

870132

---

---

# UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA

1  
29

Incorporada a la Universidad Nacional Autónoma de México

---

---

FACULTAD DE AGRICULTURA Y GANADERIA.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

"DETERMINACION DE LA DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE FERTILIZACION NITROGENADA Y FOSFORICA PARA EL CHILE DE AGUA (*Capsicum annum L.*) BAJO CONDICIONES DE RIEGO, EN SAN SEBASTIAN ABASOLO, MUNICIPIO DE TLACOLULA, OAXACA".

---

---

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO AGRICOLA  
AREA AGROECOSISTEMAS  
P R E S E N T A  
ARTURO ACEVEDO SANCHEZ  
GUADALAJARA, JALISCO. 1990

---

---



## **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 está 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.

## INDICE GENERAL

CAPITULO	PAGINA
INDICE DE CUADROS . . . . .	i
INDICE DE FIGURAS . . . . .	ii
INDICE DE APENDICE. . . . .	iii
ABSTRACT . . . . .	iv
I INTRODUCCION . . . . .	1
II OBJETIVOS E HIPOTESIS . . . . .	2
III REVISION DE LITERATURA. . . . .	3
3.1 ORIGEN DEL CHILE . . . . .	3
3.2 ESTADISTICAS DEL CHILE EN MEXICO . . . . .	3
3.3 DISTRIBUCION . . . . .	4
3.4 IMPORTANCIA SOCIOECONOMICA DEL CHILE DE AGUA . . . . .	4
3.5 CLASIFICACION TAXONOMIA DEL CHILE DE AGUA. . . . .	5
3.6 DESCRIPCION BOTANICA DEL CHILE DE AGUA . . . . .	6
3.7 REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS DEL CHILE . . . . .	7
3.7.1 Exigencias climáticas . . . . .	7
3.7.2 Exigencias edáficas. . . . .	7
3.8 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES . . . . .	7
3.8.1 Nitrógeno . . . . .	7
3.8.2 Fósforo . . . . .	8
3.8.3 Potasio . . . . .	10
3.9 DINAMICA DEL POTASIO EN EL SUELO . . . . .	11
3.10 FERTILIZACION DEL CHILE ( <i>Capsicum annuum</i> L.) . . . . .	11
IV MATERIALES Y METODOS. . . . .	14

CAPITULO	PAGINA
IV	
4.1 DESCRIPCION DEL AREA DE ESTUDIO . . . . .	14
4.1.1 Localización . . . . .	14
4.1.2 Suelos . . . . .	14
4.1.3 Clima . . . . .	17
4.2 DESCRIPCION DEL MATERIAL GENETICO UTILIZADO . .	17
4.2.1 Método de Selección de Semilla . . . . .	18
4.3 FACTORES Y NIVELES ESTUDIADOS . . . . .	18
4.3.1 Nitrógeno . . . . .	18
4.3.1.1 Niveles . . . . .	18
4.3.2 Fósforo. . . . .	18
4.3.2.1 Niveles . . . . .	19
4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL . . . . .	19
4.4.1 Número de Tratamientos . . . . .	19
4.4.2 Tamaño de Parcelas . . . . .	21
4.5 PARAMETROS EVALUADOS. . . . .	21
4.5.1 Rendimiento por Tratamiento. . . . .	21
4.5.2 Número de Frutos por Tratamiento . . . . .	22
4.5.3 Tamaño de Frutos por Tratamiento . . . . .	22
4.6 PRACTICAS CULTURALES . . . . .	22
4.6.1 Preparación y Siembra del Almacigo . . . . .	22
4.6.2 Preparación del Terreno. . . . .	22
4.6.3 Método y Densidad de Población . . . . .	22
4.6.4 Fertilización. . . . .	23
4.6.5 Riegos . . . . .	23
4.6.6 Control de Plagas y Enfermedades . . . . .	23

CAPITULO	PAGINA
IV	4.6.7 Cosecha . . . . . 24
	4.7 ANALISIS ESTADISTICO . . . . . 25
	4.8 ANALISIS ECONOMICO . . . . . 25
	4.9 ANALISIS GRAFICO DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO . 25
V	RESULTADOS Y DISCUSION. . . . . 27
	5.1 RENDIMIENTOS OBTENIDOS . . . . . 27
	5.2 ANALISIS ESTADISTICO . . . . . 27
	5.3 ANALISIS ECONOMICO . . . . . 28
	5.3.1 Costo del Insumo y Valor del Producto . 28
	5.3.2 Algoritmo del Análisis Económico. . . . 29
	5.4 ANALISIS GRAFICO . . . . . 31
	5.4.1 Efectos Conjuntos de N y P. . . . . 32
	5.5 DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE CAPITAL LIMITADO . . 33
	5.6 PRECISION DE LOS TRATAMIENTOS OPTIMOS ECONOMI- COS . . . . . 34
VI	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. . . . . 35
VII	RESUMEN . . . . . 37
VIII	BIBLIOGRAFIA. . . . . 38
IX	APENDICE. . . . . 42

## INDICE DE CUADROS

CUADRO No.	CONTENIDO	PAGINA
1	Análisis del suelo; muestra de la parcela experi- mental . . . . .	16
2	Factores y niveles de estudio . . . . .	19
3	Lista de tratamientos con valores codificados y - sin codificar para los factores estudiados . . . .	20
4	Rendimiento del chile de agua (ton/ha) de un total de 5 cortes . . . . .	27
5	Análisis de la varianza para el diseño de bloques- aleatorios completos (rendimiento promedio). . . .	28
6	Costos de los insumos y valor del producto . . . .	29
7	Algoritmo del análisis económico del rendimiento - total de 5 cortes de chile de agua, en la locali- dad de San Sebastián Abasolo, Municipio de Tlaco <u>l</u> la, Oaxaca, durante el ciclo Invierno - Primavera- 1990 . . . . .	30
8	Resultados obtenidos por los métodos económico y - gráfico . . . . .	33

## INDICE DE FIGURAS

---

FIGURA No.	CONTENIDO	Página:
1	Representación gráfica de la Matriz Plan Puebla I - para dosificar factores estudiados . . . . .	21
2	Respuesta del chile de agua a la fertilización nitrogenada y fosfórica . . . . .	31
3	Precisión de los tratamientos óptimos económicos. .	34

## INDICE DE APENDICE

---

CUADRO	DESCRIPCION	PAGINA:
A1	Análisis de la varianza para el número de frutos - por tratamiento . . . . .	43
A2	Análisis de la varianza para frutos de primera y - segunda calidad. . . . .	43
A3	Descripción de algoritmo del análisis económico - por el método gráfico estadístico. . . . .	44



## A B S T R A C T

Considering the areat economic and social importance of the chile (Capsicum annuum L.) in the Central Valleys of Oaxaca, and for the anbsence of studies to contribute to obtain better efficiency per sur face unit, it was made the present work wich finality was to obtain - an economic optimum fine Nitrogen and Fosforic fertilization dose for producers of limited or ilimited capital.

For this purpose, in January 1990 it was established in San Se--bastian Abasolo, Tlacolula, Oax., a field experiment with this chile--using the fresh seeds from the region.

The fertilization lavel's probed were: 60, 90, 120 and 150 Kg of-N/ha and 30, 60, 90, and 120 Kg of  $P_2O_5$ /ha; this treatments were gene--rated from the Matriz Plan Puebla I, distributed in complete aleatory blacks with three repetitions.

With the Graphic-Economic metod it was determined the optimum - economic dose for ilimited capital as the dose 120-90-00 with 9.16 - ton/ha, the optimum economic dose for limited capital was determined--through the economic analisys algorithm selecting the treatments who--presented the higher income of variable capital, beeing the dose 60 - 60-00 and 90-30-00 with 8.949 and 8.507 ton/ha respectibly.

With this results it was concluded that the chile (Capsicum --  
annuum L.) responses to the Nitrogen and Fosforic fertilization, reco--mmending the optimum economic dose obtained for limited and ilimited--capital, as well as fulfill investigations about the determined dose--to complete this investigation. This way it's pretending to contribu--re in the Knowledge of better forming tecniques for the chile (Capsi--cum annuum L.) in the Central Valleys of Oaxaca.

## I. INTRODUCCION

El chile de agua [*Capsicum annuum* L.], es entre las hortalizas - cultivadas en los Valles Centrales de Oaxaca, una de las más importantes desde el punto de vista económico y social. Para 1985 se tenían - 450 ha con una producción de 2,835 toneladas, siendo el promedio 6.3-ton/ha (INEGI, 1986), cada una de las cuales genera alrededor de 120- a 150 jornales (Pozo, 1983).

El uso de abonos químicos es una práctica muy común entre los -- agricultores de esta región. A pesar de esto, cada agricultor usa su propia dosis de fertilización, ya que ignora la cantidad necesaria ó- adecuada de aplicar, de lo contrario, los resultados serían mejores y más económicos para producir mayores rendimientos.

La cantidad de fertilizante aplicado por el agricultor está en - función de la disponibilidad de recursos y no del óptimo económico. - En esta región de los Valles Centrales no se han realizado ensayos de campo referentes a dicho cultivo, para encontrar la dosis óptima eco- nómica de fertilización nitrogenada y fosfórica, considerando a la - vez que lo importante para cualquier cultivo es la fertilización co- rrectamente balanceada.

Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la - dosis óptima económica de fertilización nitrogenada y fosfórica en el cultivo del chile de agua para productores de capital limitado e ili- mitado, llevándose a cabo las pruebas de campo en el Ejido o Locali- dad de San Sebastián Abasolo, Municipio de Tlacolula, Oaxaca, durante el ciclo Invierno - Primavera de 1990.

## II. OBJETIVOS E HIPOTESIS

De acuerdo al problema existente en la localidad, y a la falta de información en fertilización del cultivo, se pretende:

- II.1 Determinar si la fertilización nitrogenada y fosfórica, -- afectan significativamente la producción de Chile de Agua.
- II.2 Determinar las dosis óptimas de fertilización nitrogenada y fosfórica para productores de capital limitado y de capital ilimitado.

Y según la información obtenida y para probar la realidad de la información, se plantean las siguientes hipótesis:

- H.a. Existe diferente respuesta a la dosis de nitrógeno y fósforo en la producción de Chile de Agua.
- H.o. No existe diferente respuesta a la dosis de nitrógeno y fósforo en la producción de Chile de Agua.

### III.- REVISION DE LITERATURA

#### 3.1 ORIGEN DEL CHILE.

El género "Capsicum" es originario de América del Sur, de los Andes y la cuenca alta del Amazonas, que actualmente son parte de Perú y Bolivia principalmente, y pequeñas porciones de Argentina y Brasil. De las cinco especies de "Capsicum" que se consumen (C. annuum, C. baccatum, C. chinense, C. frutescens y C. pubescens), la que sobresale por su diseminación y aceptación mundial es C. annuum, que fue domesticada precisamente en México (Laborde, 1984; mencionado en "Presente y Pasado del Chile en México").

Desde los tiempos prehispánicos, el chile ha formado parte sustancial en todas las comidas y rituales de los mexicanos, y aunque numerosas variedades de chile se han dado en Centro y Sudamérica, México es considerado el país de origen de este sávido fruto (Lomelí, 1987).

#### 3.2 ESTADISTICAS DEL CHILE EN MEXICO.

La Dirección General de Economía Agrícola (1987), reporta que el área sembrada fluctúa de 70 a 80 mil ha, dando una producción estimada de 500 mil toneladas de frutos frescos y 30 mil toneladas de frutos secos; el 70% del área sembrada es explotada bajo riego y el 30% restante es de temporal y humedad residual.

En la actualidad existen más de 100 empresas dedicadas de alguna forma a la conserva de chiles, creciendo a una tasa anual promedio de 5.6% y dando trabajo a más de 25 mil personas. El consumo nacional aparente de chile en conserva para 1982, se calculó en 1.35 kg por persona; para 1985, se estimó que cada mexicano consumió cerca de 6 kg de chile verde y medio kilo de chile seco (Lomelí, 1987).

### 3.3 DISTRIBUCION.

Dada la importancia que tiene actualmente el chile, se cultiva en numerosos países del mundo: en América, Europa, Asia, siendo México el mayor productor del mundo y donde puede encontrarse la más grande variedad de este fruto (Lomeli, 1987).

México es el país donde existe una mayor diversidad de chiles, -- tanto cultivados como silvestres, asumiéndole importancia económica - evidente por su amplia distribución y consumo; su cultivo reside desde el nivel del mar, en las costas del Golfo y del Pacífico, hasta los - 2,500 m.s.n.m. en la Mesa Central, cubriendo diferentes característi-- cas ecológicas. Sin embargo, existen regiones especializadas en la --- siembra de ciertos tipos o variedades como son: la región del Golfo, - donde se cultivan principalmente chile serrano y jalapeño; en la re--- gión del Bajío, el poblano, mulato, pasilla y güeros; en la región del Norte Centro, el mirasol o cascabel, pasilla y güero; en la región No- roeste, cultivan principalmente chiles de exportación, como morrón, - anaheim y caribe (Pozo, 1983).

Los mercados de Estados Unidos y Canadá son abastecidos de chile- principalmente por México, durante todo el año, sobre todo en los me-- ses de noviembre a mayo que es cuando existe mayor demanda dado que la producción en estos países para estas fechas es limitada; según estima- ciones de la Unión Nacional de Productores de Hortalizas, en el ciclo- 1985-86 se exportaron 56,453 ton. de las cuales, el 87.46% correspon-- dieron a chile morrón o bell y 12.54% a chiles picantes, principalmen- te fresco, caribe y anaheim (Pozo, 1983).

### 3.4 IMPORTANCIA SOCIOECONOMICA DEL CHILE DE AGUA.

Debido a su importancia socioeconómica, el chile de agua, en los Valles Centrales de Oaxaca es un cultivo muy típico y altamente remune- rativo; en los ciclos 0-I/1989 y I-P/1990 se sembraron aproximadamente

491 ha con un valor de \$368'250,000 y con un promedio por ha de ---- \$7'500,000 (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informáti ca [INEGI] y Mercado de Abastos, Centro Oaxaca).

Como toda hortaliza, el chile de agu es susceptible a los cam bios bruscos de temperatura, sobre todo a heladas. Por ser un culti vo intensivo requiere de muchos cuidados en todas las etapas de su - desarrollo vegetativo, y se utilizan de 120 a 150 jornales por ha en las labores de cultivo, principalmente en la cosecha, donde se em-- plea la mayor parte de mano de obra femenil e infantil, cumpliendo - de esta forma una función social importante al generar fuentes de - trabajo (Pozo, 1983).

Debido a que el chile de agua es un producto perecedero, el va lor de la producción en el mercado está en función de la ley de la - oferta y la demanda. A esto se debe que durante los meses de abril a junio se obtienen los precios más bajos, ya que los productores satu ran el mercado regional; en cambio, fuera de esta época se obtienen los mayores ingresos, debido a los altos precios que se logran por-- que no hay saturación del producto en el mercado.

### 3.5 CLASIFICACION TAXONOMICA DEL "CHILE DE AGUA".

REINO:	Vegetal
DIVISION:	Spermathophita
SUBDIVISION:	Angiospermas
CLASE:	Dicotiledoneas
SUBCLASE:	Corolíferas
ORDEN:	Tubiflorae
SUBORDEN:	Solainae

FAMILIA:	Solanaceae.
TRIBU:	Solaneae.
GENERO:	<u>Capsicum</u>
ESPECIE:	<u>annuum</u>

### 3.6 DESCRIPCIÓN BOTÁNICA DEL "CHILE DE AGUA".

**RAIZ:** Es típica, con ramificaciones secundarias de 27 cm de longitud aproximadamente.

**TALLO:** Es erecto, epígeo, herbáceo, semileñoso, cilíndrico o prismático, sin pubescencia, con ramificación dicotómica, de 40 a 50 cm de altura.

**HOJAS:** Son simples, alternas, ovoides, con ápice acuminado, base atenuada, borde liso, pinnadamente nercadas, glabras tanto en el haz como en el envés, peciolo con 3 cm de largo promedio.

**FLORES:** Son solitarias, completas y perfectas, con cáliz gamosépalo formado por 7 sépalos, membranoso, corto, persistente, corola fusionada hacia la base, pétalos blancos en número de 5 deciduos. Apice de lóbulos acuminados-redondeados, epipétalos, hipogíneos, con 6 estambres de filamentos cortos, anteras dehiscentes longitudinalmente basifijas, gineceo súpero, estilo corto, estigmas capitados y de placentaación axial.

**FRUTO:** Es una baya de forma cónica alargada con un tamaño medio de 14 cm y 5 cm de diámetro en su base, pedúnculo grueso (5 a 10 mm de diámetro), glabro y de aproximadamente 3 cm de largo, color verde-amarillo o verde oscuro, rojo intenso y brillante en su madurez; pericarpio con un espesor de 1 a 3 mm.

**SEMILLA:** Es de forma reniforme, lisas y sin brillo, de color blanco cuando el fruto es fresco y amarillentas cuando ha secado, tamaño promedio de 4 mm; un gramo contiene de 160 a 170 semillas. (Cisneros,-

mencionado por López, 1986).

### 3.7 REQUERIMIENTOS ECOLOGICOS DEL CHILE.

#### 3.7.1 Exigencias Climáticas.

Requiere de una temperatura media elevada para su desarrollo, -- así como de un nivel adecuado de humedad a lo largo de todo el ciclo vegetativo. Las temperaturas óptimas son del orden de 22°C a 25°C para las diurnas y de 16°C a 18°C para las nocturnas; es decir, es una planta extremadamente sensible a las heladas. (Domínguez, 1984).

#### 3.7.2 Exigencias Edáficas.

En general, puede afirmarse que prospera en los suelos franco-- arenosos profundos, permeables, bien saneados y ligeramente ácidos, - con pH de 5.5 a 6.5 (Sánchez y Escalantes, 1983), con buen nivel de - materia orgánica, aunque puede acomodarse a diferentes tipos de sue-- lo. Debe evitarse la repetición del cultivo durante el ciclo siguien-- te. (Domínguez, 1984).

### 3.8 REQUERIMIENTOS NUTRICIONALES.

#### 3.8.1 Nitrógeno.

El nitrógeno es el elemento que se encuentra en mayor cantidad - en la planta, constituyendo los más importantes compuestos y comple-- jos orgánicos. Es un elemento muy móvil dentro de la planta, lo que - permite transferirse de las partes viejas a las nuevas. (Rodríguez, - 1982).

