

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONOMICAS



EFFECTO DE LA FERTILIZACIÓN FOLIAR SOBRE EL
RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL FRUTO EN
TOMATE DE CASCARA (*Physalis philadelphica* Lam.)

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO AGRONOMO

PRESENTA

JOSE ERNESTO MEDEL MORALES
LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL. MARZO 2004



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA
CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS
BIOLOGICAS Y AGROPECUARIAS
CARRERA DE INGENIERO AGRONOMO
COMITE DE TITULACION

ING. ELENO FELIX FREGOSO
DIRECTOR DE LA DIVISION DE CIENCIAS AGRONOMICAS
PRESENTE

Con toda atención nos permitimos hacer de su conocimiento, que habiendo sido aprobada la modalidad de titulación: TESIS con el título:

" EFECTO DE LA FERTILIZACION FOLIAR SOBRE EL RENDIMIENTO Y LA CALIDAD DEL FRUTO EN TOMATE DE CASCARA (*Physalis philadelphica* Lam.)"

El cual fue presentado por él (los) pasante(s):

JOSE ERNESTO MEDEL MORALES

El Comité de Titulación, designó como director y asesores, respectivamente, a los profesores:

DR. EDUARDO RODRIGUEZ GUZMAN	DIRECTOR
DRA. MARIA DE LAS NIEVES RODRIGUEZ MENDOZA	ASESOR
DR. JOSE FRANCISCO SANTIAGUILLO HERNANDEZ	ASESOR

Una vez concluido el trabajo de titulación, el Comité de Titulación designó como sinodales a los profesores:

ING. PATRICIA ZARAZUA VILLASEÑOR	PRESIDENTE
M.C. MARIA LUISA GARCIA SAHAGUN	SECRETARIO
M.C. JOSE SANCHEZ MARTINEZ	VOCAL

Se hace constar que se han cumplido los requisitos que establece la Ley Orgánica de la Universidad de Guadalajara, en lo referente a la titulación, así como el Reglamento del Comité de Titulación.

A T E N T A M E N T E
"PIENSA Y TRABAJA"

Las Agujas, Zapopan, Jal. a 8 de marzo de 2004.

ING. RENE RODRIGUEZ VILLALOBOS
PRESIDENTE DELCOMITE DE TITULACION

M.C. SALVADOR GONZALEZ LUNA
SRIO. DEL COMITE DE TITULACION

AGRADECIMIENTOS

A mi director de tesis Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán por su gran apoyo científico y personal el cual ha sido de vital importancia para poder realizar y concluir el presente trabajo de titulación **por todo mil gracias.**

A la Dra. Maria de las Nieves Rodríguez Mendoza por su asesoría, gran amistad e infinito apoyo para poder realizar este trabajo.

Al Dr. José Francisco Santiaguillo Hernández por su gran valor humano, experiencia en el cultivo y sugerencias al trabajo las cuales han sido de gran utilidad

A la Dra. Maria Luisa García Sahagun por su enseñanza dentro del aula de clases, sugerencias al presente trabajo de investigación y recomendaciones en el apartado de calidad de fruto

A la maestra Patricia Zarazua Villaseñor por sus enseñanzas y comentarios al presente trabajo de investigación así como por su propuesta al considerar la materia orgánica como aporte de nitrógeno y haberme proporcionado el método para poderlo determinar.

Al maestro José Sanchez Martinez por sus observaciones al presente trabajo y reflexiones las cuales tomare en cuenta para trabajos futuros de investigación

A mi gran amigo al Químico Bernardo Gudiño Guzmán por su gran apoyo en la traducción de los artículos científicos, por compartirme de sus conocimientos y experiencias en diferentes temas entre ellos la determinación correcta de la acidez titulable

Al laboratorio de autenticidad y calidad de productos agroalimentarios del CIATEJ, especialmente a Araceli Hernández Tinoco por su gran carisma y asistencia en el apartado de la firmeza de fruto.

Al laboratorio de agrología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias CUCBA, especialmente al personal docente por las facilidades brindadas en la determinación de las variables de calidad.

A todos y a cada uno de los compañeros y grandes amigos con los cuales compartí la emoción de poder realizar este trabajo de tesis.

Arturo Ortiz, David Camacho, Arturo Prott, Margarita Paniagua, José Luis Barajas, Carmen Abundis, Yolanda Hernández, Ramón Vázquez, y Antonio Mata.

DEDICATORIAS

A mis padres

Claudio Medel Zermeño y Magdalena Morales Vallecillo con mucho respeto y cariño por haberme dado la vida, muy especialmente a mi madre por dejar entre todos mis hermanos a su mejor representación, a mi hermana Yolanda que durante muchos años nos ha brindado su apoyo, cariño, consejos y mucho amor, MIL GRACIAS POR TODO.

A todos mis demás hermanos

Refugio, Manuel, Evelia, Claudia, Verónica, Mayra y a Felipe ya que su recuerdo siempre ha estado presente entre nosotros.

A mis sobrinos cuya lista es interminable, pero a todos gracias por ser una parte muy importante en la casa.

ÍNDICE

ÍNDICE	V
ÍNDICE DE CUADROS.....	VIII
INDICE DE FIGURAS.....	IX
RESUMEN	X
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. IMPORTANCIA DE LA PRODUCCIÓN DE TOMATE DE CÁSCARA.....	1
1.2. ESTADOS PRODUCTORES DE TOMATE DE CÁSCARA	2
II. OBJETIVO E HIPÓTESIS	4
2.1. OBJETIVO	4
2.2. HIPÓTESIS.....	4
III. REVISIÓN DE LITERATURA.....	5
3.1. CLASIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN BOTÁNICA	5
3.1.1. <i>Clasificación</i>	5
3.1.2. <i>Descripción botánica del tomate de cáscara</i>	6
3.2. VARIABILIDAD GENÉTICA DE TOMATE DE CÁSCARA EN MÉXICO	7
3.3. NUTRICIÓN VEGETAL	7
3.3.1. <i>Elementos minerales esenciales</i>	9
Macronutrientes.....	11
Micronutrientes	16
3.3.2. <i>Efecto residual en suelos</i>	19
3.3.3. <i>Interacciones entre nutrimentos</i>	19
Antagonismos	20
Sinergismos.....	23
3.4. FERTILIZACIÓN FOLIAR	23
3.4.1. <i>Antecedentes</i>	23
3.4.2. <i>Mecanismos de absorción foliar</i>	24
3.4.3 <i>Factores que determinan la eficiencia de la fertilización foliar</i>	25

En las plantas.....	25
Medio ambiente	26
Solución asperjada.....	27
3.4.4. <i>Composición y uso de los fertilizantes foliares</i>	27
3.5. ESTUDIOS RELACIONADOS CON FERTILIZACIÓN FOLIAR	28
3.6. CALIDAD DEL FRUTO EN TOMATE DE CÁSCARA	29
IV. MATERIALES Y MÉTODOS	31
4.1. UBICACIÓN DEL SITIO EXPERIMENTAL	31
4.2. MATERIAL VEGETAL	31
4.3. ANÁLISIS DE SUELO.....	31
4.3.1. <i>Estimación de elementos</i>	32
Estimación de nitrógeno	32
Estimación de fósforo y potasio	32
4.4. DISEÑO DE TRATAMIENTOS.....	33
4.5. FERTILIZANTES UTILIZADOS Y ÉPOCA DE APLICACIÓN	34
4.5.1. <i>Fertilizantes aplicados al suelo</i>	34
4.5.2. <i>Fertilizantes foliares</i>	34
4.5.3. <i>Época de aplicación de los fertilizantes</i>	35
4.6. DISEÑO EXPERIMENTAL	35
4.6.1. <i>Unidad experimental</i>	35
4.7. CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO	36
4.7.1. <i>Preparación del terreno</i>	36
4.7.2. <i>Preparación de charolas para siembra</i>	36
4.7.3. <i>Producción de plántula</i>	37
4.7.4. <i>Transplante</i>	37
4.7.5. <i>Control de plagas y enfermedades</i>	37
4.7.6. <i>Control de malezas</i>	38
4.7.7. <i>Cosecha</i>	38
4.8. VARIABLES MEDIDAS	38
4.8.1 <i>Rendimiento total de los dos cortes</i>	39
4.8.2. <i>Peso de fruto</i>	39
4.8.3. <i>Sólidos solubles</i>	39
4.8.4. <i>pH</i>	39

4.8.5. <i>Acidez titulable</i>	39
4.8.6. <i>Firmeza</i>	40
4.9. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	40
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA	41
5.2. INTERPRETACIÓN PARA CADA VARIABLE ESTUDIADA.....	44
5.2.1. <i>Rendimiento total de fruto</i>	44
5.2.2. <i>Peso de fruto</i>	45
5.2.3. <i>Sólidos solubles</i>	46
5.2.4. <i>pH</i>	47
5.2.5. <i>Acidez titulable</i>	47
VI. CONCLUSIONES	49
VII. RECOMENDACIONES	50
VIII LITERATURA CITADA.....	51

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO 1. PRINCIPALES ESTADOS PRODUCTORES DE TOMATE DE CÁSCARA EN MÉXICO (SANTIAGUILLO <i>ET AL.</i> , 1997B ; SAGARPA 1999 Y 2001).	2
CUADRO 2. RAZAS RECONOCIDAS EN TOMATE DE CÁSCARA (<i>PHYSALIS SPP</i>) EN MÉXICO (SANTIAGUILLO Y PEÑA, 1997C).	8
CUADRO 3. ELEMENTOS ESENCIALES Y CONCENTRACIONES INTERNAS QUE SE CONSIDERAN ADECUADAS PARA LA MAYORÍA DE LAS PLANTAS SUPERIORES (MUÑOZ Y CASTELLANOS, 2003).	11
CUADRO 4. ANÁLISIS DE SUELO, PREDIO LAS AGUJAS, NEXTIPAC, ZAPOPAN, JALISCO.	31
CUADRO 5. NITRÓGENO LIBERADO POR LA MATERIA ORGÁNICA Y LA TEXTURA DEL SUELO (MIRAMONTES Y ELLSWORTH, 2000).	32
CUADRO 6. TRATAMIENTOS UTILIZADOS, LAS AGUJAS, NEXTIPAC, ZAPOPAN, JALISCO.	33
CUADRO 7. FORMULACIÓN DEL FERTILIZANTE FOLIAR NV3 (RODRÍGUEZ 2002, COMUNICACIÓN PERSONAL).	34
CUADRO 8. FORMULACIÓN DE BAYFOLAN FORTE.	35
CUADRO 9. CUADRADOS MEDIOS Y PROBABILIDAD PARA RENDIMIENTO TOTAL DE LOS DOS CORTES EN TOMATE DE CÁSCARA. NEXTIPAC, 2002.	41
CUADRO 10. CUADRADOS MEDIOS Y PROBABILIDAD PARA VARIABLES DE CALIDAD DE FRUTO EN TOMATE DE CÁSCARA. NEXTIPAC, 2002.	42
CUADRO 11. COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE CORTES PARA TRES VARIABLES DE CALIDAD DE FRUTO. NEXTIPAC, 2002.	43
CUADRO 12. MEDIAS PARA TRATAMIENTOS EN CALIDAD DE FRUTO EN EL CORTE 2. NEXTIPAC, 2002.	43
CUADRO 13. COMPARACIÓN DE MEDIAS ENTRE TRATAMIENTOS, PARA ACIDEZ TITULABLE (DUNCAN 5%), NEXTIPAC, 2002.	47
CUADRO 14. MEDIAS DE ACIDEZ TITULABLE DE TRATAMIENTOS EN DOS CORTES EN TOMATE DE CÁSCARA, NEXTIPAC, 2002.	48

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. CROQUIS DE DISTRIBUCIÓN DE TRATAMIENTOS	36
FIGURA 2. EFECTOS DE INTERACCIÓN ENTRE TRATAMIENTOS Y CORTE PARA EL PESO DE FRUTO (G) DE TOMATE DE CÁSCARA, NEXTIPAC, 2002.....	43
FIGURA 3. RENDIMIENTO EN TON/HA PARA TOMATE DE CÁSCARA. NEXTIPAC, 2002	44
FIGURA 4. PESO DE FRUTO POR CORTE Y POR TRATAMIENTO EN TOMATE DE CÁSCARA, NEXTIPAC, 2002.....	46

RESUMEN

El tomate de cáscara (*Physalis philadelphica* Lam.) también llamado tomate verde o tomatillo, era conocido por los mayas y aztecas y se encuentra en forma silvestre desde California hasta Centroamérica. El tomate se cultiva y se consume en México por su uso en la preparación de salsas y alimentos típicos. la superficie cultivada del tomate de cáscara ha aumentado paulatinamente. Este incremento hace de esta planta uno de los cultivos olerícolas de mayor importancia en México. Jalisco cuenta con zonas agrícolas con alto potencial en donde con variedades adecuadas es posible obtener rendimientos elevados, presentando múltiples aspectos que pueden mejorarse.

Un suelo puede contener todos los elementos necesarios para una nutrición óptima, pero pueden estar en forma no disponible para la absorción radicular. La nutrición foliar se emplea en los casos en que se desea obtener una respuesta rápida o cuando surge una deficiencia inesperada durante el crecimiento.

El presente trabajo planteó evaluar el efecto de la fertilización foliar y la calidad del fruto en tomate de cáscara, el cual se llevó a cabo en el campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias en Nextipac, Zapopan, Jalisco. Se utilizó la variedad Rendidora establecida por transplante y se probaron 5 tratamientos de fertilización combinando fertilización al suelo y foliar, donde el testigo fue la dosis utilizada por el agricultor de la región 180-90-90. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con cuatro repeticiones.

Se realizaron dos cortes a la cosecha y las variables estudiadas fueron rendimiento, acidez titulable, sólidos solubles, pH, peso de fruto y firmeza; todas analizadas por corte, excepto rendimiento que se estimó en total.

Los resultados mostraron que sólo se obtuvo diferencia significativa entre tratamientos para la acidez titulable, el valor superior lo alcanzó el tratamiento 3 estadísticamente diferente a los demás tratamientos; entre cortes se manifestaron diferencias significativas en peso de fruto, sólidos solubles y acidez titulable. El corte 1 presentó mayor peso de fruto y acidez titulable, con un menor contenido de sólidos solubles, en el corte 2 se redujo el peso de fruto y la acidez y aumentaron los sólidos solubles. El tratamiento 5 fue el único que incrementó el peso del fruto del corte 1 al corte 2. Se pudo concluir que la producción de fruto no se modificó por efecto de los tratamientos combinando dosis al suelo y foliares; el peso del fruto mostró cierta respuesta al aplicar Bayfolan forte, sin embargo al cubrir sólo las deficiencias nutrimentales respecto al contenido de nutrimentos en el suelo la respuesta obtenida es similar.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara *Physalis philadelphica* Lam. también llamado tomate verde o tomatillo, era conocido por los mayas y aztecas desde épocas prehispánicas, y se encuentra aún en forma silvestre en la costa del Pacífico, desde California hasta Centro América (Pérez *et al.*, 1998). Los aztecas lo cultivaban entre sus milpas de maíz, es muy probable que su cultivo fuese muy rudimentario se presume que se desarrollaba en forma silvestre siendo recolectado para su consumo (Bukasov, 1930, citado por Pérez *et al.*, 1998).

