

Universidad Autónoma Chapingo

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

**FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE TRASPLANTE EN
TOMATE DE CÁSCARA (*Physalis ixocarpa* Brot.)**



DIRECCION ACADEMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXAMENES PROFESIONALES

VÍCTOR ROMERO BUENDÍA

Chapingo, Méx., septiembre de 2000.



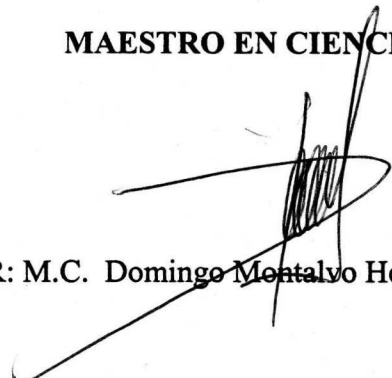
Bib. 93808

FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE TRASPLANTE EN TOMATE DE CÁSCARA

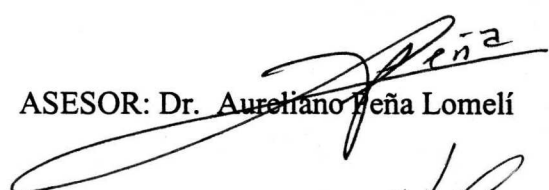
(*Physalis ixocarpa*, Brot.)

Tesis realizada por **Víctor Romero Buendía**, bajo la dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA



DIRECTOR: M.C. Domingo Montalvo Hernández



ASESOR: Dr. Aureliano Peña Lomeli

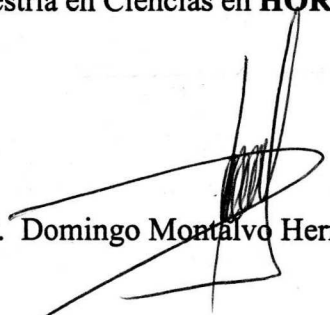


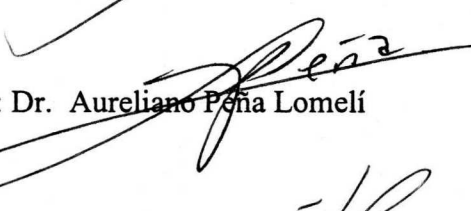
ASESOR: M.C. Juan Enrique Rodríguez Pérez

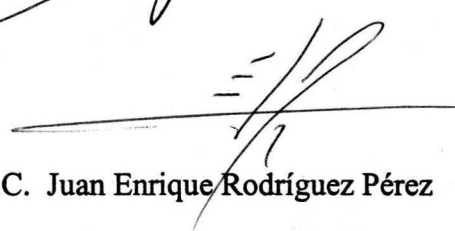
FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE TRASPLANTE EN TOMATE DE CÁSCARA

(*Physalis ixocarpa*, Brot.)

El jurado revisó y aprobó el examen de grado de **Víctor Romero Buendía**, autor de la presente tesis de Maestría en Ciencias en **HORTICULTURA**, estuvo constituido por:


PRESIDENTE: M.C. Domingo Montalvo Hernández


ASESOR: Dr. Aureliano Peña Lomeli


ASESOR: M.C. Juan Enrique Rodríguez Pérez

AGRADECIMIENTOS

Un agradecimiento muy especial a CONACYT, y al Dpto. de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, por haber sido el instrumento de apoyo para poder dar un paso más en mi desarrollo profesional.

Un agradecimiento infinito a los Profesores investigadores M.C. Domingo Montalvo Hdez., Dr. Aureliano Peña Lomelí y M.C. Juan Enrique Rodríguez Rodríguez, por todo el apoyo brindado para la realización de esta investigación.

Un agradecimiento especial a los profesores de la Maestría de Horticultura, Dpto. de Fitotecnia de la UACH, porque a través de ellos logre un objetivo más en mi vida profesional.

DEDICATORIAS

A Dios que nunca me abandono.

A mi esposa Ma. De los Angeles, mis hijos, Nadia, Víctor (+), y Víctor Antonio, con mucho amor, porque son el motor que mueve mi vida.

A mis padres, Telesforo Romero Cova, Gloria Buendía Hernández, y mis suegros Antonio Limas Chagolla y Audelia Ramírez Lugo, que con su ejemplo me han dado más de lo que siempre han querido darme.

A mis hermanos, Alfredo, Adriana, Martha Patricia, Jaime, y cuñados José Luis y Juan Gabriel, porque Dios siempre nos mantenga unidos.

A Toño y Chepe, por la hermandad que siempre me han demostrado.

Con mucho aprecio a los profesores Carlos Martínez F., y Gollo, para que la amistad siempre nos una.

A mis compañeros de trabajo (VIBA Trojes de Marañon), Martín Díaz Hdez. y José María García Romero, por todo el apoyo incondicional brindado.

DATOS BIOGRÁFICOS

Egresado en el año de 1994 de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México, con la tesis que llevó por nombre “Respuesta de dos genotipos de trigo harinero a la fertilización y densidad de siembra, Navidad, N.L.”

De 1995 a 1997, se desarrollo como productor independiente en el cultivo de hortalizas a pequeña escala en el municipio de Abasolo, Gto.

De 1997 a 1998, estudio la maestría de Horticultura, en el Dpto. de Fitotecnia, en la Universidad Autónoma Chapingo.

De 1999 a la fecha , se encuentra trabajando como Asesor Educativo, en el Sistema Avanzado de Bachillerato y Educación Superior (SABES), en el área de Salamanca.

FERTILIZACIÓN Y FECHAS DE TRASPLANTE EN TOMATE DE CÁSCARA

(*Physalis ixocarpa*, Brot.)

Romero Buendía, V.¹, Montalvo Hernández D.², Peña Lomelí, A.², Rodríguez Pérez, J. E.²

RESUMEN: El presente trabajo se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, México (1997-1998). Se estudiaron dos fechas de trasplante: 27 de marzo, y 27 de abril. El objetivo, fue determinar la dosis óptima de fertilización al suelo con nitrógeno (120,160, 200, y 240 kg·ha⁻¹), fósforo (60, 100, 140, y 180 kg·ha⁻¹), y potasio (30, 60,90, y 120 kg·ha⁻¹); utilizando un diseño de tratamientos a partir de una matriz San Cristóbal, en un Bloques Completos al Azar, se utilizó también un testigo absoluto (00-00-00). El mayor rendimiento de fruto fue con el testigo absoluto en todas las fechas, con 32.02 t·ha⁻¹ para marzo y 18.70 t·ha⁻¹ para abril; observando durante el mes de marzo la mejor calidad de fruto.

Palabras clave: Trasplante, dosis óptima, fertilización, fechas

FERTILIZATION AND TRANSPLANTING DATES IN HUSK TOMATO

(*Physalis ixocarpa*, Brot)

SUMMARY: This study was conducted in the experimental station of the University Autónoma Chapingo, México (1997-1998). In this work they were studied two transplanting dates: march 27 and april 27. Objective was to determine optimum dose of fertilization to soil with nitrogen (120, 160, 200 and 240 kg·ha⁻¹), phosphorous (60, 100, 140 and 180 kg·ha⁻¹) and potassium (30, 60, 90 and 120kg·ha⁻¹); using a design of treatments employing a San Cristóbal matrix in a Completely Blocks at random, it was using an absolute witness (00-00-00). The highest yield of fruit was obtained with the absolute witness in all dates, with 32.02 t·ha⁻¹ for stablishment in march and 18.70 t·ha⁻¹ for april; finding in march month the highest quality of fruit.

Key words: Transplanting, optimum dose, fertilization, dates

¹ Ing. Agrónomo Especialista en Suelos

² Profesores investigadores del Dpto. de Fitotecnia de las Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México.

ÍNDICE GENERAL

Agradecimientos	iv
Dedicatorias	v
Datos biográficos del autor	vi
Resumen	vii
Indice general	viii
Índice de cuadros del contenido	xi
Indice de cuadros del anexo	xiii
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. OBJETIVO	2
2.1. HIPÓTESIS	2
2. REVISIÓN DE LITERATURA	3
2.1. EL TOMATE DE CASCARA	3
2.1.1. Origen y distribución	3
2.1.2. Importancia del cultivo	3
2.2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DEL CULTIVO	5
2.3. LA NUTRICIÓN MINERAL EN PLANTAS HORTÍCOLAS	6
2.3.1. El carbono, hidrógeno y oxígeno en la planta	7
2.3.2. Importancia del nitrógeno en la planta	8
2.3.3. Importancia del fósforo en la planta	11
2.3.4. Importancia del potasio en la planta	14
2.3.5. Factores que afectan la nutrición vegetal	17
2.3.6. Condiciones tóxicas que afectan la nutrición vegetal	21
2.4. LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA	21
	viii

2.4.1. Fertilizantes nitrogenados	22
2.4.2. Fertilizantes fosforados	23
2.4.3. Fertilizantes potasicos	24
2.5. IMPORTANCIA DE LA FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE UN CULTIVO	25
2.5.1. Influencia de la radiación solar sobre la planta	27
2.5.2. Influencia de la temperatura sobre la planta	29
2.5.3. Influencia de la lluvia (humedad) sobre las plantas	31
2.5.4. Influencia del viento sobre la planta	31
2.5.5. Influencia de factores no meteorológicos	32
2.6. ESTUDIOS SOBRE FECHAS DE ESTABLECIMIENTO EN TOMATE DE CÁSCARA	33
3. MATERIALES Y MÉTODOS	36
3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL	36
3.2. MATERIAL GENÉTICO	37
3.3. FUENTES DE FERTILIZACIÓN	38
3.4. FECHAS DE TRASPLANTE Y AÑOS DE EVALUACIÓN	39
3.5. DISEÑO DE TRATAMIENTOS	39
3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	40
3.7. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS	42
3.7.1. Características evaluadas al cultivo	42
3.7.2. Características evaluadas al fruto	43
3.8. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	43
3.9. ANÁLISIS ECONÓMICO, DEL PRESUPUESTO PARCIAL PARA EXPERIMENTOS CON FERTILIZANTE	44

3.9.1. Análisis del presupuesto parcial	44
3.10.CONDUCCIÓN EXPERIMENTAL	46
4. RESULTADOS Y DISCUSIONES	49
4.1. ANÁLISIS DE SUELOS Y CONDICIONES AMBIENTALES	49
4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO	51
4.2.1. Análisis de varianza	52
4.2.2. Comparación de medias por fechas	54
4.2.3. Comparación de medias por tratamientos	55
4.2.4. Comparación de medias, interacción fechas por tratamiento	57
4.2.5. Análisis de correlación	61
4.3. COSTOS DE INSUMOS Y PRECIOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS	62
4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA RENDIMIENTO DE FRUTO	63
4.5. MODELOS DE REGRESIÓN Y AJUSTE DE DOSIS OPTIMA FISIOLÓGICA	67
4.6. DISCUSIÓN GENERAL	68
5. CONCLUSIONES	72
6. LITERATURA CITADA	74
7. ANEXOS	81

ÍNDICE DE CUADROS DEL CONTENIDO

Cuadro 1.	Tratamientos resultantes de la combinación de tres factores de fertilización con una matriz San Cristóbal, y tratamientos adicionales, Chapingo, México, (1997-1998)	41
Cuadro 2.	Resultados de los análisis de suelos, realizados antes del establecimiento de cada cultivo de tomate de cáscara, Chapingo, Texcoco, México	49
Cuadro 3.	Datos climáticos, mensuales, desde marzo hasta agosto, Chapingo, México, (1997 y 1998)	50
Cuadro 4.	Radiación solar mensual y fotoperiodo mensual, de acuerdo a la latitud del lugar, Chapingo, México, (Torres, 1986)	51
Cuadro 5.	Cuadros medios del análisis de varianza combinado, para las variables evaluadas al cultivo y calidad de fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)	52
Cuadro 6.	Pruebas de medias (Tukey, $\alpha = 0.05\%$) por fechas, para las variables evaluadas al cultivo y calidad de fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)	54
Cuadro 7.	Comparación de pruebas de medias combinadas, por tratamientos (Tukey, $\alpha=0.05\%$), para las variables evaluadas al cultivo y calidad de fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México	57

Cuadro 8.	Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05\%$), fecha por tratamiento, para las variables evaluadas al cultivo. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)	60
Cuadro 9.	Comparación de medias (Tukey, $\alpha=0.05\%$), fecha por tratamiento, para las variables evaluadas al fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)	61
Cuadro 10.	Análisis de correlación combinado, variables evaluadas al cultivo y calidad de fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México, marzo y abril (1997-1998)	62
Cuadro 11.	Costos de los insumos y precios de tomate de cáscara, para el análisis económico, Chapingo, Edo. de México, (1998)	63
Cuadro 12.	Análisis económico de beneficio neto, para obtener la dosis óptima económica de fertilización. 27 de marzo. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)	65
Cuadro 13.	Análisis económico de beneficio neto, para obtener la dosis óptima económica de fertilización. 27 de abril. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)	66

ÍNDICE DE CUADROS DEL ANEXO

Cuadro 1A.	Factores estimados del modelo de regresión, para fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Tomate de cáscara, 27 de marzo, Chapingo, México, (1997-1998)	82
Cuadro 2A.	Valores propios para el ajuste de la dosis óptima fisiológica (RSREG). Tomate de cáscara, 27 de marzo, Chapingo, México, (1997-1998)	82

1. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), es una de las hortalizas más cultivadas en México, debido a que es un ingrediente importante en la elaboración de algunos platillos típicos.

La investigación en tomate de cáscara, ha tenido importantes avances en los últimos años. A pesar de esto, la producción no ha sido suficiente, dado el incremento en la demanda para el mercado fresco y la industria. Por tal razón el incremento del potencial genético de las nuevas variedades, así como la correcta utilización de insumos en el momento apropiado, son aspectos que se deben considerar para lograr mayores rendimientos.

La fertilización adecuada es muy importante para una producción óptima, pues con el uso de los fertilizantes es posible compensar las deficiencias de nutrimentales en el suelo y aumentar la productividad y calidad de las cosechas siempre que se seleccione el tipo de fertilizante, la cantidad adecuada y los procedimientos de aplicación recomendados, a fin de evitar pérdidas tanto de nutrimentos, como económicas. También, es posible aumentar los rendimientos en forma significativa tomando en cuenta las mejores fechas de establecimiento del cultivo (siembra o trasplante), ya que la conjugación de los factores físicos del medio ambiente, dan por resultado variaciones en el desarrollo vegetativo y productivo de la planta, así como el aprovechamiento de los nutrimentos minerales en el suelo, y la incidencia de plagas y enfermedades.

Actualmente en el tomate de cáscara, se han hecho trabajos de investigación en los aspectos de nutrición, utilizando únicamente nutrimentos secundarios y micronutrimentos como lo reporta Montalvo (1995) en condiciones controladas; no existiendo datos, sobre la respuesta en la estructura de la planta y la producción de frutos a través de distintas fechas de establecimiento. Dada la escasa información en el aspecto técnico sobre fertilización y fechas de establecimiento del cultivo, así como la influencia de estos dos factores sobre la calidad de fruto; y en este sentido, ya que es un cultivo muy importante que genera aceptables beneficios económicos a los productores; se desea obtener información respecto a la adición de macronutrimentos en campo (al suelo), la fecha de establecimiento (trasplante), y sus efectos sobre el cultivo, calidad y producción de frutos en tomate de cáscara, para lo cual se planteo el presente trabajo, que tuvo como objetivo el siguiente:

1.1. OBJETIVO

Determinar la dosis óptima de fertilización al suelo con nitrógeno, fósforo y potasio; a fin de evaluar la calidad y producción de frutos en tomate de cáscara, en función de la época de establecimiento.

1.2. HIPÓTESIS

- a) La adición de macronutrimentos al suelo modifican la estructura de la planta, e incrementa la calidad del fruto así como la producción del cultivo.
- b) La fecha de trasplante influye sobre el rendimiento y calidad de fruto en tomate de cáscara.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. EL TOMATE DE CÁSCARA

2.1.1. Origen y distribución

La palabra tomate proviene del vocablo nahuatl Ayacachtomatl, cuyas etimologías corresponden a: ayacach = sonaja ó cascabel, y tomatl = tomate. Así mismo su nombre genérico en el idioma maya, hace suponer que es originaria de América y muy probablemente de México. Además se tienen evidencias de que crece en forma silvestre en la vertiente del pacifico desde Guatemala hasta California (Cárdenas, 1981).