El nitrógeno forma parte de la clorofila, que es determinante -- del proceso fotosintético; asimismo, se combina con otros elementos - (carbono, oxígeno, hidrógeno, azufre, fósforo, etc.) dentro de la -- planta formando proteínas, aminoácidos y ácidos nucleicos, entre --



otros (Domínguez, 1984).

El nitrógeno forma del 16 al 18% de las proteínas y es el elemento principal del protoplasma (Rojas, 1984).

En pimiento (*C. annuum*) el nitrógeno tiene gran influencia tanto en la producción como en el color del fruto, y su contenido varía entre el 2 y el 4% de la materia seca (Domínguez, 1984).

Hiller *et al.* (1981), señala que la deficiencia de nitrógeno se manifiesta por lento crecimiento, debilitamiento de la planta, clorosis, necrosis de tejidos; por su parte, Sánchez (1983) indica además, que los tallos y ramas tienden a endurecerse y a volverse quebradizos, reduciéndose también la floración.

Por lo contrario, el exceso de nitrógeno se manifiesta con un color verde oscuro, debido a que existe mayor cantidad de clorofila, mayor asimilación y síntesis de productos orgánicos, retrasando como consecuencia la maduración del fruto, y provocando el acame de la planta (Hiller *et al.* 1981).

Como se ha notado, el nitrógeno es uno de los más importantes nutrientes para las plantas y al encontrarse en forma deficiente o en exceso, provoca serios trastornos que impiden su crecimiento normal, de ahí que la contribución de este elemento a la vida vegetal sea evidente.

### 3.8.2 Fósforo.

El fósforo se encuentra en la planta en forma de ortofosfato y pirofosfato, siendo interiormente un elemento muy móvil e incorporándose rápidamente al metabolismo; forma parte de las nucleoproteínas, ácidos nucleicos y fosfolípidos; ejerce un efecto amortiguador (Buffer) sobre los ácidos del jugo celular; estimula el desarrollo radical; interviene en la división celular, en la respiración y en la fo-

tosíntesis, así como en la síntesis de azúcares, grasas y proteínas; - una función muy importante es la de almacenar y transportar la energía en las células (Rodríguez, 1982).

El contenido de fósforo en la planta varía de 0.3 a 0.5% de la materia, siendo más abundante en las semillas, frutas y tejidos meristemáticos (Sánchez y Escalantes, 1983).

Por su parte, Domínguez (1984) señala que el fósforo en pimiento, además de influir en la precocidad del desarrollo, tiende a mejorar el rendimiento del fruto en materia seca.

La deficiencia del fósforo provoca lento crecimiento y desarrollo en la planta, las hojas adquieren una coloración verde oscura asociada con un color púrpura, hay una escasa floración y fructificación con un retraso en la maduración (Hiller *et al.*, 1981). Por lo contrario, - el exceso de este elemento en la planta se manifiesta por crecimiento vigoroso, verde muy oscuro en las hojas y una elevada formación de flores y frutos; además, dificulta posteriormente la absorción del nitrógeno presentando síntomas de deficiencia del mismo, provocando la precipitación y posterior deficiencia de fierro y/o otros elementos menores (Mn, Co, Zn); el análisis foliar puede indicar suficientes microelementos dentro de la planta, sin embargo, éstos estarán en mayor parte fijados en las nervaduras de sus hojas debido al exceso del fósforo (Sánchez y Escalantes, 1983).

Puesto que el fósforo es un elemento esencial a la vida de los vegetales, es de suma importancia que se encuentre en forma balanceada - para evitar un crecimiento anormal en los mismos.

Como se ha visto, éste elemento cumple funciones esenciales en la vida de las plantas, su deficiencia o exceso altera el crecimiento normal, ya que por ejemplo, el fósforo proporciona a la planta resistencia a las enfermedades (Ortiz, 1977) y su deficiencia la hace más susceptible al ataque de virus (Sánchez y Escalantes, 1983), de ahí la im

portancia de su balance nutricional en las plantas.

### 3.8.3 Potasio.

El potasio es un elemento móvil dentro de la planta, pero no forma parte integral de los componentes de ésta, tales como protoplasma, grasa y celulosa. Su función parece más bien de naturaleza catalítica. A pesar de esto, es impredecible para las siguientes funciones fisiológicas:

- 1) Metabolismo de los hidratos de carbono o formación y transformación de almidón.
- 2) Metabolismo del nitrógeno y síntesis de proteínas.
- 3) Control y regulación de las actividades de varios elementos minerales esenciales.
- 4) Neutralización de los fisiológicamente importantes ácidos orgánicos.
- 5) Activación de varias enzimas.
- 6) Promoción del crecimiento de los tejidos meristemáticos.
- 7) Ajustes de la apertura de los estomas y relaciones con el agua.

Cuando ocurre una deficiencia en la planta, el potasio se traslada a los tejidos jóvenes meristemáticos, y puesto que es móvil, los síntomas aparecen al principio en las hojas más bajas de las plantas anuales, progresando hacia la parte superior a medida que se incrementa la gravedad de la deficiencia (Tisdale y Nelson, 1987).

El potasio es esencial en el principio de proceso de absorción de nitratos, y su ausencia frena la formación normal de carbohidratos. Los primeros síntomas visibles son el amarillamiento y luego el quemado de los márgenes de las hojas (de los bordes hacia el centro); puede dar lugar a síntomas de ligeras deficiencias de magnesio o nitrógeno y calcio; los síntomas visibles son nudos largos y hojas de color verdopálido, más tarde se frena el crecimiento y aparecen manchas cafés en las hojas (Sánchez y Escalantes, 1983).

### 3.9 DINAMICA DEL POTASIO EN EL SUELO.

En los suelos de México por condiciones de clima, prevalece la arcilla "Mortmorillonita", la cual es una gran fijadora del potasio, de tal forma que en un análisis del suelo se tiene que:

$$K \text{ total} = K \text{ fijado} + K \text{ intercambiable.}$$

Siendo del 1-10% el K fijado (50-70 mg K/100 gr de suelo) del K total; del 1-2% el K intercambiable y únicamente del 0.1-0.2% el K en solución (Ortiz, 1977).

El potasio que se encuentra en la solución del suelo es muy pequeño en comparación con el K total, generalmente varía entre 0.1 - 100 - mg K/lit de la solución del suelo (Fassbender, 1987).

Puesto que el potasio tiene una gran importancia en la producción y calidad del chile (Domínguez, 1984), y de acuerdo con lo que se está mencionando, se requiere de grandes dosis de este elemento para que exista respuesta en los cultivos (sobre todo en los básicos), lo que representa el encarecimiento de los fertilizantes potásicos, y un incremento en los costos de producción (CIMMYT, 1978; Chagra, 1980; mencionados por Volke y Sepúlveda, 1987).

Sin embargo, con la fertilización de N y  $P_2O_5$  en el suelo se puede complementar con la potásica, vía foliar, con ( $KNO_3$ ) evitando de esta forma la acumulación de sales en el suelo.

Por otra parte, las investigaciones sobre fertilización en C. annuum, realizada por el INIA, no reportan la adición del potasio.

### 3.10 FERTILIZACION DE CHILE (Capsicum annuum L.).

Retomando la importancia del balance nutricional del nitrógeno y-

fósforo en la planta, resulta la congruencia que debe existir en los - fertilizantes nitrogenados y fosfóricos, y no sólo se requiere que estos elementos estén presentes en el suelo en forma tal que las plantas puedan utilizarlos, sino que también deben estar en cantidades adecuadas para éstas.

Cárdenas *et al.* (1977), recomienda la fertilización de chile ancho, pasilla y mirasol, en el Estado de Aguascalientes, con la fórmula 80-60-00, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al trasplante y el resto 40 días después.

En el Estado de Nayarit, Garay *et al.* (1978), encontraron la fórmula 100-40-00 para chile ancho y serrano, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al momento del trasplante y el resto 45 días después.

Por su parte, Eutimio *et al.* (1978), en su estudio sobre fertilización para chile ancho (*C. annuum* var. *grassum* Sendt) en el norte de Guanajuato, encontraron la fórmula 100-60-00, no encontrando respuesta en potasio, además de que sugieren añadir a la aplicación 18 kg/ha de Sulfato de Zinc.

Aguillón *et al.* (1979), recomienda la fórmula 90-80-00 para chile en las variedades ancho, pasilla, mulato y guajillo, para el estado de Guanajuato.

Díaz de León y Vásquez (1981), mediante un experimento sobre una dosis óptima económica de fertilización en chile ancho para la zona - centro de Guanajuato, encontró que los mejores rendimientos se obtuvieron con las siguientes fórmulas:

Para capital limitado:	110-30-00
Para capital ilimitado:	110-40-00

Para la "Hixteca Alta Oaxaca", Ramos (1981), en una investigación

estimó que la fórmula 100-60-00 para chile ancho verdeño, aplicando la mitad del nitrógeno junto con todo el fósforo al trasplante y el resto 40 días después, era la más recomendable.

Hernández (1982), bajo condiciones experimentales en Guanajuato, encontró la fórmula 140-60-00 para chile ancho, como la mejor.

