y eventualmente Hierro (Rodríguez Suppo, 1982).

Actualmente se están utilizando las aplicaciones foliares con reguladores de crecimiento a base de citoquininas, auxinas y enzimas que estimulan el crecimiento y germinación, que además contiene microelementos como Fe, Zn y Mn.

4.3.9 Fertilización en Brócoli.

En la región del bajo mexicano la fertilización más utilizada y recomendada es la siguiente:

TABLA No. 11. FERTILIZACIÓN UTILIZADA EN LA ZONA DEL BAJÍO.

MACRONUTRIENTES PRIMARIOS		MACRONUTRIENTES SECUNDARIOS	
Elemento	kg	Elemento	kg
Nitrógeno	350	Calcio	30
Fósforo	105	Magnesio	25
Potasio	70		

Fuente: Sakata, 2001.

1ª. Fertilización: Esta se realiza al momento del surcado, se incorporan 500 Kg. de la fórmula 10-21-10, con un total de 20 N, 105 P, 50 K, kilogramos por hectárea.

2ª. Fertilización: Se realiza de 20 a 25 días después de la plantación con 400 Kg. de Nitrato de Amonio y 50 Kg. de Nitrato de calcio con un total de 141 N, y 20 K, kilogramos por hectárea.

3ª Fertilización: Se realiza a los 50 días después de plantado con 400 Kg. de Nitrato de amonio y 50 Kg. de Nitrato de calcio con un total de 141 N, 20 K unidades por hectárea.

El pH del suelo debe oscilar entre los 5.5 a 7.5 siendo el óptimo 6.5

El pH del agua debe ser de alrededor de 7.0

La CIC: Su mejor rango debe ser menor de 5 meq.

La CE: Su mejor rango es menor de 1.5.

(Sakata, 2001).

En esta misma región, se ha adoptado la práctica de la fertirrigación, en cultivos de brócoli, apio y col, para favorecer el desarrollo del cultivo y evitar la acumulación de nitratos, que generan primero la acidez del suelo, y en casos extremos pueden lixiviarse hacia el subsuelo, causando la contaminación de los mantos acuíferos y hasta el efecto invernadero que se relaciona con el ciclo del nitrógeno y el resultado a partir de la implementación de esta práctica ha sido aceptable, al lograr reducir considerablemente las aplicaciones de , nitrógeno y al mismo tiempo incrementar la producción de brócoli hasta alcanzar un promedio de 20 ton/ha., en tres cortes destinados para el congelado (Burgueño, 1997).

Otras fórmulas utilizadas se muestran en la Tabla No. 12.

TABLA No. 12. FÓRMULAS DE FERTILIZACIÓN RECOMENDADAS

COMPAÑIA	FÓRMULAS RECOMENDADAS
INIFAP	120 – 80 - 0
Mar Bran	400 – 138 - 0
BirdsEye	500 – 138 - 0
Gigante Verde	500 – 138 – 0
Expo Hori	500 – 138 - 0

Fuente: Valadez, 1994.

Al experimentar con la variedad Southern Comet, aplicando diferentes tratamientos de fertilización con N, P y K, se demostró que al aumentar la proporción de N, se incrementó el peso de cabeza, diámetro de tallo y total de flósculos, clorofila, raíz y ápice, obteniéndose plantas altas y de buena calidad, pero disminuyeron los días de maduración a la cosecha; incrementando el fósforo, se incrementó el rendimiento pero en menor grado (López, 1991).

4.3.10 Estudios sobre fertilización en brócoli.

Trabajando con diferentes cultivares de brócoli para evaluar efectos del espaciamiento y proporción de N sobre el rendimiento, % de tallo hueco, diámetro y peso de cabeza. El espaciamiento fue de 20, 30 y 40 cm. El rango de N fue de 0, 112, 168 y 224 Kg. de N/Ha utilizando nitrato de amonio como fuente de N antes de la plantación se aplicó la mitad del N. Los resultados fueron que al aumentar la proporción de N se incrementó el rendimiento, tallo de cabeza (diámetro y peso) y la aparición de tallo hueco y con espaciamiento menor y densidad mayor, se incrementó el rendimiento, disminuyendo el tallo de cabeza (diámetro y peso) y la aparición de tallos huecos. (López, 1991).

En experimentos de campo, en Polonia se estudió el efecto de fertilización de N (100, 200, 400 y 600 Kg. de N/Ha) e irrigación en la producción y calidad de brócoli. El brócoli para la cosecha de otoño solo se producía bajo temporal. La cantidad de N residual en la capa de tierra de 0-60 cm. era incluido. El N a 200, 400 y 600 Kg./Ha.

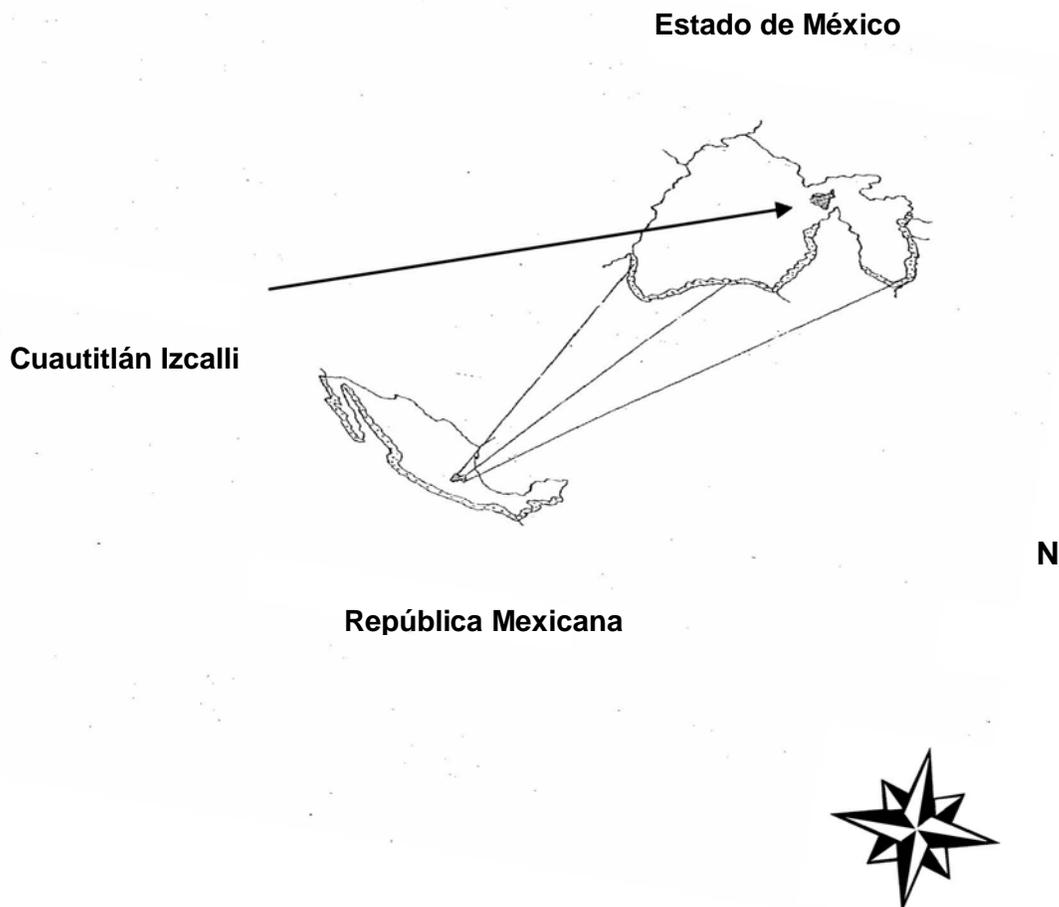
fueron aplicados en el trasplante y dividido por partes en lapsos de tiempo, los 100 Kg./Ha. se aplicó solo en el trasplante. La irrigación y las proporciones más altas de N (400 y 600 Kg./Ha.) incrementaron el peso de la planta y rendimiento del brócoli, acelerando la formación de cabezas y el tiempo de cosecha. Las aplicaciones por partes no incrementaron en rendimiento cuando son aplicaciones en banda y precedido de un trasplante alto y una taza de N (400 y 600 Kg./Ha.) pero fue ventajoso a un trasplante de una taza de 100 Kg. de N/Ha. El rango óptimo de Nitrato contenido en el suelo 25 días antes de la plantación fue de 209-297 mg/L, cuando la irrigación fue aplicada y 112 a 204 mg/L solo para temporal. Para la aplicación espaciada de N, el rango óptimo fue más bajo de 88 – 179 mg/L y fue igual que para los tratamientos no irrigados. Bajo la influencia de irrigación y tazas muy altas de N, las cabezas de brócoli son más atractivas en su color verde, pero los tallos son huecos, efecto que se extendió para ese tratamiento. Con alta fertilización nitrogenada el contenido de azúcar incrementó, pero el nivel de ácido ascórbico y la fibra dietética disminuye. El nitrato contenido en las cabezas de brócoli también se incrementó cuando las proporciones de N elevadas fueron aplicadas. La irrigación con bajo contenido de nitrato, considerando azúcar, ácido ascórbico y los beta carotenos contenidos no cambiaron comparados con el brócoli de tratamientos no irrigados (Babik, 2002).

V MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Localización del Sitio Experimental.

El Municipio de Cuautitlán Izcalli está situado dentro de la Provincia Geológica del Eje Neovolcánico, donde las elevaciones que se pueden observar al suroeste y al este del Municipio forman parte de las estribaciones de las sierras de Monte Alto y Monte Bajo, al suroeste la Sierra de Guadalupe separa el Valle de Cuautitlán del Valle de Tlanepantla (Figura No. 1).

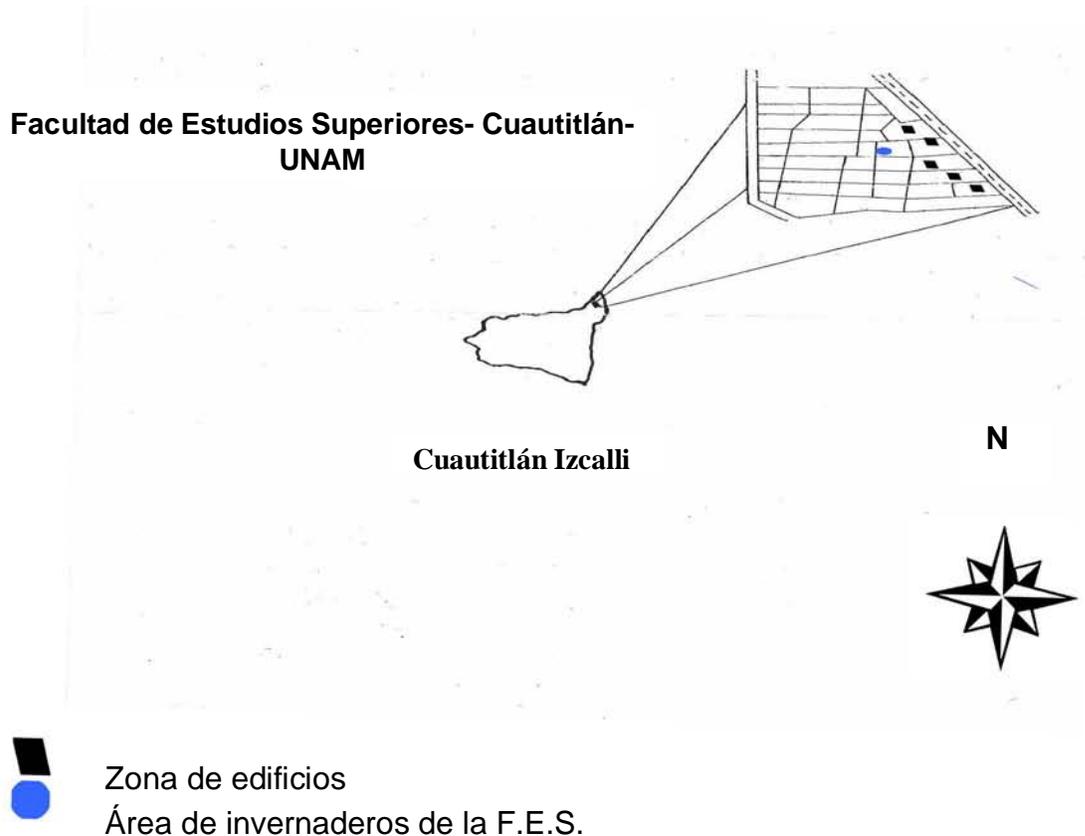
FIGURA No.1
UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL MUNICIPIO DE CUAUTITLÁN IZCALLI,
LUGAR DONDE SE REALIZÓ EL EXPERIMENTO



Las instalaciones de la F.E.S. – Cuautitlán se ubican dentro del Municipio de Cuautitlán Izcalli, al noroeste de la Cuenca del Valle de México y al oeste de la Cabecera del Municipio de Cuautitlán, Estado de México, sobre el Km. 2.5 de la carretera Cuautitlán-Teoloyucan. (Flores, 1998).