Dentro del genero *Physalis sp*, se ha considerado que existen alrededor de 80 especies, confinados en su gran mayoría a zonas templadas y tropicales de América, y muy pocas especies en Asia, India, Europa y Africa tropical (Menzel, citado por Peña, 1990). En México se han reportado varias especies, aunque de éstas sólo *Physalis ixocarpa*, se cultiva comercialmente (García, 1976).

2.1.2. Importancia del cultivo

El tomate de cáscara se cultiva y se encuentra ampliamente distribuido en la República Mexicana, donde los principales productores estatales fueron en un principio Puebla,

Jalisco, Guanajuato, Morelos, Hidalgo y México; en 1985, se integraron Nayarit y Michoacán; y en los noventa Sinaloa y Sonora (Pérez, 1998)¹.

Es un cultivo que se practica principalmente en áreas de minifundio y demanda gran cantidad de mano de obra, su producción se destina básicamente al mercado nacional, aunque en últimas fechas se exporta. El fruto fresco se usa principalmente en la preparación de salsas verdes, y es un producto insustituible en la elaboración de platillos típicos de México, aunque actualmente es utilizado en la industria de alimentos envasados, para la fabricación de salsas verdes. Es una fuente importante de minerales como calcio, fierro, fósforo, y vitaminas como tiamina, niacina y ácido ascórbico (Saray y Loya, 1977).

Ocupa el quinto lugar dentro de las hortalizas cultivadas en México, después del jitomate, chile, papa y cebolla (Pérez, 1998)¹. En México, los cultivares más utilizados son Rendidora, Tamazula y Salamanca, además de otros cultivares regionales. Actualmente el mejoramiento genético del tomate de cáscara, debido al fenómeno de incompatibilidad gametofítica que presenta la especie, se reduce a métodos de mejoramiento por "selección", por medio de los cuales se ha generado la variedad ChF₁-Chapingo, obtenida por ocho ciclos de selección a partir de la variedad Rendidora, en la Universidad Autónoma Chapingo (Peña y Marquez, 1990).

¹ Pérez G M. 1998. Comunicación personal. Apuntes de producción de hortalizas de fruto. Maestría en Horticultura. Dpto. de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México.

2.2. REQUERIMIENTOS AMBIENTALES DEL CULTIVO

El tomate se produce principalmente en regiones templadas y subtropicales, con temperaturas medias mensuales de 15 a 25 °C. Su temperatura base es de 8 °C, la temperatura mínima es de 7 a 10 °C entre el día y la noche. Es termoperiodica diaria, que requiere unas 800 unidades calor para que el fruto llegue a maduración. Es una planta insensible al fotoperíodo, florecen todo el año; exigente en intensidad en los primeros dos tercios del ciclo, aproximadamente con 7000 luxes, y 10 a 12 horas luz (pudiendo ser difusa o intensa), aunque en el último período requiere de menor intensidad, como por ejemplo la variedad milpero, que se cultiva en asociación con maíz en algunas regiones. La humedad relativa no debe ser mayor al 80%, para evitar problemas con algunas enfermedades fungosas como la cenicilla (principal enfermedad en el cierre del cultivo) (Pérez, 1998)¹.

Tolera suelos con pH de 7.0 a 7.5, lo que indica que es moderadamente tolerable a la acidez; requiere suelos profundos pues sus raíces llegan a medir 180 cm de profundidad. Es medianamente tolerable a la salinidad del suelo, se adapta a suelos ligeros y pesados, prefiriendo los francos y arcillo arenosos (Medellín, 1993)². Al inicio del crecimiento y durante el llenado de fruto, el suelo debe contener el 70 % de humedad aprovechable.

¹ Pérez, G., M. 1998. Op Cit. p 4

² Medellín, C. 1993. Comunicación personal. Apuntes de Olericultura. Dpto. Horticultura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Saltillo Coahuila. México.

2.3. LA NUTRICIÓN MINERAL EN PLANTAS HORTÍCOLAS

El crecimiento y desarrollo normal de los vegetales está determinado por la disponibilidad de ciertos elementos químicos, esenciales para el metabolismo de las plantas (Rodríguez, 1996).

Las plantas contienen pequeñas cantidades de 90 o más elementos, de los cuales 17 se consideran esenciales para el desarrollo y reproducción de las plantas superiores. Estos elementos son: C, H, N, P, K, Ca, Mg, S, Fe, Mn, Cu, B, Zn, Mo, Cl, Si y Co. Se han sugerido tres criterios para conocer si un elemento es esencial: 1) el ciclo de la planta no se puede realizar completamente si el elemento no existe, 2) la acción del elemento debe ser específica, 3) el efecto sobre la planta debe ser directo (Ortiz y Ortiz, 1990). Otros elementos que poseen una esencialidad reducida son el sodio (Na), vanadio (Va), el yodo (I) (Rodríguez, 1996).

Los elementos diferentes al C, H, y O son llamados nutrimentos minerales y son obtenidos por las plantas del suelo. Los elementos N, P, y K, han sido clasificados como nutrimentos mayores; el Ca, Mg, y S, como elementos secundarios; y los nutrimentos minerales restantes como microelementos (Tisdale y Nelson, citados por Romero, 1994). Para el crecimiento y desarrollo adecuado de las plantas, los nutrimentos deben satisfacer las siguientes condiciones: 1) estar presentes en forma aprovechable para las

plantas, 2) debe estar presente en concentración óptima para el desarrollo de la planta, 3) debe haber un balance adecuado para la concentración de los diferentes nutrimentos solubles en el suelo (Ortiz y Ortiz, 1990).

Burgueño (1996) dice que en cultivos como jitomate, el ritmo de absorción nutrimental presenta cuatro periodos importantes. El **primero** se ubica desde el trasplante hasta el inicio de la floración, y se caracteriza por un consumo muy lento de nutrientes que va creciendo conforme se acerca la floración. El **segundo** periodo se inicia con el cuajado de los fruto hasta el engorde; esta etapa puede durar hasta siete semanas, se puede observar un aumento considerable en las necesidades del potasio, nitrógeno y fósforo. Para el **tercer** periodo, que va desde la maduración hasta el primer corte, se tiene una fuerte asimilación de nitrógeno, calcio y magnesio; durante este periodo la asimilación de fósforo se mantiene normal. Para el **cuarto** y el último periodo aunque baja la asimilación del magnesio, la demanda de calcio y potasio aún son importantes para el llenado de los últimos frutos.

2.3.1. El carbono, hidrógeno y oxígeno en las plantas

Las plantas obtienen el carbono, hidrógeno y oxígeno principalmente a través del aire y el agua. El carbono forma el esqueleto de todas las moléculas orgánicas, por lo tanto es un componente básico de toda la vida vegetal. Las plantas absorben el carbono de la atmósfera en forma de bióxido de carbono. Mediante el proceso de fotosíntesis este elemento reacciona con el hidrógeno y oxígeno para formar carbohidratos.

Otras reacciones químicas con otros elementos producen las numerosas sustancias necesarias para el crecimiento de las plantas (C.F.A., 1995).

El oxígeno se requiere para el proceso de la respiración que se lleva a efecto en las células vegetales; es a partir de este proceso que se obtiene energía a partir de la degradación de los carbohidratos. El hidrógeno y el oxígeno forman el agua que constituyen un gran porcentaje del peso total de las plantas; el agua es necesaria para transportar minerales y alimentos en la planta, e interviene también en muchas reacciones químicas necesarias para el crecimiento de las plantas (C.F.A., 1995).

2.3.2. Importancia del nitrógeno en la planta

Todos los procesos vitales están asociados a la existencia de un plasma funcional que representa al nitrógeno como constituyente característico. Además de ello, se le encuentra presente en gran número de compuestos de singular importancia fisiológica dentro del metabolismo vegetal, tales como la clorofila, las nucleotidas, los fosfátidos, los alcaloides, así como múltiples enzimas, hormonas y vitaminas (Jacob y Wexkull, citados por Romero, 1994). Según Ortiz y Ortiz (1990), el papel del nitrógeno puede ser considerado como estructural y metabólico, pues tiene las siguientes funciones esenciales:

- 1) Es un constituyente esencial de todos los seres vivos.
- 2) Forma parte de las proteínas y de la clorofila.

- 3) Imparte un color verde oscuro a las plantas.
- 4) Promueve el desarrollo de hojas y tallos.
- 5) Produce una calidad mejorada en las legumbres que se cultivan por sus hojas.
- 6) Produce un desarrollo rápido en el primer ciclo del desarrollo.
- 7) Aumenta el contenido de proteínas en los cultivos alimenticios y forrajeros.

En el cultivo de **jitomate** (*Lycopersicon esculentum*), el efecto que tiene el nitrógeno sobre la planta es el siguiente: es el nutriente que determina el vigor vegetativo y la producción de fruto, más que cualquier otro nutriente, produce un notorio incremento en el número de hojas y el peso seco de la planta ; además, la velocidad de asimilación neta, y la velocidad de crecimiento relativo de las distintas partes de la planta, tienden a aumentar en proporción directa al nitrógeno aplicado (Tun, 1986).

El nitrógeno es el nutriente más importante para la planta de jitomate. En exceso, la planta produce muchas hojas y pocos frutos. Si falta, la cosecha será pobre y habrá un desarrollo raquítrico y deficiente de la planta, hojas pequeñas verde amarillentas, poca fruta formada y las hojas mueren prematuramente (Reiners, 1995).

Van Haeff (1998) menciona que en jitomate el nitrógeno agiliza el crecimiento de la planta , y permite que las hojas en abundancia protejan los frutos de la exposición directa al sol. Esto evita quemaduras fisiológicas. El nitrógeno aumenta también el tamaño y número de frutos. La mayor demanda ocurre durante la fructificación.

Según Martí-Fernandez (1998), diferentes experimentos han comprobado que las aplicaciones de nitrógeno tienen un límite, que está marcado por el grado de eficiencia con que este elemento puede ser asimilado. Para jitomate, las aportaciones de nitrógeno en suelos con alta capacidad de intercambio, va en dosis máximas de 150 a 270 kg.ha⁻¹. Los efectos del contenido y la absorción del nitrógeno en este cultivo son los siguientes: en condiciones de **carencia** , existe una reducción del peso del fruto, y reducción del contenido de los azúcares, en condiciones de **exceso**, existe una disminución en el porcentaje de materia seca, disminución de la consistencia del fruto, y una disminución de la coloración del fruto.

Ludwick, (1995), en jitomate, observó que bajo dosificaciones únicamente de 270 kg. ha⁻¹ de nitrógeno, se produjeron 20.8 t.ha⁻¹ de fruto, del cual solamente el 55 % era comercializable. Sin embargo, cuando la misma cantidad de nitrógeno se aplicó junto con 168 kg.ha⁻¹ de potasio, el rendimiento subió a 59.8 t.ha⁻¹, con un 85 % de producto comercializable.

Usherwood (1995), indica que el equilibrio correcto de N y K , puede ayudar a producir un elevado rendimiento total de jitomate, siendo una parte sustancial de dicho rendimiento muy adecuada para el mercado en fresco. Encontró también, que al aplicar 135, 200, y 270 unidades de nitrógeno por hectárea, se obtenían los siguientes rendimientos 15.9, 16.1, y 28.8 toneladas por hectárea, respectivamente; pero al adicionar 335 unidades de potasio a cada una de las diferentes dosis de nitrógeno,

el rendimiento se incrementaba a 33.8, 34.7, y 36.7 toneladas por hectárea, respectivamente.

Por otra parte, el nitrógeno en el suelo es absorbido por las plantas principalmente en forma de iones nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+). Las plantas utilizan estas formas del nitrógeno en sus procesos del crecimiento (C.F.A., 1995).

Casi todo el nitrógeno que absorben las plantas existe en forma de nitrato. Existen dos razones para esto: **primero**, el nitrógeno como nitrato es móvil en el suelo y se desplaza con el agua del mismo hacia las raíces de las plantas, donde es absorbido; el nitrógeno amoniacal, por otro lado, se adhiere a la superficie de las partículas del suelo y no es translocado a las raíces, **segundo**, todas las formas de nitrógeno de los fertilizantes que se aplican a los suelos son transformadas a nitratos, bajo condiciones adecuadas de temperatura, aireación, humedad, etc., por los organismos del suelo (C.F.A., 1995).

2.3.3. Importancia del fósforo en la planta

La función principal del fósforo se encuentra en numerosas funciones de transferencia de energía, que son efectuadas por varias reacciones de fosforilación y desfosforilación. Estas reacciones ocurren principalmente cuando se unen los fosfatos para formar otros compuestos y en el rompimiento de esqueletos de compuestos fosfatados (Tisdale y Nelson, citados por Romero, 1994).

El fósforo existe en todas las células vivas. Las plantas lo utilizan para sintetizar ácidos nucleicos (ADN y ARN). Se utiliza también para almacenar y transferir energía a partir de enlaces ricos en energía (ATP y ADP) (C.F.A., 1995).

Según Ortiz y Ortiz (1990), el fósforo al igual que el nitrógeno tiene funciones especiales, como las siguientes:

- 1) Es constituyente del ácido nucleico, la fitina y los fosfolípidos. Un abastecimiento adecuado de fósforo en el período de desarrollo inicial de la planta es importante en la formación de la primordia para las partes reproductivas de las plantas.
- 2) Estimula el desarrollo radicular inicial, para el establecimiento rápido de las plantas.
- 3) Origina un comienzo rápido y vigoroso de las plantas.
- 4) Produce la madurez temprana de los cultivos, particularmente en los cereales.
- 5) Estimula la floración y ayuda en la formación de semillas.
- 6) Aumenta la relación de grano y paja en cereales.
- 7) Mejora la calidad alimenticia de las cosechas.
- 8) Cuando es aplicado a las leguminosas, activa el rhizobium y la formación de nódulos en las raíces. De este modo ayuda a la mayor fijación de nitrógeno atmosférico.
- 9) En las hortalizas de fruto incrementa el amarre de flores y frutos en la planta

El fósforo al igual que el nitrógeno, tiene importantes efectos sobre la planta del jitomate (*Licopersicon esculentum*), como lo indican los siguientes autores.

Van Haeff (1998), en algunos estudios dice que el fósforo en el cultivo de jitomate debe estar disponible en abundancia, pues este nutriente hace crecer tanto las partes aéreas como las raíces, acelera la maduración y aumenta la producción en volumen notoriamente.

Wexkull, citado por Tun (1986), indica que se requieren altos niveles de fósforo aprovechable para un rápido desarrollo radicular en jitomate, y para una buena utilización del agua y nutrientes por la planta. Martínez (1982) agrega, que el fósforo influye fuertemente sobre la cantidad de frutos por la planta, dando como resultado un fruto de mayor tamaño, más aceptable al gusto.

Los experimentos realizados por Macías en jitomate, en suelo calcáreos, con cuatro niveles de P_2O_5 (00, 60, 120, y 180 kg.ha⁻¹), en los que uno de ellos recibió 40 t.ha⁻¹ de materia orgánica, dieron como resultado que al aumentar la dosis de fósforo se incremento el rendimiento y tamaño de fruto (Martínez, 1982)..

Cuando el fósforo se combina con materia orgánica, se requiere de menos fertilizante fosfatado para incrementar el rendimiento (Martínez, 1982). De acuerdo con Reiners (1998), la disponibilidad de fósforo es mayor cuando el pH del suelo es bajo. Sin embargo para los jitomates el pH óptimo debe acercarse al punto neutro, entre 6.0 y 6.5. Ello significa que la absorción de fosfato a través de las raíces no es muy eficiente.

Otro factor que afecta la disponibilidad es la temperatura del suelo, cuando el suelo está frío, el fosfato se mueve con dificultad, y cuando el suelo eleva más su temperatura, habrá más fósforo disponible y disminuirá la posibilidad de que aparezca su deficiencia (Reiners 1998).

El fósforo se encuentra en los suelos tanto en forma orgánica como inorgánica. La concentración de las formas inorgánicas en la solución del suelo es el factor más importante (Tisdale y Nelson, citados por Romero, 1994)

El fósforo es absorbido por las plantas en forma de H_2PO_4^- , $\text{HPO}_4^{=}$ o PO_4^{-3} , dependiendo del pH del suelo. La mayor parte de la cantidad total del fósforo que existe en el suelo está ligada químicamente a compuestos de solubilidad limitada. En suelos neutros o alcalinos se forma fosfato de calcio, en tanto que en suelos ácidos se producen fosfatos de hierro o aluminio. Los trabajos realizados por varios investigadores han demostrado que las plantas absorben una mayor cantidad de fósforo cuando se añade nitrógeno a los fertilizantes fosfatados (C.F.A., 1995).