El tomate se cultiva y se consume en México debido a su uso insustituible en la preparación de salsas y alimentos típicos (Saray y Loya, 1977, citados por Peña y Santiaguillo, 1998), además esta planta tiene utilidad medicinal, artesanal y ornamental. Medicinalmente se utiliza para combatir padecimientos como dolores de cabeza, dolor de estómago, indigestión e inflamación de garganta y oídos entre otros trastornos (Martínez, 1993). Ornamentalmente la especie *Physalis alkekengi* L. se utiliza como planta decorativa por el colorido de su cáliz y artesanalmente la especie *Physalis lagascae* Roem. & Schult. se pudiera utilizar como planta seca ya que al llegar a este estado las plantas presentan una coloración café, la cual pudiera modificarse con algún tratamiento específico (Santiaguillo *et al.*, 1997a).

1.1. Importancia de la producción de tomate de cáscara

La producción y el uso alimentario del tomate de cáscara han venido aumentando paulatinamente propiciando un incremento de la superficie cultivada, en 1950 ésta superficie fue de 3,691 hectáreas, con un rendimiento de 1,844 kg/ha y un consumo per cápita de 0.246 kg; para 1970 la superficie cosechada fue de 9,320 ha con un rendimiento de 6,776 kg/ha y consumo per cápita de 1,152 kg, multiplicándose aun más en el año 2000 con 47,832 ha. producidas, y un rendimiento promedio de 12,389 kg/ha. En los últimos años se incrementó considerablemente su establecimiento, pasando de una hortaliza de importancia regional a ser uno de los principales cultivos nacionales (Santiaguillo *et al.*, 1997a; SAGARPA 2001).

Las 49,946 hectáreas cosechadas de tomate de cáscara para el año 2000 (SAGARPA, 2001) indican que el tomate de cáscara es uno de los cultivos olerícolas de mayor importancia en México, superado sólo por chile, jitomate, ajo y cebolla. El incremento en la superficie del cultivo se debe entre otros aspectos a su rusticidad, bajos costos de producción, uso para la industria y potencial para el mercado de exportación (Santiaguillo *et al.*, 1997a).

1.2. Estados productores de tomate de cáscara

Los estados típicamente productores de tomate de cáscara son Jalisco, Hidalgo, Morelos, Puebla, Guanajuato, Michoacán y México; sin embargo en los últimos años también han destacado Baja California Sur, Chihuahua, Zacatecas, Sonora y Sinaloa, éste último como el principal productor para el año 2000 (Cuadro 1).

Cuadro 1. Principales estados productores de tomate de cáscara en México y superficie cultivada por hectárea (Santiaguillo *et al.*, 1997b ; SAGARPA 1999 y 2001).

Estado	1980	1985	1990	1993	1999	2000
Sinaloa	5	0	295	7052	7164	12788
Puebla	3391	3268	5312	4554	5949	4894
Michoacán	3510	2341	3942	3374	4518	5749
Hidalgo	2077	1056	2538	3287	1673	1392
Jalisco	4840	1624	2614	3221	7277	7236
Morelos	2337	3195	2869	2771	2154	2371
México	1937	1976	1742	2407	3921	4665
Guanajuato	1448	769	2453	2126	2223	2582
Sonora	0	162	1111	932	3293	2277
Zacatecas	18	0	680	644	1594	1562
Chihuahua	0	0	405	628	200	315
B.C.S	23	0	111	472	385	228

En el estado de Jalisco el cultivo de tomate de cáscara adquirió mayor auge de 1993 al 2000, en estos años se multiplicó la superficie sembrada de 3,221 a 7,236 hectáreas, respectivamente, debido a que en algunas regiones se ha pasado de la recolección a su producción, por ejemplo en Villa Purificación. Es un cultivo que se ha establecido principalmente en las regiones centro y sur del estado, en los municipios de Cuquio, Ixtlahuacan del Río, Zacoalco de Torres, Tamazula, y Sayula, respectivamente. En éstas regiones la mayor parte de la superficie se cultiva de temporal; su producción se desarrolla fundamentalmente de manera empírica recurriéndose al uso de variedades criollas pertenecientes a los tipos definidos como Tamazula, Arandas y milpero cultivado, razón por lo que los rendimientos obtenidos son bajos. Jalisco cuenta con zonas agrícolas de alto potencial productivo, donde con variedades adecuadas es posible obtener rendimientos elevados superiores a la media nacional. presentándose múltiples aspectos que pueden mejorarse con el objeto de eficientar su proceso productivo (Santiaguillo *et al.*, 1997d). Uno de estos aspectos lo constituye la nutrición adecuada del cultivo.

La finalidad de la aplicación de fertilizantes no consiste sólo en elevar la producción sino también la necesidad de obtener una alta calidad de los productos cosechados. Obtener alimentos de calidad debe ser algo común tanto en regiones con escasez de alimentos, como en regiones donde se producen en abundancia.

Tanto los productores como los consumidores deben interesarse en que los productos agrícolas sean de alta calidad. El suministro de fertilización mineral al suelo en combinación con foliares, puede mejorar considerablemente la calidad de las cosechas, pero también presentar efectos no significativos o negativos (Fink, 1988 citado por Castro, 1998).

El problema central radica en conocer si la aplicación de fertilizantes foliares en combinación con productos granulares permite aumentar la producción del tomate de cáscara e incluso la calidad del producto.

Considerando la importancia del tomate de cáscara y la necesidad de ofrecer al productor alternativas para incrementar los rendimientos obtenidos y la calidad del fruto de este cultivo el presente trabajo se propuso con los siguiente objetivo e hipótesis:

II. OBJETIVO E HIPÓTESIS

2.1. Objetivo

Evaluar el efecto de la fertilización foliar sobre el rendimiento y la calidad del fruto en tomate de cáscara.

2.2. Hipótesis

La aplicación de fertilizantes foliares mejora la producción y la calidad del fruto en tomate de cáscara

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Clasificación y descripción botánica

3.1.1. Clasificación

De acuerdo con la clasificación realizada por Benson en 1957, y modificada por Fernández en 1974, (Fernández 1974, citado por D'Arcy, 1986)

ReinoVegetal
SubreinoEmbriofita
DivisiónEspermatofita
Clase Angiosperma
SubclaseDicotiledónea
OrdenPolemoleales
Familia Solanáceae
Género *Physalis*
Especie *philadelphica* Lam.

En tiempos recientes la nomenclatura del tomate ha sido confusa, en su estudio citotaxonomico, (Menzel, 1951 citado por D'Arcy, 1986) redujo el sinónimo de *Physalis philadelphica* bajo la variable *Physalis ixocarpa* Brot. Ex Hornem., un nombre que se ha utilizado ampliamente para el tomate domesticado.

Menzel indicó que la única diferencia aparente entre las dos, fue la longitud del pedúnculo, en *Physalis ixocarpa* son más cortos que en *Physalis philadelphica* . (Waterfall, 1958 citado por D'Arcy, 1986) colaboró con Menzel en la revisión de especies del norte de México y América central. Este autor incorporó *Physalis ixocarpa* de flor pequeña, con los límites más amplios de *Physalis philadelphica*; en la edición Waterfall nombró dos variedades de *Physalis philadelphica* correspondientes a plantas con flores pequeñas para esta especie.

(Fernández, 1974 citado por D'Arcy, 1986) realizó una investigación abordando este problema de nomenclatura y determinó que *Physalis ixocarpa* es una especie distinta de *Physalis philadelphica*. Ella basó su trabajo en plantas silvestres encontradas en Portugal las cuales tuvieron flores pequeñas pero con un distinto estigma al de la otra especie de *Physalis*. Estas plantas

también presentaron un cromosoma complementario, el cariotipo de *Physalis philadelphica* carece de un par de cromosomas metacéntricos satelitados, encontrados en todas las otras especies del género que fueron investigados por (Menzel, 1951 citado por D'Arcy, 1986). Las plantas portuguesas poseían estos cromosomas satelitados, por lo que con base en la referencia citológico, el estigma distintivo y las flores pequeñas de este tipo, Fernández restableció a *Physalis ixocarpa*.

Calderón y Rzedowzki (2001) confirman lo anterior al mencionar que algunos autores opinan que *Physalis ixocarpa* no es sinónimo de *Physalis philadelphica*, sino que en realidad corresponden a dos especies diferentes, de las cuales *P. ixocarpa* no es conocida en el nuevo mundo.

3.1.2. Descripción botánica del tomate de cáscara

Planta herbácea anual de 40 a 120 cm de altura o más dependiendo del hábito de crecimiento.

Raíz típica o columnar, presenta ramificaciones secundarias profundas que pueden alcanzar hasta 60 cm o más. En sistemas de transplante sufre una modificación transformándose en fibrosa y de poca penetración en el suelo (Cartujano, 1984 citado por Pérez *et al.*, 1998).

Tallo estriado, herbáceo o ligeramente leñoso en la base; ramas primarias de 0.8 cm a 1.3 cm de diámetro; en los primeros días de vida se presentan pelos esparcidos en el tallo, hojas y ramas, los cuales se pierden a medida que va creciendo (Saray, 1977 citado por Pérez *et al.*, 1998).

Hojas simples, erectas alternadas, de forma ovada de 5 a 10 cm de ancho; base atenuada, ápice agudo con márgenes irregulares dentados, pero por lo general presentan 6 dientes por cada lado. Son hojas pecioladas cuyo pecíolo es de 4 a 6.5 cm de largo.

Flores bisexuales, perfectas o hermafroditas; estas son solitarias y salen de la dicotomía de las ramas. Son pequeñas, pentámeras con bordes de color amarillo brillante; la garganta produce cinco puntos de color café – negro. Las anteras son azules o azul verde de 0.2 a 0.4 cm de largo, las cuales se encorvan después de la dehiscencia. La corola tiene de 1.0 a 2.69 cm de diámetro; su color es amarillo aunque algunas veces es de color púrpura y descolorida en el centro; acampanulada o circular; lóbulos plegados; estambres insertados en la base de la corola.; el estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado (Saray y Loya, 1977 citados por Pérez *et al.*, 1998).

El fruto es una baya amarilla, morada o verduzca, de tamaño variable, de 1 a 6 cm de diámetro, de sabor ácido a dulce. El cáliz es más grande que el fruto y lo cubre con medidas que van de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6 cm de ancho, con 10 costillas (nervaduras) que en algunos

casos son de color morado. pero en general son del mismo color del fruto; los pecíolos miden de 0.6 a 1.0 cm de largo (Verduzco, 1982 citado por Pérez *et al.*, 1998).

Respecto a hábito de crecimiento presenta tres tipos, rastrero, erecto y semierecto, principalmente en variedades criollas. El hábito rastrero se caracteriza por que generalmente crece en forma erecta sólo hasta los 0.40 m y conforme se desarrolla la planta los tallos se extienden sobre la base del suelo. El tipo erecto se identifica por el aspecto arbustivo que presenta la planta, originado por un crecimiento casi vertical de los tallos. Estos presentan la desventaja que se doblan o se rajan con el peso de los frutos (Pérez *et al.*, 1998).

3.2. Variabilidad genética de tomate de cáscara en México

Como centro de origen del tomate de cáscara (*Physalis spp.*) en el territorio mexicano se encuentra una vasta riqueza genética de esta planta la cual se manifiesta en un elevado número de poblaciones, parte de estas se han agrupado en diferentes razas las cuales se presentan en el Cuadro 2 (Santiaguillo y Peña, 1997c).

El género *Physalis* comprende más de 80 especies distribuidas principalmente en América (Menzel, 1951 citado por Peña y Santiaguillo, 1998a) siendo México el principal centro de distribución del género con aproximadamente 70 especies (D'Arcy, 1979 citado por Peña y Santiaguillo, 1998a). Para el estado de Jalisco se tienen registradas 35 especie silvestres (Vargas *et al.*, 1998).

3.3. Nutrición vegetal

Los nutrientes vegetales son todos aquellos elementos químicos requeridos por las plantas para su crecimiento y formación de sustancias orgánicas. Conforme a esta definición puede llamarse nutriente vegetal a toda aquella sustancia que después de ser asimilada por la planta, fomenta su desarrollo en cualquiera de sus fases de crecimiento, desde la germinación hasta la madurez completa mejorando por consiguiente, el rendimiento de la planta tanto cualitativa como cuantitativamente (Jacob y Uexküll, 1969).

Cuadro 2. Razas reconocidas en tomate de cáscara (*Physalis spp*) en México (Santiagoillo y Peña, 1997c).

Raza	Hábito de crecimiento	Ciclo	Potencial de rendimiento	Tamaño de fruto	Color de fruto	Cáliz
Rendidora	Rastrero	Precoz	Muy rendidora	Mediano, firme	Verde limón	Verde
Salamanca	Erecto	Tardío	Rendidora	Grande, poco	Verde intenso	Verde claro
Tamazula	Erecto	Precoz	Rendidora	Mediano, muy firme	Morado	Verde a morado
Puebla verde	Rastrero a semierecto	Precoz	Rendidora	Grande	Morado	Verde a morado
Manzano	Rastrero a semierecto	Tardío	Rendidora	Grande	Anaranjado	Verde
Arandas	Erecto	Precoz	Poco rendidora	Mediano a pequeño, firme	Verde a morado	Morado a verde
Milpero cultivado	Erecto	Precoz	Poco rendidora	Pequeño, mucho muy firme	Verde a morado	Verde a morado, más grande que el fruto
Milpero no cultivado	Rastrero a erecto	Tardío	Muy poco rendidora	Muy pequeño, mucho muy firme	Verde, amarillo, morado	Verde, más grande que el fruto

El rendimiento de un cultivo depende de varios factores, los internos del vegetal están determinados por su potencial genético y otros que son de tipo externo como las condiciones climáticas, las características del suelo, factores nutrimentales, la técnica de producción y los factores bióticos (plagas y enfermedades).

Los factores internos son reflejados por las características fenotípicas del material vegetal empleado, que a la vez dependen de su constitución genética, la magnitud de la expresión de ésta es consecuencia de una correcta o una incorrecta aplicación e incidencia de los factores externos. En campo, algunos de los factores externos salen de manera absoluta del control humano (factores climáticos en los cultivos abiertos), mientras que otros como los factores nutrimentales pueden ser controlados de manera precisa (Martín-Prével, 1987 *et al.*, citados por Castro, 1998).

La aparición de una nueva célula en la planta requiere el aporte adecuado de nutrimentos para su expansión y funcionamiento equilibrado. Aunque parte de los mismos puede proceder de otras partes de la planta, el aumento del tamaño neto de la planta dependerá de la adquisición de cantidades apropiadas de nutrimentos por la raíz y las hojas. Esto no significa que la dinámica de crecimiento este controlada por la disponibilidad de nutrimentos, sino que los niveles de absorción estarán determinados por la demanda derivada del crecimiento (López y Chueca, 1985 citados por Castro, 1998).

3.3.1. Elementos minerales esenciales

En la actualidad 16 elementos se consideran esenciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas en todos los cultivos estudiados y en general para las plantas superiores. Estos pueden clasificarse atendiendo a caracteres estructurales, de los que dependen los tipos de enlaces en que intervienen, o también por el papel biológico que desempeñan (Mengel y Kirkby, 2001).

Los elementos esenciales en ocasiones se han clasificado funcionalmente en dos grupos: los que participan en la estructura de un compuesto importante, y los que tienen una función activadora de enzima. No existe una distinción clara entre ambas funciones, ya que varios elementos forman parte estructural de enzimas esenciales y ayudan a catalizar la reacción química en que participa la enzima, carbono, oxígeno e hidrógeno son los ejemplos más claros de elementos que realizan ambas funciones. Otro ejemplo es el magnesio, ya que es parte estructural de la molécula de clorofila y también activa varias enzimas. La mayoría de los micronutrimentos son esenciales debido a que son activadores enzimáticos (Robb y Peirport, 1983 citados por Salisbury y Ross, 1992).