El experimento se realizó en la parcela No. 12, ubicada atrás del área de los invernaderos (Figura No. 2). Ésta se encuentra situada entre los 19° 37' y los 19° 45' de Latitud Norte y los 99° 07' y 99° 14' de Longitud Oeste y a una altitud de 2250 msnm. Limita al norte con el municipio de Teoloyucan, al sur y al este con Cuautitlán México y al oeste con Tepotzotlán.

FIGURA No. 2
UBICACIÓN DE LAS UNIDADES EXPERIMENTALES EN LA FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN, UNAM



5.2 Condiciones Ambientales.

Según la clasificación de Köppen, modificado por García, corresponde a la región un clima C (Wo) (W) b(i') que corresponde al tipo templado, el más seco de los subhúmedos, con régimen de lluvias en verano y seco en invierno, menos del 5% de la precipitación anual. Con un verano largo y fresco y oscilación térmica entre 5 y 7 °C (Ver Anexo 6) (García, 1973).

La temperatura media anual es de 15.7 °C con una oscilación media mensual de 6.5 °C, el más frío es enero, con una temperatura promedio de 11.8 °C, presentándose una mínima promedio de 2.3 °C y hasta temperaturas bajo 0 °C; el mes de junio es el más caliente con temperaturas promedio de 18 °C, aunque se presenta una temperatura máxima promedio de 26.5 °C en el mes de abril.

El promedio de horas frío oscila entre 800 y 820 al año y la constante térmica o grados calor promedio es de 1250 anualmente.

Con relación a la radiación solar promedio mensual, se presenta la mayor intensidad en la época de primavera y la menor en la época invernal. Esto es producto de la posición de la superficie terrestre con respecto a los rayos solares, así como la latitud de la zona; se observa un máximo valor en mayo de 537.95 cal/cm²/día, disminuyendo de junio a septiembre por la presencia de nubes y así paulatinamente en los siguientes meses del periodo invernal, siendo diciembre el que tiene el menor valor con 388.18 cal/cm²/día. El valor promedio anual fue de 470.67 cal/cm²/día (Flores, 1998).

El promedio anual de días con heladas es alto (64 días) abarcando desde octubre hasta abril, sin embargo son más frecuentes en diciembre, enero y febrero. Las heladas tempranas se pueden presentar entre el 8 y 10 de septiembre y las tardías hasta el mes de mayo (De la Teja, 1982).

La precipitación media anual es de 605 mm concentrándose en el verano; durante los meses de mayo a octubre, siendo el mes de julio el más lluvioso con 128.9 mm y febrero el mes más seco con 3.8 mm. La frecuencia de granizadas es baja, se observa en verano principalmente.

5.3 Condiciones Agrológicas.

Los suelos según la FAO-DETENAL, (1981) se clasifican como vertisoles pélicos, presentan una textura fina, son arcillosos y pesados, cuando están húmedos son muy plásticos y adhesivos, difíciles de manejar. Cuando se encuentran secos son muy duros y forman grietas y pueden ser impermeables al agua de riego y/o de lluvia. El pH varía 6 a 7 (Colegio de Postgraduados, 1977).

Los suelos de la FES- Cuautitlán, como la mayoría de los suelos de esta zona, son de formación aluvial y se originaron a partir de depósitos de material ígneo, derivados de las partes altas que circundan la zona (Eje Neovolcánico), son suelos profundos con más de 1m de profundidad (Ver Cuadro No. 1).

CUADRO NO. 1. ANÁLISIS DE SUELO DE LA PARCELA DEL EXPERIMENTO, REALIZADO EN EL LABORATORIO DE SUELOS DE INGENIERÍA AGRÍCOLA, A UNA PROFUNDIDAD DE 0-20 Y 20-40 CM EN LA F E S – CUAUTITLÁN, UNAM.

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS		PPROMEDIO
Arenas	%	37.56
Limos	%	28.64
Arcilla	%	33.80
Clasificación Textural		Migajón Arcilloso

CARACTERÍSTICAS QUIMICAS		PPROMEDIO
pH (real)		7.0
pH (potencial)		6.8
M.O.	%	2.88
N	%	.22
P	ppm	6.41
K	ppm	16.15
Na	ppm	20.50
Ca	meq./100 g	8.075
Mg	meq./100 g	4.055
C.I.C.T.	meq./100 g	11.26
Conductividad Eléctrica	Mmhos/cm	.79
Espacio Poroso	%	52.17
Densidad Real	g/cm ³	2.238
Densidad Aparente	g/cm ³	1.225

Fuente: Laboratorio de suelos, 2003.

Puede considerarse que estos suelos planos, profundos y arcillosos como textura dominante, son de buena calidad agrícola y pueden ser explotados intensivamente sin perder sus características físicas, químicas y biológicas, si se le da un manejo adecuado para su conservación.

5.4 Materiales.

1. Agua
2. Aspersores.
3. Azadones.
4. Báscula.
5. Bolsas de plástico
6. Brocha
7. Cal
8. Cinta métrica
9. Cuchillo o navaja
10. Madera (estacas y letreros)
11. Manguera para riegos.
12. Mecahilo para delimitar.
13. Mochila aspersora.
14. Palas.
15. Pintura
16. Probetas
17. Rastrillos.
18. Cema (Trampas Caracoles)
19. Semilleros de poliestireno con 200 cavidades.

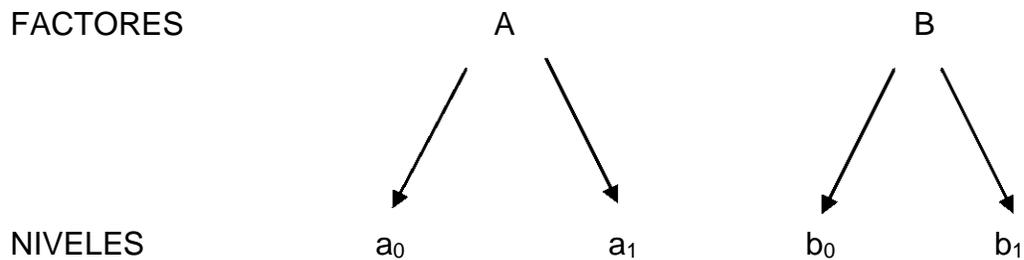
5.5 Insumos Agrícolas.

1. **Semilla:** Híbrido Patriot
2. **Sustrato:** Terra-Lite.
3. **Fertilizantes:**
 - a. **Granulados**
 1. Nitrato de amonio ($\text{NO}_3 \text{NH}_4$)
 2. Superfosfato de calcio simple ($(\text{PO}_4)_2 \text{H}_4\text{Ca}$)
 - b. **Foliar**

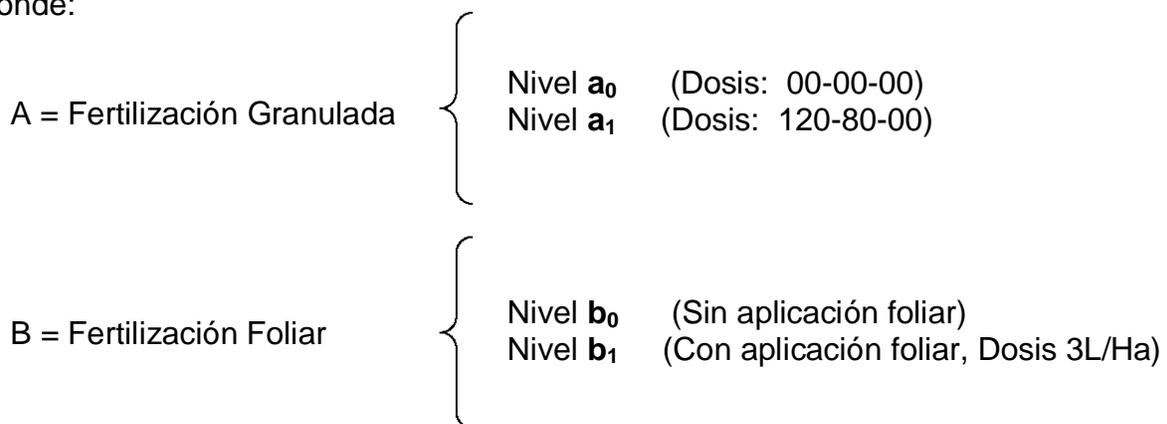
Nombre Comercial: Bayfolan Forte
4. **Insecticida: Neem (Orgánico).**

5.6 Diseño Experimental.

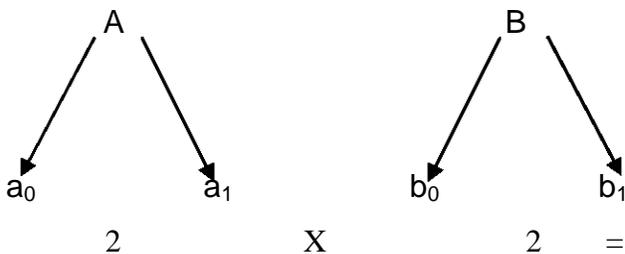
El diseño experimental empleado en la presente investigación fue un factorial 2^n , con $n=2$ factores estudiados y la base 2 que simboliza los 2 niveles de cada uno de los factores, con un arreglo completamente al azar. Con 4 tratamientos y 8 repeticiones.



Donde:



Entonces:



a₀ b₀ ; a₀ b₁	00, 01
a₁ b₀ ; a₁ b₁	10, 11

4 combinaciones
de tratamientos

CUADRO No. 2 ARREGLO DE LOS TRATAMIENTOS DE ACUERDO AL DISEÑO EXPERIMENTAL UTILIZADO.

	FACTOR 1	FACTOR 2	
	FERTILIZACIÓN GRANULADA	FERTILIZACIÓN FOLIAR	TRATAMIENTOS
	00-00-00 (a ₀) 120-80-00 (a ₁)	0 L/Ha (b ₀) 3 L/Ha (b ₁)	a ₀ b ₀ , a ₀ b ₁ a ₁ b ₀ , a ₁ b ₁
No. DE NIVELES	2	2	4 Tratamientos en Total

Fuente: Garibay, 2003.

El modelo estadístico de este diseño es:

$$Y_{ij} = u + T_j + e_{ij}$$

Donde:

u = efecto general

T_j = efecto de tratamientos

E_{ij} = error experimental

i = 1,2,3...t (tratamientos)

j = 1,2,3...r (repeticiones)

5.7 Especificaciones de los Tratamientos.

Los tratamientos a evaluar son los que se muestran en el Cuadro No. 3.

CUADRO No. 3 TRATAMIENTOS OBTENIDOS.

TRATAMIENTO		SIMBOLOGÍA	UNIDADES
Sin Fertilizar	T1	$a_0 b_0$	1,8,10,15,17,24,26 y 31
Fertilización Granulada únicamente (Dosis 120-80-00)	T2	$a_1 b_0$	3,6,12,13,19,22,28 y 29
Fertilización Foliar con Bayfolan Forte únicamente (Dosis 3 L/Ha)	T3	$a_0 b_1$	2,5,11,16,18,21,27 y 32
Fertilización granulada + Fertilización Foliar (Dosis 120-80-00 + Bayfolan 3 L/Ha.)	T4	$a_1 b_1$	4,7,9,14,20,23,25 y 30

Fuente: Investigación directa.

5.8 Unidad Experimental.

Cada unidad experimental constó de 2.5 m de largo por 3 m de ancho, teniendo un total de una superficie de 7.5 m² y 60 cm. de calles o pasillos entre unidades. Sin contar éstos últimos se tuvo un área útil de 240 m². Los surcos del centro, de cada unidad experimental, son los que se tomaron como competencia completa y fueron considerados como parcela útil.

5.9 Distribución de los Tratamientos

Se tuvieron un total de 32 unidades experimentales. La distribución de estos se puede observar en el Anexo No. 7.

5.10 Conducción del Experimento.

El experimento se realizó en el año 2003 (Ver Anexo No. 8).

5.10.1 Preparación del terreno: Barbecho y rastra actividades realizadas por personal del área de maquinaria, en el mes de marzo. Se dividió el terreno en 32 unidades experimentales de 3 m de ancho X 2.5 m de largo.

5.10.2 Siembra: se realizó el día 24 de abril, en semilleros de poliestireno, colocando una semilla por cavidad, a una profundidad de tres veces el tamaño de la semilla. Terra-Lite fue el sustrato utilizado. Las charolas se colocaron en el invernadero del área de hidroponia, durante 40 días. Manteniendo la humedad necesaria para las plantas. Las plántulas comenzaron a emerger a los 10 días de la siembra.

5.10.3 Trasplante: el trasplante se efectuó el día 5 de junio cuando las plántulas presentaban su cuarto par de hojas verdaderas. Esta actividad se realizó cuidando de no maltratar a la plántula, por tal motivo, se trasplantó con todo y el cepellón, y por la tarde para evitar que éstas se deshidratan por el calor. El trasplante fue a una sola hilera

5.10.4 Escardas: La primera fue el 16 de junio, la segunda el 27 de junio, la tercera el 11 de Julio y la cuarta el 27 del mismo mes. Esta actividad se realizó en forma manual con azadones.