En un estudio sobre diferentes dosis de fertilización en Capsicum annuum, se concluyó que el nitrógeno es el elemento que más influye en el rendimiento; el efecto del fósforo fue menos contrastante, siendo el potasio el elemento con efecto negativo. (Pozo, 1983).

Guerrero (1983), recomienda que la fertilización en chile jalapeño para la región de Delicias, Chihuahua, se debe hacer 30 días después de la nacencia aplicando 150 kg/ha de 18-46-00, y a los 70 días posteriores a la primera aplicación 100 kg/ha de 18-46-00 y 200 kg/ha de urea; asimismo, en 1985 encontró la fórmula 150-60-00 para chile ancho y pasilla en la región del Bajío, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo al efectuar el surcado y el resto cuando aparezcan las primeras flores.

López (1985), en base al proceso productivo del chile de agua y chile ancho en los Valles Centrales de Oaxaca, estimó la fórmula 60-40-00 aplicando la mitad del nitrógeno junto con el fósforo al trasplante y el resto 40 días después.

Valadez (1989), reportó algunas dosis utilizadas en algunas zonas del país, INIA 120-80-00 y/o 100-80-00, en Sonora 120-80-00 y en San Luis de la Paz 140-60-00, recomendándose fraccionar el nitrógeno en dos aplicaciones.

## IV. MATERIALES Y METODOS

### 4.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.

#### 4.1.1 Localización.

El experimento se llevó a cabo en la localidad de San Sebastián - Abasolo, Municipio de Tlacolula, Oaxaca, que se localiza a 22 km. al Sureste de la ciudad de Oaxaca sobre la carretera Internacional en dirección al Istmo de Tehuantepec, dentro de los Valles Centrales de Oaxaca, perteneciente al distrito del centro. Este distrito se localiza entre los 17°7' y 17°10' de latitud Norte y entre los 96°40' y 96°50' de longitud Oeste, con una altitud promedio de 1,578 m.s.n.m. (Moguel, 1979).

#### 4.1.2 Suelos.

Este tipo de suelos se forman por depositación de las corrientes; si las condiciones que habilitan a una corriente para transportar su carga son invertidas, la corriente depositará. Todos los depósitos de los ríos reciben el nombre de aluvión y la depositación resulta de (1) una declinación en el gradiente, (2) una reducción en la velocidad o (3) una disminución en el volumen. Estos cambios obedecen a numerosos factores, tales como la evaporación, el congelamiento, la variación en la forma del valle, los encuentros con obstáculos y la entrada a cuerpos de agua permanentes. Debido a la densidad del agua, la depositación es altamente selectiva, asentándose primero el material más grueso y más pesado.

La depositación por la corriente se divide, por convenir así, en (1) depósitos formados dentro del mismo valle, (2) abanicos aluviales y (3) depósitos en cuerpos de agua.

Abanicos aluviales. Cuando una corriente abandona las montañas y penetra en una planicie o en un valle amplio, sufre una disminución re

pentina en la velocidad, lo que causa la depositación del aluvión en un cuerpo que tiene la forma de un abanico llamado abanico aluvial. Como al crecer el abanico, adquiere una pendiente más fuerte, su espesor se hace más potente y sus clásticos son más gruesos; estas circunstancias lo obligan a adoptar una forma cónica que recibe el nombre de cono aluvial.

La combinación de abanicos aluviales adyacentes de corrientes paralelas, forma una cubierta ondulante unida de sedimentos a lo largo de una cordillera montañosa. A este rasgo topográfico se le han dado varios nombres: planicie aluvial de piemonte, abanico aluvial compuesto, delantal aluvial o simplemente la palabra española bajada. (Pearl, 1983).

El distrito del centro se caracteriza por tener aluviones bajos, que son suelos areno-limosos, situados en la parte intermedia de la planicie con un manto freático de tres a ocho metros de profundidad. Este tipo de zona está muy fraccionada por su disponibilidad al cultivo y las explotaciones se hacen en forma intensiva. Los cultivos principales son: Maíz, frijol, calabaza, cacahuete, carrizo, nogal, hortalizas (jícama, camote, tomatillo, jitomate, chile de agua) y flores ornamentales (cresta de gallo y penumbra).

En general, los suelos contienen un pH que va de 6 a 7, con bajo contenido de materia orgánica, de pobres a medios en contenido de nitrógeno, fósforo y ricos en potasio, calcio y magnesio. (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981).

Se muestra enseguida el Cuadro No. 3, relativo a Análisis de suelo; muestra de la parcela experimental.



Cuadro No. 1.- Análisis de suelo; muestra de la parcela experimental.

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE GUADALAJARA FACULTAD DE AGRICULTURA Y GANADERIA Laboratorio de Análisis de Suelos. - Reporte de Resultados -			
LOCALIDAD: San Sebastián Abasco		FECHA: 10 Agosto, 1989.	
MUNICIPIO: Tlacoalula		PARCELA: Unica.	
ESTADO: Oaxaca		SUPERFICIE: 20 ha.	
		CULTIVO ANTERIOR: Maíz	
		CULTIVO ACTUAL: Chile de agua	
DETERMINACION	METODO EMPLEADO	CONTENIDO/UNIDADES	NIVEL CLASIFICACION
PH	Relación 1:1	Potenciómetro	5.6
	Relación 2:1		6.7
TEXTURA	Arena	Hidrómetro	64.46%
	Arcilla	de	8.59%
	Limo	Boyucous	26.95%
MATERIA ORGANICA	Walkley-Black	2.1 %	Medio
Nutrientes			
Nitrógeno Nitrato	La Motte	13.0 Kg/ha	Muy pobre
Nitrógeno amoniacal	La Motte	12.20 Kg/ha	Medio
Fósforo	La Motte	56 Kg/ha	Medio
Potasio	La Motte	445 Kg/ha	Rico
Calcio	La Motte	784 Kg/ha	Pobre
Magnesio	La Motte	22.4 Kg/ha	Pobre
Sulfatos	La Motte	112 Kg/ha	Muy pobre
Fierro	La Motte	17 Kg/ha	Pobre
Manganeso	La Motte	27 Kg/ha	Medio
Responsable Laboratorio: Ing. M.C. José A. Zepeda Mora			

Observando el resultado del análisis, se verifica que el suelo -- es rico en Potasio, por lo tanto la investigación realizada se enfocó-- solamente a encontrar la dosis óptima económica de los dos macronu-- trientes.

CLASIFICACION FAO-UNESCO.- "Suelos Luvisoles" en los Valles Cen-- trales de Oaxaca, son suelos negros llamados chernozem, se forman --- principalmente en los climas templados semi-secos con inviernos fríos- y veranos calientes. Son suelos de gran valor agrícola; suelos teques- quitosos, llamados también solonetz ó suelos alcalinos, ó suelos álca- li negro. Se caracterizan por el predominio del carbonato de sodio, en tre las sales solubles que contiene y suelos aluviales recientes, que- son el tipo de suelo en el que se llevó a cabo el experimento y del -- cual ya se dió una explicación acerca de su formación. (Tamayo, 1981).

#### 4.1.3 Clima.

El clima que predomina en la región, de acuerdo a la clasifica-- ción de Köppen, modificado por Enriqueta García (1972), es el (A) C - (W"o) (W) a (i') g; semi-cálido, sub-húmedo, el más cálido de los tem- plados con temperatura media anual mayor de 18°C y lluvias de verano - (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981).

La precipitación media anual para el distrito del centro se en--- cuentra entre los 650 mm. El período de lluvias es de cinco meses (ma- yo a octubre), con excepción del mes de agosto en el que con frecuen-- cia se presenta el período intraestival (canícula), durante los cuales se capta el 72% de la precipitación; mientras que en los ocho meses -- restantes, sólo se capta el 28%, ya que corresponde al período seco de lluvias que se presenta en forma irregular. (Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, 1981).

#### 4.2 DESCRIPCION DEL MATERIAL GENETICO UTILIZADO.

Se utilizó semilla criolla procedente de San Sebastián Abasolo, -

Municipio de Tlacolula, Oaxaca.

#### 4.2.1 Método de Selección de Semilla.

Los productores de chile de agua obtienen su semilla a partir de frutos que presentan las mejores características en cuanto a tamaño, forma, color y consistencia, para lo cual dejan que los frutos alcancen su madurez fisiológica en la planta; es decir, completamente rojos, suaves y arrugados. Algunos productores acostumbran destinar un número determinado de surcos para obtener su semilla escogiendo desde luego, aquellos que contengan las mejores plantas; otros en cambio, únicamente dejan de cosechar los chiles que reúnan las mejores características, una vez cortados, los chiles maduros se exponen a los rayos solares para su secado, posteriormente son almacenados en canastos en lugares secos. Las semillas son extraídas del fruto 15 días antes de la siembra.

#### 4.3 FACTORES Y NIVELES ESTUDIADOS.

Para la elaboración de los diferentes tratamientos de fertilización se utilizaron las siguientes fuentes:

##### 4.3.1 Nitrógeno.

Este elemento fue aplicado al cultivo utilizando como fuente la Urea:  $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ , con contenido de 46% N.

##### 4.3.1.1 Niveles.

De acuerdo con la literatura anterior expuesta y con los objetivos del presente trabajo, se determinaron los siguientes niveles de estudio para nitrógeno: 60, 90, 120 y 150 kg de N/ha.