Los elementos químicos que la planta absorbe pueden clasificarse también en términos de cantidad o concentración de éstos en la planta y de su requerimiento como fertilizante (Davidescu, 1982 citado por Castro, 1998) no obstante, ese criterio puede ser variable ya que depende del genotipo y de las condiciones ambientales en las que se desarrolle (Jones *et al*, 1991 citados por Castro 1998).

De acuerdo con esta última clasificación, los elementos químicos que la planta emplea en su metabolismo han sido clasificados como macronutrientes y micronutrientes esenciales. Para que un elemento esencial se encuentre en la categoría de macronutriente es necesario que se encuentre en la planta en concentraciones de 1000 mg/kg de materia seca y debe tener un efecto directo en el proceso de nutrición, su ausencia impide el desarrollo de órganos vegetativos y reproductivos como consecuencia de perturbaciones histológicas y anatómo-patológicas, ocasionando reducción o pérdidas total en el rendimiento. Los micronutrientes se encuentran en cantidades iguales o menores a 100 mg/kg de materia seca, deben tener una acción específica e indispensable para completar ciertas funciones fisiológicas, son necesarios en muy bajas cantidades y la planta manifiesta síntomas de toxicidad si se encuentra presente por arriba de los requerimientos óptimos (Davidescu, 1982 citado por Castro, 1998; Salisbury y Ross, 1992).

La concentración de los elementos esenciales en el tejido de las plantas varía dependiendo del tipo de planta, dentro de la misma familia y género e inclusive en los diferentes órganos de la planta. En el Cuadro 3 se muestran los datos promedio de las concentraciones de elementos en las plantas de acuerdo con Muñoz y Castellanos (2003).

Las concentraciones internas adecuadas deberán considerarse como normas de utilidad debido a la variabilidad que existe entre especies y etapas de crecimiento vegetal (Shear y Faust, 1980 citados por Salisbury y Ross, 1992).

Desde hace muchos años existen evidencias que sugieren que el sodio es necesario para algunas especies, Crossland (1972) y Brownell (1979) citados por Salisbury y Ross (1992) investigaron y revisaron la nutrición por sodio de 32 especies y concluyeron que las plantas que presentan la ruta fotosintética C4 probablemente necesitan Na^+ como nutriente. Los ensayos de Brownell (1979) citado por Salisbury y Ross (1992) se extendieron más en estos hallazgos encontrando que la carencia de sodio en plantas C4 desarrolla clorosis severa en hojas y en ocasiones llega a sufrir necrosis en márgenes y puntas de hojas Salisbury y Ross (1992).

Cuadro 3. Elementos esenciales y concentraciones internas que se consideran adecuadas para la mayoría de las plantas superiores (Muñoz y Castellanos, 2003).

ELEMENTO	FORMAS DE ABSORCIÓN	CONCENTRACIÓN EN TEJIDO SECO (mg/kg)
MACRONUTRIMENTOS		
C	CO ₂ ; HCO ₃ ⁻ ; CO ₃	450 000
H	Iones	60 000
O	H ₂ O y en otros	450 000
N	NO ₃ ⁻ ; NH ₄ ⁺	15 000
P	H ₃ PO ₄ -	2 000
K	K ⁺	10 000
Ca	Ca ⁺²	5 000
Mg	Mg ⁺²	2 000
S	SO ₄ ⁻²	1 000
MICRONUTRIMENTOS		
B	H ₃ BO ₃	20
Cu	Cu ⁺²	6
Fe	Fe ⁺²	100
Mn	Mn ⁺²	50
Mo	MoO ₄ ⁻²	0.1
Zn	Zn ⁺²	20
Cl	Cl ⁻	100
Na	Na ⁺²	-

Macronutrientos

Nitrógeno

Los suelos suelen ser más deficientes en nitrógeno que de cualquier otro elemento. Este elemento es absorbido en dos formas iónicas principales, nitrato NO₃⁻ y amonio NH₄⁺. En vista de que el nitrógeno solo puede ser aprovechado en las formas mencionadas, la enorme reserva que representa el nitrógeno elemental atmosférico (78 % de la composición del aire) permanece inaprovechable; con excepción de las leguminosas y otras plantas que viven en simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno.

Bajo condiciones favorables la cantidad de nitrógeno fijado por las bacterias nodulares puede ser considerable llegando a sumar hasta 224 kg/ha. Dado que no existen minerales nitrogenados en el suelo, la reserva del mismo depende directamente de la presencia de la materia orgánica. Por tales circunstancias los únicos suelos ricos en este elemento son los de origen orgánico, tales como los suelos de turba.

Al nitrógeno se le encuentra presente en un gran número de compuestos de singular importancia fisiológica dentro del metabolismo vegetal, tales como la clorofila los nucleótidos, los fosfatos, los alcaloides, así como múltiples enzimas, hormonas y vitaminas.

Como el nitrógeno esta presente en muchos compuestos esenciales, la deficiencia de este elemento ejerce un marcado efecto sobre los rendimientos de la planta. La planta permanece pequeña y se torna rápidamente clorótica, dado que no existe suficiente nitrógeno para la realización de la síntesis proteica y clorofílica. A causa de la segunda deficiencia la planta sufre la inhibición de su capacidad de asimilación y de formación de carbohidratos. conduce a una deficiente y prematura formación floral y fructificación (Jacob y Uexküll, 1969)

Fósforo

Después del nitrógeno el fósforo es el segundo elemento que con mayor frecuencia se encuentra limitante en los suelos, se absorbe principalmente como anión monovalente fosfato (H_2PO_4^-) y con menor rapidez como anión divalente (HPO_4^{2-}). El pH del suelo controla la abundancia de estas dos formas ya que el H_2PO_4^- es favorecido a un pH menor de 7 y el HPO_4^{2-} lo es por encima de este valor (Salisbury y Ross 1992).

Una vez llevada a cabo la mineralización de la materia orgánica una cierta fracción del fósforo del suelo se presenta en forma de compuestos orgánicos y queda a disposición de la planta. Dicho material es importante no solo como suministro de fósforo fácilmente soluble, sino también por retrasar o impedir, mediante numerosos compuestos orgánicos, la fijación inorgánica de fosfatos solubles aplicados, haciéndolos así fácilmente aprovechables por las plantas Jacob y Uexküll (1969).

Gran parte del fósforo se convierte en formas orgánicas cuando entra en la raíz, o después que es transportado por el xilema hasta el tallo o las hojas. El fósforo se redistribuye con facilidad en la mayor parte de las plantas de un órgano a otro, y se pierde en las hojas viejas, acumulándose en hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo Salisbury y Ross (1992).

Este elemento ocupa una posición central en el metabolismo vegetal, ya que es parte esencial de muchos glucofosfatos que participan en la fotosíntesis, la respiración y otros procesos metabólicos, y también forma parte de nucleótidos como ARN y ADN y de fosfolípidos presentes en las membranas. Así mismo es esencial en el metabolismo energético, debido a su presencia en las moléculas de ATP, ADP, AMP y pirofosfato (PPI) Salisbury y Ross (1992).

Por tales circunstancias las plantas afectadas por la deficiencia de fósforo presentan un sistema radicular raquíticamente desarrollado, acompañado de síntomas generales de perturbación en su crecimiento. Las hojas y tallos de las plantas son frecuentemente pequeñas y muestran una coloración verde-rojiza, purpúrea o bronceada, la floración y la madurez son retardadas permaneciendo pequeñas las semillas y los frutos (Jacob y Uexküll, 1969)

Potasio

El potasio es un elemento vital requerido en cantidad alta por las plantas. A este elemento se le encuentra en estado soluble en el jugo celular o bien absorbido en el protoplasma, la absorción del potasio, bien provenga esta de fertilizantes que contengan el elemento en cuestión o de material vegetal mineralizado, o minerales del suelo, se realiza siempre en forma de ión potasio, monovalente y electropositivo. Del total de potasio existente en el suelo sólo una pequeña fracción se encuentra a disposición de los vegetales. El potasio se acumula siempre en las partes vegetales, donde la división celular y los procesos de crecimiento son más activos (Jacob y Uexküll, 1969).

La mayoría de las plantas pueden asimilar grandes cantidades de potasio, sin que ello llegue a mermar su calidad, sin embargo en los cítricos un exceso de potasio causa la formación de frutos burdos, de epicarpio carnoso, y de madurez deficiente (Jacob y Uexküll, 1969) El potasio es un activador de muchas enzimas que son esenciales en la fotosíntesis y la respiración, además de que activa enzimas necesarias para formar almidón y proteínas (Bhandal y Malik, 1988 citados por Salisbury y Ross, 1992). Este elemento también es tan abundante que contribuye de manera importante al potencial osmótico de las células y por consiguiente, a su presión de turgencia, así como también influye favorablemente en el desarrollo radicular (Jacob y Uexküll, 1969).

La deficiencia potásica, por lo general se manifiesta primeramente a través de un amarillamiento de los ápices y márgenes de hojas adultas. Con la agudeza de ella se propaga el amarillamiento hacia el centro o hacia la base de las hojas, apareciendo también síntomas de deficiencia en las hojas jóvenes (Jacob y Uexküll, 1969).

Azufre

El azufre se absorbe del suelo como aniones sulfato divalente (SO_4^{2-}) al parecer es metabolizado por las raíces sólo hasta el grado que se requiera; el exceso de sulfato se transporta sin cambio hacia las partes aéreas en el xilema. Debido a que hay suficiente sulfato en la mayoría de los suelos, las plantas con deficiencia de azufre son poco comunes. El azufre también puede absorberse por las hojas a través de los estomas como dióxido de azufre gaseoso (SO_2), un contaminante del medio liberado sobre todo por la combustión del carbón, madera y petróleo. Esta forma de (SO_2) se combina con el agua existente en el interior de las células formando (HSO_3^-), el cual es un compuesto que inhibe la fotosíntesis y provoca la destrucción de clorofila Salisbury y Ross (1992).

Los síntomas de deficiencia consisten en una clorosis general en toda la hoja, incluyendo los haces vasculares, en algunas especies el azufre no se redistribuye con facilidad a partir de los tejidos maduros, por lo que la deficiencia casi siempre se nota en las hojas más recientes.

La mayor parte del azufre en las plantas se encuentra en las proteínas, específicamente en los aminoácidos cisteína y metionina, los cuales son constituyentes de las proteínas. Otros compuestos esenciales que contienen azufre son las vitaminas y biotina, así como la coenzima A, un compuesto esencial para la respiración y para la síntesis y degradación de ácidos grasos Salisbury y Ross (1992).

Calcio

El calcio se absorbe como ión Ca^{2+} divalente la mayoría de los suelos contienen suficiente calcio para permitir un crecimiento vegetal adecuado, el calcio es esencial para las funciones normales de las membranas en todas las células probablemente como enlazador de fosfolípidos, entre sí o a proteínas de membrana, la mayor parte del calcio en las plantas se encuentra en las vacuolas centrales y unido en las paredes celulares a polisacáridos llamados pectatos (Kinzel, 1989 citado por Salisbury y Ross, 1992).

La función del calcio dentro del metabolismo vegetal es regular la turgencia del plasma coloidal, lo cual es necesario para la realización normal de las reacciones metabólicas. De esta manera, el calcio influye sobre la economía acuosa de la planta, sobre los carbohidratos proteícos del metabolismo graso y sobre muchos otros procesos fisiológicos. Como elemento estructural se le encuentra presente solo en la pectina cálcica de la laminilla media de las paredes celulares.

El calcio tiene poco movimiento de translocación en la planta, acumulándose principalmente en los tejidos adultos, de tal forma que los síntomas de deficiencia se presentan primeramente en los tejidos mas jóvenes, en los ápices radiculares y en las hojas que circundan los ápices vegetativos (Jacob y Uexküll, 1969).

Magnesio

El magnesio es absorbido como ión divalente Mg^{2+} , es un nutriente esencial en los vegetales, esto comprueba el hecho de ser un constituyente de la clorofila, protoclorofila, pectina y fitina; sólo una pequeña fracción del magnesio total de la planta esta combinada con las sustancias citadas. La mayor parte de este elemento se encuentra disuelto en el jugo celular, pudiendo trasladarse fácilmente por la planta. A esta fracción se le atribuyen funciones químico-coloidales, al ejercer una marcada participación en la economía basal del vegetal, así como también en la síntesis de carbohidratos, proteínas y lípidos, presenta efectos en la síntesis de enzimas y vitaminas. Dado que gran parte del magnesio es fácilmente trasladable en la planta, los síntomas de deficiencia se presentan primeramente en las hojas adultas, extendiéndose en las hojas más jóvenes (Jacob y Uexküll, 1969).

Carbono

El carbono forma el esqueleto de todas las moléculas orgánicas, por lo tanto es un componente estructural básico en la composición vegetal. Las plantas absorben el carbono de la atmósfera en forma de dióxido de carbono.

Mediante el proceso de fotosíntesis, este elemento reacciona con el hidrógeno y oxígeno para formar carbohidratos. Otras reacciones químicas llevadas acabo con algunos elementos esenciales, producen las numerosas sustancias necesarias en el crecimiento de la planta (CFA, 1995).

Oxígeno

El oxígeno se requiere para los procesos de respiración que se llevan a efecto en las células vegetales; es a través de este proceso que se obtiene energía a partir de la degradación de los carbohidratos. Muchos compuestos que se requieren para los procesos de crecimiento de las plantas contienen oxígeno. El hidrógeno y el oxígeno forman el agua la cual constituye un gran porcentaje del peso total de las plantas, el agua es necesaria para transportar minerales y alimentos, e interviene también en muchas reacciones químicas necesarias para el crecimiento.

Hidrógeno

El hidrógeno es también un componente de muchos compuestos requeridos para el crecimiento vegetal. Dado que las plantas obtienen el hidrógeno, oxígeno y carbono principalmente del aire y agua, el interés sobre su suministro difiere un poco de los demás elementos esenciales (CFA, 1995)

Micronutrientes

Las plantas además de los elementos antes mencionados, cuya presencia en los vegetales es esencial en mayor o menor cantidad, requieren una cuantía mínima de ciertos elementos, en su mayoría metales pesados, los cuales tienen un alto grado de eficacia, es decir que con pequeñas dosis de ellos son suficientes para alcanzar efectos óptimos (Jacob y Uexküll, 1969).

Manganeso

El manganeso es un elemento imprescindible en la formación de clorofila, en la reducción de nitratos, y en la respiración. Asimismo es un catalizador de muchos otros procesos metabólicos, participando también en la síntesis proteica y en la formación del ácido ascórbico vitamina C . El manganeso sólo lo absorben las plantas en forma divalente, tanto la reacción ácida del suelo, como su baja aireación y alto contenido de humus fomentan la reducción del manganeso a su forma divalente, de fácil asimilación.

La deficiencia de este elemento causa una clorosis, cuya apariencia es frecuentemente similar a la del magnesio. En ella, las áreas foliares intercostales adquieren una tenue coloración verde, conservando las nervaduras su color oscuro (Jacob y Uexküll, 1969).

Hierro

Su absorción puede realizarse en forma divalente, una gran cantidad de suelos agrícolas presentan un mayor contenido de hierro, que el requerido por las plantas. El hierro desempeña un papel catalizador en la planta al ser constituyente esencial de varias enzimas como citocromo-oxidasa, catalasas, y dipeptidasas, actuando también sobre la respiración, la fotosíntesis y la reducción de nitratos y fosfatos (Jacob y Uexküll, 1969).