5.10.5 Riegos: El primer riego se hizo inmediatamente después del trasplante, éste fue pesado. Posteriormente sólo se regó cuando no se presentaron las lluvias.

5.10.6 Deshierbes: Los deshierbes se realizaron en forma manual, en tres ocasiones el 1° el 16 de Junio, el 2° el 28 de Junio y el 3° el 22 de julio. La maleza dominante fueron las siguientes:

- § Chayotillo (*Sicyros angulata*)
- § Verdolaga (*Portulaca oleracea*)
- § Coquillo (*Cyperus spp*)
- § Quelite (*Amaranthus spp.*)
- § Malvas (*Malva parviflora*)
- § Acahual (*Simsia amplexicaulis*)

5.10.7 Control de Plagas y Enfermedades: Afortunadamente en la etapa de semillero las plántulas no sufrieron el ataque de plagas y de enfermedades.

El control de caracoles, se hizo manualmente colocando trampas de cema húmeda por la mañana, para atraerlos y por la tarde se revisaban, además de aplicar cal en la orilla de la parcela para evitar el paso de éstos.

Para el control de la mariposa blanca, de la mariposa dorso de diamante en estado larvario y de pulgones, se realizaron 4 aplicaciones del insecticida orgánico Neem (1ª. el 26 de junio, 2ª. el 7 de julio, 3ª. el 14 de julio y 4ª. el 27 de Julio y la dosis utilizada fue de 6.8 cc de Neem /5 litros de agua.

5.10.8 Fertilización: La aplicación de los dos tipos de fertilizantes se realizó de la siguiente forma:

Granulada.

Fuente Nitrogenada	Nitrato de Amonio	NO₃ NH₄	Cantidad de N Total 34%
---------------------------	--------------------------	--------------------------------------	--------------------------------

Dosis utilizada: 120 – 80 – 00

Se ocuparon 4.23 Kg. de $\text{NO}_3 \text{NH}_4$ que se aplicaron en dos partes:

Ø En la 1ª. Parte aplicada el 27 de junio se utilizaron 2.115 Kg de $\text{NO}_3 \text{NH}_4$ en total. Por unidad se agregaron 132.18 g de la fuente nitrogenada.

Ø La 2ª parte se aplicó el 11 de Julio, misma cantidad.

Fuente Fosfatada	Superfosfato de Calcio Simple	$(\text{PO}_4)_2 \text{H}_4\text{Ca}$	Cantidad de P Total 18%
------------------	-------------------------------	---------------------------------------	-------------------------

Se utilizaron 5.33 Kg. de $(\text{PO}_4)_2 \text{H}_4\text{Ca}$ en total y a cada unidad que le correspondía se aplicaron 333.3 g de éste. Todo el superfosfato se aplicó en una sola vez, el 27 de junio.

Foliar

Fuente: Bayfolan Forte (Ver Cuadro No. 4)

Dosis Utilizada: 3 L/Ha.

Se realizaron cuatro aplicaciones de Bayfolan Forte:

1. El 23 de junio.
2. El 11 de julio.
3. El 24 de julio.
4. El 8 de agosto.

La cantidad de producto utilizada fue de 36 ml., para cada unidad en las que se requirió.

CUADRO No. 4 ANÁLISIS DE BAYFOLAN FORTE DE BAYER.

ANALISIS GARANTIZADO	PORCENTAJE EN PESO/VOL.
Nitrógeno total (N)	11.470 %
Fósforo (P ₂ O ₅)	8.000 %
Potasio (K ₂ O)	6.000 %
Boro (B)	0.036 %
Cobre (Cu)	0.040 %
Hierro (Fe)	0.050 %
Molibdeno (Mo)	0.005 %
Zinc (Zn)	0.080 %
Clorhidrato de tiamina	0.004 %
Azufre (S)	0.230 %
Calcio (CaO)	0.025 %
Cobalto (Co)	0.002 %
Manganeso (Mn)	0.036 %
Magnesio (MgO)	0.025 %
Ácido indolacético	0.003 %

5.10.9 Cosecha: Esta se realizó a partir del 10 de Agosto. Esta actividad se realizó por las mañanas, con un cuchillo cortando la cabeza principal, posteriormente se trasladaron al laboratorio en carretilla para la toma de datos, que se hizo el mismo día.

5.11 Parámetros Evaluados.

Para obtener los datos, se cosecharon las plantas con competencia completa dentro de la parcela útil, a las cuáles se les tomaron individualmente las siguientes medidas:

- ✓ **Peso por unidad experimental.** Se tomó el peso de las cabezas de las plantas útiles (7) de cada unidad experimental. El valor se expresó en kilogramos.

- ✓ **Peso de la cabeza principal,** para tal efecto se utilizó una báscula electrónica los valores se expresaron en gramos.

- ✓ **Diámetro de la cabeza principal,** la cabeza se midió en forma radial y ecuatorial, es decir, en forma cruzada. Los valores fueron dados en centímetros.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Los resultados se analizaron con el paquete Estadístico S.P.S.S. for MS WINDOWS

En el experimento realizado, para evaluar las variables Peso de la Cabeza Principal, Diámetro Radial y Diámetro Ecuatorial de la cabeza de brócoli, según el tipo de fertilizante y dosis se obtuvieron los siguientes resultados.

✓ PCP (PESO DE LA CABEZA PRINCIPAL)

En el Cuadro No. 5 se simplifican los datos arrojados por el análisis de varianza de la variable dependiente PCP.

CUADRO No. 5 ANÁLISIS DE VARIANZA DEL PCP.

FUENTE DE VARIACIÓN	GRADOS DE LIBERTAD	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F _c	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	3	152722.628	50907.543	2.724	.063
FG	1	120037.750	120037.750	6424	.017
FF	1	2.531E-02	2.531E-02	.000	.999
Interacción FG*FF	1	32684.853	32684.853	1.749	.197
Error	28	523236.366	18687.013		
Total	32	6618156.190			
Total Corregido	31	675958.995			

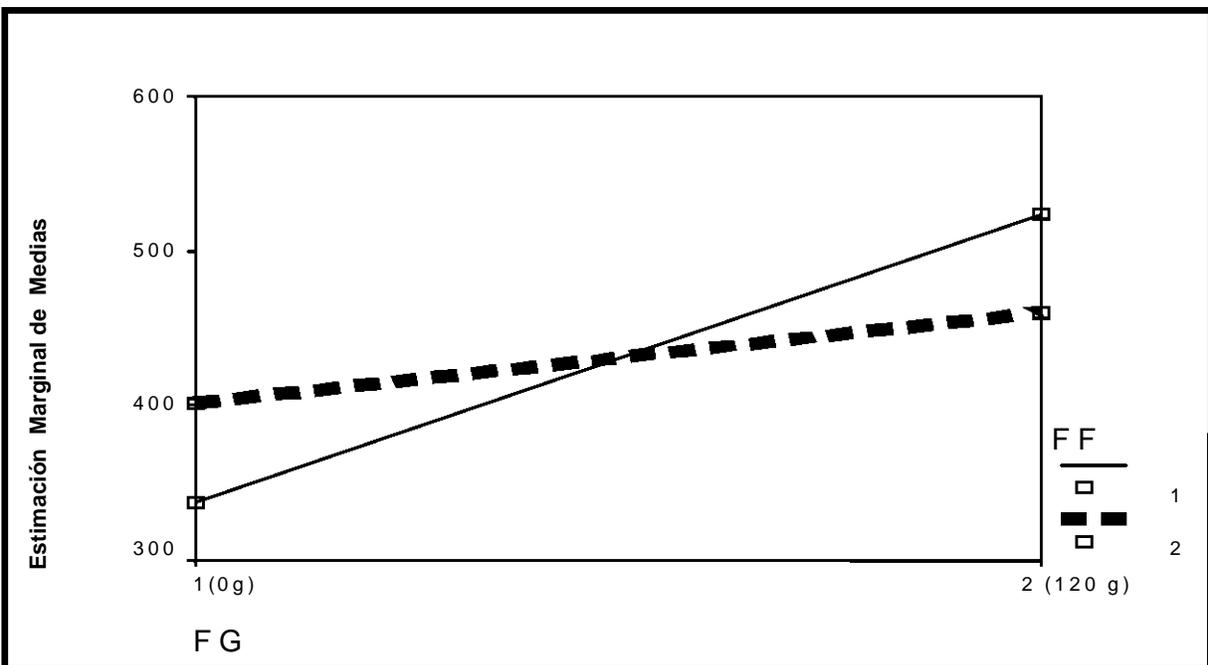
Fuente: Programa Estadístico SPSS

En este cuadro de análisis de Varianza referente a la variable Peso de la Cabeza Principal, se encontró que para FG (Fertilización Granulada) se tuvo una significancia

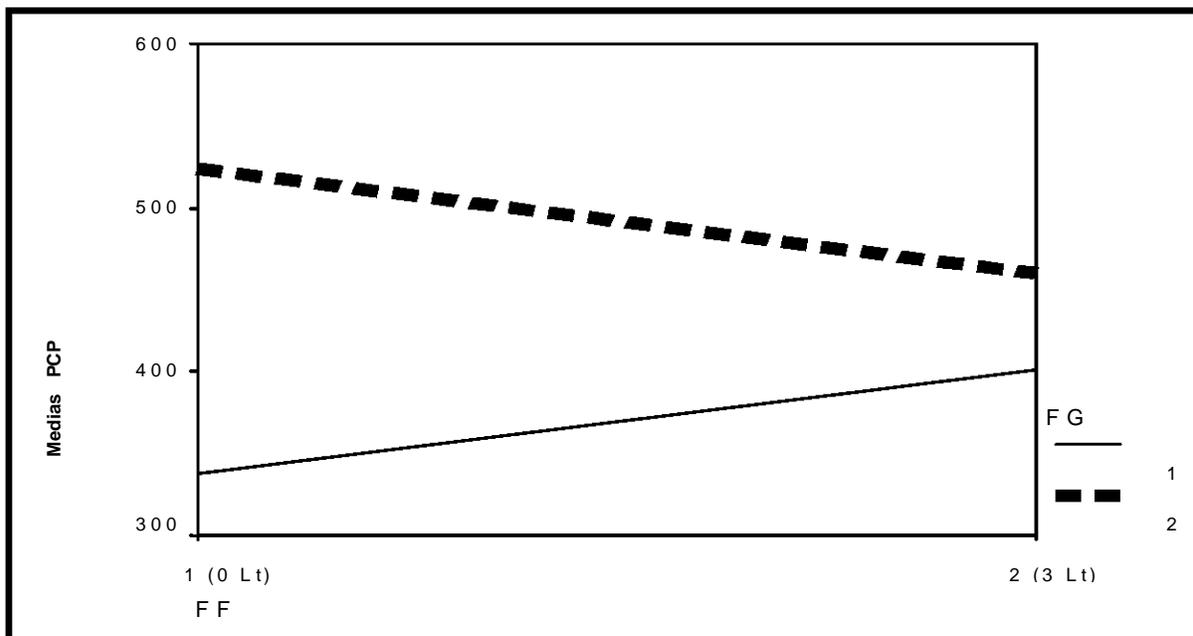
en el 0.05, mientras que para FF (Fertilización Foliar) y la Interacción FG + FF no se tuvo significancia, esto se muestra gráficamente en la Estimación Marginal de Medias ya que el testigo presentó una media de 337.687 (Ver Anexo No. 9). El Tratamiento a dosis de 120-80-00 indica una media de 524.100 g siendo el valor más alto representado en la Gráfica No. 1, lo que permite tener significancia. El tratamiento de 3 L/Ha. obtuvo una media de 401.662 g y la interacción 460.237 g indicando todos estar más bajo que el Tratamiento 120-80-00.

El Gráfico No. 1 indica el comportamiento de la Variable PCP direccional con nivel 0 L de Foliar y por otro lado el de 3 L/Ha. mostrando que en determinado momento se intersectan las dos líneas en sus diferentes niveles de fertilización; despuntando el tratamiento sin dosis foliar.

Gráfica No. 1. Estimación Marginal de Medias de PCP.