##### 4.3.2 Fósforo.

La fuente nutritiva utilizada para este elemento fue el superfosfato de calcio triple:  $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ , cuyo contenido de  $\text{P}_2\text{O}_5$  es de 46%.

#### 4.3.2.1 Niveles.

El fósforo se suministró en sus niveles de 30, 60, 90 y 120 kg de  $\text{P}_2\text{O}_5/\text{ha}$ .

Cuadro No. 2.- Factores y niveles de estudio.

FACTOR	NIVELES CODIFICADOS (Kg/ha)			
	-1.0	-0.33	0.33	1.0
Nitrógeno	60	90	120	150
Fósforo	30	60	90	120

#### 4.4 DISEÑO EXPERIMENTAL.

Para confrontar las hipótesis planteadas, los tratamientos estudiados se arreglaron en bloques aleatorios completos enmarcados en el diseño de la Matriz Plan Puebla I para 2 factores (dosis de N y  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) y 4 niveles de cada factor dando un total de 8 tratamientos y tres repeticiones.

La Matriz Plan Puebla I es un diseño experimental con tratamientos preestablecidos y que toma en cuenta el conocimiento agronómico de respuesta del cultivo, es decir, es una matriz direccional. Consiste de un núcleo de tratamientos  $2^k$ , donde k es el número de factores. Estos  $2^k$  tratamientos se integran en el segundo y tercer nivel de cada factor (Turrent y Laird, 1985).

##### 4.4.1 Número de Tratamientos.

De acuerdo con el condicionamiento de la Matriz Plan Puebla I se tiene que:

$$2^k + 2^k = \text{Número de tratamientos.}$$

En este caso:

$$2^2 + 2^2 = 8$$

En el cuadro No. 3 se presenta la lista de tratamientos (con y - sin codificar) correspondientes a la Matriz Plan Puebla I para el caso de los dos factores: dosis de fertilización nitrogenada y fosfórica, según los niveles definidos en el cuadro No. 2.

Cuadro No. 3.- Lista de tratamientos con valores codificados y sin codificar para los factores estudiados.

No. DE ORDEN	VALORES CODIFICADOS DOSIS DE FERTILIZACION			
	FACTOR 1	FACTOR 2	N (Kg/ha)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (Kg/ha)
1	+ 0.33	- 0.33	90	60
2	- 0.33	0.33	90	120
3	+ 0.33	- 0.33	120	60
4	- 0.33	0.33	120	90
5	+ 1.00	- 0.33	60	60
6	- 1.00	0.33	150	90
7	+ 0.33	- 1.00	90	30
8	- 0.33	1.00	120	120
Testigo	+ 2.33	- 1.33	0	0

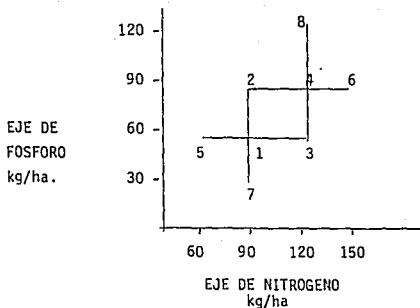


Figura No. 1.- Representación gráfica de la Matriz Plan Puebla I para dosificar los dos factores estudiados: Nitrógeno y Fósforo.

#### 4.4.2 Tamaño de Parcelas.

La parcela experimental total consistió en cinco surcos separados a 60 cm con una longitud de 3 m, dando un área de  $9 \text{ m}^2$ , con tres repeticiones cada una. La parcela útil se enmarcó en los tres surcos centrales excluyendo 25 cm en ambas cabeceras (una mata) dando así un área de  $4.5 \text{ m}^2$ .

#### 4.5 PARAMETROS EVALUADOS.

##### 4.5.1 Rendimiento por Tratamiento.

En cada una de las unidades experimentales se pesaron los frutos que reunieron características comerciales, obteniéndose de éstas los rendimientos por tratamiento de cada repetición.

#### 4.5.2 Número de frutos por tratamiento.

Al igual que el rendimiento, en cada corte se realizó el conteo de frutos por tratamiento y repetición para probar la diferencia de tratamientos en el número de frutos (ver Anexo A1).

#### 4.5.3 Tamaño de frutos por tratamiento.

Una vez pesados los chiles se clasificaron: de primera (=10 cm de longitud y =5 cm de diámetro en base), y los de segunda (10 cm de longitud y 5 cm de diámetro en la base), cada uno de los tratamientos y repeticiones para su respectivo análisis de varianza (ver Anexo A2).

### 4.6 PRACTICAS CULTURALES.

#### 4.6.1 Preparación y siembra del almácigo.

La preparación del almácigo se llevó a cabo mediante la mezcla de tierra, arena y estiércol, siendo sus dimensiones de 1.0 m de ancho por 4.0 m de largo, desinfectándose con bromuro de metilo.

En la siembra se utilizaron 40 gr de semilla, la cual se efectuó el 3 de diciembre de 1980; la duración de la plántula en el almácigo fue de 56 días.

#### 4.6.2 Preparación del terreno.

Se efectuó un barbecho para eliminar las malezas presentes y exponer las plagas a la acción del ambiente y depredadores; posteriormente se dió un paso de rastra para desmoronar los torromotes y homogeneizar el suelo, y por último se hizo un surcado. Estas prácticas se realizaron con maquinaria agrícola.

#### 4.6.3 Método y densidad de población.

El trasplante se efectuó a los 56 días dando un riego al terreno un día para evitar que las plantas sufrieran quemaduras; se desinfectó la planta con Captán en dosis de 300 gr/100 lts de agua. Una vez terminado el trasplante se dió un riego.

Se colocaron 2 plantas por mata en un costado del surco, a distancias de 0.25m siendo la densidad de población de 66,600 matas/ha, es decir, la misma que utilizan los productores de Chile de agua en Valles Centrales, ya que es más fácil que adopten el uso de fertilizantes que aceptar un cambio en la densidad de población.

#### 4.6.4 Fertilización.

La fertilización del suelo de cada unidad experimental se llevó a cabo a los 25 días del trasplante, al efectuar la primera escarda, aplicando la mitad del nitrógeno y todo el fósforo; la segunda aplicación se realizó a los 30 días después de la primera, tal y como es la práctica común del agricultor.

#### 4.6.5 Riegos.

Se dieron en total 20 riegos, desde resiembra hasta cosecha, regando generalmente cada 5 días tomando en cuenta algunas lluvias que cayeron durante el ciclo y los días más calurosos en los que los riegos se dieron antes o después de los cinco días. Cuando aparecieron los primeros frutos los riegos fueron más frecuentes.

Se dieron un número alto de riegos, debido a la textura del suelo y con una lámina de riego muy libera, y en prevención de heladas, como ya es costumbre y por tradición en la zona.

#### 4.6.6 Control de plagas y enfermedades.

Una semana después del trasplante, se presentó el gusano de alambre (Agriotis spp.), que ocasionó la marchitez y muerte de algunas plantas, las cuales inmediatamente fueron replantadas. Se combatió -



con Voltón 2.5% a razón de 40 kg/ha.

Posteriormente se presentaron infestaciones regulares de mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*) (West) y el picudo o barrenillo (*Anthonomus eugenii*), decidiendo se aplicara Tamarón 600 para su control simultáneo en dosis de 1 lt/ha y Diazinón CE 25 lt/ha, debido a su intervalo de seguridad de 15 días en el primero y cinco días en el segundo.

La enfermedad que se presentó en el chile de agua fue el mosaico del tabaco (VMT), cuyos síntomas fueron distorsión y amarillamiento del follaje, y achaparramiento de la planta y por consiguiente, la distorsión de los frutos.

Al presentarse los primeros síntomas de esta enfermedad se asperjó Terramicina agrícola 5% (300 grs/100 lts de agua) en dos ocasiones; posteriormente se cambió a Agramicín 500 (600 grs/100 lts de agua) - conjuntamente con 2 gramos de Activol (AG<sub>3</sub> 20 ppm). Ya que la Terramicina agrícola y el Agramicín 500 contienen oxitetraciclina que impide el desarrollo de las enfermedades causadas por micoplasmas que se encuentran en el floema, teniendo mayor éxito al aplicarse con ácido giberélico (Pfizer reg. Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos No. 706/79). El ácido giberélico aplicado a plantas enfermas por virus estimula el crecimiento de las yemas axilares (Agris, 1985).

Se concluye, que el mosaico del tabaco fue producido por micoplasma y no por un virus, ya que fue controlado con los productos mencionados.

#### 4.6.7 Cosecha.

Esta se realizó una vez que los frutos alcanzaron su madurez comercial, es decir, cuando el chile de agua presentaba un tamaño característico con consistencia dura y una coloración verde amarilla, verde limón brillante. Se realizaron 5 cortes y el último fue el 4 de -

mayo de 1990.

#### 4.7 ANALISIS ESTADISTICO.

Los datos generados de las unidades experimentales se analizaron de acuerdo a los tratamientos y bloques correspondientes, utilizando el análisis de varianza en el diseño de bloques aleatorizados completos, para generar un espacio muestral en donde se pueden encontrar los posibles resultados del experimento, de esta forma se define la variable aleatoria cuya función de probabilidades se supone que describe el comportamiento de los tratamientos bajo estudio (Infante y Zárate, 1984).