Boro

El boro es absorbido de los suelos casi por completo como ácido bórico. Al boro se le encuentra particularmente en los ápices vegetativos, flores y tejidos de conducción floema, siendo necesaria su presencia donde se realiza una activa división celular. Además tiene importancia en la germinación del polen, en la formación de flores, frutas y raíces, en la absorción de cationes, y en el transporte de sustancias dentro de la planta.

El boro presenta una baja movilidad en la planta, la cual impide su translocación de los tejidos adultos a los centros de mayor demanda, es así como la deficiencia tienen lugar primeramente en las zonas de crecimiento, las cuales mueren después de que las hojas presentan una intensa atrofia y deformación (Jacob y Uexküll, 1969).

Zinc

El zinc se absorbe como Zn^{2-} divalente, a menudo a partir de quelatos de zinc, al parecer participa en el metabolismo vegetal ya que se requiere para la producción de una hormona del crecimiento conocida como ácido indolacético (auxinas). Muchas enzimas contienen zinc fuertemente unido, esencial para su adecuado funcionamiento; se conoce que existen mas de 80 enzimas bajo este principio (Salisbury y Ross, 1992).

Cobre

El cobre se absorbe como ion cúprico Cu^{2+} divalente en suelos aireados o como ion cuproso monovalente en suelos húmedos con poco oxígeno. Las plantas rara vez tienen deficiencias de cobre, en parte por que lo requieren en partes muy pequeñas, en ausencia de cobre las hojas jóvenes con frecuencia adquieren un color verde oscuro y están arrugadas o deformes, y muchas veces exhiben manchones necróticos.

El cobre está presente en diversas enzimas o proteínas implicadas en los procesos de oxidación y reducción, dos ejemplos notables son la citocromo oxidasa una enzima respiratoria que se localiza en las mitocondrias, y la plastocianina una proteína de los cloroplastos Salisbury y Ross (1992).

Molibdeno

Las plantas solo requieren unidades traza de molibdeno, debido a esto poco se sabe sobre las formas en que se absorbe y se transforma en las células vegetales. Los síntomas de deficiencia de molibdeno consisten en clorosis intervenal que se presenta primero en las hojas más antiguas o de la mitad del tallo, para progresar hacia las hojas más recientes. La función mejor documentada del molibdeno en vegetales es como parte de la enzima nitrato reductasa, pero también puede participar en la degradación de purinas tales como la guanina y adenina debido a su esencialidad como parte de la enzima xantina deshidrogenasa (Pérez y Vicent *et al.*, 1988 citados por Salisbury y Ross, 1992). Una tercera función del molibdeno es como parte estructural esencial de una oxidasa que convierte al aldehído del ácido abscisico en la hormona ABA (Walkey y Simmons *et al.*, 1989 citados por Salisbury y Ross, 1992).

Níquel

Existen evidencias de que el níquel es un elemento esencial para las plantas (Dalton *et al.*, 1988 citado por Salisbury y Ross, 1992), ya que es parte fundamental de una enzima denominada ureasa la cual cataliza la hidrólisis, degradación en la cual se utiliza agua, CO₂ y NH₄, cuando se elimina el níquel de las soluciones nutritivas, las plantas acumulan tal cantidad de urea en las puntas de las hojas que aparecen manchones necróticos. Por consiguiente la degradación de ureicos produce urea, y sin el níquel no se puede formar ureasa para eliminarla, la degradación de las bases púricas (adenina y guanina) ocurre vía ureidos en todas las plantas por lo que parece probable que todas requieran ureasa y níquel (Salisbury y Ross, 1992).

Cloro

El cloro es absorbido del suelo en forma de ión cloruro (Cl⁻) en su mayor parte permanece en esta forma. Una de las funciones del cloro consiste en estimular la ruptura (oxidación) en la molécula de H₂O durante la fotosíntesis, aunque también es esencial en las raíces, para la división celular en las hojas y como un soluto osmóticamente activo (Terry, 1977 ; Flowers, 1988 citados por Salisbury y Ross, 1992). Los síntomas de deficiencia de cloro en la planta se presentan sobre las hojas con un crecimiento reducido, marchitamiento y desarrollo de manchones cloróticos y necróticos.

Silicio

La mayor parte del silicio se encuentra incrustado en los tejidos mecánicos de la planta, sus depósitos en la epidermis le proporcionan al vegetal un cierto grado de resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Jacob y Uexküll, 1969).

Otros elementos (cobalto, yodo, flúor, vanadio, volframio).

Con motivo de la aparición de síntomas patológicos en animales de pastoreo, más tarde reconocidas como deficiencias de cobalto, se dio importancia por primera vez a este elemento. El cobalto es un componente en la vitamina B12, vital tanto para el hombre como para los animales. Investigaciones recientes han mostrado que también es necesaria una determinada cantidad de cobalto para el normal crecimiento de los vegetales verdes.

El hombre y los animales requieren el yodo y el flúor para la síntesis hormonal y el desarrollo dental, sin embargo, hasta ahora no ha sido posible confirmar su necesidad en la planta. El vanadio como el volframio son requeridos por ciertas bacterias autótrofas, fijadoras de nitrógeno (Jacob y Uexküll, 1969).

3.3.2. Efecto residual en suelos

Los fertilizantes comerciales, la cal y el estiércol u otros residuos orgánicos presentan una influencia residual favorable sobre la fertilidad del suelo, la cual se prolonga por muchos años. El valor residual resulta de los sobrantes de fertilizantes que permanecen en el suelo, de los residuos de estiércol aplicado, y de la cantidad de raíces y rastrojo en descomposición.

La aplicación constante de materiales fertilizantes acumula el efecto residual de la misma manera que se acumulan las reservas de nutrientes en el suelo (Greetz, 1983).

3.3.3. Interacciones entre nutrimentos

Las interacciones pueden ser definidas como una influencia o acción recíproca de un elemento sobre otro en relación al crecimiento de las plantas. También se puede definir como la respuesta diferencial de un elemento con niveles variables de un segundo elemento, esto es que

ambos elementos se combinan para producir un efecto adicional el cual puede ser negativo (Mortvedt *et al.*, 1983)

Los efectos a nivel foliar son debido a la variación de los elementos en las hojas en función de los niveles en suelo, estas interacciones pueden ser positivas o (sinergistas) expresadas en un crecimiento mejorado de las plantas y negativas o (antagónicas) esta interacción puede surgir cuando una planta absorbe grandes cantidades de un nutriente disponible cuya concentración en la planta alcanza niveles excesivos o tóxicos que interfieren con las funciones metabólicas normales de otros nutrientes en función de la respuesta (Mortvedt *et al.*, 1983) El efecto inverso es raro, pero para interpretar los datos analíticos correctamente se debe conocer la naturaleza y la dirección de estas interacciones, realizándose en todos los nutrientes y a todos los niveles de concentración (Casas, 1999).

Antagonismos

Zinc-fósforo

Existe una deficiencia inducida por el fósforo (P) Esta alteración en el desarrollo de las plantas es comúnmente asociada con altos niveles de P disponible o con altos niveles en el suelo, los síntomas pueden ser corregidos o prevenidos por fertilizantes con Zinc (Mortvedt *et al.*, 1983).

Fierro-fósforo

(Brown y Tiffin, 1960 citados por Mortvedt *et al.*, 1983) observaron que un exceso de fósforo (P) inactivaba el hierro (Fe) en plantas de soja de la variedad "P1-54619-5-1"; estos autores sugirieron que el P compite por Fe con las raíces o agentes quelatantes.

Watanabe *et al.* (1965) citados por Mortvedt *et al.* (1983) observaron plantas mal desarrolladas, extremadamente deficientes en Fe cuando el nivel de P en una solución nutritiva fue incrementado de 0.2 a 0.6 mM con Fe-EDDHA.

Zinc-nitrógeno

Ozanne (1955) citado por Mortvedt *et al.* (1983) señala que al incrementar el suplemento de Nitrógeno, sin importar la fuente nitrogenada, se incrementó la severidad de la deficiencia de Zinc (Zn) en trébol subterráneo, pero este autor puntualizó que el efecto no era debido a un incremento en la velocidad de crecimiento, ya que encontró que la concentración de Zn en las

raíces estaba correlacionada con el porcentaje de N proteico pudiendo concluir que el incremento en el N causaba que más Zn fuera retenido en las raíces como un complejo zinc-proteína.

Cobre-fósforo

Las interacciones de fósforo con el Cobre (Cu) pueden resultar del uso excesivo o prolongado de fertilizantes fosfatados, deficiencias severas de Cu fueron inducidas en cítricos mediante la aplicación de 180 ppm de P en nueve suelos de California (Mortvedt *et al.*, 1983).

Spencer (1966) citado por Mortvedt *et al.* (1983) refiere que las aplicaciones de P reducían la concentración de cobre (Cu) en hojas y raíces de plántulas de mandarina a 4 niveles de aplicación desde 0 a 250ppm . En los casos en que las aplicaciones de Cu han resultado tóxicas para el crecimiento de cítricos las aplicaciones de P reducían la toxicidad de Cu.

Molibdeno-azufre

La captación de molibdeno (Mo) por plantas es reducida por el azufre (S) Mortvedt *et al.* (1983) explican que el efecto del S sobre Mo es una competencia directa entre dos aniones divalentes del mismo tamaño.

Gupta y Munro (1969) citados por Mortvedt *et al.* (1983) observaron que el S reducía el Mo drásticamente en puntas y raíces de coles de Bruselas, e indicaron que el mayor efecto del S en el contenido de Mo de la planta parece producirse en sitios de captación de la raíz.

Widdowso (1966) citado por Mortvedt *et al.* (1983) encontró que el superfosfato deprimía la captación de Mo en frijol.

Zinc-magnesio

Un incremento en el pH del suelo por alcalización reduce la disponibilidad de Zn en las plantas; Seatz (1960) citado por Mortvedt *et al.* (1983) reporta que el uso del material alcalinizante conteniendo $MgCO_3$ da como una deficiencia de Zn menos severa. Estos datos indicaron que la interacción de magnesio (Mg) con el Zn ocurre en un mayor grado en plantas que en suelo

Boro-calcio

El calcio y el potasio acentuaron los síntomas de deficiencia de Boro (B) en plantas de tomate; Jones y Scarseth (1944) citados por Mortvedt *et al.* (1983) encontraron que las plantas crecen normalmente cuando existe un balance en la captación de Ca y B ya que el balance ideal

entre ambos elementos es de 1,200 para tabaco, 500 para soja y 100 para betabel. Esta relación fue expresada en peso equivalente de los dos elementos.

Zinc-fierro

El funcionamiento metabólico del Fe en las plantas está conectado de alguna manera con el suplemento de Zn; Rosell y Ulrich (1964) citados por Mortvedt *et al.* (1983) reportaron 917 ppm de Fe en hojas de betabel con bajo contenido de Zn. La adición de Zn a niveles de 0 a 12 ppm disminuyó la concentración de Fe en hojas a 94 ppm.

Jackson, Jay y Moore (1967) citados por Mortvedt *et al.* (1983) encontraron que cuando la necesidad de P de plantas de maíz dulce eran satisfechas, la deficiencia de Zn se volvía dominante y las plantas contenían niveles muy elevados de Fe. La adición de Zn incrementó el crecimiento y proporcionó una reducción marcada en el contenido de Fe en las plantas.

Fierro-manganeso

Las plantas cloróticas han sido observadas en suelos ácidos que también contienen grandes cantidades de manganeso (Mn) disponible; Somers y Shive (1942) citados por Mortvedt *et al.* (1983) comentan que la clorosis fue remediada por la aspersión de Fe, asimismo estos autores indican que el Fe y el Mn están interrelacionados en sus funciones metabólicas, con la efectividad de uno determinada por la presencia proporcional del otro.

Wallihan y Miller (1968) citados por Mortvedt *et al.* (1983) encontraron síntomas de deficiencia de Mn en árboles de aguacate por aplicación del FeEDDHA a tasas de 50 a 100 g por cada árbol de dos años de edad, y concluyeron que el Mn interfería con el transporte de Fe de las raíces a los brotes. La absorción de Fe por las raíces se incrementó al aumentar la concentración de Mn en suspensiones de arcilla.

Fierro-molibdeno

Stout y Jones (1959) citados por Mortvedt *et al.* (1983) encontraron que el molibdeno y manganeso eran capaces de afectar la disponibilidad de Fe en plantas de tomate. A medida que el Mo en la solución del cultivo fue incrementado de 0.067 a 0.70 ppm el rendimiento de tomate se redujo de 3.28 a 0.39 g.

Hanger (1965) citado por Mortvedt *et al.* (1983) encontró que un exceso de Mo causaba clorosis de Fe en trébol rojo. Mediante el incremento de la concentración de Fe en la solución nutritiva, a medida que se incrementaba el Mo no se observaron síntomas y las plantas

desarrolladas fueron normales. El autor sugirió que el Mo interfería con el funcionamiento metabólico del Fe.

Cobre-ferro

Las concentraciones elevadas de Cu o Zn en una solución nutritiva han mostrado capacidad para producir clorosis de Fe en cítricos, asimismo la aplicación de Cu agrava la deficiencia de Mo en plantas de espinaca y coliflor y aparentemente la aplicación de Mo intensifica la deficiencia de Cu en zanahoria, espinaca y lechuga (Mortvedt,1983).

Cobre-zinc

La deficiencia de zinc en alfalfa y trébol subterráneo disminuyó la concentración de Zn en las plantas e incremento marcadamente la concentración de Cu (Mortvedt,1983).

Fuentes (1999) señala que un exceso en la absorción del potasio origina deficiencia de magnesio, calcio, hierro y zinc.

Sinergismos

Molibdeno-fósforo

El fósforo mejoró la absorción y translocación de molibdeno en plantas de tomate Stout *et al.* (1951) citado por Mortvedt *et al.* (1983). Barshad (1951) citado por Mortvedt *et al.* (1983) sugirió que el P podría estimular la captación de Mo debido a la formación de un anión complejo fósforo-molibdeno absorbido más fácilmente por la planta.

3.4. Fertilización foliar

3.4.1. Antecedentes

La fertilización foliar se define como la aplicación, en la parte aérea de las plantas, de soluciones químicas que contienen elementos esenciales para el crecimiento de los cultivos. Es una forma de nutrición a través de las hojas, que no es un sustituto de la fertilización edáfica, sino en la mayoría de los casos solo un complemento. No todas las plantas responden a la fertilización foliar,

la interacción del cultivo con las condiciones ambientales y las propiedades de la solución son determinantes Eibner y Kovacs (1986) citados por Rodríguez (1997)

Rodríguez (1997) reporta que varios autores señalan que uno de los primeros en aplicar fertilización foliar fue Forsyth en 1789, quien trató árboles frutales con una aspersión foliar de una mezcla de estiércol, ceniza de madera, cal y orina. Hanway (1988) citado por Rodríguez (1997) menciona que Griss, en 1844, fue el primero en publicar un artículo referente a la aspersión foliar de soluciones de hierro para controlar la clorosis. Durante la década de los años treinta, la aplicación foliar de cinc, cobre o boro fue determinante para controlar las deficiencias de estos minerales en cítricos.

En huertos comerciales de frutales, la fertilización foliar se volvió una práctica común debido a su sencillez y rapidez en la respuesta del cultivo a la aplicación. La fertilización foliar también se hizo extensiva en los cultivos de uva, piña, caña de azúcar, frijol y tomate Hanway (1988); Marschner (1986) citados por Rodríguez (1997).