Gráfica No. 2. Medias de PCP

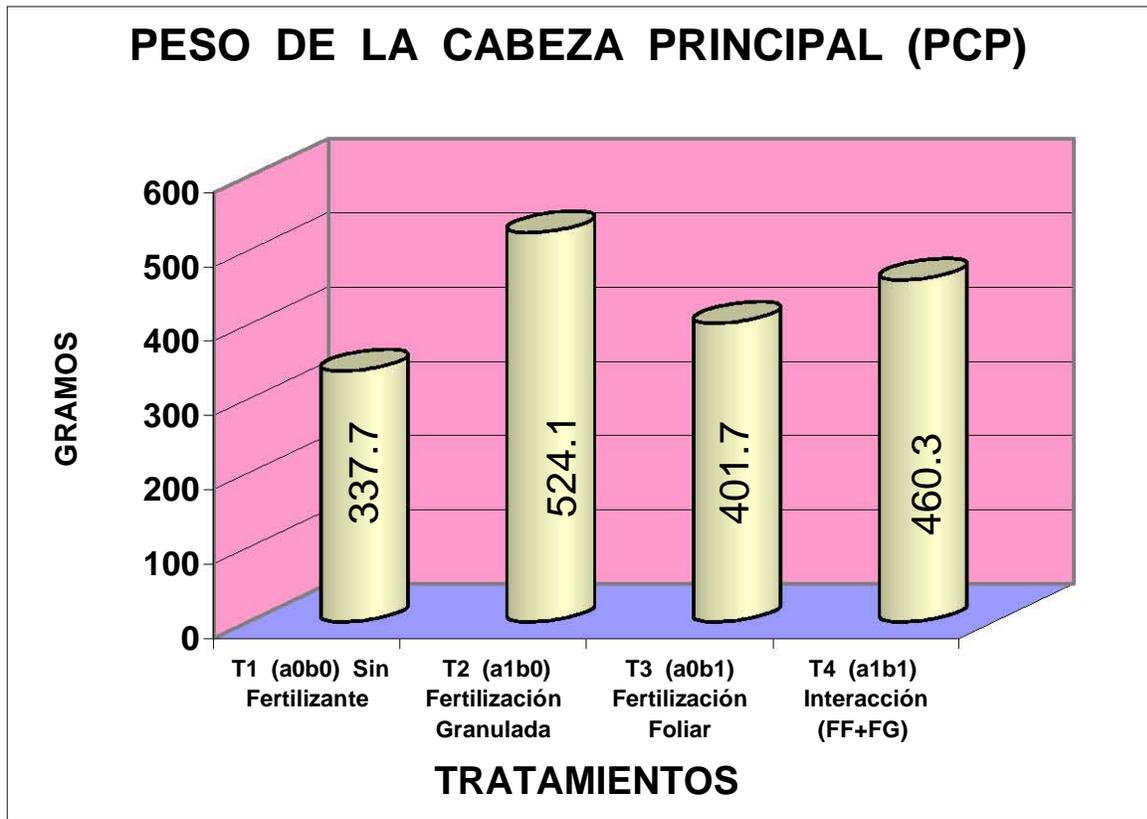


El Gráfico No. 2 muestra al igual que la dosis a 120-80-00 es el que tiene mayor significancia en Peso de la Cabeza Principal, la Interacción de tratamientos es la que sigue con 460.237 g sin llegar a ser significativo.

Estos dos gráficos nos permitieron visualizar los resultados de fertilización en el cultivo destacando la diferencia en rendimiento de las diferentes dosis y formas de fertilización.

Si observamos la Gráfica No. 3 que corresponde a la variable Peso de la Cabeza Principal (PCP) nos muestra claramente que el tratamiento a_1b_0 en el cual se utilizó únicamente la fertilización granulada cuya dosis fue de 120-80-00, se obtuvieron mejores resultados respecto a los demás.

Gráfica No. 3



✓ DRRCP (DIÁMETRO RADIAL DE LA CABEZA PRINCIPAL)

CUADRO No. 6 ANÁLISIS DE VARIANZA CORRESPONDIENTE A LA VARIABLE DEPENDIENTE DRCP

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	Fc	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	39.823 ^a	3	13.274	2.732	.063
FG	26.463	1	26.463	5.447	.027
FF	.228	1	.228	.047	.830
Interacción FG*FF	13.133	1	13.133	2.703	.111
Error	136.031	28	4.858		
Total	6467.470	32			
Total Corregido	175.855	31			

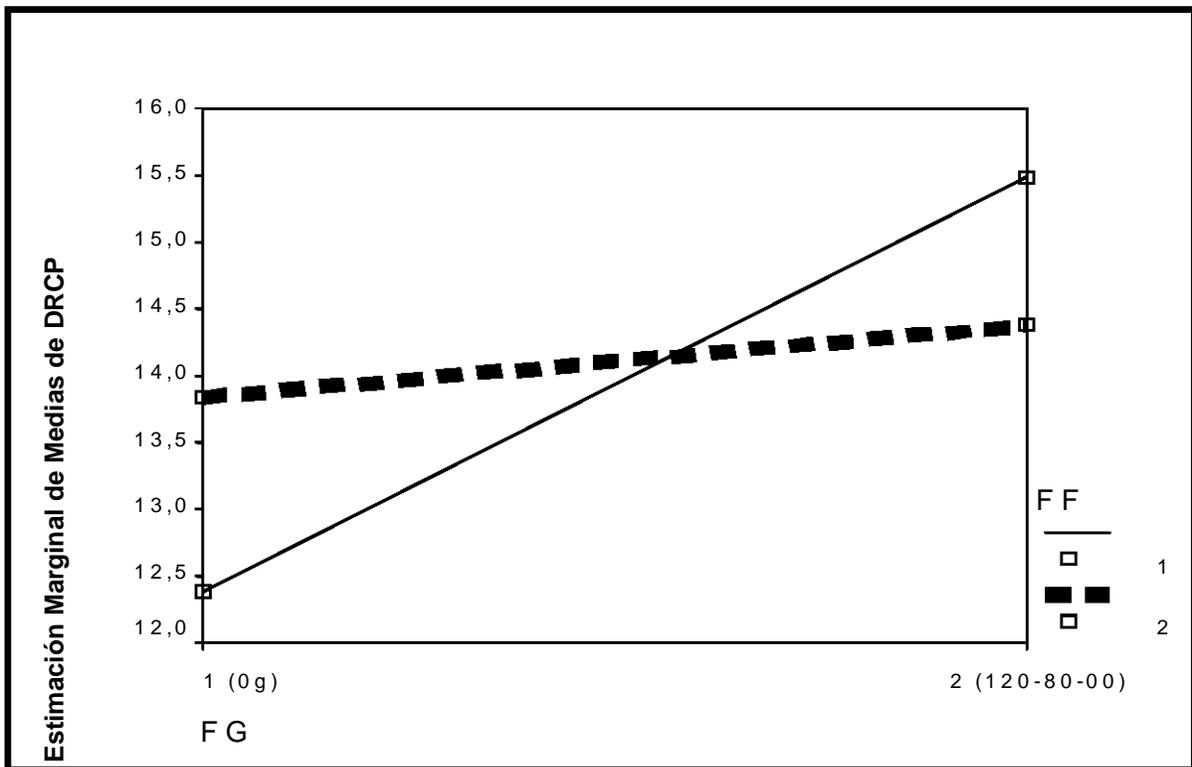
Fuente: Programa Estadístico SPSS

Este cuadro muestra que la Fertilización Granulada fue la que obtuvo significancia, mientras que la FF y la Interacción FG + FF no fueron significativos; esto se muestra en la Gráfica No. 4, de la estimación Marginal de Medias, en la línea de 0 L Foliar se tiene la mayor significancia en valor de 15.488 ya que al analizar este valor corresponde al tratamiento de Fertilización Granulada a dosis de 120-80-00, la gráfica de Estimación muestra que la línea de la dosis 3 L/Ha incluyendo el Tratamiento de interacción llegan a intersectar la línea de 0 L Foliar en determinado punto analizando que en ésta la medida del DRCP llegó a ser cercana en ambos niveles de fertilización, pero más adelante se eleva el valor en el Tratamiento de Fertilización Granulada sin dosis Foliar.

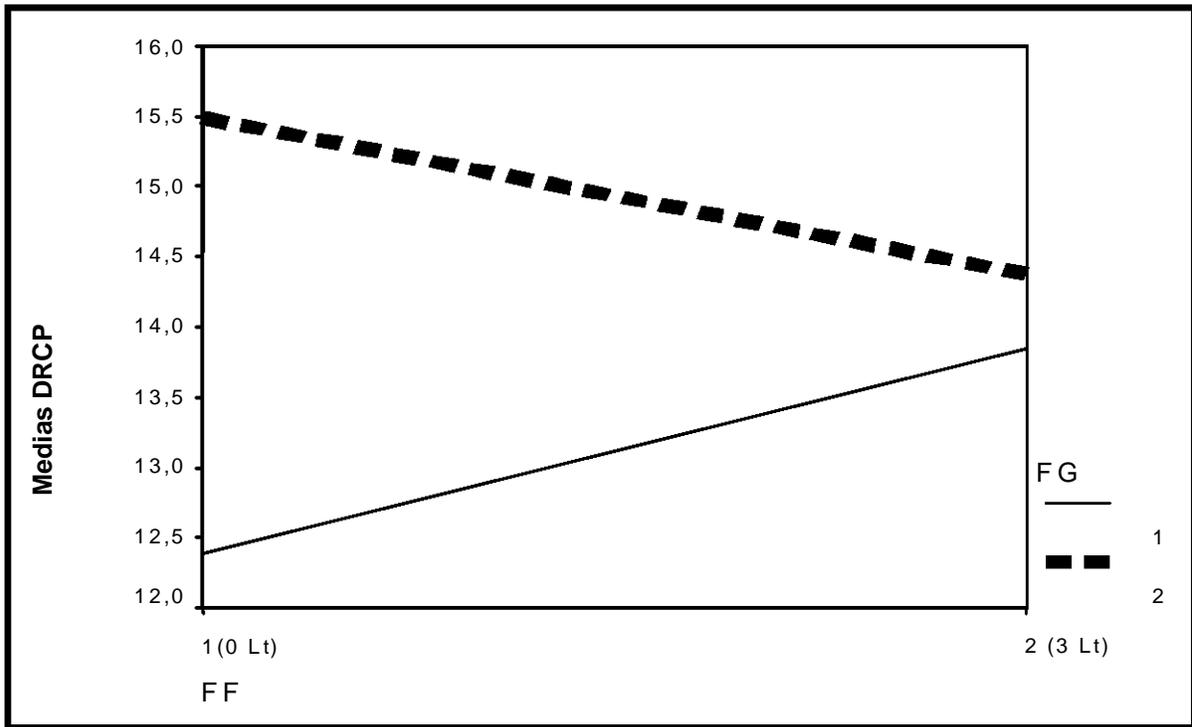
La gráfica de medias del Diámetro Radial de la Cabeza Principal (Gráfica No. 5) muestra más la relación de este parámetro con las dosis y tipos de Fertilización indicando que el testigo obtuvo el rendimiento más bajo con 12.388 cm. (Ver Anexo

No. 9), seguido por el Tratamiento de 3 L/Ha de Foliar, ambos puntos que unen la recta de 0 (cero) aplicación de granulado; la interacción 3 L/Ha de Foliar y 120-80-00 tuvieron 14.375 cm., esto sin tener significancia. El tratamiento que mostró significancia en esta Gráfica de Medias fue el Granulado 120-80-00 con 15.488 cm. de Diámetro Radial de la Cabeza Principal. La interacción y el Tratamiento con 120-80-00 son dos puntos que unen la recta correspondiente a 120-80-00 Granulado.

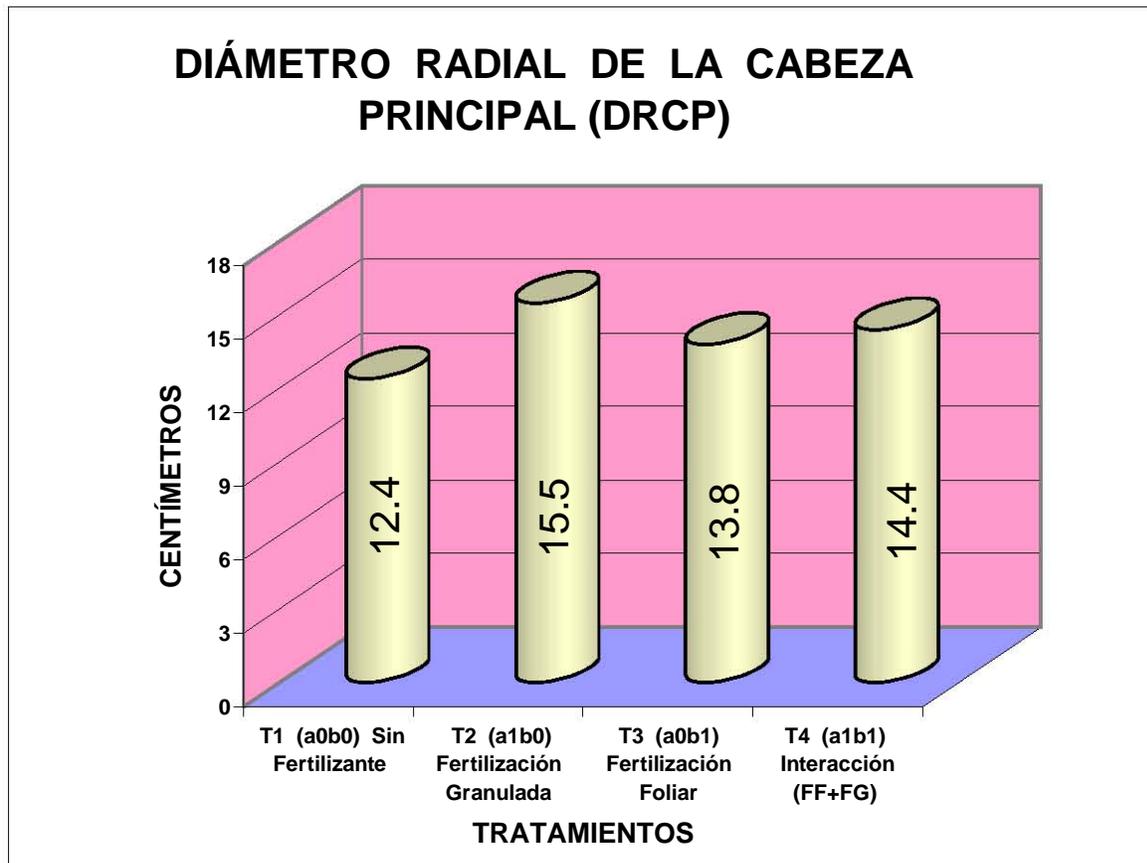
Gráfica No. 4. Estimación Marginal de Medias de DRCP



Gráfica No. 5. Medias de DRCP



Gráfica No. 6



En cuanto a la variable Diámetro Radial de la Cabeza Principal (DRCP), esta gráfica como las anteriores nos indica como el tratamiento más satisfactorio fue el a_1b_0 que fue fertilizado con la dosis 120-80-00, obteniéndose un promedio de diámetro radial de 15.5 cm. por cabeza. Comparado con los resultados de los otros tratamientos, se puede decir que superó tanto al testigo (sin fertilizar) como a los demás.