#### 4.8 ANALISIS ECONOMICO.

Mediante el algoritmo del análisis económico propuesto por Turrent (1985), se calcularon los ingresos netos (IN) más costos fijos (CF) necesarios para determinar el tratamiento más cercano al óptimo económico, el cual corresponde a las condiciones de capital ilimitado siendo éste el tratamiento que presentó los mayores IN + CF. Asimismo, se obtuvo la dosis óptima económica para capital limitado (DOECL) partiendo del tratamiento que presentó la mayor tasa de retorno a capital variable (TRCV).

#### 4.9 ANALISIS GRAFICO DE LA RESPUESTA DEL CULTIVO.

La Matriz Plan Puebla I (PPI), además de presentar flexibilidad, el análisis matemático permite la intervención gráfica, haciendo más objetivo dicho análisis (Turrent y Laird, 1985).

Mediante este procedimiento se precisó la dosis óptima económica de capital ilimitado al graficar la función de respuesta a los facto-

res estudiados, derivando la pendiente de la relación de precio factor/producto, para ambas curvas.

## V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

## 5.1. RENDIMIENTOS OBTENIDOS.

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron su tamaño y color característico. El primer corte se efectuó a los 80 días después del trasplante; el segundo a los 75 días; el tercero a los 82 días; el cuarto a los 80 días y el quinto a los 86 días.

Los rendimientos por tratamiento total y promedio de los 3 repeticiones se presentan a continuación (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4.- Rendimiento del chile de agua (ton/ha) de un total de 5 cortes.

NO. DE ORDEN	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO TOTAL (ton/ha) (V)	RENDIMIENTO PROMEDIO (ton/ha) (V)
1	90-60-00	21.201	7.100
2	90-90-00	23.228	7.909
3	120-60-00	24.675	8.224
4	120-90-00	27.501	9.166
5	60-60-00	26.849	8.949
6	150-90-00	19.397	6.465
7	90-30-00	25.527	8.509
8	120-120-00	22.938	7.645
Testigo	00-00-00	16.715	5.571

Observando los rendimientos tenemos que, el tratamiento 4 fue el mayor con 9.116 ton/ha, pero el 5 y el 7 obtuvieron un rendimiento cercano al anterior con 8.949 y 8.507 ton/ha respectivamente, y con una menor dosis de fertilizante ( $N_2$  y  $P_2O_5$ ) por lo tanto, se deben tomar en cuenta estos resultados para las conclusiones finales.

## 5.2. ANALISIS ESTADÍSTICO.

## V. RESULTADOS Y DISCUSION

## 5.1 RENDIMIENTOS OBTENIDOS.

La cosecha se realizó cuando los frutos alcanzaron su tamaño y color característico. El primer corte se efectuó a los 68 días después del trasplante; el segundo a los 75 días; el tercero a los 82 días; el cuarto a los 89 días y el quinto a los 96 días.

Los rendimientos por tratamiento totales y promedios de las 3 repeticiones se presentan a continuación (Cuadro No. 4).

Cuadro No. 4.- Rendimiento del chile de agua (ton/ha) de un total de 5 cortes.

No. DE ORDEN	TRATAMIENTO	RENDIMIENTO TOTAL (ton/ha)(Y)	RENDIMIENTO PROMEDIO (ton/ha)(Y)
1	90-60-00	21.301	7.100
2	90-90-00	23.728	7.909
3	120-60-00	24.675	8.224
4	120-90-00	27.501	9.116
5	60-60-00	26.849	8.949
6	150-90-00	19.397	6.465
7	90-30-00	25.522	8.507
8	120-120-00	22.938	7.645
Testigo	00-00-00	16.715	5.571

Observando los rendimientos tenemos que, el tratamiento 4 fue el mayor con 9.116 ton/ha, pero el 5 y el 7 obtuvieron un rendimiento cercano al anterior con 8.949 y 8.507 ton/ha respectivamente, y con una menor dosis de fertilizante (N y  $P_2O_5$ ) por lo tanto, se deben tomar en cuenta estos resultados para las conclusiones finales.

## 5.2 ANALISIS ESTADISTICO.

Se realizó el análisis de varianza (ANVA) para el diseño en bloques al azar, para la variable de fruto verde de la cosecha total obtenida en los cinco cortes, con el propósito de obtener los efectos significativos para tratamiento y/o bloque.

En el cuadro No. 5 se encuentra dicho análisis, donde se aprecia que no hubo efecto significativo al 0.05 de probabilidad de cometer error tipo I para tratamiento ni para los bloques, lo cual significa que los tratamientos y bloques rindieron estadísticamente iguales. El coeficiente de variación obtenido fue del 22%, por lo que es aceptable. Sin embargo, en la práctica no se puede estar seguro de que las suposiciones realizadas en el análisis de la varianza para el efecto de los tratamientos sean ciertos (Cockran y Cox, 1981).

Cuadro No. 5.- Análisis de la varianza para el diseño de bloques aleatorios completos (rendimiento promedio).

FV	gl	SC	CM	FC	Ft (0.05)
Tratamiento	8	33 283.67	4 160.4	1.424	NS 2.591
Bloques	2	3 593.3	1 796.7	0.615	NS 3.634
Error	16	46 753.7	2 922.1		
T O T A L :	26	86 630.			

NS: No significativo.

Coefficiente de variación = 22%.

### 5.3 ANALISIS ECONOMICO.

#### 5.3.1 Costo del insumo y valor del producto.

Para la realización de este análisis se utilizó el método gráfico estadístico propuesto por Turrent (1985), (se exceptúa la aplicación del método automático de Yates, debido a que el efecto factorial medio fue menor que el efecto mínimo significativo dentro del factorial  $2^k$ , es decir, no hubo significancia). Esto indica que estadísticamente existe igualdad de tratamiento, pero económicamente si hay diferencia.

Enseguida se presentan los costos unitarios de los insumos y productos empleados en el estudio. (Cuadro No. 6).

Cuadro No. 6.- Costos de los insumos y valor del producto.

INSUMO O PRODUCTO	UNIDAD	VALOR (\$)	SÍMBOLO
Nitrógeno	kg	400.00	n
Fósforo	kg	700.00	p
Chile de agua	kg	7 500.00	y

El cálculo del cuadro se obtuvo de acuerdo a los precios vigentes a la fecha de siembra; en cuanto a fertilizantes Urea bulto de 50 kg costó \$20,000 pesos, Superfosfato de Calcio triple bulto 50 Kg. - costo \$35,000 pesos y de acuerdo al precio del chile de agua en la cosecha en el Mercado de Abastos, se comercializó en huacales de 20 kg. en promedio a un precio de \$150,000 pesos por huacal. Obteniendo los resultados del Cuadro No. 6. No se desglosó gasto de flete y aplicación debido a que la mercancía es transportada al terreno por el vendedor y la aplicación se hizo con personal del mismo productor.

### 5.3.2 Algoritmo del Análisis Económico.

Los rendimientos físicos totales del chile de agua se examinan en el Cuadro No. 7, considerándose los costos del cuadro anterior -- (ver descripción en el Anexo A3).

En el siguiente cuadro (No. 7) los tratamientos 1/2/3/4/5/6/7/8- (con el tratamiento 9, ya que representa al testigo), se realizó el cálculo de los costos variables (columna 4) y sus ingresos netos más-costos fijos (columna 5), observándose que el tratamiento 120-90-00- (N, P y K, respectivamente) se considera como el más cercano al tratamiento óptimo económico de capital ilimitado (T.O.E.C.I.). Mientras que los resultados de la tasa de retorno a capital variable (columna-8) nos dan que los tratamientos 60-60-00 y 90-30-00 son los posibles-tratamientos óptimos económicos para capital limitado (TOECL) mayormente explicados en el análisis económico.

Cuadro No. 7.- Algoritmo del análisis económico del rendimiento total de 5 cortes de chile de agua, en la localidad de San Sebastián Abasolo, Municipio de Tlacoalula, Oaxaca, durante el ciclo Invierno - Primavera, 1990.

NUM.	1 TRATAMIENTO N-P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/ha)	2 RENDIMIENTO TOTAL (ton/ha)(Y)	3 RENDIMIENTO PROMEDIO (ton/ha)(Y)	4 COSTOS VA-- RIABLES CV <sup>a</sup> \$/ha	5 INGRESOS NE-- TOS + CTOS. FIJOS <sup>b</sup> \$/ha	6 INC. REND. (Y) ton/ha	7 INCREMENTO (IN) \$/ha	8 TRCVC IN/CV
1	90-60	21,301	7.100	169 561	53080439	1.529	11297939	66.6
2	90-90	23,728	7.909	215 215	59102285	2.388	17319785	80.47
3	120-60	24,675	8.225	195 645	61491855	2.654	19709355	100.74
4	120-90	27,501	9.167	241 299	68511201+	3.596	26728701	110.77
5	60-60	26,849	8.949	143 473	66974027*	3.378	25191527	175.58
6	150-90	19,397	6.465	267 387	48220113	0.894	6437613	24.07
7	90-30	25,522	8.507	123 907	63678593*	2.936	21896093	176.71
8	120-120	22,938	7.646	286 946	57058054	2.075	15275554	53.23
9	0-0	16,715	5.571	-----	41782500	-----	-----	-----

a: Costo variable del tratamiento.  $CV = nK + pP$ , donde n es el costo por kg de N, p es el costo por kg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Para este caso  $n = \$400$  y  $p = \$700$ .

b: Se usa la fórmula  $IN + CF = y(Y) - CV$  donde y es el valor de kg de chile, Y es el rendimiento del chile/ha. En este caso  $y = 7,500$ .