En suelos deficientes en nutrimentos, la fertilización foliar es una alternativa para la aplicación de fertilizantes. Dudal (1976) citado por Rodríguez (1997) reportó que en el mundo había 2.96×10^9 ha con deficiencias en micronutrimentos; actualmente se estima que esta cifra se ha duplicado. Entre las causas más comunes de la baja disponibilidad de nutrimentos están el pH alcalino, bajo contenido de materia orgánica, humedad irregular y compactación del suelo.

En los años cincuenta del pasado siglo se empezaron a estudiar los mecanismos de absorción de los minerales y reguladores del crecimiento aplicados por la vía foliar, con el fin de conocer el paso a través de la hoja y optimizar su manejo Swietlik y Faust (1984) citados por Rodríguez (1997).

3.4.2. Mecanismos de absorción foliar

La absorción del fertilizante foliar se lleva a cabo en varias etapas. En la primer etapa la sustancia que se aplica en la superficie de las hojas penetra a la cutícula y a la pared celular por difusión libre, posteriormente, la sustancia se introduce vía apoplastos y después es absorbida en la membrana plasmática; finalmente la sustancia llega al citoplasma (Swietlik y Faust (1984) citados por Rodríguez (1997). A este respecto, Haynes y Goh (1977) citados por Rodríguez (1997) indican que existen tres posibles rutas que siguen los nutrimentos después de la penetración: la primera es la traslocación de iones a los espacios libres del tejido vascular y el almacenamiento en el floema;

posteriormente, con la energía generada, son transportados fuera de la hoja, hacia los sitios de demanda.

La segunda ruta involucra el transporte activo a través del simplasto vía plasmodesmos, y la tercera implica la posibilidad de quedar almacenados en la célula para su posterior uso Swietlik y Faust (1984) citados por Rodríguez (1997).

3.4.3 Factores que determinan la eficiencia de la fertilización foliar

Existen una serie de factores encontrados en la planta, en el medio ambiente y en la solución asperjada de los cuales dependerá la eficiencia de las aplicaciones foliares, dentro de estos factores las más importantes se mencionan a continuación :

En las plantas.

Penetración por cutícula

En el paso de las sustancias al interior de la hoja, a través de la cutícula, la pared celular y la membrana celular, la cutícula es la que opone más resistencia a la penetración. La cutícula es una capa lipoidal no viva que cubre todas las partes aéreas de la planta, tiene un grosor que varía de 0.5 a 15 μm . Esta capa forma una interfase entre las células del mesófilo y el ambiente. La cutícula esta formada por dos capas la externa, formada de cutina y ceras, y la interna, compuesta de cutina, celulosa, pectinas y algunas ceras Bukovac y Petrecek (1993) citados por Rodríguez (1997).

Edad de las hojas

Las hojas jóvenes tienen mayor capacidad de absorción foliar debido a su mayor actividad estomática. Giskin y Efron (1986) citados por Arroyo (1993) señalan que en maíz las aplicaciones foliares de nitrógeno, fósforo, potasio y azufre en el estado vegetativo de 4 a 5 hojas incrementó significativamente el contenido de N y P en la planta.

Tricomas, vellocidad de la hoja

Los tricomas están constituidos por células epidérmicas y a través de ellos también puede llevarse acabo la absorción de nutrientes (Arroyo, 1993).

Estado nutricional de la planta

Existen trabajos experimentales que garantizan que en un buen estado nutricional de la planta, ésta absorbe a través del follaje los nutrientes aplicados de una forma más eficiente. Farshey (1959) citado por Arroyo (1993), encontró que las aspersiones de sulfato de magnesio corrigieron satisfactoriamente los síntomas de deficiencia de magnesio en árboles de manzano, cuando a estos se les había añadido nitrógeno en forma adecuada.

Etapas de crecimiento

La etapa fenológica de desarrollo de la planta condiciona la dosis y los nutrimentos necesarios a aplicar, ya que de esto dependen los resultados que de ello se obtengan, Gray (1976) citado por Arroyo (1993) concluyó que con dos a cuatro aplicaciones de fertilizantes foliares durante el periodo de llenado de grano, se obtienen resultados satisfactorios.

Medio ambiente

Humedad

Al existir buena humedad edáfica, las plantas no presentan dificultad para poder abrir sus estomas y así facilitan la penetración de nutrientes. La humedad relativa también determina la eficiencia de la fertilización foliar, ya que si existe una baja humedad del aire se tendrán altas temperaturas, por lo que la solución asperjada tenderá a evaporarse más rápidamente (Arroyo, 1993).

Temperatura

Cuando existen altas temperaturas por periodos muy amplios algunas plantas tienden a producir ceras superficiales en las hojas, por lo que la absorción de nutrientes será más difícil.

Luz

En días nublados la absorción foliar disminuye, debido a que las hojas presentan o muestran poca actividad estomática.

Viento

El viento al igual que la luz establece el funcionamiento estomático por lo que si existe la presencia de fuertes vientos las hojas presentarán dificultad a la penetración de los nutrimentos aplicados.

Solución asperjada

Concentración

Si se realizan aplicaciones de fertilizantes foliares con concentraciones muy altas se puede provocar toxicidad o quemaduras al follaje, para evitar estos problemas es necesario preparar en forma adecuada la solución que se va a asperjar y a la vez realizar la aplicación lo mas homogénea posible.

pH

Es un factor muy importante en la absorción y el pH ideal para que se lleve acabo de manera eficaz dependera del tipo de nutrimento o formula química en que se encuentra formando parte el elemento en cuestión (Arroyo, 1993).

Surfactantes

Los surfactantes generalmente son sustancias cuyas moléculas tienen un extremo soluble en agua (hidrófilicas) y el otro soluble en grasa lipófilicas por lo que forman un puente molecular entre el agua y la cera de la hoja, facilitando la penetración de algunos nutrimentos minerales Salazar (1992) citado por Arroyo (1993).

3.4.4. Composición y uso de los fertilizantes foliares

Un suelo puede contener todos los elementos necesarios para una nutrición óptima, pero éstos pueden estar en una forma no disponible para la absorción radicular; tal es el caso frecuente de fósforo y hierro, en estos casos se realiza una fertilización de dichos elementos a nivel foliar constituyendo una fertilización complementaria (Rodríguez, 1982).

La nutrición foliar se emplea en los casos en que se desea obtener una respuesta rápida, como cuando surge una deficiencia inesperada durante la estación de crecimiento o cuando los nutrientes que se aplicaron al suelo fueron ineficaces. Con frecuencia, las deficiencias de micro-nutriente se corrigen mediante aspersiones foliares.

La concentración que tiene un nutriente en la solución de aspersión foliar varia bastante en función al nutriente y las plantas en cuestión. Por lo regular se emplean flujos de aplicación reducidos para evitar causar daños sobre el follaje (CFA, 1995).

3.5. Estudios relacionados con fertilización foliar

Velásquez *et al.* (1994) evaluaron el efecto producido por los fertilizantes foliares Nitrophoska, Bayfolan Forte, Greenzit, y Tricel-20 a dosis de 2, 4 y 6 litros o kg/ha, en tomate de cáscara. Las variables evaluadas fueron altura de planta, altura a la primera horqueta, número de frutos, volumen de frutos, peso de frutos por corte, peso total de frutos y peso de frutos por planta. Los productos foliares a sus diferentes dosis no presentaron efectos significativos sobre el rendimiento; el producto que generó el mayor volumen de fruto en el segundo corte fue Tricel -20 (6 L/Ha).

Kolota y Osinska (2000) emplearon el fertilizante MIS-4 en tomate rojo en dosis de 2 y 4 Kg por m³ de peat moss en la siembra, complementando la fertilización durante el crecimiento del cultivo aplicándolos al suelo o utilizando fertilizantes foliares líquidos: Ekolist S y Mikrosol U en aspersiones a intervalos de dos semanas. Los resultados obtenidos demostraron que la aplicación foliar sólo fue benéfica cuando el suministro de nutrientes en el medio de crecimiento fue limitado, así mismo las aplicaciones foliares no cambiaron el contenido de materia seca, ni de vitamina C, pero incrementaron la acumulación de azúcares totales y reductores en el fruto.

Amézquita (1983) estudió el efecto de la fertilización N, P₂O₅, K₂O foliar sobre el rendimiento y la fenología del cultivo de papa variedad alpha en el municipio de León Guanajuato. Se trabajó en un suelo arcilloso con pH de 7.6, poco contenido de materia orgánica y nitrógeno, rico en fósforo y extremadamente rico en potasio. Los aumentos producidos en rendimiento total y comercial fueron estadísticamente significativos. Mientras tanto, la fertilización foliar mostró poco efecto, puesto que solo niveló el resultado del tratamiento desbalanceado en nitrógeno y fósforo.

Dávila (1983) en la localidad de Amacueca, Jalisco, con la variedad de alfalfa más difundida en la región, probó el fertilizante AGRO K como aporte de fósforo y potasio e INEX A como adherente. El análisis de varianza reflejó diferencias significativas, y mediante la prueba de medias (DMS) encontró que todos los tratamientos fueron estadísticamente iguales pero diferentes al testigo, por lo que se concluyó que se obtuvo respuesta a la fertilización foliar con dosis superiores a 1 kg/ha.

Mostafa *et al.* (1997) con aplicaciones de 75 ppm de Fe-EDTA (quelato) incrementaron significativamente el número de hojas por rama en plantas de crisantemo variedad Hawai. Las aplicaciones de Fe-EDTA y Zn-EDTA en conjunto, incrementaron la longitud y diámetro del tallo así como el peso seco del mismo.

Czuba *et al.* (1997) realizaron aplicaciones foliares de nitrógeno, magnesio y micronutrientes en remolacha azucarera. En sus resultados reportan que las aplicaciones foliares de fertilizantes son efectivas y recomendables integradas a un sistema de protección de cultivos. Los mejores resultados los obtuvieron al combinar urea al 6 %, sulfato de magnesio al 5 % y micronutrientes..

Para evaluar el efecto de la fertilización foliar sobre la floración de los progenitores, rendimiento y calidad de semilla en maíz (*Zea mays L.*) Zepeda *et al.* (2002) aplicaron fertilizantes foliares constituidos por macronutrientes, micronutrientes y miel de abeja. Los resultados indicaron que los fertilizantes foliares tuvieron efecto significativo sobre los porcentajes de germinación y de viabilidad, peso seco de parte aérea, de raíz y de plántula, pero no en floración media de los progenitores, rendimiento, ni calidad física.

3.6. Calidad del fruto en tomate de cáscara

Sígala y Ramírez (1994) caracterizaron 60 genotipos de tomate de cáscara colectados en diferentes partes de la República Mexicana, en función del contenido de azúcares y acidez, como criterios que permitan diferenciar grupos entre sí. Los resultados revelaron que en el contenido de azúcares reductores directos y totales sólo se diferenciaron dos grupos de medias con respecto del material más dulce, no así en la variable acidez. No se encontró relación entre las variables estudiadas y el origen de las colectas (cultivadas y no cultivadas), así mismo no existió una relación evidente entre el grado de azúcares y acidez.

Avilés (1983) cuantificó la fertilización en tomate de cáscara en Zacatepec, Morelos, campo experimental del INIA, llevando a cabo una evaluación sobre dosis óptimas de fertilización granular en este cultivo en la cual, la mejor dosis fue 100-40-00. Indicando que esta hortaliza produce buenos rendimientos y es necesario consumir una gran cantidad de nutrientes, por lo cual para poder satisfacer los requerimientos, se emplean grandes cantidades de abonos químicos, ya que su uso resulta económicamente beneficioso, mejorando el volumen y la cantidad de frutos.

Castro (1998) trabajó en invernadero utilizando un sistema hidropónico de riego por goteo, como sustrato se utilizó tezontle y la solución nutritiva de Steiner, evaluó seis niveles de esta

solución, (25, 50, 75, 100, 125 y 150 %) y se determinó el efecto de la disponibilidad diferencial de nutrientes sobre el crecimiento, desarrollo y potencial productivo de la planta de tomate de cáscara, se evaluaron las condiciones nutrimentales de la planta mediante el análisis de savia y tejido. Los resultados obtenidos mostraron que no existió relación entre las determinaciones de N, P y K en los análisis de savia y tejido, con respecto a la extracción nutrimental, se observó que no existió relación directa con el rendimiento. También se encontró que a medida que se incrementó la disponibilidad nutrimental para el cultivo, disminuyó el rendimiento y se afectó la calidad del fruto.

Torres (1998) analizó algunos componentes de calidad en 40 materiales colectados en su mayoría en el estado de Jalisco, se observaron diferencias altamente significativas para las variables sólidos solubles, acidez titulable, peso, diámetro ecuatorial y polar y firmeza, no encontrándose diferencias en lo que respecta al pH.

Bock *et al.* (1995) encontraron que el pH promedio del fruto en tomate de cáscara producido en Baja California fue de 3.76. El contenido de humedad promedio fue de 92 %, 11 % de proteína, 18 % de grasa, 13 % de ceniza y 5 % de fibra dietética total en base seca.

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Ubicación del sitio experimental

El presente trabajo se llevó a cabo en el campo experimental del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA), de la Universidad de Guadalajara localizado en el predio las Agujas, Municipio de Zapopan Jalisco; a 22° 44' 44.2" latitud Norte, 103° 30' 41.1" longitud Oeste, altitud de 1692 msnm.

El clima de acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por García (1973), se considera de tipo (Awo) (w) (e) (g); cálido sub-húmedo, temperatura máxima de 27° C y mínima de 14° C, precipitación media anual de 934 mm, humedad relativa media de 60 %.

4.2. Material vegetal

Se utilizó tomate de cáscara variedad Rendidora, liberada en 1976 y que proviene de cuatro ciclos de evaluación de 49 materiales en Zacatepec Morelos, es decir, Rendidora es un criollo sobresaliente que aun presenta gran variabilidad en habito de crecimiento, color, tamaño, entre otros caracteres. (Pérez *et al.*, 1998)

4.3. Análisis de suelo

Se realizó un muestreo de suelo en el área experimental y se analizó en el laboratorio de agrología del CUCBA, incluyendo en el análisis nitrógeno, fósforo, potasio, materia orgánica, pH, conductividad eléctrica y capacidad de intercambio catiónico. Los resultados se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Análisis de suelo, predio Las Agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco.

DETERMINACIÓN	MÉTODO	CONTENIDO
Materia orgánica	Walkey-Black	2.24%
pH	potenciómetro	6.48
Nitrógeno total	Kjedhal	0.14%
Fósforo aprovechable	Espectrofotometría	20 ppm
Potasio aprovechable	Flamometria	170 ppm

Una vez obtenidos los resultados del análisis de suelo se procedió a calcular la cantidad de N, P y K en kg/ha contenidos en el suelo

4.3.1. Estimación de elementos

Estimación de nitrógeno

En el Cuadro 5 se establece una relación entre la materia orgánica y la textura del suelo, tomando en consideración que el nitrógeno también puede ser extraído por la degradación de la primera, es decir nitrógeno orgánico.

Cuadro 5. Nitrógeno liberado por la materia orgánica y la textura del suelo (Miramontes y Ellsworth, 2000).