✓ **DECP (DIÁMETRO ECUATORIAL DE LA CABEZA PRINCIPAL)**

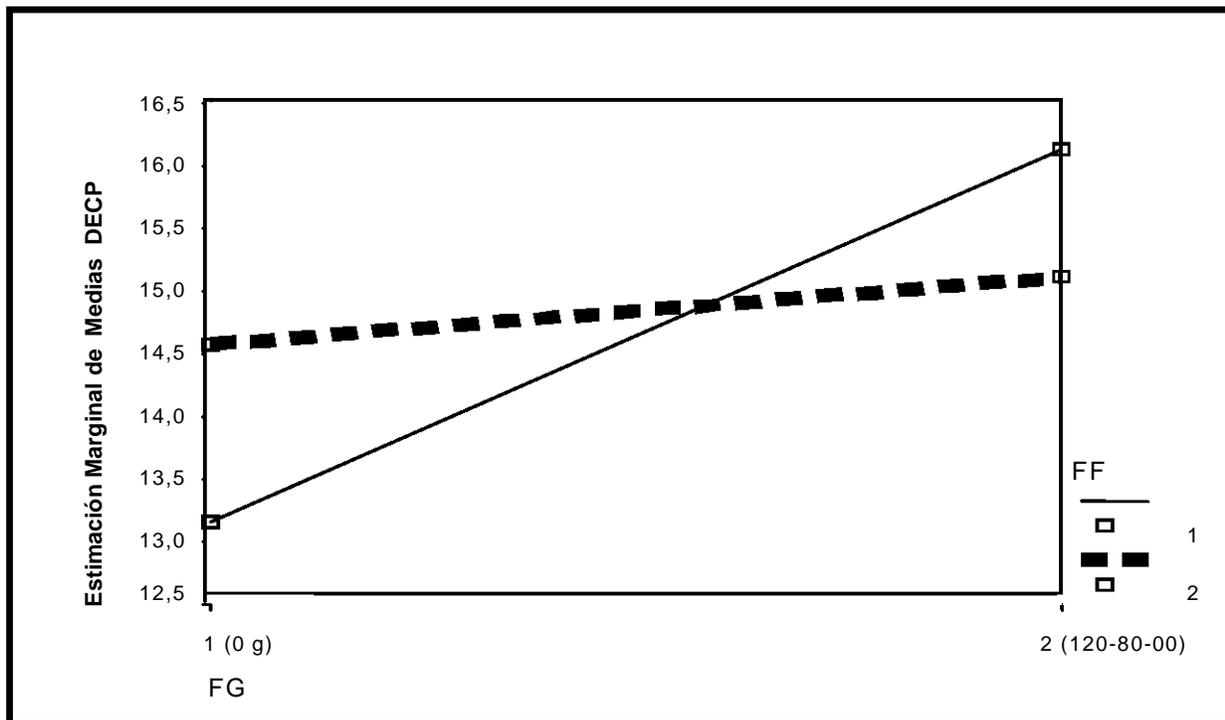
CUADRO No. 7 ANÁLISIS DE VARIANZA CORRESPONDIENTE A LA VARIABLE DEPENDIENTE DRCP

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	GRADOS DE LIBERTAD	MEDIA DE CUADRADOS	Fc	SIGNIFICANCIA
Tratamientos	36.858 ^a	3	12.286	2.335	.095
FG	24.675	1	24.675	4.690	.039
FF	.300	1	.300	.057	.813
Interacción FG*FF	11.883	1	11.883	2.258	.144
Error	147.321	28	5.261		
Total	7143.230	32			
Total Corregido	184.180	31			

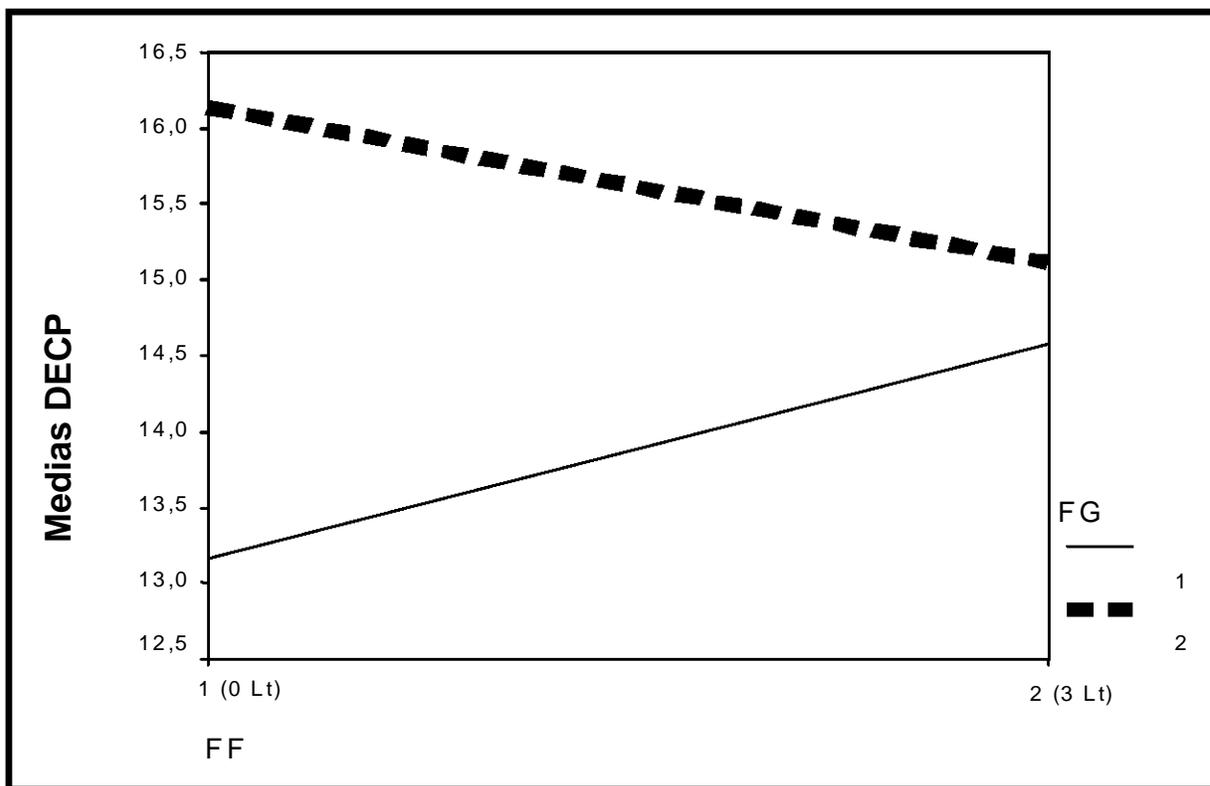
Fuente: Programa Estadístico SPSS

El cuadro No. 7 muestra que FF y FG + FF (Interacción) no mostraron significancia, el único fue FG con un 0.05 de Intervalo de Confianza; las Gráficas de Estimación marginal de Medias y de Medias de DECP (Gráfica No. 7 y 8) nos aclara que al igual que PCP y DRCP, el Tratamiento con mejores resultados y con significancia son 120-80-00 con 16.138 cm. de diámetro Ecuatorial de la Cabeza Principal. Tanto en la línea de 0 fertilizante foliar y la recta de 120-80-00 de este Tratamiento le sigue la Interacción y después el Tratamiento Foliar de 3 L/Ha, ambos sin significancia. El Testigo obtuvo 13.163 cm. (Ver Anexo No. 9).

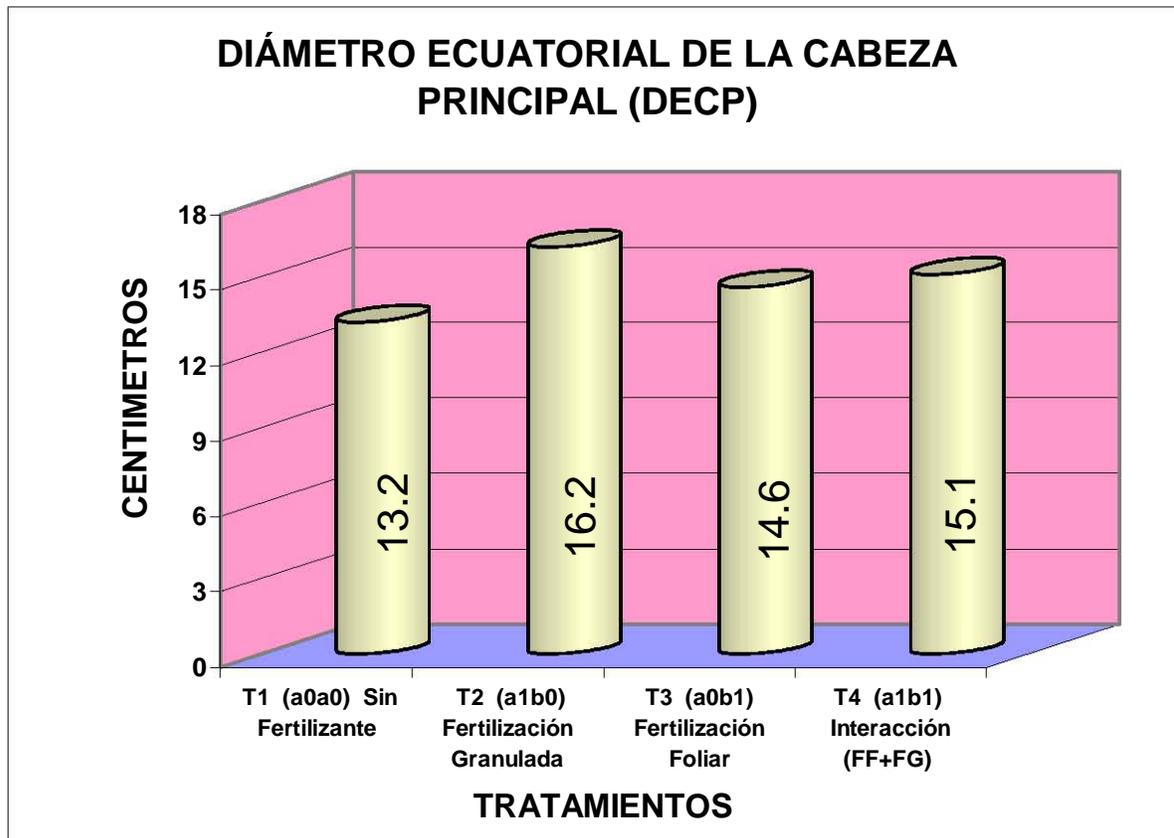
Gráfica No. 7. Estimación Marginal de Medias de DECP



Gráfica No. 8. Medias de DECP



Gráfica No. 9



Para la variable Diámetro Ecuatorial de la Cabeza Principal (DECP), se observó el mismo comportamiento que para las variables anteriores, es decir que el tratamiento a_1b_0 fue el mejor.