2.3.4 Importancia del potasio en la planta

El potasio no se sintetiza en compuestos orgánicos, como ocurre con el nitrógeno y el fósforo, sino que tiende a permanecer en forma iónica en las células y tejidos (C.F.A., 1995). Según Ortiz y Ortiz (1990), el potasio tiene las siguientes funciones:

- 1) Imparte mayor vigor y resistencia a las enfermedades en las plantas.
- 2) Aumenta el tamaño de granos y semilla.
- 3) Es esencial en la formación y transferencia de almidón y azúcares.
- 4) Imparte vigor a las leguminosas y a otros cultivos de invierno
- 5) Ayuda a la formación de proteínas.
- 6) Regula las condiciones de agua dentro de la célula de la planta y las pérdidas de agua por transpiración.
- 7) Actúa como un acelerador de la acción de enzimas.
- 8) Favorece la formación de vasos xilémicos más grandes y distribuidos de manera más uniforme en todo el sistema radical. Mejora el tamaño y la calidad de los frutos y hortalizas, y aumenta la resistencia de las plantas al invierno (C.F.A., 1995).

En el cultivo de **jitomate** (*Lycopersicon esculentum*), el potasio tiene el siguiente efecto sobre la planta: según Usherwood (1995), el potasio es denominado frecuentemente el “elemento de la calidad”. Promueve mejor calidad interna, mejor color y mayor tamaño en los frutos de jitomate, cultivo que extrae grandes cantidades de potasio del suelo. El potasio contribuye al vigor de la planta y junto con el magnesio, determinan la calidad de los frutos. Especialmente la coloración del fruto depende de la disponibilidad de estos dos elementos (Van Haeff, 1998).

Ludwick (1996) menciona que en el cultivo de jitomate el potasio es esencial para la mover azúcares, almidones; síntesis de las proteínas y desarrollar plantas sanas.

El mismo autor menciona: es muy importante para regular el equilibrio del agua en la planta y se menciona con frecuencia que mejora la calidad de la fruta. El mismo autor, en un estudio realizado en jitomate para procesar, en el Valle de San Joaquín en California E.U.A; encontró que el 25 % de los campos tenían problemas de rendimiento, limitado por problemas nutrimentales, siendo el potasio el nutriente que más comúnmente aparecía en deficiencia. La deficiencia de potasio se traducía en: pérdida de rendimientos, maduración dispareja, calidad reducida (sólidos poco solubles y amarillamientos del jitomate), pobre color del fruto y quemaduras de sol, pequeñez del fruto, escaso vigor de la mata y disminución de la eficiencia del agua.

Reiners (1995) indica que el potasio es muy importante, pues el jitomate lo emplea para regular la apertura y cierre de estomas. Uno de los problemas de la carencia de potasio es que sus síntomas no son muy obvios. Es posible que las plantas padezcan de “hambre oculta”, cuya manifestación, no sea más que una disminución general del desarrollo. Las plantas no se alargan adecuadamente, quedándose pequeñas y achaparradas.

Usherwood (1995) menciona que un buen contenido de potasio en los frutos de jitomate, no sólo es benefico para la salud humana, si no que también contribuye al aspecto, el sabor, la vida de almacén y anaquel, y en la resistencia de las enfermedades. El suministro adecuado de potasio puede dar como resultado la maduración temprana y alcanzar buenos valores de mercado. El mismo autor menciona que cierta cantidad de trastornos de la maduración del jitomate se relacionan con la escasez de potasio.

El mismo autor menciona que el color rojo del fruto, se debe principalmente a la concentración de pigmentos carotenoides con potasio. La decoloración interna y la malformación del fruto también están ligados a la escasez o desequilibrio de potasio.

El potasio es absorbido del suelo por las plantas en forma de iones de potasio (K^+). El potasio es absorbido del suelo en grandes cantidades en el caso de plantas que exhiben un crecimiento vegetativo distante, como el espárrago, apio, col y lechuga. Casi del 90 al 98 % del potasio existe en los minerales primarios y no puede ser utilizado por las plantas. Del 1 al 10 % es capturado en las arcillas con red cristalina en expansión y apenas puede ser utilizado. Entre el 1 y 2 % está contenido en la solución del suelo y en los sitios de intercambio y puede ser utilizado fácilmente por las plantas (C.F.A., 1995).

2.3.5. Factores que afectan la nutrición vegetal

Según Ortiz y Ortiz (1990), la intensidad de la absorción de los nutrimentos es afectada por los siguientes factores:

- 1) Presencia de suficiente aire fresco en los espacios del suelo, pues hay necesidad de una circulación constante de oxígeno de la atmósfera al suelo hasta la zona de raíces de las plantas. El oxígeno en la zona de la raíz es necesario para el proceso de respiración de las raíces, así como de los microbios que viven en la rizosfera. Los productos de la respiración son el CO_2 y la energía para las actividades del crecimiento. Es entonces un rápido intercambio de gases entre suelo y atmósfera.

Este requerimiento se satisface cuando el suelo contiene poros abiertos de tamaño grande a través de los cuales los gases tienen libertad de movimiento. La energía derivada de la respiración dentro de la raíz se usa en parte en el proceso de absorción de nutrimentos. Las plantas desarrolladas en suelos deficientemente aireados no pueden hacer un uso eficiente de los nutrimentos, y usualmente no dan una respuesta de rendimiento adecuado cuando se agregan fertilizantes.

2) La humedad del suelo, porque el agua es uno de los componentes más variables del suelo. Los diferentes suelos tienen distintas capacidades para la retención del agua. Cuando en un suelo existe abundante agua y no se drena, las raíces de las plantas pueden morir debido a la carencia de oxígeno. Por otra parte, si poca agua esta presente, el crecimiento de las plantas se detiene y finalmente sobreviene el marchitamiento. El agua es utilizada en la reacción de fotosíntesis para la formación de azúcares. El agua en forma molecular entra en varias reacciones metabólicas dentro de la planta. El agua que se mueve en el suelo en forma líquida de la zonas de baja a alta tensión, contiene nutrientes disueltos. Las raíces absorben el agua de un modo y los nutrientes de otro. Es evidente sin embargo, que cuando las raíces absorben agua hay algún movimiento de elementos nutrimentales a la vecindad inmediata de las raíces. Las películas continuas de agua en el suelo son importantes por el movimiento de elementos nutrimentales a la superficie de las raíces. Los nutrimentos que entran en solución sean de los fertilizantes o de los minerales del suelo o de la materia orgánica, se moverán de zonas de alta concentración a zonas de baja concentración.

Esta clase de movimiento se llama difusión. Este método de transporte de nutrientes es más lento que el producido por el agua; sin embargo, la difusión es operante continuamente, mientras que el movimiento de la masa de agua es esporádico, de tal modo que la importancia relativa de estos dos movimientos de nutrientes de los suelos dependerá de varios factores, incluyendo el agua del suelo, la proporción de extensión de las raíces y el método de aplicación y localización de los fertilizantes (Ortiz y Ortiz, 1990).

3) La densidad y distribución del sistema radical, ya que la profundidad efectiva a la cual las raíces de las plantas pueden extraer humedad y nutrimentos del suelo es variable, ya que dependiendo de la densidad y distribución de esta, será el volumen de la rizosfera. Penman citado por Ortiz (1990), considera que cada planta no tiene una profundidad fija de enraizamiento si no que tiende a adaptarse en proporción inversa a la capacidad de retención de agua en el suelo, así que la capacidad efectiva de almacenamiento de todos los tipos de suelo tiende a ser casi uniforme para un cultivo dado.

4) El pH del suelo, pues el pH tiene una influencia decisiva en la disponibilidad de nutrimentos para la planta. De hecho, el pH determina la eficiencia con la que las plantas pueden usar los nutrimentos (Graetz, 1998). El pH en los suelos, indica la clase de plantas que pueden desarrollarse mejor. Por ejemplo Las leguminosas son poco resistentes a las condiciones de acidez (Ortiz y Ortiz, 1990).

Según Castillo (1998)³, los factores que afectan la absorción nutrimental pueden ser:

1) Endógenos : la edad de la planta, porque con la edad disminuye la tasa de absorción de esta, observándose cambios en su contenido nutrimental; especie con que se este tratando; el estado nutrimental de la planta, porque cuando el elemento esta absorbido en la planta se disminuye la absorción del elemento.

2) Exógenos: la concentración externa del nutrimento; forma en que se encuentre el nutrimento; el diámetro del ion, radio y valencia influyen en la velocidad de la absorción; el pH del medio, que influye en la solubilidad de los elementos; los sinergismos, que son competencias ionicas entre cationes y aniones; también influye de gran manera al efecto del ion acompañante; la precipitación y oxigenación, donde condiciones de anaerobiosis limitan la tasa de absorción nutrimental; la temperatura, donde por ejemplo en el medio que rodea la raíz, si existe un incremento de 10 °C, donde la velocidad de absorción sera al doble. La luz, porque se relaciona con la fotosíntesis, habiendo una interacción entre la parte aérea y la subterránea, donde la parte aérea incorpora los elementos minerales absorbidos por la raíz y la absorción de los macronutrientes depende de la actividad fotosintética.

³ Castillo, G., A.,M. 1998. Comunicación personal. Apuntes de Fisiología de la nutrición mineral de las plantas horticolas. Maestría en Horticultura. Dpto. De Fitotecnia. Universidad Autonoma Chapingo. México.

2.3.6. Condiciones tóxicas que afectan la nutrición vegetal

El efecto tóxico puede ser causado por un suministro indiscriminado de fertilizantes, pesticidas y residuos industriales de ciudades. Un suministro excesivo de fertilizantes de nitrógeno, fósforo y potasio, por ejemplo, pueden perturbar la normal captación y utilización del agua y los nutrimentos. Si las raíces jóvenes y las plántulas están en contacto con altas concentraciones de fertilizantes, se secan y se mueren.

Las plantas que crecen en suelos parcialmente envenenados muestran signos de decoloración, crecimiento anormal de las raíces, tallos y hojas; estos aparecen normalmente alargados, las hojas tienen su lámina más angosta, generalmente con manchas o fajas cafés o amarillas (Graetz, 1988).

2.4. LA FERTILIZACIÓN QUÍMICA

En condiciones de baja fertilidad natural, es necesario suplementar las deficiencias de nutrientes por medio de un suministro de fertilizantes químicos. Estos fertilizantes son productos industriales, donde el contenido de nutrimentos presentes en un determinado tipo de fertilizante se expresa en un porcentaje de la cantidad total, este a su vez determina la calidad de un fertilizante (Graetz, 1988).

2.4.1. Fertilizantes nitrogenados

Se considera al amoníaco como materia prima; además los fertilizantes nitrogenados se distinguen por la forma en que el nitrógeno está presente. De acuerdo a Graetz (1988), en concordancia con Rodríguez, (1996), existen fertilizantes nítricos, amónicos, de amidas, y nitrogenados líquidos; como se describen a continuación:

1) Fertilizantes nítricos: la parte del nitrógeno es altamente soluble, el nitrógeno no puede ser retenido por el suelo, no son adecuados para aplicaciones antes, durante o después de la siembra, ejemplos: nitrato sódico (16 % N), nitrato cálcico (15 % N y 19 % Ca) y nitrato de potasio (13 % N y 44 % de K).

2) Fertilizantes amónicos: con frecuencia van combinados con los nitratos, estos fertilizantes son absorbidos y retenidos por las partículas finas del suelo, su acción es menos rápida que la de los nítricos, pero más duradera.

Las combinaciones de amonio y nitrato ofrecen el nitrógeno de tal modo que este puede ser absorbido inmediatamente, la otra parte que se queda es de acción prolongada, ejemplo: sulfato de amonio (20.5 % N y 24 % S), nitrato de amonio (33.5 % N), nitrato de amonio cálcico (20 % N y 7 % Ca), y nitrato de sulfato de amonio (26 % N y 15 % S).

3) Fertilizante de amidas: proporciona el nitrógeno en forma de amidas, que no puede ser utilizado como tal por las plantas. Mediante una transformación química se convierte primero en nitrógeno amoniacal y luego en nitrato; ejemplos: urea (46 % N), y cianamida de calcio (21 % N y 39 % Ca).

4) Fertilizantes nitrogenados líquidos: pueden contener tanto fertilizantes nítricos, amoniacales como amidas, individualmente o en combinaciones; ejemplos: amoniacal anhidro (82 % N), y agua amoniacal (16 a 25 % N).

2.4.2 Fertilizantes fosforados

Los materiales que contienen fósforo se refinan y muelen para producir fosfato de roca mineral comercial, de donde se obtiene con el ácido sulfúrico el super fosfato simple (20 % P) principalmente, ya que existe un gran número de fertilizantes fosfóricos con diferente concentración y mezclados con otros productos como nitrógeno (Ortiz y Ortiz, 1990).

Según Rodríguez (1996), el fosforo asimilable que poseen los abonos o fertilizantes pueden ser: a) solubles en agua o b) solubles en citrato. Los solubles en agua son de acción rápida, siendo recomendables para los cultivos de ciclo corto; en cambio, los solubles en citrato tienen una acción más retardada, siendo aconsejables para plantas de ciclo más largo.

Los superfosfatos simples y complejos derivados, que contienen fósforo soluble en agua, pueden aplicarse en banda o mezclados con el suelo. Los fertilizantes que poseen fósforo insoluble en agua como, el fosfato biocalcico, metafosfato, escorias, etc., deben emplearse en forma de polvos finos y bien mezclados con el suelo para aumentar su efectividad.

Los fertilizante fosfatados o fosfóricos poseen los siguientes porcentajes: superfosfato simple con 16 a 20 % de P soluble en agua y citrato amonico, superfosfato doble con 30 % de P, super fosfato triple 46 % de P, escorias 15 % de P soluble en ácido cítrico, fosfato biocalcico con 38 % de P soluble en citrato amonico, y fosfato biocalcico natural con 25 % de P total.

2.4.3. Fertilizantes potásicos

Según Rodríguez (1996), en la producción de fertilizantes potásicos las principales fuentes de materia prima son las sales minerales de yacimientos específicos de: carnalita, que contiene cloruros de potasio y de magnesio; silvinita, que contiene cloruros de potasio y de sodio; y otros minerales como la kainita y silvita. Estas sales potásicas de yacimientos tienen un contenido variable de potasio, en su forma de “unidad fertilizante”(K_2O , oxido de potasio), entre el 9 y 30 %. Las sales minerales reciben un proceso de depuración y un tratamiento químico para ser transformadas en los diferentes fertilizantes.

El cloruro de potasio es el principal fertilizante que suministra potasio, el segundo en importancia es el sulfato de potasio. El potasio es retenido en casi todos los suelos, con excepción de los arenosos, son solubles al agua y fácilmente disponibles a las plantas; ejemplo: cloruro de potasio (60 % de K) y sulfato de potasio (48 a 52 % de K) (Graetz, 1988).

2.5. IMPORTANCIA DE LA FECHA DE ESTABLECIMIENTO DE UN CULTIVO

La fecha de siembra o de trasplante es de suma importancia, pues la conjugación de los factores climáticos, bióticos y de suelo, dan por resultado variaciones en el desarrollo vegetativo y productivo de la planta, así como el aprovechamiento de nutrimentos y la incidencia de plagas y enfermedades en un cultivo.

Ortiz, citado por López (1989), establece que los trabajos de fechas de establecimiento de un cultivo (siembra o trasplante), sirven para definir a los genotipos que tengan mejores respuestas a diferentes condiciones; es decir, menor interacción genotipo-ambiente. El mismo autor dice que otro uso de este tipo de trabajos o experimentos que menciona Ortiz, es la detección de fuentes de resistencia o tolerancia a fitopatógenos o factores climáticos, ya que los genotipos de interés se pueden establecer fuera de las fechas óptimas con el fin de observar tolerancia o resistencia, pues de este modo se expone el material a condiciones desfavorables.

Los factores más importantes en las fechas de establecimiento de un cultivo (siembra o trasplante), son anotados por De la Loma (López, 1989), señalando que los factores ecológicos que influyen de manera definitiva son los climáticos y los bióticos, interviniendo también aunque en menor importancia, los edáficos; y por supuesto, la acción de cada uno de ellos no es independiente, si no que interaccionan entre sí. Ejemplos de cada uno son los siguientes:

- 1) Factores climáticos: humedad atmosférica, viento, evaporación, temperatura y luz.
- 2) Factores bióticos: vegetación, fauna, parásitos, y el hombre.
- 3) Factores edáficos: agua del suelo, solutos del suelo, pH, estructura, oxigenación, y temperatura del suelo.