Contenido de Materia Orgánica (%)	Textura de suelo				
	Arcilloso	Franco arcilloso	Franco	Franco arenoso	Arenoso
0.80-1.19	35-45	46-56	63-73	74-84	85-90
1.20-1.70	46-56	57-67	74-84	85-95	91-99
1.80-2.20	57-67	68-79	85-95	96-107	100-110
2.30-2.70	68-78	80-90	96-106	108-118	111-121
2.80-3.20	79-89	91-101	107-117	119-129	122-132
3.30-3.70	90-99	102-112	118-129	130-140	133-145
3.80-4.20	100-109	113-123	130-140	141-151	146-156
4.30-4.70	110-120	124-135	141-151	152-162	157-168
4.80-5.20	121-131	136-146	152-162	163-174	169-179
5.30-5.70	132-142	147-157	163-174	175-185	180-190
> 5.71	> 143	> 158	> 175	> 185	> 191

El contenido de nitrógeno en el suelo se estimó en base a los valores señalados en el Cuadro 5 de acuerdo al dato obtenido para materia orgánica de la muestra analizada (Cuadro 4), el resultado fue el siguiente:

Contenido de Materia Orgánica (%), en la muestra	Textura del suelo	Contenido de nitrógeno
2.24	franco-arenoso	108 Kg / ha

Estimación de fósforo y potasio

Tomando en consideración que 1 ppm = 1 mg/kg se utilizó la siguiente fórmula:

$$M \times P \times D \times C = E$$

Donde:

M = metros cuadrados por hectárea

P = profundidad del suelo

D = densidad aparente del suelo

C = cantidad del elemento determinado en ppm.

E = kilogramos / hectárea del elemento determinado.

Sustituyendo los valores obtenidos para los elementos respectivos, se obtuvo:

$$10.000\text{m}^2 \times 0.20\text{m} \times 1.1659\text{grs/cm}^3 \times 20\text{ ppm} = 46.636\text{ kg. / ha. de fósforo}$$

$$10.000\text{m}^2 \times 0.20\text{m} \times 1.1659\text{grs/cm}^3 \times 170\text{ ppm} = 396.406\text{ kg / ha. de potasio}$$

4.4. Diseño de tratamientos

Se compararon diferentes dosis de fertilización granular al suelo solas y combinadas con aplicaciones de fertilizante foliar. Como punto de comparación se empleó la dosis de N-P-K, 180-90-90 utilizada por los agricultores de la región (Santiaguillo, 2002 comunicación personal¹).

Los demás tratamientos se generaron buscando valorar el contenido de N, P y K en el suelo, o combinando niveles de aplicación de fertilización al suelo y con fertilizantes foliares, un producto comercial de amplio uso y una fórmula propuesta por el Colegio de Posgraduados Montecillo, México (Rodríguez 2002, comunicación personal²)

En el (Cuadro 6) se muestran los tratamientos generados en el diseño.

Cuadro 6. Tratamientos utilizados, Las agujas, Nextipac, Zapopan, Jalisco.

	TRATAMIENTO	FERTILIZACIÓN AL SUELO	FOLIAR
1	DUA	180-90-90 ^a	Sin aplicación
2	DUA 50%+NV3	90-45-45 ^b	NV3
3	Análisis de suelo	62-44-00 ^c	Sin aplicación
4	DUA 100%+NV3	180-90-90	NV3
5	DUA + Bayfolan forte	180-90-90	Bayfolan forte (2 L / ha)

^a Dosis utilizada por el agricultor de la región (DUA) (Santiaguillo 2002, comunicación personal) 180-90-90 (N-P-K).

^b Fertilización al suelo 50 % de la DUA, más aplicaciones foliares con NV3 (fertilizante foliar elaborado según indicaciones de Rodríguez Mendoza, comunicación personal).

^c Las unidades estimadas de N, P, K mediante el análisis de suelo se restaron a la dosis utilizada por el agricultor de la región.

¹José Francisco Santiaguillo Hernández. Profesor Investigador del Centro Regional Universitario de Occidente. Universidad Autónoma Chapingo. Guadalajara, Jal. Tel/01-33-36-57-39-78, Fax 01-33-36-15-17-29

²María de las Nieves Rodríguez Mendoza. Profesora-Investigadora del Área de Nutrición Vegetal del IRENAT. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. Tel 01 595 95 2 02 00

4.5. Fertilizantes utilizados y época de aplicación

4.5.1. Fertilizantes aplicados al suelo

Para la fertilización al suelo se emplearon los fertilizantes granulares fosfato de amonio (18-46-00), sulfato de amonio (20-00-00), y sulfato de potasio (00-00-50).

4.5.2. Fertilizantes foliares

Los fertilizantes foliares utilizados fueron NV3 y Bayfolan forte®. El NV3 es un fertilizante foliar elaborado con macro y micro nutrientes, formulación elaborada por el Colegio de Postgraduados en Ciencias Agrícolas, México; su composición se describe en el Cuadro 7 (Rodríguez 2002, comunicación personal).

Cuadro 7. Formulación del fertilizante foliar NV3.

Sal	g.L ⁻¹
Urea	2
NH ₄ NO ₃	1
KNO ₃	2
KH ₂ PO ₄	2
ZnSO ₄	0.5
CuSO ₄	0.5
H ₃ BO ₃	0.5
MnSO ₄	0.5
MoSO ₄	0.5
Fe EDTA	1 ml

La preparación del Fe con el ácido etilendiamino-tetraacético (sal disódica EDTA) se realiza disolviendo 29.66 g de ácido EDTA libre en 300 ml de una solución normal de NaOH, posteriormente se agregan 27.8 g de FeSO₄ · 7H₂O en 333.33 ml de agua. Se agrega la solución de EDTA al total de la solución de hierro y se mezcla en un recipiente de vidrio ámbar que no permita la entrada de luz, oxigenar aproximadamente 24 horas, con una bomba hasta que la solución adquiera un color café oscuro, sé afora a 1 litro. La concentración de Fe EDTA corresponde a 5.6 mg L (Rodríguez 2002, comunicación personal).

El fertilizante foliar Bayfolan forte® de Bayer se utilizó como comparación comercial, la formulación reportada en la etiqueta se menciona en el (Cuadro 8).

Cuadro 8. Formulación de Bayfolan forte.

Nutrimento	%
Nitrógeno total	11.47
Fósforo	8.00
Potasio	6.00
Azufre	0.23
Boro	0.04
Calcio	0.03
Cobre	0.04
Cobalto	0.00
Fierro	0.05
Manganeso	0.04
Molibdeno	0.01
Magnesio	0.03
Zinc	0.08
Ácido indol acético	0.00
Clorhidrato de tiamina	0.00

Fuente : Anónimo. 1992 Diccionario de Especialidades Agroquímicas. PLM (Ed.) pp. 99-100.

4.5.3. Época de aplicación de los fertilizantes

En la fertilización al suelo se aplicó la mitad del N y todo el P y K al momento del transplante y la segunda mitad del N 30 días después, mientras que las aplicaciones foliares con NV3 y Bayfolan se hicieron cada 15 días, iniciando las aplicaciones foliares el 08 de Agosto y finalizando el 20 de septiembre del 2002, únicamente 3 aplicaciones.

4.6. Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con cuatro repeticiones y cinco tratamientos con un total de 20 unidades experimentales.

4.6.1. Unidad experimental

La parcela experimental estuvo conformada por cuatro surcos de 1.20 metro de ancho por 4.80 metros de largo con un área total de 23.04 m². La distancia entre plantas fue de 30 cm, colocando 17 plantas por surco. Como parcela útil únicamente se tomaron los dos surcos del centro, eliminando las plantas a los extremos de cada surco. En la Figura 1 se presenta el croquis de distribución de las unidades experimentales y de los tratamientos asignados.

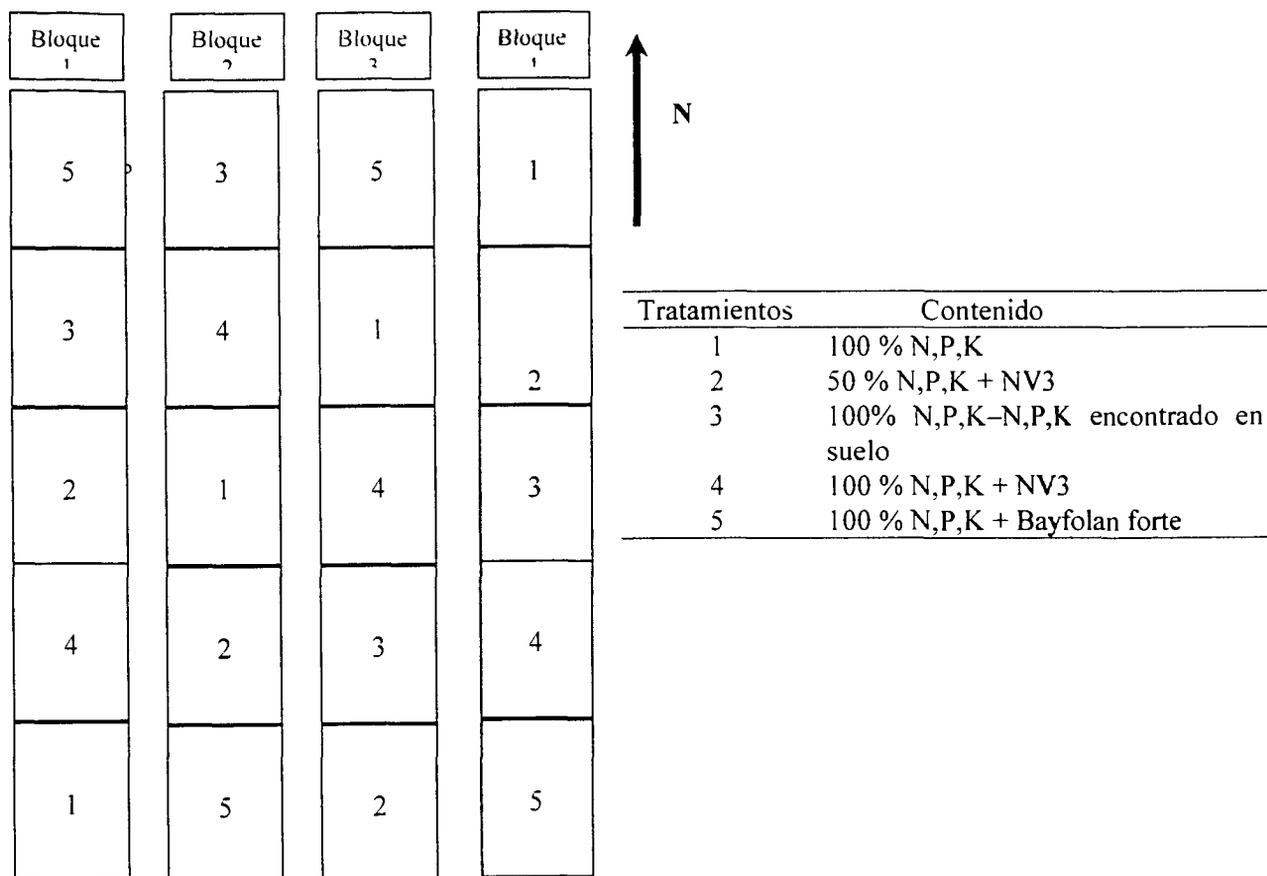


Figura 1. Croquis de distribución de tratamientos

4.7. Conducción del experimento

4.7.1. Preparación del terreno

Se efectuó conforme lo realiza el productor de la localidad que consiste en barbecho, rastra y para finalizar con el surcado a 1.20 m de distancia, el terreno preparado correspondió a 460 m² los cuales se fraccionaron en las 20 unidades experimentales.

4.7.2. Preparación de charolas para siembra

Se utilizaron charolas de poliestireno, y como sustrato se utilizó arena de río y jal en proporción de 1:1, se homogeneizó la mezcla y se agregó agua hasta llegar la misma a un punto adecuado de humedad.

4.7.3. Producción de plántula

Se llevó a cabo en el invernadero II del Departamento de Producción Agrícola del CUCBA, la siembra de las charolas se realizó el 19 de Junio del 2002. Una vez que las plántulas presentaron las dos primeras hojas verdaderas se procedió a hacer aplicaciones foliares con miel de abeja en proporción de 2 g en 100 ml de agua, cada 7 días.

4.7.4. Transplante

Se realizó entre los días 25 y 26 de Julio del 2002, 37 días después de la siembra, y se aplicó riego al momento del transplante.

4.7.5. Control de plagas y enfermedades

En invernadero a pocos días de emergidas las plántulas se presentó el ataque de Formícidos (hormigas) causando defoliación de cotiledones y hojas verdaderas, para su control se empleo Cipermetrina X-termin en dosis de 20 ml L⁻¹ de agua; la aplicación se realizó a la aparición del insecto y permitió tener un control adecuado.

A la tercer semana después de la emergencia de las plántulas se presentó *Rhizoctonia spp.* que produce estrangulación en la base del tallo, se utilizó el fungicida Rhizogard en dosis de 5 ml L⁻¹ de agua y se combinó con aplicaciones posteriores de 5 g de Amistar en 15 litros de agua, así como también aplicaciones con 9 g de Ridomil Bravo en 15 litros de agua.

En campo, a medio ciclo del cultivo, se empezó a detener el crecimiento de las plantas y posteriormente apareció un amarillamiento sobre las hojas respetando las nervaduras de la misma y en algunos casos llegando el amarillamiento sobre el borde de las hojas. El diagnóstico fue deficiencia de magnesio localizada en manchones sobre el área experimental, de diferente magnitud. El control se realizó con aplicación de sulfato de magnesio en una concentración de 2 Kg / 100 litros de agua utilizando mochila aspersora de 15 litros / 300grs de MgSO₄·7 H₂O. Se controló el amarillamiento por un lapso de 2 semanas, sin embargo, al final de este periodo nuevamente se manifestó. Se eliminó la posibilidad de hongos que causaran el amarillamiento al no existir la presencia de esporas sobre las hojas, y después de analizar en cámara húmeda una muestra de estas.

La presencia de plagas rizófagas resulto negativa y para ello se quitaron varias plantas, se extrajeron muestras de suelo las cuales se analizaron y lo único encontrado fue 2 gallinas ciegas en

estado larval en 7 muestras de suelo analizadas. Las raíces de las plantas extraídas no presentaban nódulos que evidenciaran la presencia de nemátodos.

La revisión de tallos al exterior presentó un aspecto normal únicamente con los entrenudos mas cortos; el interior del tallo al ser cortado con navaja gran parte del mismo se encontró semi-seco y en ciertas regiones se localizó la presencia de una larva, la cual fue ovipositada en el tallo del cual se alimento. El diagnóstico efectuado po un entomologo del CUCBA, indico ataque en el interior del tallo por una larva de la familia Syrphidae, Orden Diptera. El tiempo trascurrido entre el primero y el segundo diagnóstico fue fundamental para el declive de las plantas ya que para el segundo diagnóstico las mismas se mostraban con un deterioro casi total, motivo por el cual soló se realizo la cosecha en dos cortes.

4.7.6. Control de malezas

Las malezas presentes se pudieron controlar *mecánica y manualmente*. El primera control se realizó utilizando un azadón esta labor se hizo a las 6 semanas después del trasplante. El control manual se realizo en dos jornadas, la primera antes de la segunda fertilización al suelo y la segunda jornada antes de la 10ª semana después del trasplante.

4.7.7. Cosecha

Las fechas de los cortes fueron dos: el primero el día 1º de octubre del 2002 y la segundo el 15 de octubre del 2002.

4.8. Variables medidas

Las variables que se midieron fueron las siguientes : Rendimiento de fruto, pH, acidez titulable, sólidos solubles y peso las que se evaluaron en el laboratorio de agrología del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias de la Universidad de Guadalajara. La variable firmeza se determinó en el Laboratorio de autenticidad y calidad de productos agroalimentarios del Centro de Investigación en Alimentos Tecnología y Diseño del Estado de Jalisco. (CIATEJ).