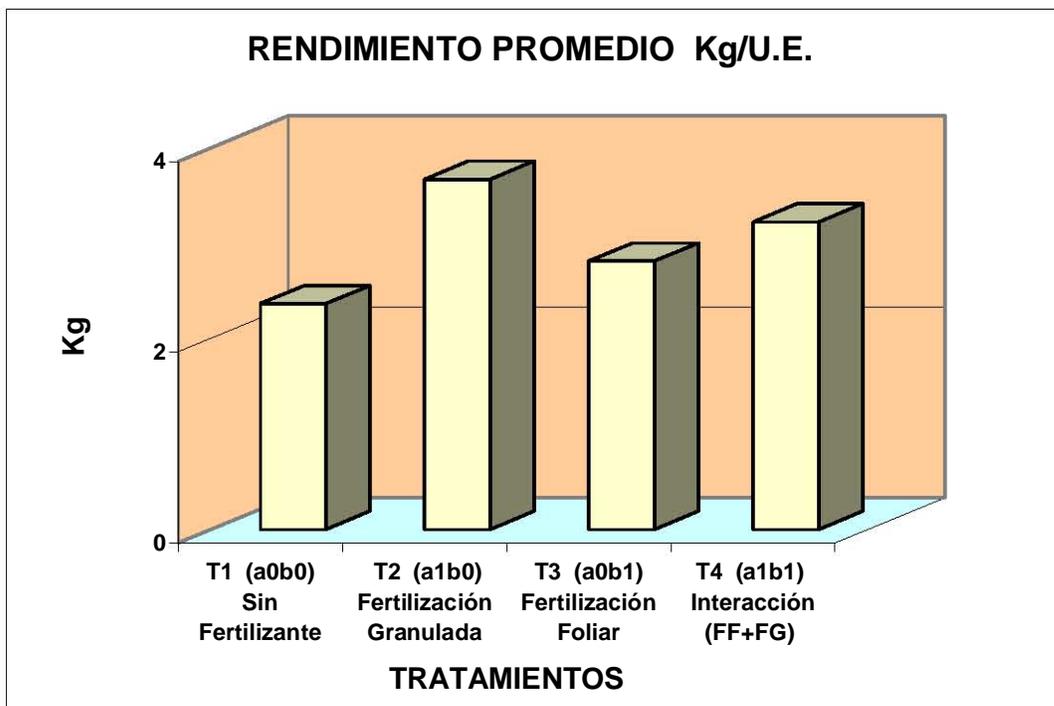
En cuanto al Rendimiento se obtuvieron los resultados que a continuación se muestran en el Cuadro No. 8.

CUADRO No. 8. RENDIMIENTO PROMEDIO

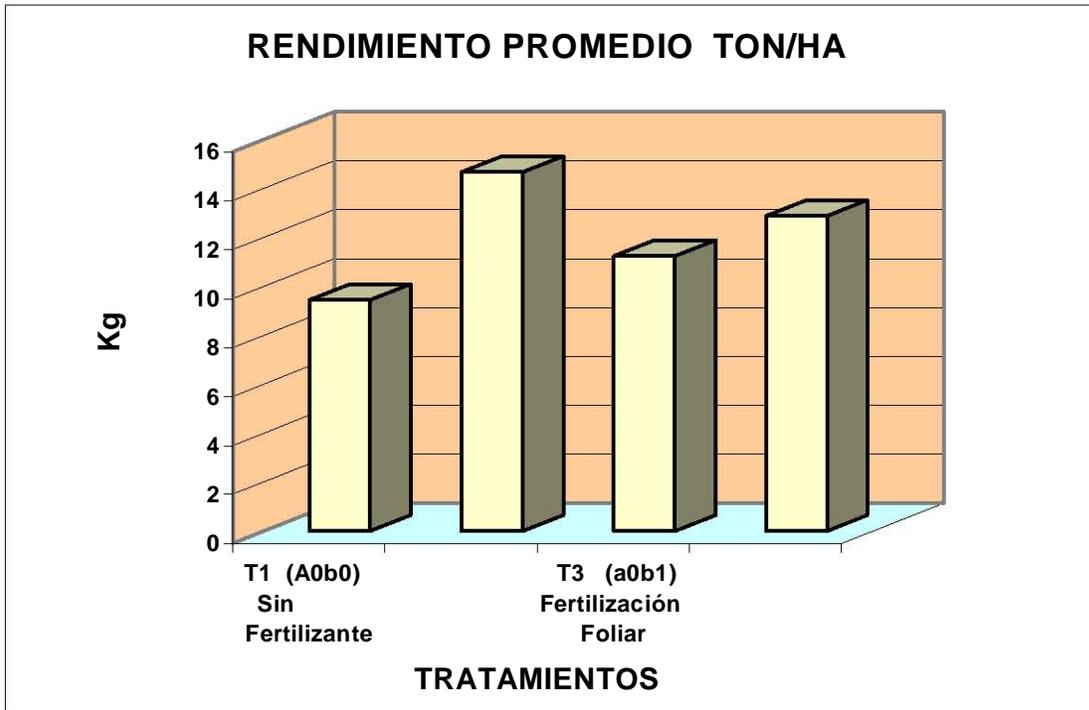
TRATAMIENTOS		RENDIMIENTO PROMEDIO Kg/U.E.	RENDIMIENTO PROMEDIO Ton/Ha.
T1 (a ₀ b ₀)	Sin fertilizante	2.4	9.5
T2 (a ₁ b ₀)	Fertilización Granulada	3.7	14.7
T3 (a ₀ b ₁)	Fertilización Foliar	2.8	11.2
T4 (a ₁ b ₁)	Interacción (FF + FG)	3.2	12.9

Los resultados anteriores se grafican de la siguiente forma:

Gráfica No. 10



Gráfica No. 11



En ambas gráficas se observa que el comportamiento del rendimiento es el mismo que para las variables PCP, DRCP y DECP. Según las gráficas el tratamiento con mayor rendimiento es el **T2 (a₁b₀)** que es el fertilizado con la dosis 120-80-00 granular, dosis recomendada por el INIFAP, lo cual indica que es una dosis aceptable, le sigue el **T4 (a₁ b₁)** que es la Interacción (Fertilización Foliar 3 L/Ha + Fertilización Granulada 120-80-00), enseguida tenemos al **T2 (a₀b₁)** que corresponde a la Fertilización Foliar y por último tenemos a **T1 (a₀b₀)** tratamiento Sin Fertilizar considerado como testigo.

En general podemos decir que el comportamiento para cada una de las variables que se manejaron (PCP, DRCP y DECP) fueron que el tratamiento a₁ b₀ (fertilización granulada) fue el que obtuvo mayor significancia obteniendo una respuesta favorable, en cuanto a rendimiento, así como de las medidas tanto radiales como ecuatoriales y de peso unitario de la cabeza principal, que es el producto que se comercializa, además de presentar características físicas aceptables, seguido por el tratamiento de interacción

3 L/Ha + 120-80-00 luego por el tratamiento de fertilización foliar 3L/Ha y por último el testigo sin fertilización alguna.

Un exceso de nitrógeno perjudica al brócoli, el cual se hace sensible a enfermedades y/o a alteraciones fisiológicas como tallo hueco (relacionado también con el desbalance de boro) y a una mayor incidencia de plagas, principalmente la mariposa dorso de diamante, aún existiendo un valor óptimo para cada especie vegetal, ya que el exceso es un concepto relativo, que es función del fósforo y potasio absorbido por la planta, cuyo incremento permite mayor asimilación nitrogenada (Lazcano, 1996).

Investigaciones sobre la absorción de nutrientes en brócoli reportan rangos de entre 150 y 250 Kg. N/Ha., para cosechas que oscilan entre 10 y 13 ton/ha. (Lazcano, 1996).

El disminuir la cantidad de nitrógeno aumentando las dosis de potasio en suelos con fertilidad media o baja puede tener efectos positivos en el rendimiento y la calidad del brócoli y en suelos de baja fertilidad o desbalance de nutrientes, no se recomienda aplicar grandes cantidades de nitrógeno (más de 400 Kg. de nitrógeno).

Por otro lado el potasio no se utiliza en las cantidades adecuadas para balancear las altas fertilizaciones nitrogenadas (principalmente en la zona del bajío) (Lazcano, 1996). Sin embargo Fuentes (1994), señala que el potasio abunda en la mayoría de los suelos por lo que únicamente hay necesidad de enriquecer cuando el contenido de K_2O es inferior al 2%. Estudios preliminares (Lazcano, 1996) ha encontrado que existe respuesta a potasio en suelos que tradicionalmente presentan valores de suficiencia de este elemento. De hecho se puede afirmar que todavía no se conocen las dosis óptimas de fertilización potásica para el cultivo de brócoli.

La interacción de tratamientos no obtuvo significancia, lo cual indica que el uso de ambos tipos de fertilización no siempre es adecuado, debido a que si queremos proporcionamos una mayor cantidad de nutrientes a la planta, pensando que vamos a obtener mayores rendimientos, esto puede salir contraproducente debido a que la

planta sólo tomará lo que requiere y el sobrante se desperdiciará o bien dañará a la misma, además de que elevará el costo de producción.

Thompson vicepresidente de Monterrey Chemical Company en Memphis, Tennessee (Citado por Eddy, 2000) señala que los fertilizantes foliares no necesariamente proporcionan mayores rendimientos, pero producen hortalizas más grandes.

Así que a medida que aumenta la dosis de fertilizante incorporado al suelo va disminuyendo el incremento de cosecha conseguidos por cada unidad de fertilizante aportada, hasta que llega un momento en que un aumento de la dosis no se traduce en un aumento de la producción (Fuentes, 1994).

VII. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos y bajo las condiciones en que se realizó el experimento se puede concluir lo siguiente:

- ✓ El análisis Estadístico indica claramente que la fertilización granulada cuya dosis fue 120-80-00 recomendada por el INIFAP fue con la que se obtuvieron los mejores resultados en cuanto a rendimiento y diámetro radial y ecuatorial de las cabezas principales del brócoli.
- ✓ La respuesta del Híbrido Patriot a las condiciones edafoclimáticas de la FES Cuautitlán fue favorable debido a que este material se adaptó muy bien a dichas condiciones, lo cual se vio reflejado en el rendimiento y en las características físicas de las plantas.
- ✓ Finalmente el resultado obtenido por esta tesis afirma que la fórmula 120-80-00 sugerida por el INIFAP para zonas productoras de brócoli en México y aunado al material vegetal utilizado Híbrido Patriot nos dio una producción de 14.7 Ton/Ha. en una zona que no es productora de brócoli así que podemos considerar como aceptable el resultado.

VIII. BIBLIOGRAFÍA

Agricultural Outlook. ERS, abril, 1999.

Agrios G. N. 1986. Fitopatología. Ed. Limusa. 1ª. Edición, México.

Babik, I. Ekner, K. 2002. El Efecto de la Fertilización de Nitrógeno e Irrigación en el Rendimiento y la Calidad de Brócoli. Acta de Horticultura. La Sociedad Internacional para la Ciencia Hortícola (ISHS), Leuven, Bélgica.

Bayer. 2000. Conozca los Beneficios de la Nutrición Foliar. Rev. Productores de Hortalizas. Año 9. Núm 9. Septiembre de 2000.

Bringas G., Luis. 2001. Nutrición y Temperaturas de Crecimiento. Rev. Productores de Hortalizas. Año 10 Núm. 4. Abril de 2001.

Burgueño, H. 1997. La Minita de Brócoli. Rev. Productores de Hortalizas. Año 6, Núm. 11. Noviembre de 1997.

Castaños C. 2000. Horticultura, Manejo Simplificado Universidad Autónoma Chapingo. México.

Colegio de Postgraduados. 1977. Manual de Conservación del Suelo y del agua. Chapingo, México.

Cronquist, A. 1971. Introducción a la Botánica. Ed. CECSA. México.

De la Loma, J. L. 1982. Experimentación Agrícola. Ed. UTEHA, 1ª Edición. México.

De la Teja, A., O. 1982. Estudio de las Características Edáficas de los Suelos de la Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán, Departamento de Ciencias Agrícolas F.E.S.- Cuautitlán. UNAM.

Domínguez V. A. y Gros, A. 1992. Guía Práctica de la Fertilización. Ed. Mundi-Prensa. 8ª. Edición. España.

Donahue, R.L.1977. Introducción a los Suelos y al Crecimiento de las Plantas. Ed. Prentice Hall International. E.U.A. Nueva Jersey, 624 p.

Eddy D. 2000. El Futuro de las Aplicaciones Foliares Rev. Productores de Hortalizas. Año 9. Núm 9. Septiembre de 2000.

Flores F. F. 1998. Caracterización Agroclimática de la Zona de Influencia de la estación Meteorológica Almaraz en Cuautitlán Izcalli, México. F.E.S. Cuautitlán. UNAM. Cuautitlán Izcalli. México.

Foth, H.D. y Turk, L.M. 1980. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Ed. CECSA México. 520.p

Fuentes Y. J.L.. 1994. El suelo y los Fertilizantes. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa. 4ª. Edición. España.

Fuentes Y. J.L.. 1999. Manual Práctico sobre Utilización de Suelo y Fertilizantes Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Ed. Mundi-Prensa. España.

García, E. 1973. Modificaciones al Sistema de Clasificación Climática de Köppen. Dirección General de Publicaciones UNAM. México.

González, M. 2004. Manual de Cultivos Extensivos. Tecnológico de Monterrey. Campus Querétaro.

González R. M. 1994. Efecto de Cuatro Dosis de Fertilización y 4 Estratos de Tomate (*Lycopersicum esculentum*) y Chile (*Capsicum annum*) Bajo el Sistema vertical de

Siembra en Tlanepantla, Estado de México. F.E.S. Cuautitlán.UNAM, Cuautitlán Izcalli, México.

Gross, A. 1981. Abonos, Guía Práctica de la Fertilización. Ed. Mundi-Prensa.