Según Aitken, citado por López (1989), cuando se hacen estudios de fechas de establecimiento de cultivos con diferentes genotipos, indirectamente se manipula: fotoperíodo, temperatura, humedad relativa, radiación, vientos, incidencia de plagas, incidencia de enfermedades, precipitación, aprovechamiento de fertilizantes, y como consecuencia en las plantas hay cambios en las tasas de desarrollo vegetativo y reproductivo.

Romo y Arteaga (1989) mencionan que la fecha de siembra es muy importante en la duración del periodo vegetativo y en el rendimiento de los cultivos. Siembras tardías reducen el ciclo vegetativo y rendimiento; y siembras tempranas lo prolongan.

Siembras antes o después del período óptimo de siembra reducen los rendimientos. Es conocido el hecho de que las fases de los cultivos anuales dependen de las fechas de siembra, y en cambio los perenes simplemente reaccionan a las condiciones meteorológicas de cada año.(Romo y Arteaga, 1989).

Los mismos autores, señalan que en la experimentación de campo, existe un método que se llama “método de siembra continua”, que consiste en utilizar para un mismo sitio, con las mismas condiciones de suelo y de tecnología, una serie de diferentes época de siembra seguidas unas de otras, con el fin de obtener la mayor cantidad de combinaciones de elementos atmosféricos afectando a un cultivo en un año determinado, para determinar la que mejor se ajuste al cultivo.

2.5.1. Influencia de la radiación solar sobre la planta

La radiación influye en los siguientes aspectos de la vida de las plantas: germinación, fotosíntesis, respiración, transpiración y en general sobre el crecimiento vegetativo y reproductivo. El estudio de la radiación solar y su relación con las plantas cultivadas tiene varias aplicaciones prácticas, tales como la selección de especies y variedades para una localidad determinada; la fecha de siembra puede ser establecida en base al conocimiento de la duración del día y los requerimientos de luz de las especies, ya que el rendimiento se ve disminuido si se siembra en una época en la que, por virtud de la duración del día, el ciclo se acorta o se alarga demasiado.

El elemento meteorológico más importante para los cultivos y las plantas en general, es la radiación, porque simple y llanamente es el que suministra la energía necesaria para desarrollar sus actividades vitales. Pero además como es el “motor” que pone en marcha y hace operar todo el “equipo de fenómenos meteorológicos”, es el responsable indirecto de la acción de los demás elementos atmosféricos sobre los cultivos. De la radiación que incide sobre las cubiertas vegetales, una parte es reflejada y otra es absorbida (Romo y Arteaga, 1989).

Best (1962), citado por Romo y Arteaga (1989), clasificó los efectos de la radiación solar, sobre las plantas en dos rubros principales: 1) procesos de fotoenergía: fotosíntesis; 2) procesos de fotoestimulos: movimiento (orientación, tropismo, táctil), formación (elongación del tallo, expansión de pigmentos, pubescencia, floración, formación de clorofila y antocianina).

En general, los procesos de fotoenergía requieren una intensidad de radiación más alta que los procesos de fotoestimulos. Los procesos formativos son frecuentemente determinados por las extensiones relativas de luz y periodos oscuros, a los cuales las plantas son expuestas. Este fenómeno es conocido como “fotoperiodismo”.

comparando el valor en calorías de la materia orgánica por unidad de área cultivada, con la radiación incidente en la misma área y durante el mismo periodo se tendrá un parámetro para medir la eficiencia de la utilización de la radiación solar por las plantas.

No todos los cultivos son igualmente eficientes en la utilización de la radiación; en general un cultivo común convierte en materia orgánica solo el 1 % de la radiación solar que recibe. El maíz, un cultivo muy eficiente, puede llegar a convertir hasta el 1.05 % de la radiación en materia orgánica, incluyendo grano, rastrojo, raíces y espigas, si las condiciones son óptimas.

La producción de materia seca en un cultivo y una radiación dada, dependerá inmediatamente de la densidad de población, es decir, de la superficie foliar expuesta a la radiación. Existe una alta correlación entre la radiación y el rendimiento de los cultivos (Romo y Arteaga, 1989).

2.5.2. Influencia de la temperatura sobre la planta

La temperatura ambiental tiene una marcada influencia sobre todos los procesos fisiológicos del crecimiento y desarrollo que ocurren en las plantas. Todos los procesos fisiológicos y funciones de la planta se llevan a cabo dentro de ciertos límites de temperatura relativamente estrechos. En general la vida activa de las plantas superiores se localiza entre 0 y 50 °C, aún cuando estos límites varían mucho de una especie a otra. Los procesos fisiológicos que se efectúan dentro de una planta, tales como la fotosíntesis, la respiración y el crecimiento, responden con frecuencia en forma diferente a la temperatura (Torres, 1986).

Fuera de ciertos límites de temperatura la planta ya no trabaja normalmente y se puede llegar al extremo de que muera. Los vegetales carecen de temperatura alta del cuerpo, lo que es muy característico de los animales superiores, y la temperatura de la mayoría de las plantas sigue muy de cerca a la del ambiente: ellas absorben el calor o lo pierden conforme el ambiente se hace más cálido o más frío, con ligeras variaciones debidas a la transpiración y otras causas (Torres, 1986).

Es conveniente conocer, además de los valores medios de temperatura de una zona agrícola, las temperaturas máximas y mínimas, las oscilaciones diurnas y anuales, etcétera, las cuales actúan marcadamente sobre las plantas, constituyendo factores limitantes de la extensión geográfica de los cultivos (Torres, 1986).

Las experiencias demuestran que las pérdidas de cosecha a causa de temperaturas altas o bajas son considerables. Existen en la vida de las plantas períodos críticos en que sensiblemente son afectadas por esas temperaturas. Así las altas temperaturas provocan grandes evaporaciones de la humedad del suelo y hacen transpirar abundantemente a las plantas, provocándoles una deshidratación, marchitez ó muerte. Las bajas temperaturas son perjudiciales a los cultivos, sobre todo cuando sus valores son iguales o inferiores a 0 °C, denominándose entonces “helada” (Torres, 1986).

El periodo libre de heladas para una región, da el lapso de tiempo en el cual pueden desarrollarse los cultivos sin problemas de heladas (Romo y Arteaga, 1989).

Conociendo el periodo libre de heladas, se podrán elegir las especies y variedades de cultivos adecuados para zonas sometidas a riesgos de heladas. A partir de esto, pueden determinarse las fechas de siembra más seguras (Romo y Arteaga, 1989)

2.5.3. Influencia de la lluvia (humedad) sobre las plantas

La lluvia ejerce sobre el terreno influencias mecánicas, fertilizante, física y química, algunas de las cuales son favorables y otras desfavorables para la agricultura, y en especial para la planta. La influencia mecánica consiste en la compactación del terreno y una disgregación de las partículas superficiales del suelo. La acción fertilizante se debe a que un litro de esta agua aporta aproximadamente 2 mg de nitrógeno amoniacal y 0.7 mg de nitrógeno nítrico. La influencia física, se refleja principalmente en la formación de los suelos y la influencia química se refiere a la solubilización de los minerales del suelo, estado en el cual son tomados por las plantas (Torres, 1986)

2.5.4. Influencia del viento sobre la planta

Según Romo y Arteaga (1989), son muy variados los efectos del viento sobre las plantas: La transpiración aumenta con la velocidad del viento hasta un cierto punto después del cual no se verifican modificaciones significativas. Se sabe que el viento ejerce una mayor acción sobre la transpiración cuticular que sobre la estomática, y que esta última es mucho más importante que la primera.

La velocidad de la fotosíntesis generalmente aumenta con una mayor concentración de bióxido de carbono en el aire ambiental. Como la turbulencia causada por el viento favorece el suministro de bióxido de carbono al espacio cercano a las plantas, se puede afirmar que la absorción de bióxido de carbono, y por lo tanto la fotosíntesis, aumenta con la velocidad del viento.

En general las altas velocidades del viento son perjudiciales para las plantas, ocasionando resquebrajamientos de ramas que provoca la muerte parcial o total de la parte de la planta afectada, debido a la suspensión del transporte de la savia bruta o elaborada por la rotura de tejidos conductores; además se tienen fuertes pérdidas de agua e incidencia de plagas y enfermedades en la zona dañada. Las plantas que han crecido en condiciones de vientos fuertes tienen un sistema radical mucho más desarrollado que las plantas que crecen en condiciones normales, presentando frecuentemente características xerófitas, como mayor anchura y espesor de las hojas.

2.5.5. Influencia de factores no meteorológicos

Es conveniente llevar registros tanto en cultivos anuales como perenes, de incidencia de plagas, enfermedades, fertilizaciones, riegos, labores culturales, etc. Esto debido a la influencia de los factores no meteorológicos sobre el crecimiento y desarrollo de las plantas; por ejemplo, se ha mencionado que las siembras tempranas alargan el período vegetativo y que las tardías lo reducen (Romo y Arteaga, 1989).

También se sabe que la falta de nutrientes o de humedad y la incidencia de plagas o enfermedades reducen los períodos vegetativos y que en cambio la fertilización o el riego, aplicado cuando la planta no los necesita, prolongan el ciclo vegetativo (Romo y Arteaga, 1989)

2.6. ESTUDIOS SOBRE FECHAS DE ESTABLECIMIENTO Y NUTRICIÓN EN TOMATE DE CÁSCARA

Como referencia, Pérez (1998)¹, dice que en la parte oriente del estado de México, en región de Texcoco, se planta el tomate de cáscara (var. Salamanca, Rendidora, y Manzano) en la primera semana de marzo, para cosecharse cuando Guanajuato y Sinaloa ya están terminando de producir, con lo cual hay posibilidades de alcanzar un mejor precio en el producto; además, se asegura la posibilidad de que el cultivo no sea afectado por las heladas, y el número de riegos se disminuye si hay buen temporal en mayo.

El tomate de cáscara en Morelos se siembra en diferentes épocas del año, observándose que la más aceptable para la región de Zacatepec, es la siembra efectuada desde la segunda quincena de mayo, hasta mediados de diciembre.

¹ Pérez, G., M. 1998. Op. Cit. p 4

De la misma manera se hace en la zona oriente del estado, desde Cuautla hasta los límites de Puebla y desde Cuautla hasta los límites de Guerrero, ya que las siembras realizadas fuera de este período, se ven afectadas por una enfermedad conocida como “chino de tomate (micoplasma o geminivirus, que actúa en presencia de radiaciones solares altas)”, la cual disminuye considerablemente los rendimientos y en ocasiones la pérdida del cultivo puede ser total (Saray y Loya, 1977).

En Tepetlixpa y Ozumba, al sureste del estado de México, zonas netamente temporaleras, las siembras y trasplantes se efectúan a principios de junio, para esperar el momento del buen temporal y que el cultivo no se vea afectado por la falta de lluvias, ya que el rendimiento del cultivo debido a la falta de humedad puede reducirse a la mitad o mucho menos (Romero, 1998)⁴. Además, los mejores rendimientos de tomate de cáscara con la variedad Amarillo de Amayuca (variedad actualmente poco utilizada), en el área de influencia a Chapingo, se pueden obtener en las siembras efectuadas del 30 de junio a mediados de agosto, para evitar daños por heladas, o que estos daños sean mínimos (CIAMEC, 1976).

En Chapingo, Moreno y Torres (1996) al aplicar 12 m³ por ha. de LEDA (líquido efluente de digestión anaerobia), más fertilización química (90-45-15), en la variedad CHF₁-Chapingo de tomate de cáscara, obtuvo un rendimiento de 16.6 t·ha⁻¹.

⁴ Romero, B., V. 1998. Reporte de Aplicación Hortícola. Sistemas de producción para tomate de cáscara en los distritos de Chalco y Texcoco. Maestría en Horticultura. Asesor M.C. Domingo Montalvo Hdez. Dpto. Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México. Sin editar.

También, a manera de práctica común de fertilización, en esta misma región Peña (1997)⁵ considera la utilización de la dosis 200-100-50 en la variedad de ChF1-Chapingo, formula con la cual se obtienen rendimientos en un buen año, con promedio de 35 a 40 t·ha⁻¹, bajo condiciones de riego y buen manejo.

A manera mostrativa, Romero (1998)⁴, observo en el municipio de Chiautla (Santiago Chimalpa), Estado de México, que los productores utilizando la variedad Rendidora de tomate de cáscara, y la fórmula 17-17-17, bajo buenas condiciones de humedad, obtenían rendimientos de 25 a 30 t·ha⁻¹. En condiciones de déficit hídrico se reducía la producción a menos de la mitad. También en, el municipio de Acolman (Ejido el Calvario y San Marcos), Estado de México, se observó con productores que utilizan la variedad Salamanca de tomate de cáscara y fertilizan con la formula 46-23-30, logrando obtener rendimientos de 8 a 12 t·ha⁻¹, en buenas condiciones de humedad, y 4 a 5 t·ha⁻¹ en periodos de sequía.

En el mismo sentido, el mismo Romero, observo que en los municipios de Ozumba y Tepetlixpa, al sureste del Estado de México, donde la producción del tomate de cáscara es netamente de temporal, la fertilización al inicio es orgánica, utilizando estiércol de res, cerdo o gallina. Posterior a esto se realiza la fertilización química, utilizando las fórmulas 200-85-85 para Ozumba y 51-51-51 en Tepetlixpa, con la variedad Salamanca de tomate de cáscara obteniéndose rendimientos de 26 a 33 t·ha⁻¹ en las dos regiones.

4 Romero, B., V. 1998. Op. Cit. p 34

5 Peña, L., A. 1997 Comunicación personal. Dpto. Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. México

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. CARACTERÍSTICAS DEL SITIO EXPERIMENTAL

El experimento se realizó en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, ubicado en los 19° 20' latitud norte y 98° 53' longitud oeste, con una altitud de 2250 msnm. Políticamente, el campo se ubica dentro del municipio de Texcoco, Estado de México, (García, 1998).

El clima de la zona se clasifica como C(Wo)(w)b(i)g, que corresponde a un templado subhúmedo, de los menos húmedos; presenta lluvias en verano, poca oscilación térmica mensual, y el mes más cálido se presenta antes del solsticio de verano (García, 1988). La precipitación media anual es de 645 mm, distribuida la mayor parte en los meses de mayo a octubre, y la temperatura media anual es de 15 °C , con heladas tempranas a fines de septiembre y tardías en abril (García, 1988).

La región pertenece a la cuenca del estado de México. El suelo utilizado se ubica, de acuerdo a la clasificación americana de la quinta aproximación, como un Humaquept (suelo joven a maduro), o sea un inceptisol con mal drenaje, pobre en materia orgánica, rico en bases de calcio (Clasificación realizada en campo, por el autor, Romero B., V., 1997).

Cachón (1976), indica que los suelos pertenecen a la serie Xaltepa, los cuales se caracterizan por ser profundos, con un horizonte A de color pardo grisáceo u obscuro, con una capacidad media de retención de humedad, son pobres en materia orgánica, y el pH es neutro, tendiendo hacia la alcalinidad. Según su aptitud de riego, se clasifica como Clase I.

3.2. MATERIAL GENÉTICO

Se utilizó la variedad mejorada CHF₁-Chapingo de tomate de cáscara, obtenida a través de siete ciclos de selección a partir de la variedad Rendidora, en el programa de mejoramiento genético de tomate de cáscara del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo.

Esta variedad por ser una selección de la variedad “Rendidora” original, presenta características morfológicas semejantes a ésta como las siguientes:

La planta es de crecimiento rastrero y semi-erecto, y con respecto a Rendidora, presenta mayor precocidad y los frutos más uniformes en tamaño y forma; también son características de los frutos su color verde alimonado, un volumen promedio de 452 ml kg⁻¹, un diámetro de 31 a 36 mm, y una longitud de 25 a 27 mm (Peña y Ayala, citados por Montalvo, 1995).

3.3. FUENTES DE FERTILIZACIÓN

Se utilizo como fuente de nitrógeno, fósforo y potasio los siguientes materiales fertilizantes:

Urea o carbamida ($(\text{NH}_2)_2 \text{CO}$): fertilizante con 46 % N. Presenta el nitrógeno en forma amidica. Solubilidad lenta hasta formar nitratos. Higroscopico. Presentación es en gránulos. Índice ácido de 83 y salino de 75. Nota: el índice ácido, es el número de partes en peso de CaCO_3 necesario para neutralizar la acidez originada por el uso de 100 kg de fertilizante. El índice básico, es el número de partes en peso de CaCO_3 que ejercen la misma acción alcalinizante que 100 kg de fertilizante. Por último el índice salino, que es el efecto que causan los fertilizantes sobre la presión osmótica de la solución del suelo (De la Garza, 1993)⁶.