+TOECI: significa Tratamiento Optimo Económico de Capital Ilimitado.

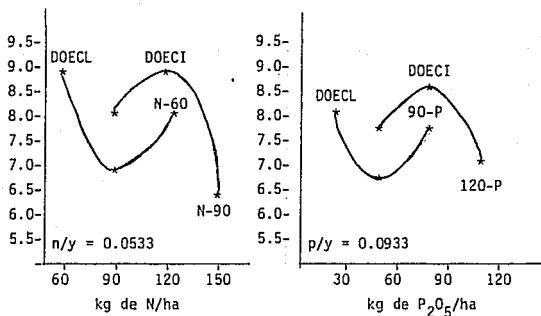
c: TRCVC significa Tasa de Retorno al Capital Variable.

\*: TOECL significa Tratamiento Optimo Económico de Capital Limitado.



## 5.4 ANALISIS GRAFICO.

Mediante este método y con la serie de curvas presentadas en la figura No. 2, acción 2a y 2b, permite encontrar una solución más aproximada (que por el método económico) al tratamiento óptimo económico para capital ilimitado.



2a. Respuesta al Nitrógeno

2b. Respuesta al Fósforo

Figura No. 2.- Respuesta gráfica del Chile de agua a la fertilización nitrogenada y fosfórica.

Las curvas marcadas N-60 en la figura No. 2, representa la respuesta del Chile al nitrógeno cuando hay constante 60 y 90 kg de  $P_2O_5$  por ha, respectivamente. Por su parte, las curvas marcadas 90-P y 120-P, representan la respuesta del Chile de agua al fósforo cuando hay constante 90-120 kg de N/ha, respectivamente.

Observando la fig. No. 2a, se encuentra la respuesta nitrogenada dada por la relación  $n/y = 0.0533$  kg de N/kg de y, es decir, que para cualquier dosis de fertilización nitrogenada corresponde una cantidad de chile de agua que cubre los costos, donde "n" es el precio unitario del kg de N, "y" el del kg de chile de agua. Así, los 30 kg de N (65.21 kg de Urea por 0.0533) cuestan 3.47 kg de chile de agua, lo cual no se puede representar gráficamente debido a la escala empleada; como aproximación se empleó una línea horizontal como pendiente de la ganancia para fertilización nitrogenada igual a cero. Esto conduce a la solución de 90 kg de fósforo por ha, al trasladar dicha línea horizontal sobre el nivel 120 kg N/ha sobre la curva N-90 que es punto de máximo rendimiento.

En la figura 2b, la relación de precios  $p/y = 0.0933$  kg de  $P_2O_5$ /kg de y, los 30 kg de fósforo (65.21 de superfosfato de calcio triple por 0.0933) cuestan 6.08 kg de chile de agua y de igual forma, por la escala empleada se utilizó una línea horizontal como pendiente de ganancia para la fertilización fosfórica igual a cero, extrapolada hacia la curva 120-P para localizar el punto de tangencia, la solución corresponde a la dosis de 90 kg de  $P_2O_5$ /ha, coincidiendo igual que la del N con el máximo rendimiento.

El tratamiento óptimo económico de capital ilimitado es por lo tanto, el 120-90-00 que corresponde a una de las esquinas por las que se prolongan las aristas del cuadrado (figura No. 1).

#### 5.4.1 Efectos conjuntos de N y P.

Mientras que con 90 kg N/ha se elimina prácticamente la deficiencia de nitrógeno si es que la dosis de fósforo es de 60 kg de  $P_2O_5$ /ha (fig. No. 2), dicha dosis de nitrógeno es insuficiente cuando se aumenta la dosis del fósforo a su nivel más alto de 90 kg de  $P_2O_5$ /ha dentro del cuadrado (fig. No. 1), por tal razón el cambio de la curva N-90 se debe a la contribución del fósforo.

En la fig. 2b, se nota una clara respuesta al fósforo, curva 90-P; sin embargo, con 60 kg de  $P_2O_5$ /ha se suprime la deficiencia de fós

foro cuando se tiene el nitrógeno en su nivel más bajo dentro del cuadro (fig. No. 1). En cambio, cuando el nitrógeno se encuentra en su nivel más alto dentro del cuadro se requiere de 90 kg de  $P_2O_5$ /ha para suprimir la deficiencia de fósforo, es decir, que el incremento de rendimiento de las curvas 90-p y 120-P, se debe exclusivamente al efecto del nitrógeno.

#### 5.5 DOSIS OPTIMA ECONOMICA DE CAPITAL LIMITADO.

En el cuadro No. 7, calculando el incremento en rendimiento (columna 7) y el incremento en ingreso neto (columna 8), se observó que los tratamientos 60-60-00 y 90-30-00 presentan la mayor tasa de retorno a capital variable (TRCV), los cuales se asocian con un rendimiento promedio de 8.9 y 8.5 ton/ha respectivamente, por lo que se consideraran como los tratamientos óptimo-económicos de capital limitado (TOECL).

En el siguiente cuadro se comparan los TOEC limitado e ilimitado por los métodos económico y gráfico.

Cuadro No. 8.- Resultados obtenidos por los métodos económico y gráfico.

	N- $P_2O_5$ - $K_2O$	RENDIMIENTO ton/ha
TOECI	120-90-00	9.167
TOECL (1)	60-60-00	8.949
TOECL (2)	90-30-00	8.507

El tratamiento 120-90-00 cercano al óptimo económico de capital-ilimitado en el método económico, se confirma al analizarlo por el método gráfico (fig. No. 2).

La tasa de retorno a capital variable en el tratamiento 60-60-00 es de 175.58, esto significa que por cada peso invertido se obtendrá-

una ganancia de \$175.58, de igual forma en el tratamiento 90-30-00 -- con una TRCV de \$176.71 (Cuadro No. 7).

El productor podrá seleccionar, en función de su capital disponible al TOECL (1 ó 2).

#### 5.6 PRECISION DE LOS TRATAMIENTOS OPTIMO ECONOMICOS.

Los tratamientos óptimo económicos en el espacio de exploración-del cuadrado, se presentan en la siguiente figura.

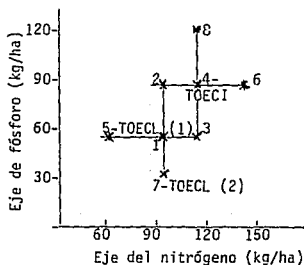


Figura No. 3.- Precisión de los tratamientos óptimos económicos.

Puesto que la Matriz Plan Puebla I es una matriz direccional que toma en cuenta el conocimiento agronómico, conduce a una matriz exploratoria. Partiendo de los TOE, tanto para capital limitado como ilimitado, se observa que existe cierta polaridad entre ambos, por lo que para obtener mayor confiabilidad sobre estas recomendaciones es necesario realizar estudios de precisión cuyos espacios de exploración - contemplen la fertilización nitrogenada y fosfórica alrededor de los tratamientos enmarcado como óptimos.

## VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a las condiciones del estudio, a los resultados obtenidos y a la discusión de los mismos, se concluye y recomienda lo siguiente:

1. Se concluye, en cuanto a la hipótesis H.a., se rechaza porque la fertilización nitrogenada y fosfórica no incrementan significativamente los rendimientos por unidad de superficie del cultivo de chile de agua, lo cual se puede apreciar en el Análisis de Varianza (ANVA), dado que no hubo efecto significativo al 0.05; sin embargo, en el análisis económico se obtuvo diferente respuesta a los tratamientos evaluados.
2. Los datos del estudio ponen de manifiesto que las recomendaciones de fertilización nitrogenada y fosfórica para el cultivo de chile de agua en San Sebastián Abasco, Municipio de Tlaxiaco, Oaxaca, están en función de la capacidad de inversión del productor.
3. Se recomienda el tratamiento de fertilización 120-90-00, el cual presenta un rendimiento de 9.16 ton/ha de chile de agua y un Ingreso Neto + Costos Fijos de \$66'974,027/ha, para productores de capital ilimitado (TOECI).
4. Se recomienda el tratamiento de fertilización 60-60-00 y 90-30-00, los cuales presentan un rendimiento de 8.95 y 8.51 ton/ha y con un Ingreso Neto + Costos Fijos de \$66'974,027/ha y \$63'678,593/ha y asociados a una tasa de retorno a Capital Variable de \$175.58 y \$176.71 respectivamente, para productores con capital limitado (TOECL).
5. Se recomienda realizar estudios de fertilización N y P en chile de agua, alrededor de la dosis 120-90-00, a fin de precisar la recomendación para productores con capital ilimitado, así como -

Los espacios de exploración que contemplen la dosis 60-90-00 kg-N/ha y 30-60-00 kg  $P_2O_5$ /ha para precisar las recomendaciones para productores con capital ilimitado.

## VII. RESUMEN

Considerando la gran importancia económica y social que tiene el chile de agua (*Capsicum annuum* L.) en la región de los Valles Centrales de Oaxaca, y por falta de trabajos que contribuyan a obtener mejores rendimientos por unidad de superficie, se realizó el presente trabajo cuya finalidad fue obtener una dosis óptima económica de fertilización nitrogenada y fosfórica para productores de capital limitado e ilimitado.