Guerrero G. A.. 1996. El Suelo, los Abonos y la Fertilización de los Cultivos. Ed. Mundi-Prensa. España.

Hernández, F.V. 1996. Tópicos Selectos de la Producción Agrícola Actual "Importancia de la Utilización de las Lombrices *Gisenia fetida*, en la conservación del suelo como una alternativa en el manejo de una agricultura sostenible. Cuautitlán Izcalli. México. Tesis de Licenciatura. UNAM.

INIFAP, 1999. 500 Tecnologías Llave en Mano División Agrícola Serie 1999. Tomo II SAGAR-INIFAP, México.

Lazcano Ferrat, Ignacio. 1996. El Potasio y el Concepto de la Fertilización Balanceada. Rev. Informaciones Agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Vol 1, Núm. 6. Julio, 1996.

Lazcano F. I. 1996. Mejores Rendimientos Balanceando su Fertilización N,P,K y Mg. Rev. Informaciones Agronómicas. Instituto de la Potasa y el Fósforo (INPOFOS). Vol 1, Núm. 7. Octubre, 1996.

Léon A. R. 1991. Nueva Edafología: Regiones Tropicales y Áreas Templadas de México. Características y Propiedades de los Terrenos y su Influencia Agrícola. Ed. Distribuciones FONTAMARA. 2ª. Edición.

López P. G. y Morales F. L. A., 1991. Respuesta en el Rendimiento de Brócoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*) Var. Gem, a la Aplicación de dos Tipos de

Fertilizantes Químicos y Uno Orgánico en Cuautitlán Izcalli México. F.E.S. Cuautitlán. UNAM. Cuautitlán Izcalli. México. Tesis de Licenciatura. UNAM.

López T. M. 1994 Horticultura. Ed. Trillas. 1ª. Edición. México

Maroto, B. 1989. Horticultura Herbácea Especial.. Ed. Mundi-Prensa. 3ª. Edición. España.

Ortuño R. A. 1990. Evaluación de la Adaptabilidad con Base en el Rendimiento de 5 variedades de Girasol (*Helianthus annus L.*) Para la Obtención de Forraje en Condiciones de Temporal, en Corutzan, Municipio de Zirandaro de Guerrero. F.E.S. Cuautitlán, UNAM. Cuautitlán Izcalli. México.

P.L.M. 2002. Diccionario de Especialidades Agroquímicas. 4ª. Edición. México.

Rey, 1991. Fenochio H. y Gómez V. 1991. Efecto de la Aplicación de Diferentes Dosis de Estiércol Caprino en el Rendimiento de Amaranto (*Amaranthus hypochondriacus L.*) Girasol (*Helianthus annus L.*) y Maíz (*Zea maiz*) en la FESC. Tesis de Licenciatura FESC UNAM México.

Rodríguez S. F. 1982. Fertilizantes, Ed. AGT. México 1ª. Edición.

SAGARPA. 1999-2002 Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Servicio de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera (SIAP-SAGARPA)

Sakata 2001. Paquetes Tecnológicos. Semillas Sakata de México.

Sánchez S. O. 1988. La Flora del Valle de México. Ed. Limusa. 6ª. Edición. México.

Sarli, E. A. 1980. Tratado de Horticultura. Ed. Hemisferio Sur. Argentina.

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. 1995-1998 Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos por Cultivo. Centro de estadística Agropecuaria (CEN- SAGAR)

Simpson k. 1991. Abonos y Estiércoles. Ed. ACRIBIA, S.A. España.

Sobrino I. E. y Sobrino V. E. 1989, Tratado de Horticultura Herbácea. Tomo I. Hortalizas de Flor y Fruto. Ed. AEDOS. España.

Soil Improvement Committee California Fertilizer Association. 1995. Manual de Fertilizantes para Horticultura. UTEHA Noriega Editores. España.

Torres C.R. 1996. Fertilidad de Suelos. UNAM-FESC.

Trinidad S. A. y Aguilar D. 1999. Fertilización Foliar un Respaldo Importante en el Rendimiento de los Cultivos. Revista Terra 17 (3)

Valadez L. A. 1994. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. Edición México.

Valderrama G. J. 1985. Perfil del Mercado de Brócoli. S.A.R.H.

Vega R. E. 1996. Apuntes de Manejo y Fertilidad de Suelos. 7° Semestre.

Wild, A. 1992. Condiciones del Suelo y Desarrollo de las Plantas según Rusell. Ed. Mundi-Prensa. España.

ANEXOS

ANEXO No. 1

ESTADÍSTICAS RELATIVAS AL CULTIVO DE BRÓCOLI

RENDIMIENTO TON/HA

AÑO	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL
1995	10.878	13.784	10.904
1996	10.733	11.630	10.744
1997	11.72	12.120	11.727
1998	12.795	6.538	12.789
1999	12.452	20.813	12.477
2000	11.605	19.449	11.623
2001	12.679	3.31	12.641
2002	13.318	14.65	13.335
TOTAL	96.18	102.294	96.24
PROMEDIO	12.0225	12.78675	12.03

PRODUCCIÓN TOTAL

AÑO	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL
1995	131,043	1,530	132,573
1996	155,879	2,140	158,019
1997	158,637	3,127	161,764
1998	199,071	85	199,156
1999	261,760	1,332	263,092
2000	243,131	954	244,085
2001	223,767	237	224,004
2002	211,905	3,018	214,923
TOTAL	1585193	12423	1597616
PROMEDIO	198149.125	1552.875	199702

SUPERFICIE COSECHADA

AÑO	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL
1995	12,047	111	12,158
1996	14,523	184	14,707
1997	13,536	258	13,794
1998	15,559	13	15,572
1999	21,022	64	21,086
2000	20,951	49	21,000
2001	17,647	72	17,719
2002	15,911	206	16,117
TOTAL	131,196	957	132,153
PROMEDIO	16,400	120	16,519

SUPERFICIE SEMBRADA

AÑO	RIEGO	TEMPORAL	TOTAL
1995	12,047	118	12,165
1996	14,597	189	14,786
1997	13,830	258	14,088
1998	17,201	13	17,214
1999	21,459	64	21,523
2000	21,007	49	21,056
2001	17,712	72	17,784
2002	16,053	210	16,263
TOTAL	133,906	973	134,879
PROMEDIO	16,738	122	16,860

ANEXO No. 2

ESTADÍSTICAS RELATIVAS AL CULTIVO DE BRÓCOLI

AÑO	ESTADOS	SUP. SEMBRADA (HAS.)	SUP. COSECHADA (HAS.)	PRODUCCIÓN (TON)
1995	Principales	11,639	11,639	126,696
	Resto	526	519	5,877
	TOTAL	12,165	12,158	132,573
1996	Principales	14,217	13,845	151,531
	Resto	569	562	6,488
	TOTAL	14,786	14,407	158,019
1997	Principales	13,592	13,304	156,030
	Resto	496	490	5,734
	TOTAL	14,088	13,794	161,764
1998	Principales	15,627	14,683	189,821
	Resto	1,587	889	9,335
	TOTAL	17,214	15,572	199,156
1999	Principales	20,227	20,511	247,510
	Resto	1,296	575	15,582
	TOTAL	21,523	21,086	263,092
2000	Principales	19,553	19,528	228,262
	Resto	1,503	1,472	15,823
	TOTAL	21,056	21,000	244,085
2001	Principales	16,424	16,394	206,365
	Resto	1,360	1,325	17,640
	TOTAL	17,784	17,719	224,005
2002	Principales	14,561	14,430	193,497
	Resto	1,702	1,687	21,426
	TOTAL	16,263	16,117	214,923

NOTA: Los Principales Estados según el año son:

1995 Guanajuato, Zacatecas, Michoacán, Sonora, Aguas Calientes, Baja California y Querétaro.

1996 Guanajuato, Zacatecas, Sonora, Jalisco, Aguas Calientes, Baja California y Michoacán.

1997 Guanajuato, Zacatecas, Michoacán, Jalisco, Sonora, Aguas Calientes, Baja California y San Luis Potosí.

1998 Guanajuato, Zacatecas, Michoacán, Jalisco, Sonora, Aguas Calientes, Baja California y San Luis Potosí.

1999 Guanajuato, Michoacán, Jalisco, San Luis Potosí, Sonora, Puebla, Baja California y Querétaro.

2000 Guanajuato, Sonora, Michoacán, Jalisco, Puebla, Baja California, San Luis Potosí y Aguas Calientes.

2001 Guanajuato, Sonora, Michoacán, Baja California, Puebla, Jalisco y D.F.

2002 Guanajuato, Michoacán, Puebla, Sonora, Baja California y Jalisco.

ANEXO No. 3.

Sustancia del Fertilizante	Fórmula Química	% Nitrógeno Total (N)	% de Ácido Fosfórico (P ₂ O ₅) Disponible	% de Potasa (K ₂ O) Hidrosoluble	% de Calcio (Ca) Combinado	% de Azufre (S) Combinado	Acidez o Alcalinidad equivalentes en lbs de CaCO ₃ ¹	
							Ácido	Base
NITROGENADAS								
Nitrato de Amonio	NH ₄ NO ₃	33.5 – 34					62	
Sulfo-nitrato de amonio	NH ₄ NO ₃ *(NH ₄) ₂ SO ₄	30				6.5	68	
Fostato monoamónico	NH ₄ H ₂ PO ₄	11	48				58	
Fosfo sulfato de amonio	NH ₄ H ₂ PO ₄ *(NH ₄) ₂ SO ₄	16	20			15	88	
Polisulfuro de amonio	(NH ₄) ₂ S _x	20				40-50		
Tiosulfato de amonio	(NH ₄) ₂ S ₂ O ₃	12				26		
Fosfato diamónico	(NH ₄) ₂ HPO ₄	16-18	46-48				70	
Sulfato de amonio	(NH ₄) ₂ SO ₄	21				24	110	
Amoniaco anhidro	NH ₃	82					148	
Amoniaco acuoso	NH ₄ OH	20					36	
Sol. De nitrato de amonio y calcio	Ca(NO ₃) ₂ *NH ₄ NO ₃	17			7.6-8.8		9	20
Nitrato de calcio ²	5Ca(NO ₃) ₂ *NH ₄ NO ₃ *10H ₂ O	15.5			19			63
Cianamida de calcio	Ca (CN) ₂	20-22			37			29
Nitrato de Sodio	NaNO ₃	16					71	
Urea	CO(NH ₂) ₂	45-46					57	
Sol. De nitrato de amonio y urea	NH ₄ NO ₃ *CO(NH ₂) ₂	32						
FOSFATADAS								
Superfosfato simple	Ca(H ₂ PO ₄) ₂		18-20		18-21	12	Neutro	
Superfosfato triple	Ca(H ₂ PO ₄) ₂		45-46		12-14	1	Neutro	
Ácido fosfórico	H ₃ PO ₄		52-54				110	
Ácido superfosfórico	-2		76-83				160	
POTÁSICAS								
Cloruro de potasio	KCl			60-62			Neutro	
Nitrato de potasio	KNO ₃	13-14		44-46				26
Sulfato de potasio	K ₂ SO ₄			50-53		18	Neutro	
Sulfato doble de potasio y magnesio	K ₂ SO ₄ *2MgSO ₄			22	0.1	22	Neutro	

¹ Equivalente por cada 100 lbs. de sustancia.

² El nitrato de calcio grado fertilizante contiene cierta cantidad de N de amonio.

³ H₃PO₄, H₄P₂O₇, H₅P₃O₁₀, H₅P₄O₁₃ y otras formas de fosfatos superiores.

Fuente: Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995)

ANEXO No. 4.

FUENTES INORGÁNICAS DE MICRONUTRIENTES.