Super fosfato triple de calcio ($10 \text{Ca}(\text{PO}_4)_2$): fertilizante con 46 % de P_2O_5 . Con 95 a 98 % de fósforo soluble. Presentación granulada. Alrededor de un 5 de índice básico, y 10 de salino.

Cloruro de potasio (KCl): fertilizante con 60 % de K_2O , muy soluble en agua. Altamente higroscópico. Es como una sal rojiza ó en cristal. Contiene índice salino de 116, y 47 % de cloro.

6 De la Garza, G., R. 1993. Comunicación personal. Apuntes de tecnología y manejo de fertilizantes. Dpto. De Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Saltillo, Coahuila. México.

Además, para algunos tratamientos como el 19 (200-100-0), se utilizó fosfato diamónico (18 % N, 46 % P_2O_5), complementando el nitrógeno restante en la segunda fertilización con urea.

3.4. FECHAS DE TRASPLANTE Y AÑOS DE EVALUACIÓN

Los tratamientos se evaluaron durante dos años, en ciclos diferentes, y con tratamientos adicionales variados. Para el año de 1997 las fechas de trasplante fueron cada 30 días (27 de marzo, 27 de abril y 27 de mayo), para 1998, se evaluaron sólo dos fechas, el 27 de marzo y 27 de abril, ya que la fecha correspondiente a mayo se eliminó debido a los bajos rendimientos y altos costos que derivó el cultivo. En 1997 se evaluaron 20 tratamientos, mientras que en 1998 sólo 16, debido a que no se encontró respuesta durante el año anterior en los tratamientos adicionales, sólo con el testigo absoluto.

3.5. DISEÑO DE TRATAMIENTOS

Con el propósito de diferenciar los óptimos fisiológico y económico, los tratamientos de fertilización (Cuadro 1.), fueron elegidos con base en la matriz de tratamientos San Cristóbal (factorial incompleto), para tres factores, cada uno con cuatro niveles, resultando 12 tratamientos (INIA-SAG, 1974).

Los espacios de exploración dentro de la matriz San Cristóbal, para nitrógeno, fueron de 120 a 240 kg·ha⁻¹, y los niveles fueron 120, 160, 200, y 240 kg·ha⁻¹. Para fósforo el espacio de exploración fue de 60 a 180 kg·ha⁻¹, y los niveles de 60, 100, 140, y 180 kg·ha⁻¹. Y por último para el potasio, los espacios de exploración fueron de 30 a 120 kg·ha⁻¹, con niveles de 30, 60, 90, y 120 kg·ha⁻¹. Los tratamientos adicionales que se utilizaron, se derivaron de la fertilización comúnmente utilizada en ésta región (200-100-0) y un testigo (0-0-0).

3.6. DISEÑO EXPERIMENTAL

El diseño experimental fue en Bloques al azar con cuatro repeticiones. En 1997, la unidad experimental fue de 7.5 m de largo, por tres m de ancho (un metro entre surco), con una superficie de 22.5 m². Mientras que en 1998, fueron de 7.5 m de largo, por 4 m de ancho (un metro entre surco), dando una superficie de 30 m². La parcela útil correspondió al surco central para el primer año, siendo para el segundo los dos centrales. Por último, la distancia entre plantas fue de 30 cm entre ellas, (26 plantas por línea).

Cuadro 1. Tratamientos resultantes de las combinación de tres factores de fertilización con una matriz San Cristóbal, y tratamientos adicionales, Chapingo, México, (1997- 1998).

<i>Tratamiento</i>	<i>Nitrógeno kg·ha⁻¹</i>	<i>Fósforo kg·ha⁻¹</i>	<i>Potasio kg·ha⁻¹</i>	<i>Descripción</i>
1	120	60	30	C.I.
2	120	60	90	C.I.
3	120	140	30	C.I.
4	120	140	90	C.I.
5	200	60	30	Cubo Interno (C.I.)
6	200	60	90	C.I.
7	200	140	30	C.I.
8	200	140	90	C.I.
9	160	100	60	Centro
10	240	100	60	A.
11	160	180	60	Aristas (A.)
12	160	100	120	A.
Tratamientos adicionales 1997				
13	200	100	0	F. C.
14	200	0	0	Testigo N
15	0	100	0	Testigo P
16	0	0	60	Testigo K
17	200	100	0	N, 3
18	200	100	0	D. T..
19	200	100	0	(18-46-0)
20	0	0	0	Testigo
Tratamientos adicionales 1998				
13	200	100	0	Fert. Común
14	400	200	100	Fert. Excesiva
15	200	100	0	Desp. Trasplante
16	0	0	0	Testigo

- F.C. = Fertilización comúnmente utilizada
- N.3 = Nitrógeno fraccionado en tres aplicaciones
- D.T. = Tratamiento aplicado 10 días después del trasplante
- (18-46-0) = Utilizando como fuente inicial fosfato diamonico.
- Los tratamientos 20 y 16 son testigos absolutos, en caso de no existir diferencia, entre testigo y tratamientos adicionales, estos dos tratamientos pasaran a ser el tratamiento 13, que se analizara con la matriz experimental.

3.7. CARACTERÍSTICAS EVALUADAS

Sesenta días después del trasplante, fueron elegidas cinco plantas en cada una de las repeticiones de los diferentes tratamientos, de la parcela útil, a las cuales se les determinaron características al cultivo; posterior a la cosecha se realizaron algunas pruebas en los frutos para cada repetición y tratamiento. Los resultados correspondieron a los promedios de estos.

3.7.1. Características evaluadas al cultivo

a) Altura de planta (cm): medida desde la superficie del suelo hasta el punto más alto de la planta, en sentido vertical, con cinta métrica.

b) Altura de horqueta (cm): medida desde la superficie del suelo hasta la bifurcación principal con cinta métrica.

c) Diámetro de tallo (cm): medida utilizando un vernier, haciendo la medición cinco centímetros abajo de la bifurcación principal.

d) Número de flores por planta: presentes al momento del muestreo (cada flor era una unidad).

e) Número de bolsas por planta: conteo por planta de flores que habían amarrado, hasta las bolsas con frutos pequeños de hasta un centímetro de diámetro aproximadamente.

f) Número de frutos por planta: fueron considerados frutos de diámetro mayor a un centímetro.

3.7.2 Características evaluadas al fruto

g) Contenido de azúcares (grados brix %): fue extraído el jugo del fruto de 10 frutos tomados al azar de la unidad experimental, mezclándolos y utilizando un brixometro que mide en una escala de porcentaje los azúcares.

h) Número de frutos en un kg de tomate: conteo de frutos de tomate en un kilogramo de este producto.

i) Peso seco de un kg. de tomate fresco (g): un kilogramo de fruto fresco de tomate fue hecho en pequeños trozos, y deshidratados, posteriormente, el material seco fue pesado en una balanza granataria.

j) Rendimiento: suma del peso del fruto en los diferentes cortes por unidad experimental y transformado a $t \cdot ha^{-1}$.

3.8. ANALISIS ESTADÍSTICO

Fue realizado después de algunas pruebas; un análisis de varianza combinado que comprendía los promedios de cada mes de los dos años de evaluación para cada uno de los tratamientos; en el proceso se incluyó el testigo absoluto, pues los tratamientos adicionales se omitieron debido a que sus rendimientos durante los dos años de evaluación no superaron al testigo absoluto. Posteriormente se realizaron pruebas de comparación de medias (Tukey $\alpha = 0.05 \%$), y se obtuvo la matriz de correlaciones de las variables evaluadas.

Para el ajuste de la dosis fisiológica de fertilización, se hizo un análisis de regresión para los factores N, P y K, mediante la técnica de análisis canonico (Martínez y Martínez, 1996), utilizando el procedimiento RSRES del paquete estadístico SAS (versión 6.11 para windows).

3.9. ANÁLISIS ECONÓMICO, DEL PRESUPUESTO PARCIAL PARA EXPERIMENTOS CON FERTILIZANTE

Se sabe que los agricultores se interesan en los beneficios netos y en protegerse contra un riesgo posible, situación que debe considerar también el agronomo. El presupuesto parcial permite al agrónomo organizar los datos experimentales y otra información sobre costos y beneficios de varios tratamientos. El propósito del presupuesto parcial es el de organizar la información de manera tal que ayude a tomar una decisión en el manejo en particular (Perrin *et al.*, 1979).

3.9.1. Análisis de presupuesto parcial

El método para el análisis económico de presupuesto parcial de acuerdo a Perrin, *et al.* (1979) es el siguiente:

- a) En el análisis económico, los rendimientos de los tratamientos repetidos en dos o más años se promedian para obtener un rendimiento medio con el cual se trabaja en la tabla de presupuestos.

- b) Se ajusta el rendimiento, con un 10 % de pérdida al rendimiento total obtenido en el inciso anterior, como margen de seguridad al productor.
- c) Se obtiene el beneficio bruto por hectárea, utilizando el precio promedio de la tonelada de producto y multiplicándolo por el rendimiento ajustado.
- d) Se obtienen los costos monetarios variables por hectárea, (en este caso del fertilizante), con los precios más recientes, o promedio, para las unidades de cada tratamiento.
- e) Los costos variables de oportunidad también serán necesarios para saber el número de aplicaciones por tratamiento y su costo.
- f) Los costos monetarios variables y los costos variables de oportunidad se suman para obtener el total de costos variables por hectárea.
- g) Al beneficio bruto le se le resta el total de costos variables, para obtener el beneficio neto en ganancias monetarias por hectárea, del uso de fertilizante.
- h) Para corroborar los datos de la curva de beneficios netos, se llevara acabo un análisis marginal de tratamientos, que se basa en obtener la mejor tasa de retorno marginal, que al menos debe ser del 40 %.

Este análisis se basa en seleccionar los tratamientos que obtengan el mayor beneficio neto, el menor costo variable y la más elevada tasa de retorno.

3.10. CONDUCCIÓN EXPERIMENTAL

Durante 1997, se realizaron trasplantes, los días 27 de los meses **marzo, abril, y mayo**. Durante 1998, se realizaron trasplantes de las dos mejores fechas del año anterior, **marzo y abril**.

Se realizaron muestreos al suelo antes del establecimiento de cada experimento, en ambos años, a una profundidad de 0 a 50 cm , para obtener información acerca de la fertilidad del suelo. Las determinaciones realizadas fueron:

- pH en agua : potenciometrico relación suelo agua 1:2
- Materia orgánica: Walkley and Black
- Fósforo asimilable: Olsen
- Potasio intercambiable: Espectrofotometria
- Nitrógeno inorgánico ($\text{NH}_4\text{-NO}_3\text{-NO}_2$): Kjeldte-Auto-Analyzer 1030
- Conductividad eléctrica: Puente de conductividad en el extracto de pasta

En cada año y fechas, se llevo a cabo un barbecho y uno o dos pasos de rastra, no se efectuó nivelación, y se realizo el surcado a 1 m entre líneas. En cada fecha el trasplante se llevo acabo con plantula obtenida de almácigos, establecidas con 1 mes de anticipación.

La plántula se llevo al terreno definitivo cuando contaba con una altura aproximada de 10 cm, colocando una sola planta, a una distancia de 30 cm. Posterior al trasplante, se realizó un **replante**, para reponer las plántulas que por algún motivo **no** lograron establecerse.

La fertilización se llevo acabo a mano, depositando en banda el fertilizante a un **lado** del surco; cercano en donde iba a quedar la plántula. En la fertilización de fondo y **en** la segunda fertilización, se procuro hacer una distribución uniforme y bien colocada. En los tratamientos correspondientes, la fertilización de fondo, se aplico todo **el** fertilizante fosforado, todo el potasico, y la mitad del nitrógeno; el resto **del** nitrógeno fue aplicado aproximadamente 40 días después de la fertilización **de** fondo, al momento del cajoneo. Se evaluaron algunas variantes en algunos tratamientos adicionales no pertenecientes a la matriz exploratoria.

La frecuencia de los riegos fue basada de acuerdo a las necesidades del cultivo, aproximadamente en intervalos de 10 días. Dándose un riego pesado, durante **el** trasplante y otro de seguridad al tercer día del trasplante.

Se realizaron tres deshierbes con azadón, y tres escardas utilizando cultivadora de tracción animal; de la misma forma se realizaron los aporques después de la cultivada. El cajoneo se realizo a los 40 días de haber establecido los cultivos.

Al momento del trasplante la raíz de la plantula, se humectaba en una solución de captan (fungicida), para evitar fungosis. En todos los experimentos se aplicó después del trasplante el insecticida agrícola llamado confidor, directo al suelo, en forma de chorro, lo más cercano al cuello de la planta, entre el tallo y la raíz, para prevención y control de la mosca de la raíz del tomate (*Diptero: lonchaeidae*). Se hicieron cinco aplicaciones foliares de tamarón, lannate, y dos de confidor (insecticida agrícola al inicio del cultivo), para el control de la pulga saltona (*Epitrix* sp.), mayate del tomate (*Lemma trilineata*), y mosquita blanca (*Bemisia tabaci*), principalmente, con intervalos de 10 a 15 días o conforme lo necesitara el cultivo. Para enfermedades fungosas, principalmente, la cenicilla (*Oidium* sp), se realizaron aplicaciones preventivas de cupravit, de manera foliar, por lo regular junto con un insecticida.

4. RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. ANÁLISIS DE SUELOS Y CONDICIONES AMBIENTALES

Los análisis de suelos para 1997 y 1998, muestran lo siguiente: el pH indica que se trata de un suelo neutro, pero con tendencia hacia la alcalinidad. La conductividad eléctrica, indica que es un suelo no salino, y por lo tanto el efecto de la salinidad es nulo para los cultivos. Con lo que respecta a la materia orgánica, de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede decir que en general, el contenido del suelo varía de pobre a medianamente pobre.

El contenido de la concentración de nitratos en el suelo resulto ser bajo, pues no se llega a rebasar el nivel de 11 mg kg^{-1} , y no es inferior a 4 mg kg^{-1} , teniendo como reserva un contenido de amonio que tiende a ser bajo. Los niveles de fósforo, se ubican en un nivel medio, entre 15 y 30 mg kg^{-1} . Y por último, la cantidad de potasio presente en el suelo, indican que la concentración de este elemento, hace al suelo, ser muy rico. Cuadro 2.

Cuadro 2. Resultados de los análisis de suelos, realizados antes del establecimiento de cada cultivo de tomate de cáscara, en Chapingo, Texcoco, México.

MUESTRA	pH	CE	MO	NH ₄	NO ₃	P	K
Fecha	1:2	ds/m	%	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹
1997 ABRIL.	7.13	1.52	0.93	5.88	10.92	21.03	204
1997 MARZ.	7.13	1.06	0.99	5.88	8.4	21.58	226
1998 ABRIL	7.30	0.95	1.22	5.04	8.4	16.85	362
1998 MARZ.	7.24	0.89	1.10	5.04	8.4	20.47	300

* La profundidad de la toma de la muestra fue de 0 a 50 cm.

Los datos de clima durante el experimento sugieren que: en 1997, la temperatura media mensual, durante marzo fue de 18.3°C, aumentando 1.5°C durante junio con 19.8°C siendo la media máxima. La humedad relativa media, se mantuvo al inicio de marzo en 48 %, elevándose en el mes más caluroso a 53 %, debido a la precipitación pluvial (132.8 mm) y la evaporación (162.5 mm), manteniéndose al final en 59 %, y con evaporación de 153.65 mm; presentando condiciones adecuadas para el cultivo. En 1998, se observó, un incremento inicial en la temperatura media mensual de marzo de 1.9 °C más que en 1997, siendo el mes más caluroso mayo con 24.3 °C, para disminuir en agosto 5.7 °C. La humedad relativa media, en los meses más calurosos fue entre 37 y 48 %, por la poca precipitación (0 a 2.5 mm), manteniéndose un alto índice de evaporación (230 mm), decreciendo las condiciones extremas al final de los últimos meses, (Cuadro 3.), En el Cuadro 4., se aprecia el fotoperiodo mensual durante el periodo de marzo a agosto.