El tamaño de la muestra en todas las variables de calidad fue de 10 frutos por unidad experimental los cuales se midieron en el corte 1 y en el corte 2 y su ANAVA se hizo en cada uno de los mismos con excepción del rendimiento.

A continuación se describen los procedimientos para estimar las variables señaladas:

4.8.1 Rendimiento total de los dos cortes

Se cuantificó directamente en campo utilizando una balanza y el resultado se expresó en kilogramos por parcela y se transformó a ton/ha.

4.8.2. Peso de fruto

Se cuantificó con una balanza granataria digital de precisión 620 C, sobre la cual se colocó cada tomate con cáscara.

4.8.3. Sólidos solubles

Se utilizó un refractómetro manual marca Atago, colocando una gota de jugo (la cual se obtuvo al exprimir manualmente el fruto) sobre el lente de refracción y después de ser cubierto, se realizó la lectura en grados brix, indicándonos el porcentaje de sacarosa a 20 grados centígrados.

4.8.4. pH

Se pesaron 10 gramos de tejido fresco molidos de forma mecánica con la ayuda de un mortero y pistilo de cristal, para posteriormente homogenizar la muestra con 50 ml de agua destilada y colocarla en un vaso de precipitado de 250 ml en el cual se sumergió el electrodo de un potenciómetro manual marca PH- BLACK-SCALE, donde se obtuvieron las lecturas.

4.8.5. Acidez titulable

El mismo extracto anterior se utilizó para cuantificar la acidez titulable, la muestra se tituló con hidróxido de sodio al 0.1 normal hasta que la muestra alcanzara un pH de 7.2 usando para ello un potenciómetro. El porcentaje de ácido fosfoglicérico se estimó como se indica en la siguiente fórmula:

$$\% \text{ ácido fosfoglicérico} = \frac{(\text{ml de hidróxido de sodio}) (\text{N de NaOH}) (6.4)}{10 \text{ g de muestra}} \%$$

El ácido fosfoglicérico es utilizado como referencia en acidez titulable debido a que es el ácido que se encuentra en mayor porcentaje en peso en tomate de cáscara.

4.8.6. Firmeza

Se empleo un texturometro Marca TA-XTZ Texture stable micro systems analyser. Software XTRA dimensión, con el puntal de 0.5 mm para penetrar a cada fruto colocado sobre una placa de metal ubicándolo con la cicatriz donde se encontraba adherido al pedúnculo hacia abajo, considerando el punto de mayor fuerza o presión sobre él al ser empacado y transportado. La fuerza ejercida se obtuvo en gramos mediante un sistema de computación conectado al texturometro el cual registra la fuerza ejercida.

4.9. Análisis estadístico

En el experimento se realizaron dos cosechas y las variables antes mencionadas se probaron mediante el análisis de varianza considerando la prueba de F para tratamientos, cortes y la interacción tratamiento por corte. En las variables y factores en que se obtuvieron diferencias significativas se empleo la prueba de Duncan, p (0.05) utilizando el paquete estadístico SAS (Statistical Analysis System) versión 6.2.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de varianza

En el análisis del rendimiento total de los dos cortes, no se presentaron diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios y probabilidad para rendimiento total de los dos cortes en tomate de cáscara. Nextipac, 2002.

Fuente de variación	G de L	Rendimiento	
		CM	Pr > F
Repetición	3	3.32	0.2979
Tratamiento	4	2.33	N.S
Error	12	2.42	
C. de V.		28.51	

En el análisis de varianza para las variables de calidad de fruto, entre tratamientos no se registraron valores significativos, lo que indica que los tratamientos fueron estadísticamente iguales (Cuadro 10).

Entre cortes se manifestaron diferencias significativas en las variables peso de fruto, sólidos solubles y acidez titulable (Cuadro 10). El primer corte presentó el mayor peso de fruto y el valor superior de acidez titulable, con el menor valor en el contenido de sólidos solubles, mientras que para el corte 2 se reduce el peso de fruto y la acidez del fruto, con un mayor contenido de sólidos solubles (Cuadro 11). Estas diferencias pudieron deberse a los días de maduración y a la actividad fotosintética, ya que a partir del segundo corte la planta comenzó con los procesos de senescencia y disminución del transporte de agua, dando lugar a la acumulación de azúcares notorios en el segundo corte (Yahia y Higuera, 1992)

La interacción tratamiento x corte mostró significancia estadística en el peso de fruto (Cuadro 10). La expresión de los caracteres peso, sólidos solubles y acidez titulable fue mayor en el corte 1 que en el corte 2, excepto el tratamiento 5 que incrementa el peso de fruto (Figura 2).

La comparación de medias entre tratamientos para el corte 2 se muestra en el Cuadro 12, donde se observa que los valores superiores los presentan los tratamientos 3 y 5, y superan sobre todo al testigo.

Cuadro 10. Cuadrados medios y probabilidad para variables de calidad de fruto en tomate de cáscara. Nextipac, 2002.

Fuente de variación	G de L	Peso de fruto		Sólidos solubles		PH		Acidez titulable		Firmeza área total		Firmeza pico máximo	
		C. M.	Pr > F	C. M.	Pr > F	C. M.	Pr > F	C. M.	Pr > F	C. M.	Pr > F	C. M.	Pr > F
Repetición	3	9.84	N.S	0.60	N.S	2.02	N.S	0.03	N.S	1.05	N.S	66898.48	N.S
Tratamiento	4	16.10	N.S	0.33	N.S	0.02	N.S	0.03	N.S	0.25	N.S	6770.11	N.S
Repetición x Tratamiento	12	14.51	N.S	0.47	N.S	0.05	N.S	0.01	N.S	1.14	N.S	66703.02	N.S
Corte	1	117.78	*	1.55	*	0.02	N.S	0.05	*	3.62	N.S	22009.23	N.S
Tratamiento x Corte	4	24.02	*	0.40	N.S	0.14	N.S	0.01	N.S	0.63	N.S	22436.56	N.S
Error	15	7.51		0.15		0.34		0.01		1.23		47640.65	
C. de V		11.50		7.42		15.28		11.78		11.33		11.76	
* significativo al 5 %										N.S No significativa			

Cuadro 11. Comparación de medias entre cortes para tres variables de calidad de fruto. Nextipac, 2002.

CORTE	Peso de fruto	Sólidos solubles	Acidez titulable	Firmeza área total	Firmeza pico máximo
1	25.531 A	5.050 B	0.903 A	10.11 A	1879.4 A
2	22.099 B	5.444 A	0.831 B	9.51 A	1832.5 A
DMS	2.115	0.351	0.068	0.71	153.1

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente, al 5% de probabilidad.

Cuadro 12. Medias para tratamientos en calidad de fruto en el corte 2. Nextipac, 2002.

TRATAMIENTO	Peso de fruto	Sólidos solubles	pH	Acidez titulable	Firmeza área total	Firmeza pico máximo
1 DOE	19.3 B	4.8	3.9	0.72 B	9.0	1838.9
2 DOE 50%+NV3 100%	20.3 AB	5.5	3.8	0.85 AB	9.8	1854.7
3 Análisis de suelo	25.2 A	5.9	3.8	0.91 A	9.5	1879.3
4 DOE 100%NVE3 50%	20.6 AB	5.5	3.7	0.84 AB	9.4	1744.6
5 Bayfolan F.	25.1 A	5.5	3.7	0.84 AB	9.6	1845.1
DMS	5.5	1.4	0.3	0.2	2.0	485.2

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente, al 5% de probabilidad.

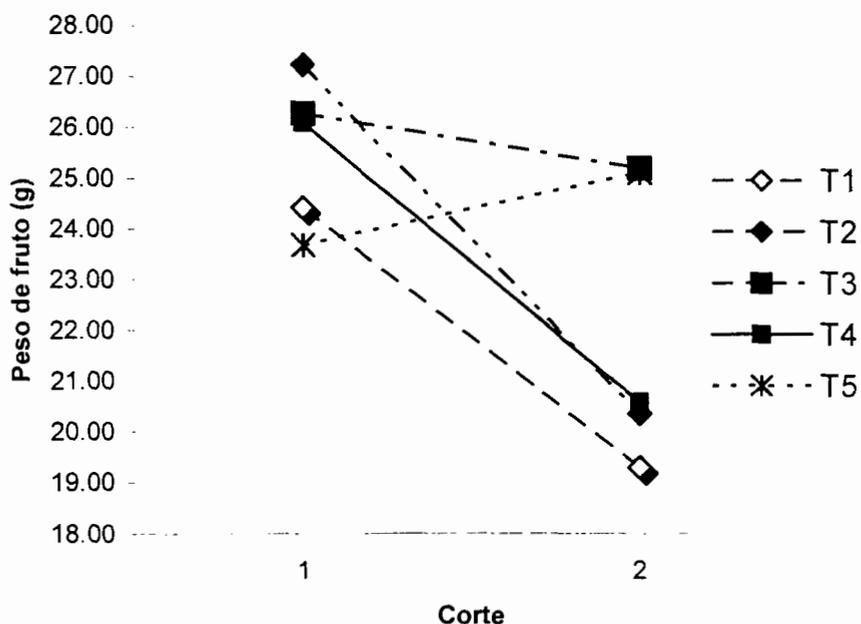


Figura 2. Efectos de interacción entre tratamientos y corte para el peso de fruto (g) de tomate de cáscara, Nextipac, 2002.

5.2. Interpretación para cada variable estudiada

5.2.1. Rendimiento total de fruto

Aún cuando estadísticamente no se obtuvieron diferencias significativas para el rendimiento total de fruto (suma de los dos cortes realizados), tomando en consideración los problemas fitopatológicos presentados en la etapa experimental en campo, se puede considerar que la producción se vió afectada por estos problemas, reduciendo los rendimientos hasta en 60% aproximadamente, en comparación con los datos reportados por la SAGARPA en el ciclo primavera-verano 1999 donde en temporal se registró en promedio nacional un rendimiento de 10.5 ton/ha; y para el ciclo otoño-invierno 1999-2000 reportó 7 ton/ha

El tratamiento donde se aplicó Bayfolan forte® fue el que obtuvo mayor rendimiento con 6.514 ton/ha, seguido del tratamiento 3 con 6.210 ton/ha (Figura 3) donde solamente se fertilizó con producto químico al suelo aplicando la diferencia entre la dosis utilizada por el agricultor y las cantidades reportadas por el análisis de suelo.

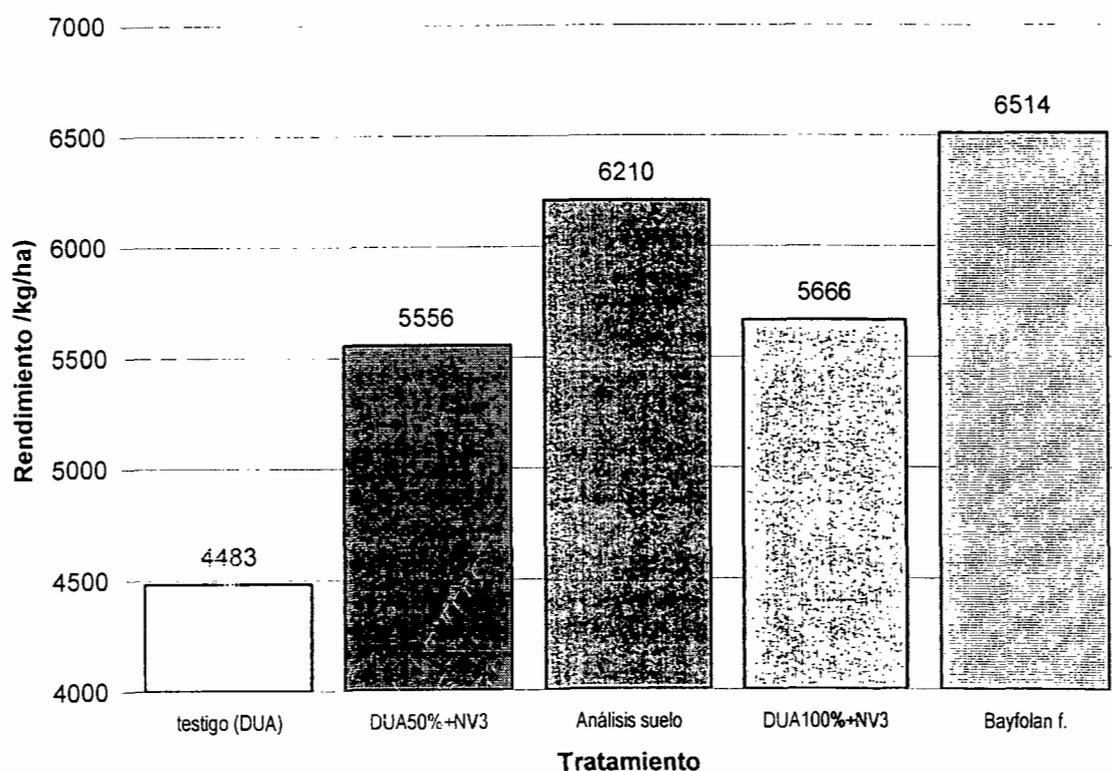


Figura 3. Rendimiento en ton/ha para tomate de cáscara. Nextipac, 2002

El tratamiento que menor rendimiento generó fue el testigo, la dosis utilizada por el agricultor, produjo 4.483 ton/ha y los demás tratamientos se ubicaron como intermedios, aunque hay que resaltar que todos los demás tratamientos superaron al testigo con al menos 1 ton/ha.

Expresando en porcentaje los rendimientos obtenidos por los tratamientos, quedan de la siguiente manera 24, 26, 39 y 45 % por sobre el testigo, respectivamente para los tratamientos 2, 4, 3 y 5. En la figura 2 se pueden observar con mayor claridad las diferencias en rendimiento.

Bayfolan forte aumentó en 2 ton/ha la producción de fruto, resultado similar a lo obtenido por Velásquez *et al.* (1994) al mencionar que este producto, además de otros productos foliares a diferentes dosis no presentaron efectos significativos sobre el rendimiento.

De forma parecida, aunque con menor efecto, los tratamientos donde se aplicó el fertilizante foliar NV3 también incrementaron el rendimiento en comparación al testigo. Ambos tratamientos fueron similares entre sí, y es importante destacar que el tratamiento 2 con 50% del fertilizante al suelo mas NV3 incremento el rendimiento en poco más de 1 tonelada. Por otro lado el fertilizante foliar mas la dosis óptima económica, también provoco incremento en el rendimiento en 1.1 ton/ha.

Desde un punto de vista económico resultaría mas rentable hacer el análisis de suelo y aplicar solamente el fertilizante necesario para complementar los nutrimentos existentes en el suelo pues con este tratamiento (3) se obtuvieron 1.6 ton/ha más que el testigo, y así evitaríamos contaminación del suelo.

5.2.2. Peso de fruto

Aún cuando entre tratamientos no se presentaron diferencias significativas, todos los tratamientos superaron al testigo (21.8 g) (Cuadro 10). El tratamiento 3 fue el que obtuvo el valor más alto (25.7 g), seguido del tratamiento 5 (24.3 g) y por último los tratamientos 2 (23.8 g) y 4 (23.3 g).

Al comparar entre cortes con la prueba de Duncan al 5 % de probabilidad, se encontró que el promedio del peso del fruto para el corte 1 (25.5 g) superó estadísticamente al promedio para el corte 2 (22 g). Según se muestra en el cuadro (11) esto se presenta generalmente debido a que la planta favorece en tamaño los frutos inicialmente presentes, compensando la menor cantidad que se forma de ellos en las etapas iniciales de floración y fructificación, sobre todo por el menor número de ramas presentes en la planta. En el caso de tomate de cáscara, se forma un fruto individual en la axila de cada bifurcación de las ramas.