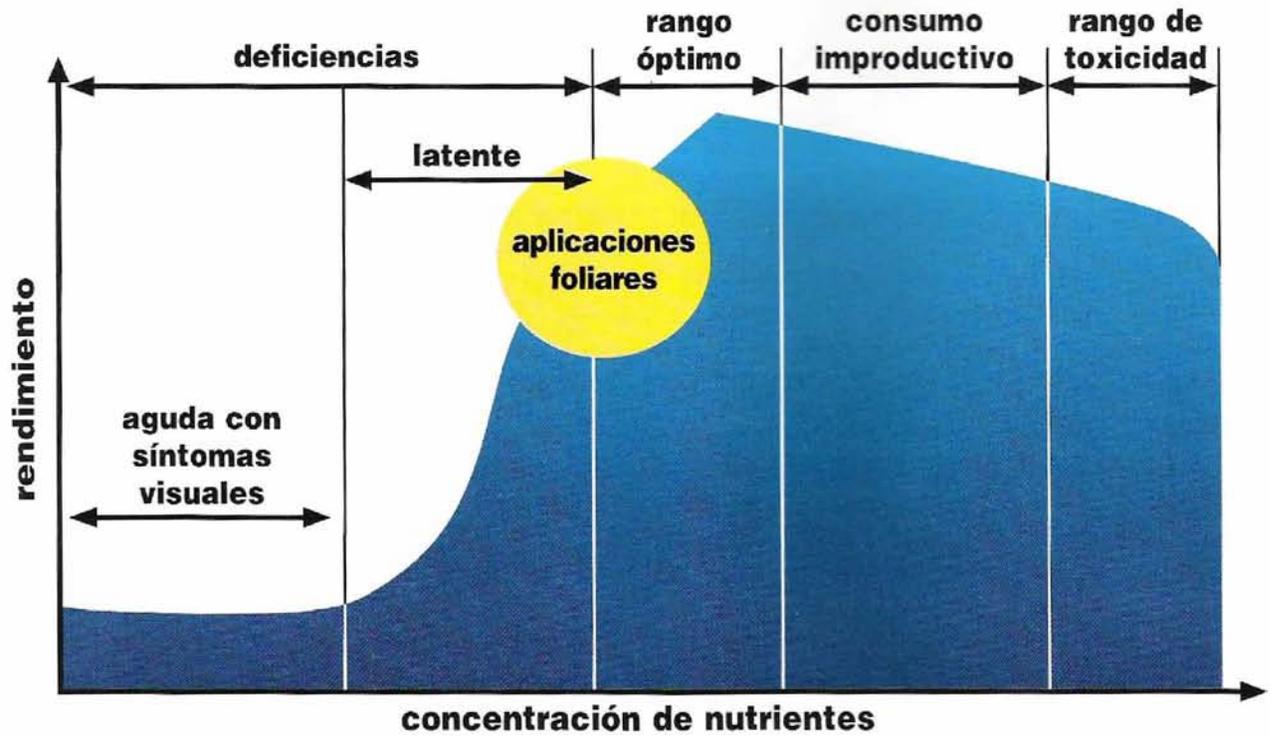
FUENTES DE BORO (B)	FORMA QUÍMICA	% DE ELEMENTO
Borax granular (Tetraborato de Sodio)	$\text{NaB}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11.3
Tetraborato de sodio anhidro.	NaB_4O_7	21.5
Solubor (Poliborato)	$\text{Na}_2\text{B}_8\text{O}_{13} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	20.5
Pentaborato de amonio	$\text{NH}_4\text{B}_5\text{O}_8 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	19.5
FUENTES DE COBRE (Cu)	FORMA QUÍMICA	% DE ELEMENTO
Sulfato de cobre	$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25
Óxido cuproso ¹	Cu_2O	88.8
Óxido cúprico ¹	CuO	79.8
Cloruro cúprico'	Cu_2Cl_2	64.2
Cupric Chloride	CuCl_2	47.2
Cobre Verde (Cupravit)	$\text{Cu Cl}(\text{OH})_3$	36
FUENTES DE HIERRO (Fe)	FORMA QUÍMICA	% DE ELEMENTO
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	31.4
Sulfato ferroso	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	88.8
Sulfato férrico	$\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$	19.9
Oxalato de hierro	$\text{Fe}_2(\text{C}_2\text{O}_4)_3$	30
Sulfato de amonio ferroso	$\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	14.2
Cloruro férrico	FeCl_3	334.4
FUENTES DE MANGANESO (Mn)	FORMA QUÍMICA	% DE ELEMENTO
Sulfato manganoso	$\text{Mn SO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	24.6
Carbonato manganoso	MnCO_3	47.8
Óxido de manganeso ¹	Mn CO_3	72
Cloruro manganoso	MnCl_2	43.7
Óxido manganoso	MnO	77.4
FUENTES DE ZINC (Zn)	FORMA QUÍMICA	%
Sulfato de Zinc	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	23
Sulfato de Zinc (monobásico)	$\text{ZnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	36
Sulfato de Zinc (básico)	$\text{ZnSO}_4 \cdot 72\text{n}(\text{OH})_2$	55 (aplicación foliar)
Quelato de Zinc	ZnEDTA	14
Oxido de Zinc	ZnO	70

Nota: 1 (Insoluble en agua)

Fuente: Soil Improvement Committee California Fertilizer Association, 1995.

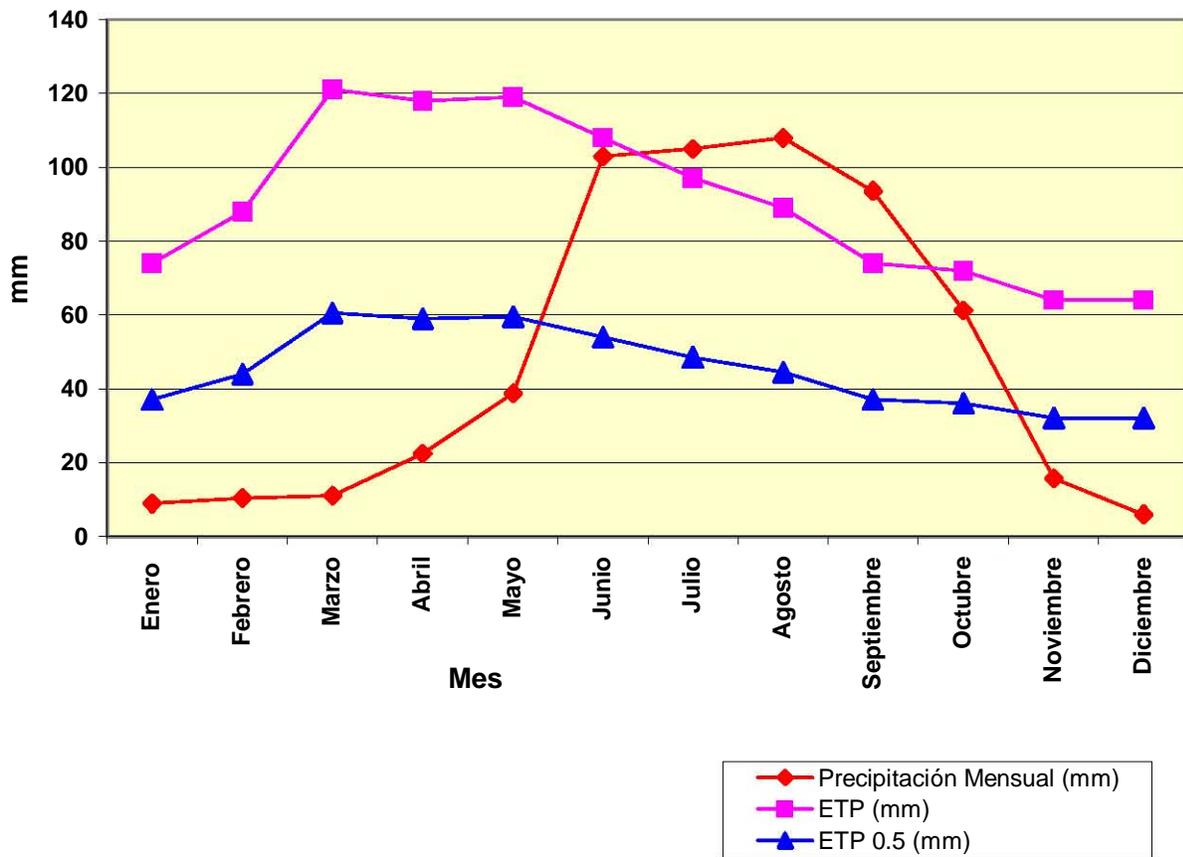
ANEXO No. 5.

Aportación óptima de nutrientes



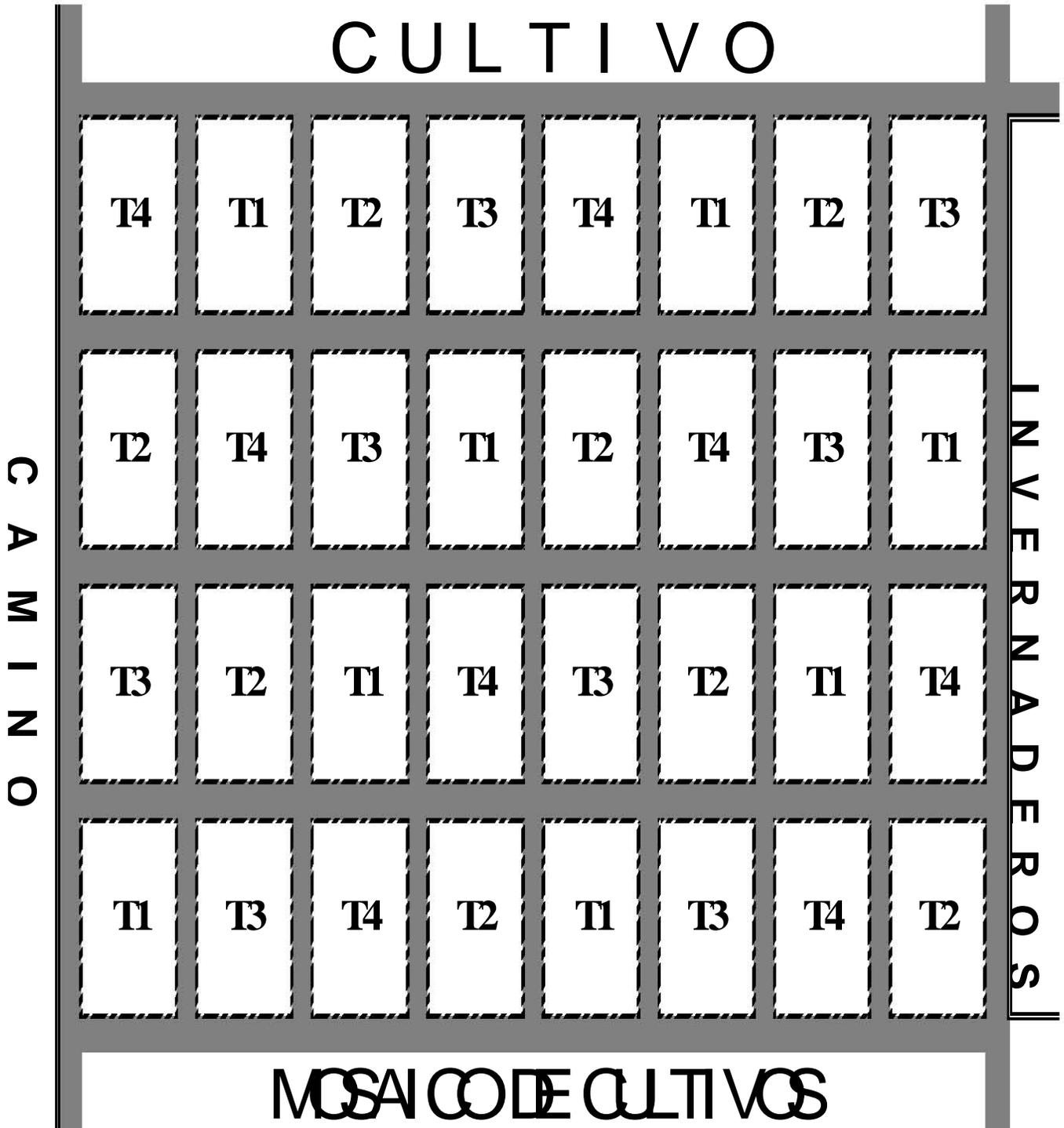
ANEXO No. 6

ESTACIÓN DE CRECIMIENTO NORMAL Estación Meteorológica Almaráz, Cuautitlán Izcalli, México. Período 1987-2003



ANEXO No. 7

CONSIDERACIONES FINALES



ANEXO No.. 9

DERIPCIÓN ESTADÍSTICA DE LOS DATOS (CUADROS DE MEDIAS)

Variable Dependiente: PCP

FERTILIZACIÓN GRANULADA	FERTILIZACIÓN FOLIAR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	NIVELES
1 (0g)	1 (0 L)	337.687	160.539	8
	2 (3LB)	401.662	92.959	8
	TOTAL	369.675	130.963	16
2 (120-80-00)	1 (0 L)	524.100	149.588	8
	2 (3L)	460.237	134.004	8
	TOTAL	492.169	141.103	16
TOTAL	1	430.894	178.147	16
	2	430.950	115.445	16
	TOTAL	430.922	147.666	32

Fuente: Programa Estadístico SPSS

Variable Dependiente: DRCP

FERTILIZACIÓN GRANULADA	FERTILIZACIÓN FOLIAR	MEDIA	DESVIACIÓN STANDAR	NIVELES
1	1	12.388	2.868	8
	2	13.838	1.091	8
	TOTAL	13.112	2.226	16
2	1	15.488	1.979	8
	2	14.375	2.470	8
	TOTAL	14.931	2.237	16
TOTAL	1	13.938	2.869	16
	2	14.106	1.865	16
	TOTAL	14.022	2.382	32

Fuente: Programa Estadístico SPSS

Variable Dependiente: DECP

FERTILIZACIÓN GRANULADA	FERTILIZACIÓN FOLIAR	MEDIA	DESVIACIÓN ESTÁNDAR	NIVELES
1	1	13.163	2.958	8
	2	14.575	1.613	8
	TOTAL	13.869	2.414	16
2	1	16.138	2.309	8
	2	15.113	2.089	8
	TOTAL	15.625	2.192	16
TOTAL	1	14.650	2.988	16
	2	14.844	1.824	16
	TOTAL	14.747	2.437	32

Fuente: Programa Estadístico SPSS