Cuadro 3. Datos climáticos, mensuales, desde marzo hasta agosto, Chapingo México (1997 y 1998)

	Temperatura. °C			Humedad Relativa %			*Lluv.	*Evap.
	Máx	Med	Min	Máx.	Med.	Min.	mm	mm
1997								
Marzo	24.5	18.3	5.4	94.0	48.0	24.0	34.20	159.92
Abril	24.4	18.4	8.0	88.0	46.0	23.0	61.30	174.30
Mayo	24.7	19.0	11.9	94.0	49.0	24.0	68.50	154.89
Junio	26.3	19.8	10.9	95.0	53.0	25.0	132.80	162.56
Julio	24.6	19.0	10.7	100.0	53.0	34.0	98.10	150.14
Agosto	25.2	19.2	9.4	100.0	59.0	28.0	72.50	153.65
1998								
Marzo	27.1	20.2	4.2	78.0	37.0	21.0	0.0	229.55
Abril	29.6	23.0	8.7	81.0	41.0	24.0	2.5	233.56
Mayo	31.2	24.3	8.3	91.0	48.0	28.0	2.3	230.17
Junio	28.9	22.7	11.2	100.0	65.0	37.0	54.3	184.83
Julio	25.3	19.9	10.7	100.0	73.0	47.0	46.6	152.74
Agosto	24.1	18.6	10.8	99.0	72.0	46.0	184.9	128.72

*Evap. = Evaporación total mensual

*Lluv. = Lluvia total mensual

Cuadro 4. Radiación solar mensual y fotoperiodo mensual, de acuerdo a la latitud, del lugar, Chapingo, México (Torres, 1986).

Latitud 19° 20'	Radiación solar total mensual, recibida en una superficie horizontal en el límite superior de la Atmósfera.	Fotoperiodo medio mensual
	Calorías cm ² por día	Horas
marzo	824	11.88
Abril	894	12.45
Mayo	924	12.91
Junio	930	13.14
Julio	928	13.03
Agosto	909	12.63

4.2. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El análisis de varianza combinado, y pruebas de medias (Tukey $\alpha=0.05\%$), sólo detectaron efecto de las fechas de trasplante en el rendimiento del cultivo.

Además dado que el testigo absoluto y los tratamientos de la matriz experimental, resultaron con rendimientos superiores a los tratamientos adicionales, se omitieron estos últimos. De la misma manera y debido al bajo rendimiento en la fecha de mayo de 1997, ésta se eliminó del análisis.

4.2.1. Análisis de varianza

El análisis de varianza combinado, que incluyo los 12 tratamientos de la matriz experimental y el testigo absoluto, indico que se presentaron diferencias significativas en la fuente de variación fechas, en las variables: altura de horqueta, diámetro de tallo, número de flores por planta, número de bolsas por planta, número de frutos por planta, número de frutos por kilo y rendimiento. Los tratamientos sólo modificaron las variables: altura de planta, altura de horqueta, diámetro de tallo y número de flores. La interacción fechas por tratamiento, arrojó diferencia significativa sólo en las variables: diámetro de tallo y número de flores por planta. Los coeficientes de variación fueron aceptables, siendo menos del 25 % en la mayoría de las variables, excepto número de frutos por planta.

Cuadro 5. Cuadrados medios del análisis de varianza combinado, para las variables evaluadas al cultivo y a calidad de fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)

F.V.	Gl	AP	AH	DT	NF	NB	NFR	GB	NFK	PS	REN
Fecha	1	0.1	98.8**	0.19*	16365**	1239**	13257**	0.47	5955**	25.5	5957**
Rep.(Fecha)	6	14.1	3.0	0.03	80	65	79	0.41	73	60.6	33
Tratamiento	12	23.4*	5.17**	0.01**	146*	80	26	0.29	18	71.2	7
Fecha*trat.	12	14.9	1.3	0.01**	154*	80	23	0.43	9	46.7	13
Error	72	10.9	1.8	0.003	76	96	67	0.48	14.3	71.4	14
Total	103										
C. V.		7.92	11.39	3.70	21.33	24.3	41.9	17.0	8.8	13.1	17.4
Media		41.81	11.90	1.59	41.0	40.3	19.6	40.0	42.7	64.2	21.8

F.V.= fuente de variación, C.V.= coeficiente de variación, AP= altura de planta, AH= altura de orqueta, DT= diámetro de tallo, NF= número de flores por planta, NB= número de bolsas por planta, NFR= número de frutos por planta, GB= % de azúcares en el fruto, NFK= número de frutos en un kilo, PS= peso seco de 1 kg de fruto, REN= rendimiento. $\alpha=0.05$ %

En el análisis de varianza se puede observar que en la fuente de variación fechas, fue donde más existió diferencia altamente significativa, lo cual nos dice que existió una diferencia muy marcada entre la fecha de marzo y abril, y que la respuesta de la planta fue muy particular para cada una de las épocas de establecimiento, dada las diferencias ambientales en cada una de ellas.

Por parte de los tratamientos, no se logra observar una diferencia marcada entre las variables, a excepción de altura de planta, altura de horqueta, diametro de tallo, y número de flores por planta; que tal vez se deba a que las condiciones ambientales influyeron de alguna manera sobre la asimilación nutrimental y expresión genotípica y fenotípica de la planta, pues en el cultivo correspondiente a marzo al parecer se presentaron mejores condiciones ambientales (temperatura, precipitación, humedad relativa) para el desarrollo de la planta, que la fecha correspondiente al mes de abril, donde la planta al parecer, no tenía las condiciones idoneas para su desarrollo, frenando en buena medida su desarrollo y asimilación nutrimental, y gastando energía en exceso.

Todo lo anterior sirve como apoyo para mencionar que en la fuente de variación Fecha* Tratamiento, en el diámetro de tallo y el número de flores se siguen presentando diferencias significativas en las variables, indicando marcadas influenciadas debido a la variación de los factores ambientales más que por efecto de los tratamientos de fertilización.

4.2.2. Comparación de medias por fechas

La comparación de medias por fechas (Cuadro 6.), arroja una marcada diferencia entre la gran mayoría de las variables evaluadas, como: Altura de horqueta, número de flores por planta, número de bolsas por planta, número de frutos por planta, número de frutos por kilo y rendimiento. Lo cual indica que la mayoría de las variables, se encuentran influenciadas por factores ambientales, Apoyando esto, Romo y Arteaga (1989), mencionan que la radiación solar, fotoperiodo y temperatura, influyen directamente en procesos de fotoestimulos, tales como elongación de tallo y características de este. De ahí, que marzo al tener condiciones más adecuadas para la planta, propicie individuos más robustos, por ejemplo en el tallo, generando que aunque existan flores, bolsas y frutos en menor cantidad en la planta, estos fueran más grandes y de mejor calidad, reflejandose todo esto en el rendimiento, donde se supero a la fecha de abril en poco más del 50 %.

Cuadro 6. Pruebas de medias (Tukey, $\alpha=0.05\%$) por fechas, para las variables evaluadas al cultivo y calidad de fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)

Fecha	AP	AH	DT	NF	NB	NFR	GB	NFK	PS	REN
	(cm)	(cm)	(cm)	flores	bolsas	frutos	(%)	Frutos	(g)	t·ha ⁻¹
Marzo	41.86 a	10.93 a	1.63 a	28.50 a	29.59 a	8.36 a	4.14 a	35.18 a	63.71 a	30.77 a
Abril	41.77 a	12.88 b	1.54 b	53.59 b	51.19 b	30.9 b	4.00 a	50.31 b	64.70 b	14.93 b
DMSH	1.804	0.384	0.088	4.315	3.888	4.284	0.307	4.100	3.735	2.794

AP= altura de planta, AH= altura de horqueta, DT= diámetro de tallo, NF= número de flores por planta, NB= número de bolsas por planta, NFR= número de frutos por planta, GB= % de azúcares en los frutos, NFK= número de frutos por kilo, PS= peso seco de 1 kg de fruto, REN= rendimiento.

Centim= centímetros; Unidades= 1 flor es una unidad, 1 bolsa es una unidad, 1 fruto es una unidad; % azúc.= porcentaje de azúcares en los frutos .

4.2.3. Comparación de medias por tratamientos

La comparación combinada de medias por tratamiento (Cuadro 7.), muestra que únicamente las variables: altura de planta, altura de horqueta y diámetro de tallo, contemplan algunas diferencias estadísticas entre tratamientos, no siendo así para las demás variables que se comportaron de manera muy similar entre sí.

La variable altura de planta reportó, que únicamente el testigo absoluto (tratamiento 13) con 38.10 cm, fue quién presento diferencia estadística, al compararlo con los demás tratamientos, específicamente con el tratamiento 12 (160-100-120), obteniendo una diferencia de 5.93 cm entre los dos tratamientos.

La variable altura de horqueta, arroja tres tratamientos estadísticamente diferentes. Donde el tratamiento 8 (200-140-90) con 13.07 cm, se comporto de manera similar a la mayoría de los tratamientos a excepción del tratamiento 11 (160-180-60), y el testigo absoluto, que con 10.68 y 10.21 respectivamente, resultaron estadísticamente diferentes al tratamiento 8.

En el caso del diámetro de tallo, se observa de manera similar al caso anterior, que se forman tres grupos de tratamientos estadísticamente diferentes, donde el tratamiento 2 (120-60-90) con 1.66 cm muestra el mayor diámetro de tallo obtenido, siendo similar a la mayor parte de los tratamientos, diferenciándose únicamente del testigo absoluto con

0.12 cm, y siendo marcadamente superior con 0.14 cm al tratamiento 12 (160-100-120), que fue el de menor diámetro.

Las comparaciones de medias por tratamiento, nos hace suponer al comparar los datos entre sí, que la fertilización no influye de manera decisiva para lograr un considerable desarrollo en la planta, haciendo este comentario, en base a que todas las variables referidas a calidad de fruto, no muestran ni siquiera una ligera variación entre los diferentes tratamientos de fertilización.

Siendo para este caso, que tal vez las variaciones en altura de planta, altura de horqueta, y diámetro de tallo, sean atribuibles en menor proporción a la fertilización y más al ambiente y a las características genéticas de la variedad empleada, que aún no es muy homogénea en sus características morfológicas.

Para apoyar lo anterior, y según Peña y Ayala, citados por Montalvo (1995), nos dicen que la planta es de crecimiento rastrero y semierecto, teniendo cierto grado de variabilidad genética debido a un problema de autoincompatibilidad gametofítica, necesitando el cruzamiento forzoso con otras plantas, que pueden ser un tanto diferentes morfológicamente, dando por resultado individuos heterogéneos en cierta medida.

Cuadro 7. Comparación de pruebas de medias combinadas, por tratamientos (Tukey, $\alpha=0.05\%$), para las variables evaluadas al cultivo y calidad de fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)

Trat.	AP (cm)	AH (cm)	DT (cm)	NF	NB	NFR	GB %	NFK	PS (g)	REN (t.ha ⁻¹)
1	42.1 ab	12.1 abc	1.61 abc	43.12 a	38.50 a	17.63 a	4.23 a	41.28 a	61.1 a	23.20 a
2	42.1 ab	12.6 ab	1.66 a	42.36 a	41.98 a	21.98 a	4.20 a	43.48 a	60.1 a	22.65 a
3	43.4 ab	11.8 abc	1.60 abc	45.18 a	43.28 a	21.25 a	3.95 a	43.65 a	67.2 a	22.77 a
4	43.5 ab	12.0 abc	1.56 abc	39.62 a	37.26 a	21.43 a	3.87 a	40.57 a	62.7 a	23.73 a
5	40.4 ab	11.9 abc	1.60 abc	40.87 a	42.15 a	18.17 a	4.42 a	45.20 a	64.2 a	22.24 a
6	42.3 ab	12.7 ab	1.57 abc	46.52 a	42.67 a	22.62 a	4.11 a	43.68 a	64.5 a	21.91 a
7	43.6 ab	12.2 abc	1.58 abc	43.18 a	40.93 a	21.17 a	3.96 a	42.10 a	64.7 a	22.02 a
8	40.9 ab	13.0 a	1.55 bc	37.02 a	41.98 a	18.61 aa	3.71 a	43.25 a	65.4 a	21.31 a
9	40.2 ab	11.4 abc	1.63 ab	36.37 a	43.72 a	18.72 a	4.02 a	43.62 a	61.6 a	22.68 a
10	40.5 ab	11.4 abc	1.63 ab	42.37 a	34.58 a	19.83 a	4.25 a	44.47 a	69.2 a	22.43 a
11	42.0 ab	10.6 bc	1.57 abc	47.18 a	38.26 a	17.38 a	4.17 a	39.97 a	63.6 a	22.90 a
12	44.0 a	12.4 abc	1.52 c	33.17 a	35.68 a	17.92 a	4.15 a	42.02 a	69.1 a	23.80 a
13	38.1 b	10.2 c	1.54 bc	36.60 a	44.07 a	18.75 a	3.90 a	42.43 a	60.9 a	25.36 a
DMSH	5.6771	2.3247	0.101	15.001	16.859	14.116	1.193	6.492	14.480	6.540

AP= altura de planta, AH= altura de horqueta, DT= diámetro de tallo, NF= número de flores por planta, NB= número de bolsas por planta, NFR= número de frutos por planta, GB= % de azúcares en el fruto, NFK= número de frutos por kilo, PS= peso seco de 1kg de fruto, REN= rendimiento

4.2.4. Comparación de medias, interacción fechas por tratamientos

En general, la comparación de la interacción de fechas por tratamientos, resultó ser muy similar para cada una de las variables evaluadas, pues aunque algunas variables presentan gran cantidad de letras en el análisis correspondiente, el hecho de tener aunque sea sólo una letra igual, hace que el tratamiento sea similar con otros.

En esta prueba de medias (Cuadro 8.), solo las variables: diámetro de tallo, y número de flores resultan con diferencia estadística en la comprobación de fechas por tratamientos.

En la fecha correspondiente a marzo, el tratamiento 2 (120-60-90) con 1.77 cm, estadísticamente supera a los tratamientos: 4 (120-140-90), 6 (200-60-90), 8 (200-140-90), 12 (160-100-120) y 13 (00-00-00) con 1.57, 1.58, 1.56, 1.53 y 1.57 cm respectivamente. La fecha correspondiente al mes de abril, para esta variable, indica que todas las interacciones son iguales.

En este mismo tipo de prueba, para la variable diámetro de tallo, se puede observar que para la fecha correspondiente a marzo, todas las interacciones responden de la misma forma. En cambio, en abril, se forman dos grupos, donde el tratamiento 6 (200-60-90), con 67.88 flores por planta, supera al tratamiento 12 (160-100-120) con 20.55 flores por planta, siendo similares con todos los demás tratamientos.

La variación de las variables diámetro de tallo, y número de flores, hacen suponer que probablemente haya habido una ligera respuesta de la planta a los tratamientos de fertilización, como en el caso del diámetro en marzo donde se puede observar que el tratamiento 2 (120-60-90) con niveles moderados de fertilización, logró el mayor diámetro en el tallo.

Debemos tomar en cuenta que el tratamiento 2 supero a tratamientos que contenían considerables cantidades de macronutrientes. De manera un poco diferente , la fecha de abril, en la variable número de flores por planta reporta la mayor cantidad de flores en el tratamiento 6 (200-60-90) de fertilización. Haciendo pensar que, debido a las condiciones ambientales, que fueron más favorables para marzo, probablemente hubo una mejor asimilación de macronutrientes, expresado en estas dos variables, donde los elementos absorbidos como el nitrógeno, dotaron a la planta de un tallo más robusto, y como ya es sabido, posiblemente el fósforo influyo en una mayor producción y amarre de flores. En general al comparar las fechas de establecimiento, se puede observar que conforme avanza la fecha de trasplante, el cultivo presenta mayor altura de planta y horqueta, así como un menor desarrollo de otros órganos vegetativos como brotes basales. Con esto podemos intuir que la planta no es muy exigente en cuanto al aspecto nutricional, y que durante la fecha de marzo, las plantas expresaron mejor su potencial al contar con mejores condiciones ambientales, y durante abril no se pudieron expresar plenamente

Para el caso de las variables evaluadas a la calidad de fruto (Cuadro 9.), solo se observan diferencias entre fechas más no entre tratamientos para una misma fecha. Lo cual nos indica una fuerte influencia debida más a las condiciones ambientales que a la fertilización.

Se puede mencionar que conforme avanzaba la fecha de establecimiento, los frutos se consideraban en mayor número, pero más pequeños y cascarudos, a comparación de la fecha anterior, dando por resultado menor rendimiento y calidad conforme avanzaba la

fecha de establecimiento. Se puede establecer en cierta medida que la adición de macronutrientes no influye decisivamente sobre el rendimiento del tomate de cáscara, dato que podemos corroborar observando el alto rendimiento que tuvieron los testigos absolutos.