Para tal fin, en enero de 1990 se estableció en San Sebastián - Abasco, Tlaxolula Oax., un experimento de campo con chile de agua -- utilizando semilla criolla de la región.

Los niveles de fertilización probados fueron: 60, 90, 120 y 150 kg de N/ha, y 30, 60, 90 y 120 kg de  $P_2O_5$ /ha; dichos tratamientos fueron generados a partir de la Matriz Plan Puebla I, distribuidos en bloques aleatorizados completos con tres repeticiones.

Mediante el método Gráfico-Económico se determinó que la dosis óptima económica para Capital Ilimitado fue la dosis 120-90-00 con -- 9.16 ton/ha, la dosis óptima económica para Capital Limitado se determinó a través del algoritmo del análisis económico seleccionando los tratamientos que presentaron el más alto retorno a capital variable, -- siendo la dosis 60-60-00 y 90-30-00 con 8.949 y 8.507 ton/ha, respectivamente.

Con los resultados obtenidos, se concluyó que el chile de agua -- responde a la fertilización nitrogenada y fosfórica, recomendándose -- la dosis óptima económica para capital limitado e ilimitado obtenidas, así como para realizar investigaciones acerca de la dosis determinada para precisar dicha investigación. De esta forma se pretende -- contribuir en el conocimiento de las mejores prácticas de cultivo para el chile de agua en Valles Centrales de Oaxaca.

## VIII.- BIBLIOGRAFIA

- Aguillón, G.A. *et al.* 1979. El Chile en el Estado de Guanajuato. CIAB/CAEB, INIA-SARH, pp. 8-9.
- Agrios, N.G. 1985. Fitopatología. Ed. Limusa. México, pp. 173-199.
- Cárdenas, Ch. I. *et al.* 1977. El cultivo del chile en Aguascalientes. CIAB-CAEB, INIA-SARH. pp. 12-15.
- Cockran y Cox. 1981. Diseños experimentales. Ed. Trillas. México. pp. 66-119.
- Díaz de León, T. y Guillermo Vásquez N. (1981). XIV Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo. Tomo II., San Luis Potosí, S.L.P.-pp. 43-45.
- Domínguez Vicanos, A. 1984. Tratado de fertilización. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 131-154 y 397-399.
- Fassbender, H.W. 1987. Química de los suelos con énfasis en suelos de América Latina. Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas de la O.E.A. Turrialba, Costa Rica. AID, México Buenos-Aires. pp. 132-133.
- Garay, A.R. *et al.* 1978. Cultivo del chile en Nayarit. CIAPH-CAESI, -INIA-SARH, pp. 23-24.
- Guerrero, 1983. El cultivo del chile jalapeño en la región de Delicias, Chih. Gaceta Agrícola No. 802, 9. pp. 21.
- Guerrero, M.A. 1985. Gua para cultivar chile ancho y pasilla. Gaceta Agrícola No. 880, 2, 5, 8, 11. pp. 2.
- Gross, Andre. 1981. Abonos. 7a. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 173-238.



- Hernández, A.R. 1982. Guía para cultivar chile ancho en el Norte de -  
Guanajuato. SARH-INIA, CAENGUA. pp. 37-42.
- Infante, S.S. y Zárate de Lare P. 1984. Métodos estadísticos. Ed. Tri-  
llas, México. pp. 401-461.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 1986. --  
Oaxaca. Cuaderno de información para la planeación. Secretaría  
de Programación y Presupuesto. pp. 118-127.
- Lomelí, Arturo. 1987. El chile y otros picantes. 2a. ed., Ed. Prometeo  
Libre, México, pp. 123-131.
- López, L.S. 1986. El proceso productivo del chile de agua en los Valle-  
s Centrales. Tesis Ing. Agrónomo, Oaxaca, ITAO No. 23, -  
pp. 18-19.
- Martínez Garza, A. 1971. Aspectos Económicos del Diseño y Análisis -  
de Experimentos. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional  
de Agricultura. Chapingo, México. pp. 53-61.
- Miller, *et al.* 1981. Fundamentos de la Ciencia del Suelo. Ed. CECSA,-  
México. pp. 357 y 390.
- Hoguel R. 1979. Regionalizaciones para el estado de Oaxaca. Centro de  
Sociología de la UABJO. México. pp. 52-55.
- Ortiz Villanueva, B. 1977. Fertilidad de Suelos, Chapingo, México. -  
pp. 221-222.
- Ostle, B. 1986. Estadística Aplicada. Ed. Limusa., México. pp. 26, 30  
-34.
- Pearl, Richard H. 1983. Geología. Ed. CECSA. México. pp. 141-143.

ESTA TESIS  
NO DEBE  
SALIR DE LA  
BIBLIOTECA

- Pozo. 1983. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el cultivo de chile (*Capsicum* spp.). México. INIA, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, pp. 72.
- Pozo et al. 1984. Presente y pasado del chile en México. INIA, Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. pp. 111-114.
- Ramos, S.A. 1981. Logros y Aportaciones de la Investigación Agrícola en el Estado de Oaxaca. CAENOAX-CIAPAS. INIA-Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. pp. 62-76.
- Rodríguez, Suppo F. 1982. Fertilizantes. AGT. Ed. S.A. México. pp. - 179-181.
- Rojas Garcidueñas, M. 1984. Fisiología Vegetal Aplicada. 2a. ed. Ed.- Mc.Graw Hill. México, pp. 51-66 y 119-122.
- Sánchez, Del C.F. y Edgardo R. Escalante R. 1983. Hidroponía. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. pp. 18-25.
- Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos. 1981. Los Valles -- Centrales de Oaxaca. INIA. pp. 21-24.
- Secretaría de Programación y Presupuesto. 1984. Presente y pasado del chile en México. INIA-SARH, pp. 82-87.
- Tamayo, Jorge L. 1981. Geografía Moderna de México. 9a. edición. Ed.- Trillas. México. pp. 150-156.
- Teuscher H. y Adle R. 1985. El Suelo y su Fertilidad. Ed. CECSA. México. pp. 235-256 y 441-444.
- Tisdale, S.L. y Nelson, W.L. 1987. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Traducción al español: Dr. Jorge Balasch y Lic. Carmen Piña. Ed. Uteha. México. pp. 138-270.

- Turrent, F.A. 1985. El Método Gráfico Estadístico para la interpretación económica de experimentos conducidos con la Matriz -- Plan Puebla I. No. 5, Colegio de Postgraduados, Chapingo, - México. pp. 11-44.
- Turrent, F.A. y Larid, 1985. La Matriz Plan Puebla, para ensayos sobre prácticas de producción de cultivos. No. 1. Colegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp. 11-44.
- Valadez, Artemio L. 1989. Producción de Hortalizas. Ed. Limusa. México. pp. 185-197.
- Volke Haller, V. y Ibis. S.G. 1987. Agricultura de Subsistencia y Desarrollo Rural. Ed. Trillas. México. pp. 171.
- Wcaver, R.J. 1985. Reguladores de crecimiento de las plantas en la -- agricultura. Ed. Trillas. México. pp. 92.

## IX. A P E N D I C E

A1.- Análisis de la varianza para el número de frutos por tratamiento.

FV	gl	SCT	CME	FC	Ft 0.05
Tratamientos	8	736461383	9505767.268	4.286686027	2.591*
Bloques	2	154427364	7721368.200		
Error	16	34360407	2147525.438		
T O T A L :	26	1234492817			

\* = Significativo.

A2.- Análisis de la varianza para frutos de primera y segunda calidad.

FV	gl	SCT	CME	FC	Ft 0.05
Tratamientos	8	798933333	9986666.663	3.92026867	2.591*
Bloques	2	468022222	23401111.1		
Error	16	4075911112	2547444.445		
T O T A L :	26	5342866667			

\* = Significativo.

A3.- Descripción del algoritmo del análisis económico por el método - gráfico estadístico.

- Columna 1. Aparece la lista de 8 tratamientos correspondientes a la matriz PPI para dos factores: Fertilización nitrogenada y fosfórica más un testigo.
- Columna 2. Los rendimientos por tratamiento totales de las tres repeticiones.
- Columna 3. Significa el rendimiento por tratamiento que en promedio se obtiene de las tres repeticiones.
- Columna 4. Representa los costos variables por tratamiento, de los insumos (dosis de fertilizantes evaluados).
- Columna 5. Aparecen los ingresos netos más costos fijos asociados con los tratamientos. Por medio de la fórmula indicada en la parte inferior del recuadro, se selecciona la dosis óptima económica para capital ilimitado, el cual se asocia con la máxima ganancia posible.
- Columna 6. Representa los incrementos de cada uno de los tratamientos en el rendimiento, respecto al tratamiento testigo.
- Columna 7. Representa el valor del incremento en el ingreso neto de cada uno de los tratamientos comparados con el tratamiento testigo.
- Columna 8. Presenta la tasa de retorno a capital variable (TRCV), asociado con cada tratamiento.

La columna 5 sirve de base para seleccionar el tratamiento óptimo para capital ilimitado (ingreso neto + costo fijo). Las columnas 6, 7 y 8 sirven de base para seleccionar los tratamientos óptimos económicos para capital limitado.