La interacción entre tratamientos y cortes fue significativa, como se observa en el Cuadro 10 y la Figura 2. En todos los tratamientos el peso del fruto del corte 2 se reduce marcadamente en los tratamientos 1, 2 y 4, con menor efecto en el tratamiento 3, y sólo en el tratamiento 5 se incrementa el peso de fruto del corte 1 al corte 2 (Figura 4).

Los pesos de fruto se mantuvieron similares en los tratamientos 3 y 5, con diferencias menores a 2 gramos entre cortes, mientras que los demás tratamientos tuvieron diferencias de 5 a 7 gramos (Figura 4), resultando más deseable que se mantengan pesos de fruto similares entre cortes, lo cual favorecería la calidad del mismo. En todo caso el mejor tratamiento es el 3 que presenta los mayores pesos en ambos cortes, además de pesos similares entre cortes.

7

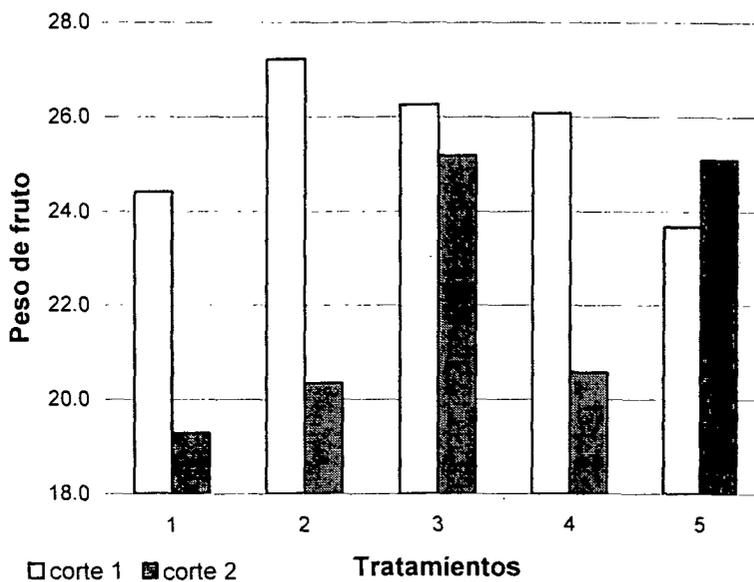


Figura 4. Peso de fruto por corte y por tratamiento en tomate de cáscara, Nextipac, 2002.

5.2.3. Sólidos solubles

Los sólidos solubles no se modificaron significativamente por efecto de los tratamientos, aún así es importante mencionar que los promedios mas altos obtenidos fueron para los tratamientos 3 (5.48 grados brix), y 5 (5.33 grados brix), y nuevamente el tratamiento 1 presentó el valor más bajo (4.94 grados brix).

Entre cortes se manifestaron diferencias significativas en donde el primer corte presentó el valor más bajo (5.05) y significativamente diferente al corte 2 (5.44), de acuerdo con la comparación de medias de Duncan al 5 % (Cuadro 11). Esto posiblemente debido a los días de

maduración y a la actividad fotosintética, ya que al pasar un periodo de desarrollo considerable empieza a disminuir la cantidad de agua y a ser mayor la concentración de azúcares en los frutos.

5.2.4. pH

Esta característica del fruto no se modificó por efecto de los tratamientos. En el primer corte se ubicó en promedio con un valor de 3.4 y en el segundo corte con 3.7 esto es por que al parecer es una variable de calidad sumamente estable, los resultados concuerdan con los obtenidos por (Bock *et al.*, 1995) al encontrar que el pH de frutos en tomate de cáscara en el estado de Baja California se ubicó en 3.76. y a lo reportado por Torres (1998) al no encontrar diferencias significativas entre el pH de 40 variedades.

5.2.5. Acidez titulable

Para la acidez titulable se obtuvo una probabilidad del 6%, cercana al punto para ser aceptada la hipótesis alternativa sobre la existencia de diferencias entre tratamientos (Cuadro 10). El valor superior lo alcanzó el tratamiento 3 con una media de 0.97 diferente al tratamiento 1 (testigo) que obtuvo el valor más bajo 0.80, el resto de los tratamientos muestran valores intermedios y similares entre sí, sin embargo destaca que el tratamiento con los menores valores de acidez es el testigo (Cuadro 13).

Cuadro 13. Comparación de medias entre tratamientos, para acidez titulable (Duncan 5%), Nextipac, 2002.

Tratamiento	Acidez titulable	
1	0.80	B
2	0.88	AB
3	0.97	A
4	0.85	AB
5	0.84	AB
DMS	0.15	

Como ya se mencionó, entre cortes se obtuvieron diferencias significativas presentando el valor más alto en el corte 1 (0.90), sobre el corte 2 (0.83). Aunque los valores no son consistentes entre ambos cortes, destaca el tratamiento 3 con los valores más altos en ambos cortes. El tratamiento 5 muestra el mismo valor en ambos cortes (Cuadro 14).

Cuadro 14. Medias de acidez titulable de tratamientos en dos cortes en tomate de cáscara, Nextipac.
2002.

Tratamiento	Acidez titulable	
	Corte 1	Corte 2
1	0.88	0.72
2	0.91	0.85
3	1.02	0.91
4	0.86	0.84
5	0.84	0.84

5.2.6. Firmeza

El pico máximo en gramos se refiere a la fuerza necesaria o requerida para romper o penetrar la epidermis del fruto. Los análisis de varianza por cortes y entre tratamientos no manifestaron diferencias significativas para la firmeza (Cuadro 10) por lo cual la aplicación de foliares y su combinación con fertilización al suelo no modificaron la firmeza del fruto.

VI. CONCLUSIONES

1. La aplicación de los fertilizantes foliares NV3 y Bayfolan forte no mejoró el rendimiento de fruto en tomate variedad rendidora.
2. El fertilizante foliar Bayfolan forte propició el aumento de peso en frutos de tomate de cáscara.
3. Las variables de calidad pH, sólidos solubles y firmeza no mejoraron con la aplicación de fertilizantes foliares.

VII. RECOMENDACIONES

1. Tomar en consideración los elementos contenidos en el suelo por el efecto residual de los fertilizantes, la materia orgánica o la incorporación de abonos orgánicos.
2. Valorar que en estudios de este tipo el muestreo correcto del suelo es de vital importancia, debido a la heterogeneidad del mismo, con el propósito de obtener datos claros sobre las condiciones físicas y químicas del suelo.
3. Se requiere tener una visión objetiva sobre los diferentes factores bióticos y abióticos que pueden influir sobre el cultivo del tomate de cáscara
4. Al existir únicamente información sobre variedad rendidora, surge una necesidad de trabajar con otras variedades de tomate de cáscara con importancia en diferentes entidades de la república.
5. Evaluar la utilización de la miel de abeja como fertilizante foliar ya que al parecer induce una mejor condición física de plántulas reflejado en una mayor altura y número de hojas.
6. Estimar la dosis adecuada del NV3 para lograr una adecuada absorción y evitar la formación de lesiones por un exceso en la concentración aplicada, al parecer al 50% de la formulación recomendada por el Colegio de Postgraduados permite una aplicación segura, para el cultivo de tomate de cáscara.

VIII LITERATURA CITADA

- Amézquita H., J. 1983. Estudio del efecto de la fertilización N, P₂O₅, K₂O foliar sobre el rendimiento, y la calidad de la cosecha y fenología de la papa de riego en el municipio de León. Guanajuato. Tesis de licenciatura. Ex-Hacienda el Copal. Universidad de Guanajuato. Irapuato, Guanajuato, México.
- Anónimo. 1992. Diccionario de especialidades agroquímicas Ediciones PLM. Tercera edición. México DF. pp: 99-100
- Arroyo Z.,L. 1993. Evaluación de fertilizantes foliares y fechas de aplicación en tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot. Tesis profesional. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo, Texcoco, México. pp. 11-60
- Avilés R., J, L. 1983. Monografía sobre el cultivo del tomate de cáscara. Tesis profesional. Universidad Autónoma de Guerrero. Iguala, Guerrero, México. pp. 7-8
- Bock, M, A., J. Sánchez P.; M. Ortiz. 1995. Selected nutritional and quality analysis of tomatillos (*Physalis ixocarpa*). Plant-Foods-for-Human-Nutrition. 48 : (2) 127-133.
- CALIFORNIA FERTILIZER ASOCIATION (CFA). Soil Improvement Committee. 1995. Manual de fertilizantes para horticultura. Editorial Limusa. 291 p.
- Calderón de R, G. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de ecología AC. Centro regional del bajío. Segunda edición. Patzcuaro, Michoacán, México. pp : 662
- Casas C., A. 1999. El análisis del suelo-agua-planta y su aplicación en la nutrición de los cultivos hortícolas en la zona del sureste peninsular. Caja rural de Almería. Barcelona España. pp: 41-42
- Castro B., R. 1998. Índices nutrimentales en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis Maestría. Montecillo, Texcoco, México.
- Czuba R., H. Sztuder, M. Swierczewska. 1997. Agrotechnical and economic aspects of foliar fertilization in sugarbeet. Biuletyn-Instytutu-Hodowli-i-Aklimatyzacji Roslin. 1997. 202: 131-137
- D'Arcy, W., G. 1986. Solanaceae: Biology and Sistematics. Columbia University Press. New York. U. S. A. : 416-430.
- Dávila S., M. 1983. Respuesta a la fertilización foliar (P,K) en el cultivo de alfalfa (*Medicago sativa* L.). Tesis de licenciatura. Las agujas, Zapopan, Jalisco, México.

- Fuentes, Y. J. L. 1999. El suelo y los fertilizantes. Ministerio de agricultura, pesca y alimentación. Ediciones. Mundi-prensa Madrid 5ª Edición. pp : 3-95
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen. 2ª Edición. UNAM. México.
- Greetz, H. A. 1983. Suelos y fertilización. Manuales para la educación agropecuaria. Suelos y agua. Editorial Trillas. México. pp: 79-80.
- Jacob, A. and H. Uexküll V. 1969. Fertilización, nutrición y abonado de los cultivos tropicales y subtropicales. Tercera edición. Alemania. pp: 45-65.
- Kolota, E. and M. Osinska. 2000. The effect of foliar nutrition on yield of greenhouse tomatoes and quality of the crop. EUCARPIA TOMATO 2000 XIV meeting of the EUCARPIA Tomato Working Group, Warsaw, Poland, 20-24 August 2000. Acta-Physiologiae-Plantarum. 22 (3): 373-376.
- Martínez D., M. L. 1993. Systematics of *Physalis* (Solanaceae). Tesis. Doctor of Philosophy. The University of Texas at Austin. pp: 44-57.
- Mengel K and E. A. Kirkby. 2001. Principles of Plant nutrition. 5th. Ed. Kluwer Academic Pub. Netherlands. 849 p.
- Miramontes L., E., y B. Ellsworth B. 2000. Memorias del II curso internacional de fertirrigación. Vol. III. Departamento de Irrigación. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp: 118-119.
- Mortvedt J. J; P. M., Giordano; W. L. Lindsay. 1983. Micronutrientes en Agricultura. AGT. Editores. México D.F. pp: 267-287
- Mostafa M, M., El - Haddaad-EH, Amer- M-A. 1997. Effectiveness of foliar nutrition with some micro-elements of *Chisanthemum* plants. Alexandria-Journal-of-Agricultural-Research 42:(1) 81-93.
- Muñoz R, J, J.; J. Z. Castellanos. 2003. Manual de Producción Hortícola en Invernadero. Instituto Nacional de Capacitación Agraria. INCAPA. Primera edición. México D.F. pp: 182-184.
- Peña L, A. y J. F. Santiaguillo H. 1998. Variabilidad genética del tomate de cáscara en México. Boletín técnico # 2. Programa nacional de investigación en olericultura. Departamento de fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo México. 26 p.
- Pérez G. M., F. Márquez S.; A. Peña L. 1998. Mejoramiento genético de hortalizas. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp: 217 - 243
- Reyes, C. P. 1978. Diseño de Experimentos Aplicados. Editorial Trillas. México D.F. 243 p.

- Rodríguez M., M. N. 1997. Fertilización foliar en el cultivo de tomate en condiciones de invernadero. Tesis. Doctor en Ciencias Especialista en Edafología. Colegio de Postgraduados. Montecillo. Texcoco. México. pp: 1-35
- Rodríguez, S. F. 1982. Fertilizantes Nutrición Vegetal. Editor AGT. México D.F. pp: 11-31.
- SAGARPA. 1999. Anuario Estadístico de la Producción Agrícola de los Estados Unidos Mexicanos. Centro de Estadística Agropecuaria por Cultivo. CEAC. México. pp.: 576-582.
- SAGARPA. 2001. Servicios de Información y Estadística Agroalimentaria y Pesquera. Cuadros. I-VII. México.
- Salisbury, F. B.; C. W. Ross. 1992. Fisiología vegetal. Editorial Iberoamérica. México D.F. pp: 127-148.
- Santiagoullo H., J. F., A. Peña L., F. Márquez S., J. A. Cuevas S. 1997a. Importancia de los recursos fitogenéticos del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*) en México. Publicaciones del programa nacional de etnobotánica. Serie recursos vegetales Mesoamericanos. Número 2. Chapingo. México. 11p.
- Santiagoullo H. J. F., A. Peña L., D. Montalvo H. 1997b. Tomate de cáscara. Hortaliza de importancia en México. Agrocultura para el agricultor diversificado. Julio-Agosto 8 (47): 6-9.
- Santiagoullo H. J. F., y A. Peña L. 1997c. Tomate de cáscara ¡Elija su variedad! Artículo técnico. Revista. Agrocultura Para el productor diversificado. Septiembre-October.8 (48): 12-14.
- Santiagoullo H. J. F., A. Peña L., D. Montalvo H. 1997d. El tomate milpero (*Physalis* spp.) en Villa Purificación Jalisco. Ponencia presentada en el VII. Congreso Nacional de Horticultura. Marzo 16-20. Culiacán Sinaloa México.
- Sigala M. T.; C. E. Ramírez B., A. Peña L. 1994. Determinación de azúcares simples y acidez en colectas de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Revista Chapingo. Serie Horticultura. Universidad Autónoma Chapingo. México. 141-143
- Steel, D. R. G, and J. Torrie H. 1997. Bioestadística Principios y Procedimientos. Editorial McGRAW-HILL. Segunda edición. México D.F. pp:166-167
- Torres P., V. 1998. Componentes de calidad de cuarenta materiales de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de licenciatura. Fac. Agricultura, U de G. Las agujas, Zapopan, Jalisco, México. 49 p.
- Vargas P. O., M. Martínez y D., P. A. Dávila A. 1998. El género *Physalis* (Solanaceae) en el estado de Jalisco. Boletín IBUG. 5 (1-3): 395-401.

- Velásquez C. M., A. Peña L., R. A. Cruz G. 1994. Fertilización foliar en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo. México. Revista Chapingo. Serie Horticultura.(2): 149-152.
- Yahia M. E., Higuera I. 1992. Fisiología y tecnología postcosecha de productos hortícolas. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo. CIAD. Editorial Limusa. Primera edición. México D.F pp: 40
- Zepeda B. R., A. Carballo C., G. Alcántar G., A. Hernández L., A. Hernández G. 2002. Efecto de la fertilización foliar en el rendimiento y la calidad de semilla de cruces simples de maíz. Revista Fitotecnia. 25 (4): 419-426.