Cuadro 8. Comparación de medias (Tukey al 0.05%), fecha por tratamiento, para las variables evaluadas al cultivo. Tomate de cáscara, Chapingo, México (1997 - 1998).

FECHA	AP (cm)	AO (cm)	DT (cm)	NF	NB	NFR
Marzo						
Trat. 1	40.07 a	11.13 abc	1.68 abc	27.9 ghi	29.80 cde	7.00 b
2	43.57 a	11.25 abc	1.77 a	26.8 hij	34.63 abcde	8.40 b
3	43.77 a	11.35 abc	1.66 abcd	35.8 cdefghij	33.38 abcde	8.75 b
4	40.95 a	11.18 abc	1.57 bcde	26.7 ij	28.83 cde	8.50 b
5	40.77 a	10.20 bc	1.71 ab	34.7 cdefghij	35.90 abcde	7.60 b
6	43.82 a	10.80 abc	1.58 bcde	25.1 ij	26.63 de	8.75 b
7	42.75 a	10.73 abc	1.63 abcde	33.7 defghij	24.48 e	7.82 b
8	40.95 a	12.43 abc	1.56 bcde	22.2 j	30.17 bcde	9.32 b
9	41.85 a	10.35 abc	1.65 abcd	28.3 fghij	30.08 abcde	8.20 b
10	40.17 a	10.57 abc	1.65 abcd	27.5 ghij	25.10 e	10.6 b
11	42.67 a	9.80 c	1.62 abcde	32.6 efg hij	28.88 cde	7.70 b
12	44.12 a	11.35 abc	1.53 cde	26.8 ij	24.05 e	8.10 b
13	39.52 a	10.02 bc	1.53 bcde	22.0 j	29.77 cde	7.92 b
Abril						
Trat. 1	44.17 a	13.07 abc	1.54 cde	58.3 abc	47.20 abcde	28.2 ab
2	40.80 a	14.02 a	1.55 cde	57.9 abcd	49.35 abcde	35.5 a
3	43.07 a	12.30 abc	1.54 cde	54.5 abcde	53.20 abcd	33.7 a
4	46.12 a	13.00 abc	1.56 bcde	52.5 abcdef	45.70 abcde	34.3 a
5	40.02 a	13.65 ab	1.49 e	46.9 abcdefghi	48.40 abcde	28.7 ab
6	40.95 a	13.63 ab	1.56 bcde	67.8 a	58.72 a	36.5 a
7	44.57 a	13.70 ab	1.53 cde	52.6 abcdef	57.40 ab	34.5 a
8	41.72 a	13.73 ab	1.54 cde	51.8 abcdefg	53.80 abcd	27.9 ab
9	38.65 a	12.50 abc	1.61 abcde	44.4 abcdefghij	54.38 abc	29.2 ab
10	40.92 a	12.40 abc	1.60 bcde	57.2 abcd	44.08 abcde	29.0 ab
11	41.45 a	11.57 abc	1.52 de	61.7 ab	47.65 abcde	27.0 ab
12	43.95 a	13.52 abc	1.51 de	39.5 bcdefghij	47.33 abcde	27.7 ab
13	36.67 a	10.40 abc	1.52 cde	51.2 abcdefgh	58.38 a	29.5 ab
DMSH	9.623	0.6782	0.050	4.378	4.920	4.124

El tratamiento 13 es el testigo absoluto

AP: altura de planta; AO: altura de orqueta; DT: diámetro de tallo; NF: número de flores por planta; NB: número de bolsas por planta; NFR: número de frutos por planta.

Cuadro 9. Comparación de medias (Tukey $\alpha=0.05\%$), fecha por tratamiento, para las variables evaluadas al fruto. Tomate de cáscara, Chapingo, México (1997 - 1998).

FECHA	PS (g)	GB (%)	NFK	REN (t.ha ⁻¹)
Marzo				
Trat. 1	61.17 a	4.27 a	34.97 d	30.60 a
2	61.95 a	4.57 a	37.50 bcd	29.33 ab
3	62.47 a	3.70 a	35.63 d	29.65 ab
4	61.17 a	3.95 a	32.65 d	31.69 a
5	63.70 a	4.65 a	36.85 cd	32.38 a
6	60.20 a	4.05 a	37.22 bcd	28.92 ab
7	63.20 a	4.02 a	34.47 d	29.18 ab
8	65.97 a	3.77 a	35.20 d	31.21 a
9	63.85 a	3.82 a	37.10 bcd	30.34 a
10	66.32 a	4.67 a	34.85 d	32.76 a
11	65.07 a	4.15 a	33.10 d	29.46 ab
12	71.92 a	3.90 a	33.38 d	32.45 a
13	61.22 a	4.30 a	34.47 d	32.02 a
Abril				
Trat. 1	40.80 a	4.20 a	47.60 ab	15.83 c
2	36.67 a	3.82 a	49.47 a	15.97 c
3	44.57 a	4.20 a	51.67 a	15.90 c
4	40.95 a	3.80 a	48.50 a	15.84 c
5	41.45 a	4.20 a	53.55 a	12.11 c
6	44.17 a	4.17 a	50.15 a	14.91 c
7	43.07 a	3.90 a	49.72 a	14.86 c
8	41.72 a	3.65 a	51.30 a	11.41 c
9	38.65 a	4.22 a	50.15 a	15.03 c
10	46.12 a	3.82 a	54.10 a	12.11 c
11	40.92 a	4.20 a	46.85 abc	16.34 c
12	43.95 a	4.40 a	50.67 a	15.15 c
13	40.02 a	3.50 a	50.40 a	18.70 bc
DMSH	22.153	1.494	1.895	1.90

El tratamiento 13 es el testigo absoluto

PS: peso seco de un kilogramo de frutos frescos; GB: % de azúcares en el fruto; NFK: número de frutos en un kilogramo de frutos; REN: rendimiento por hectárea en toneladas

4.2.5. Análisis de correlación

En el caso de las correlaciones, nos muestra el grado de asociación de una variable con las otras, a continuación se describen algunas variables (Cuadro 10.). El rendimiento muestra una alto grado de asociación con la mayor parte de las variables excepto con la altura de planta, siendo una de las más importantes el número de frutos por kilo, ya que al disminuir el número de frutos, aumenta el rendimiento, este dato nos indica que a

menor número de frutos son frutos más grandes, dato que se verifica en las pruebas de medias por fecha; otra variable que se puede mencionar, sería que al aumentar el número de frutos en la planta, aumenta el peso seco. En general, se destacan altas correlaciones, que reflejan caracteres que se asocian de manera importante con la calidad de fruto.

**Cuadro 10. Análisis de correlación combinado, variables evaluadas al cultivo y calidad de fruto .
Tomate de cáscara, Chapingo, México, marzo y abril (1997-1998)**

	AP	AH	DT	NF	NB	NFR	GB	NFK	PS	REN
AP	1.0	0.16	-0.01	0.02	0.015	0.07	-0.1	0.004	0.03	-0.01
AH		1.0	-0.40**	0.43**	0.31**	-0.4**	0.07	0.5**	-0.03**	0.46**
DT			1.0	-0.3**	-0.2*	0.38	-0.1	0.47**	0.17	-0.3**
NF				1.0	0.6**	-0.6**	0.2**	-0.7**	-0.5**	0.73**
NB					1.0	-0.5**	0.2*	-0.7**	-0.50**	0.79**
NFR						1.0	-0.3**	0.9**	0.66**	-0.8**
GB							1.0	-0.2**	-0.1	0.34
NFK								1.0	0.6**	-0.9**
PS									1.0	-0.6**
REN										1.0

AP=altura de planta, AH= altura de orqueta, DT= Diámetro de tallo, NF=número de flores por planta, NB=número de bolsas por planta, NFR= número de frutos por planta, GB= % de azúcar en el fruto, NFK= número de frutos por kilo, PS= peso seco de 1 kg de fruto, REN=rendimiento

4.3. COSTOS DE INSUMOS Y PRECIOS UTILIZADOS EN EL ANÁLISIS

Para el cálculo de la dosis óptima económica(DOE), se consideran los costos de los insumos y precio del fruto de tomate, de los cuales se derivan las relaciones insumo-producto, que se utilizaron con el análisis económico.

Los precios de los diferentes fertilizantes utilizados por tonelada para 1998 son los siguientes: la tonelada de urea costo \$ 1915; la tonelada de superfosfato triple de calcio \$ 2000 y la tonelada de cloruro de potasio costo \$ 1610.

Un flete hasta el campo de una tonelada de fertilizante, \$ 600; y para la aplicación de una tonelada de fertilizante, se utilizan seis personas con un monto de \$ 60 por persona (Cuadro 11.).

Cuadro 11. Costos de los insumos y precios de tomate de cáscara, para el análisis económico, Chapingo, Edo. de México, (1998)

CONCEPTO	Costo \$ (1998)
Adquisición de 1 kg de N	4.21
Adquisición de 1 kg de P_2O_5	4.40
Adquisición de 1 kg de K_2O	2.60
Transporte de 1 kg de N	1.30
Transporte de 1 kg de P_2O_5	1.30
Transporte de 1 kg de K_2O	0.96
Aplicación de 1 kg de N	1.10
Aplicación de 1 kg de P_2O_5	1.10
Aplicación de 1 kg de K_2O	0.80
COSTO NETO (Adquisición, transporte y aplicación)	
1 kg de N	6.61
1 kg de P_2O_5	6.80
1 kg de K_2O	4.36
Precio de 1 kg de tomate de cáscara en campo	marzo 3.00 abril 4.00
Precio real de 1 kg de tomate de cáscara	marzo 2.50 abril 3.50

Nota: 1 kg de nitrógeno = 2.2 kg de urea; 1 kg de fósforo = 2.2 kg de SFTC; 1 kg de potasio = 1.6 kg de KCl.

4.4. ANÁLISIS ECONÓMICO PARA RENDIMIENTO DE FRUTO

En los cuadros 12 y 13 se presentan los análisis económicos realizados para el estudio de los factores de la producción sobre rendimiento en fruto, en las fechas correspondientes a marzo y abril.

Con respecto a la fecha de marzo, a pesar de no haber encontrado diferencia entre tratamientos, se realizó el análisis de costos y beneficios, encontrando que el testigo absoluto supero a todos los tratamientos analizados, debido a la gran cantidad de beneficios netos (\$ 72,025 con un precio de \$ 2.50 por kilo) que se obtienen, pues es uno de los primeros cinco tratamientos que presentaron los rendimientos más altos (28.81 t·ha⁻¹), causa por la cual no se realiza un análisis de tasa de retorno marginal.

En el mes de abril, el testigo absoluto es el tratamiento que arrojó el mayor rendimiento (16.83 t·ha⁻¹), siendo estadísticamente diferente a los demás tratamientos, además es el tratamiento que reportó la mayor cantidad de beneficios netos (\$ 58,900) cuando el precio en la temporada de cosecha, se presentó más elevado (\$ 3.50) que la fecha de establecimiento anterior. De la misma manera que la fecha anterior, se omite el análisis de tasa de retorno marginal.

Se puede decir que el testigo absoluto en las dos fechas, registró un elevado rendimiento, en comparación con los demás tratamientos. Pese a no contar con fertilización alguna reportó mayor beneficio neto y tasa de retorno marginal. Basandose en lo anterior y en función de que no existieron costos derivados de fertilización, pudiera tomarse como una opción de carácter muy limitado.

**Cuadro 12. Análisis económico de beneficio neto, para obtener la dosis óptima económica de fertilización.
27 de marzo. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)**

No. DE Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Testig o
N	120	120	120	120	200	200	200	200	160	240	160	160	0
P	60	60	140	140	60	60	140	140	100	100	180	100	0
K	30	90	30	90	30	90	30	90	60	60	60	120	0
CONCEPTO													
Rend. Promedio (ton/ha)	30.60	29.33	29.65	31.69	32.38	28.92	29.18	31.21	30.34	32.76	29.46	32.45	32.02
Rend. Ajustado, 10 % pérdida	27.54	26.39	26.68	28.52	29.14	26.02	26.26	28.08	27.30	29.48	26.51	29.20	28.81
Benef. Bruto (\$/ha, a 2500 t.)	68850	65975	66700	71300	72850	65050	65650	70200	68250	73700	66275	73000	72025
COST. MON. VAR (precios 1998)													
Nitrógeno, (\$5.51/kg en campo)	661.5	661.5	661.5	661.5	1102.6	1102.6	1102.6	1102.6	882.0	1323.1	882.0	882.0	0
Fósforo, (\$5.70/kg en campo)	342.0	342.0	798.0	798.0	342.0	342.0	798.0	798.0	570.0	570.0	1026	570.0	0
Potasio, (3.56/kg en campo)	106.8	320.4	106.8	320.4	106.8	320.4	106.8	320.4	211.8	211.8	211.8	423.6	0
Costos monetarios variables (\$/ha)	1110	1323	1566	1779	1551	1765	2007	2221	1663	2104.	2119	1875	0
COST. VAR.DE OPORTUNIDAD													
No. Requerido de aplicaciones	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Costo(1 día a \$ 60.0, con 6 gentes)	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	360	0
Costo de oport. Variable (\$/ha)	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	720	0
TOTAL, COSTOS VARIABLES, (\$/ha)	1830	2043	2276	2499	2271	2485	2727	2941	2385	2824	2839	2595	0
BENEFICIO NETO (\$/ha.)	67019	63931	64424	68800	70579	62565	62923	67259	65866	70876	63436	70405	72025

**Cuadro13. Análisis económico de beneficio neto, para obtener la dosis óptima económica de fertilización,
27 de abril. Tomate de cáscara, Chapingo, México, (1997-1998)**

No. DE Tratamiento	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Testigo
N	120	120	120	120	200	200	200	200	160	240	160	160	0
P	60	60	140	140	60	60	140	140	100	100	180	100	0
K	30	90	30	90	30	90	30	90	60	60	60	120	0
CONCEPTO													
Rend. Promedio (ton/ha)	15.83	15.97	15.90	15.84	12.11	14.91	14.86	11.41	15.03	12.11	16.34	15.15	18.70
Rend. Ajustado, 10 % pérdida	14.24	14.37	14.31	14.25	10.89	13.41	13.37	10.26	13.52	10.89	14.70	13.63	16.83
Benef. Bruto (\$/ha, a 3500 t.)	49840	50295	50085	42875	38115	46935	46795	35910	47320	38115	51450	47705	58905
COST. MON. VAR (precios 1998)													
Nitrógeno, (\$5.513/kg en campo)	661.5	661.5	661.5	661.5	1102	1102	1102	1102	882	1323	882	882	0
Fósforo, (\$5.70/kg en campo)	342.0	342.0	798.0	798.0	342.0	342.0	798.0	798.0	570.0	570.0	1026.0	570.0	0
Potasio, (3.56/kg en campo)	106.8	320.4	106.8	320.4	106.8	320.4	106.8	320.4	211.8	211.8	211.8	423.6	0
Costos monetarios variables (\$/ha)	1110	1323	1566	1779	1551	1765	2007	2221	1663	2104	2119	1875	0
COST. VAR.DE OPORTUNIDAD													
No. Requerido de aplicaciones	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	0
Costo(1 día a \$ 60.0, con 6 gentes)	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	360.0	0
Costo de oport. Variable (\$/ha)	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	720.0	0
TOTAL DE COSTOS VARIABLES, (\$/ha)	1830	2043	2276	2499	2271	2485	2727	2941	2384	2824	2839	2595	0
BENEFICIO NETO (\$/ha.)	48010	48252	47809	40376	35844	44450	44068	32969	44936	35291	48611	45110	58905

4.5. MODELO DE REGRESION Y AJUSTE DE DOSIS OPTIMA FISIOLÓGICA

Se utilizó el programa RSREG del paquete computacional SAS, obteniendo lo siguiente: la fecha de abril, debido a la variación ambiental, arrojó modificaciones morfológicas y fisiológicas de las plantas por severas condiciones extremas, causando que el método de ajuste, el análisis de varianza y las demás pruebas, no se pudiesen cuantificar de una manera adecuada. Debido a lo anterior para la fecha de abril, no se pudo obtener ningún ajuste.

La fecha de marzo (Cuadro 1A y 2A), determinó un punto de silla con la dosis **140-101-50**, que vamos a considerar como la **dosis fisiológica** para N, P y K, esto implica que dentro de la matriz exploratoria, no se encuentra un máximo para esta variable, causa por la cual deberán ampliarse los límites de exploración o manejar condiciones más homogéneas para el cultivo.

En cuanto a los factores que componen el modelo de regresión que son nitrógeno, fósforo y potasio, podemos ver que los coeficientes de dicho modelo son:

$$Y_{ijk} = 30.670 - 0.0217 N + 0.0400 P + 0.0921 K + 0.00020 N^2 - 0.00021 NP - 0.00025 P^2 - 0.00026 KN + 0.00084 KP + 0.00043 K^2$$

Podemos ver que a excepción del intercepto, los demás coeficientes del modelo de regresión son no significativos. Como en el cuadro 2A., se presentan dos signos positivos y un negativo quiere decir que existe un punto de silla.

4.6. DISCUSIÓN GENERAL

A lo largo de diferentes observaciones hechas con productores comerciales ya que no existen investigaciones al respecto, se puede intuir en cierta medida, que el tomate de cáscara es una de las hortalizas de fruto que más destaca por su rusticidad, hablando en cuestión del aspecto nutritivo y quizá de manejo.

Dado el alto rendimiento que expresan los testigos absolutos, es inminente un alto beneficio neto, sin necesidad de tener que invertir mucho en fertilizante. Todos estos datos, al parecer están íntimamente ligados a la variedad de tomate de cáscara empleada (ChF₁-Chapingo, para este caso), y los factores ambientales dominantes durante el ciclo en que se estableció y desarrollo el cultivo.

Esta información es apoyada por Romo y Arteaga (1989), que dicen que el desarrollo y las reacciones de una planta, dependen de la interacción coordinada de los factores hereditarios y los ambientales (climáticos, edáficos, geográficos y bióticos) sobre los procesos fisiológicos internos de dicha planta.

Es muy importante hacer notar que las diferentes variables evaluadas al cultivo (basándose, en los datos obtenidos), tal vez están influenciadas en mayor medida por los factores ambientales (la radiación solar, duración del día, temperatura y precipitación principalmente, así como aspectos fitosanitarios) más que por la fertilización, debido a que no se observó una gran demanda de macronutrientes; se puede también observar que en algunas variables, al menos para la fecha de marzo (que es cuando la planta pudo expresar mejor su potencial), por ejemplo existe heterogeneidad en variables como diámetro de tallo, debido tal vez a la variabilidad genética que presenta el cultivar.

Se puede decir que las variables evaluadas al cultivo, se mantuvieron más estables en sus mediciones y conteos entre tratamientos, pero no entre ciclos diferentes, lo que hace pensar que aquí tuvo gran influencia la variación del fotoperiodo, por consecuencia la radiación solar, además la temperatura. Romo y Arteaga (1989), mencionan que el elemento meteorológico más importante para los cultivos y las plantas en general es la radiación porque simple y llanamente es la que les suministra la energía necesaria para desarrollar sus actividades vitales, y los órganos de la planta. Para apoyar lo anterior se puede mencionar que durante cada fecha de establecimiento, se noto una gran diferencia en la estructura de la planta, con observaciones como las siguientes: la altura de planta se incremento aunque no en muy buena proporción conforme se avanza en la fecha de establecimiento, pero los brotes basales disminuían su longitud en gran proporción al avanzar la fecha, llegando a estar en el último ciclo (el cual fue descartado debido a su poco rendimiento) completamente atrofiados.

La floración, bolsas y frutos se presentaba en menor proporción durante la primera fecha de establecimiento, aumentando grandemente durante la segunda fecha pero notándose una gran cantidad de bolsas y frutos que quedarían pequeños y atrofiados.

Lo anterior puede explicarse a partir de que los procesos de foto estímulos de formación en la planta como: elongación de tallo y ramas, pubescencia, floración, formación de clorofila, pigmentos, y formación de antocianina, son frecuentemente determinados por las extensiones relativas de luz y periodos oscuros a los cuales las plantas son expuestas. Así mismo, las variantes que sufra la temperatura en el medio sueloatmósfera, en el que se encuentra inmersa la planta, harán modificar con gran amplitud el desarrollo estructural y las reacciones fisiológicas de los vegetales, y en última instancia determinaran su sobre vivencia, de acuerdo a las temperaturas extremas que se presenten en dicho medio (Romo y Arteaga, 1989). De ahí que, se observó que conforme avanzaba la fecha de establecimiento se reducía el ciclo del cultivo, observando que en la fecha del 27 e marzo, a partir del trasplante hasta la cosecha transcurrieron dos meses veintiún un días; para el 27 de abril dos meses catorce días, y para el 27 de mayo la fecha que fue descartada, únicamente dos meses. Lo cual coincide con la literatura , que indica que siembras tardías reducen el ciclo vegetativo y siembras tempranas lo prolongan (Romo y Arteaga, 1989), dependiendo del ciclo agrícola.

Con referencia a las variables evaluadas en el fruto, es importante hacer notar la gran influencia y relación que tiene el número de frutos frescos en un kilogramo de tomate con el rendimiento y la cantidad de azúcares en los frutos (aunque en muy poca proporción), datos que se reflejaron durante las diferentes fechas de establecimiento

empleadas, y con lo cual se puede demostrar que influyo en gran medida la fecha de establecimiento sobre la calidad del fruto. Con base a lo anterior los resultados indican que a mayor rendimiento existió un menor número de frutos por kilogramo, o sea frutos más grandes, y entre mayor sea el tamaño del fruta mayor será la concentración de azúcares; sin embargo no existió o una relación con los tratamientos de fertilización

Cabe mencionar que el análisis de suelo reportó bajos niveles de nitrógeno y fósforo, no siendo así para el potasio, pues el suelo reporta ser rico en este elemento, causa por la cual no debe pensarse en que estos resultados influyeron de manera definitiva sobre el cultivo.

En general lo anterior lleva a considerar, que la influencia de los macronutrientes no logró expresarse con claridad. Romo y Arteaga (1989), nos indican comentan que siembras antes o después del periodo óptimo de siembra reducen los rendimientos. Además existe una alta correlación entre la radiación solar y el rendimiento de los cultivos.

Como complemento, cabe mencionar que quizás el amarillamiento y marchitamiento del tomate se debió además de algunas condiciones ambientales (estresamientos por altas temperaturas, exceso de humedad o sequía), al ataque de plagas y patógenos, y posiblemente aunque en menor proporción, a una deficiencia o sinergismo donde se bloquean algunos nutrientes como el Zn, Mg, Mn ó Fe, causado por el pH del suelo que resulta ser alcalino.

5. CONCLUSIONES

Con base en las condiciones en que se efectuó la presente investigación, se puede concluir:

- a) El 27 de marzo resulto ser la mejor fecha de establecimiento del cultivo, presentando la mejor calidad de fruto y los mayores rendimientos.
- b) Los testigos absolutos fueron lo mejores tratamientos donde se obtuvieron los mejores rendimientos, obteniendo 32.02 y 18.70 $\text{ton}\cdot\text{ha}^{-1}$ para marzo y abril respectivamente, no encontrando una dosis óptima económica.
- c) La adición de macronutrientes no afectó en gran medida la estructura de la planta, ni la calidad de frutos en el tomate de cáscara.
- d) La fecha de establecimiento influye sobre las características morfológicas de la planta, la calidad de fruto, y el rendimiento.
- e) Con valores ajustados, se consiguió una dosis óptima fisiológica para marzo: 140 unidades de nitrógeno , 101 de fósforo y 50 unidades de potasio; no siendo así para abril debido a su mala estimación causada por factores ambientales.

SUGERENCIAS

Específicamente para las fechas de establecimiento correspondiente a los meses de marzo y abril, es posible intentar buscar niveles de fertilización más bajos que los utilizados en el presente experimento, ya que el alto rendimiento del testigo absoluto en este caso, no garantiza que no se fertilice, la opción más adecuada es buscar un equilibrio entre los niveles de extracción del cultivo y las concentraciones en el suelo por muy pocas que estas sean.

Puede ser posible también el utilizar otro tipo de material fertilizante, niveles, intervalos de establecimiento más cortos. Es importante hacer resaltar el alto rendimiento y beneficio neto que presentaron los testigos absolutos tanto en marzo como abril y la importancia del genotipo empleado, así como la influencia sobre las características del cultivo, calidad de fruto y producción, resultado de la fecha o época de establecimiento.

6. LITERATURA CITADA

Burgueño, H. 1996. Sistemas de fertigación, productividad y eficiencia. Productores de hortalizas. Meister Publishing Co. Ohio. E.U.A. Año 5, Mayo. Impreso en México. pp 12-13.

Cachón, A., L. 1976. Los Suelos del área de influencia de Chapingo. Colegio de Postgraduados. Montecillos, Texcoco. México.

Cárdenas, Ch. 1981 Algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot). Tesis de maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillos. Texcoco. México.

Castillo, G., A., M. 1988. Comunicación personal. Apuntes de Fisiología de la nutrición mineral de las planta hortícolas. Maestría en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autonoma Chapingo. Texcoco. Edo. de México. Capitulo de acceso y absorción nutrimental.

CIAMEC, 1976, Centro de investigaciones de la mesa central; guía para la asistencia técnica en el área de influencia del centro de investigaciones agrícolas de la mesa central. Area de Chapingo, Editado por SAG, INIA. pag. 34

C.F.A. (California Fertilizer Association). 1995. Manual de fertilizantes para horticultura. UTHEA, Noriega Editores. Primera Edición. México. pp 76-80, 93-95.

De la Garza, G., R. 1993. Comunicación personal. Apuntes. Tecnología y manejo de fertilizantes. Dpto de suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista . Saltillo. Coahuila. México

García, V., A. 1976. Citotaxonomía del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot). Avances de la investigación, 1975-1976. Colegio de Postgraduados. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo. Texcoco. Edo. de México.

Graetz, H.,A. 1988. Suelos y fertilización, manuales para educación agropecuaria. Editorial Trillas. Séptima edición. México. pp 23-29, 59-68.

INIA-SAG. 1974. Tamaño de la parcela, diseños y usos de los factoriales en la experimentación agrícola. Campo agrícola experimental Chapingo. Folleto no. 24. México.

López, M.,A. 1989. Determinación de la fecha de siembra del frijol (*Phaseolus vulgaris*, L.), bajo condiciones de temporal en la Sierra Huasteca Potosina. Tesis de licenciatura. Departamento de Filotecnia. Universidad Autónoma Chapíngo. Texcoco. Estado de México. México. pp 8-10.

Ludwick, A., E. 1995. Equilibrio de elementos es igual a cosechas redituables. Productores de hortalizas. Meister Publishing Co. Ohio, E.U.A. Año 4. Número 4, Abril. Impreso en México. pp. 62-66.

Ludwick, A., E. 1996. La deficiencia del potasio puede reducir las ganancias de los tomates para procesar. Productores de hortalizas. Meister Publishing Co. Ohio, E.U.A. Año 5. Número 7, Julio. Impreso en México. pag 36.

Martí-Fernandez, G. 1998 Nutrición, cero nitratos. Productores de hortalizas, Meister Publishing Co. Ohio, E.U.A. Año 7. Número 8, Agosto. Impreso en México. pp 48-53.

Martínez G. A. y Martínez D.,M. A. 1996. Diseños de experimentos con fertilizantes. Publicación 5. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo. Ciolegio de Postgraduados. Chapingo, México. pp.124-139

Martinez, C.,L. 1982. Estudio del efecto de la fertilización y densidad poblacional en el cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum*, Mill), en el Valle de Arista, S.L.P. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de San Luis Potosí. Escuela de Agronomía, S.L.P. México. pag 71.

Medellin, C., 1993. Comunicación personal. Apuntes de Olericultura. Departamento de Horticultura. Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México.

Montalvo, H., D. 1995. Nutrición y clorosis en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot). Tesis de maestría en Horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. México. pp 69-70

Moreno, M.,F. y Torres G.,J.,F. 1996. Evaluación de fertilizantes orgánicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.), variedad Chapingo. Tesis de licenciatura. Departamento de fitotecnia. Universidad Autonoma Chapingo. Texcoco. Estado de México. México.

Muñoz, O.,A. 1974. Tamaño de la parcela, diseños y usos de los factoriales en la experimentación agrícola. Editado por INIA: Campo agrícola experimental Chapingo. Folleto Miscelaneo no. 25. México. pp 28-31

Ortíz, V.,B. y Ortiz S.,C.,A. 1990. Edafología. Editado por la Universidad Autónoma Chapingo. Séptima Edición. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Estado de México. México. pp 76-80, 343, 346, 351-353.

Peña, L.,A. y Márquez S., F.. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara. Resúmenes del XIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. Ciudad Juárez. Chihuahua. México. pag. 320.

Peña, L., A. 1997. Comunicación personal. Departamento de Fitotécnia. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. Estado de México. México.

Pérez, G.,M. 1998. Comunicación personal. Apuntes de Producción de hortalizas de fruto. Maestría en horticultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autonoma Chapingo. Texcoco. Estado de México.

Pérez, G., M, Sahagun C.,J. Y Peña L., A. 1996. Estimación de varianza aditiva y heredabilidad en tomate de cáscara. Memorias, XVI congreso de fitogenética. Colegio de postgraduados. Montecillos, Texcoco, México.

Perrin K.,R., Winkelman L.,D., Moscardi R., D., y Anderson R.,J. 1979. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos, un manual metodológico de evaluación económica. Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo. Folleto de información no. 27. Segunda impresión. pp 6-27

Reiners, S. 1995. Tomates, necesitan nutrientes en las cantidades correctas. Productores de hortalizas. Meister Publishing Co. Ohio, E.U.A. Año 4. Número 1, Enero. Impreso en México. pp 10-13.

Rodríguez S.,F. 1996. Fertilizantes, nutrición vegetal. AGT Editor, S.A. Tercera Edición. México. pp. 11, 69-82.

Romero, B.,V. 1994. Respuesta de dos genotipos de trigo harinero a la fertilización y densidad de siembra para rendimiento y calidad en Navidad N.L. Tesis de licenciatura. Departamento de Suelos. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Buenavista. Saltillo. Coahuila. México. pp. 7,9.

Romero, B.,V. 1998. Sistemas de producción para tomate de cáscara en los distritos de Chalco y Texcoco. Estado de México. Reporte de la materia de Aplicación hortícola. Maestría en horticultura. Prof. M.C. Domingo Montalvo Hernández. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autonoma Chapingo. Texcoco. Estado de México. México. Sin editar.

Romo, G., R., J., y Arteaga, R., R. 1989. Meteorología Agrícola Universidad Autónoma Chapingo. Departamento de Irrigación . Chapingo. Texcoco, México. pp 117-119, 128, 145, 158, 209-213, 326, 327, 388-392.

Saray, M.,C.,R. 1977. El cultivo del tomate de cáscara en el Estado de Morelos. Campo Agrícola Zacatepec, Morelos. México. Circular no. 57.

Torres, R.,E. 1986. Agrometeorología. Edit. DIANA. Tercera Edición. México. pp 68, 85-86, 94

Tun, D.,J.,C. 1986. Efecto del método de aplicación y del fraccionamiento de la dosis de fertilización sobre el rendimiento del cultivo del tomate. Tesis profesional. Departamento de suelos. Universidad Autónoma Chapingo. Texcoco. México. pp 41-43.

Usherwood, N.R. 1995. El potasio, importancia para la calidad en el mercado fresco. Productores de hortalizas. Meister Publishing Co. Ohio, E.U.A. Año 4. Número 9, Septiembre. Impreso en México. pag 62-66

Van Haeff, J.N.M. 1998. Tomates, área de producción vegetal (16). Editorial Trillas. Cuarta edición. Impreso en México. pag 33.

7. Anexos

Cuadro 1A. Factores estimados del modelo de regresión, para fertilización con nitrógeno, fósforo y potasio. Tomate de cáscara, 27 de marzo, Chapingo, México, (1997-98).

PARAMETRO	VALOR ESTIMADO
Intercepto	30.670
N	-0.217
P	0.0400
K	0.0921
N*N	0.00020
P*N	-0.00021
P*P	-0.00025
K*N	-0.00026
K*P	0.00084
K*K	0.00043

**Cuadro 2 A. Valores propios para el ajuste de la dosis óptima fisiológica (RSREG),
Tomate de cáscara 27 de marzo, Chapingo, México, (1997-1998)**

VALORES PROPIOS	N	P	K
4.22	-0.74	0.34	0.56
1.45	0.65	0.24	0.71
-3.24	0.10	0.90	-0.40