

UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS
DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONOMICAS
COORDINACIÓN DE POSTGRADO**



PRODUCCIÓN DE SEMILLA DE TOMATE DE CASCARA, BAJO HIDROPONIA EN CONDICIONES DE INVERNADERO

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO
DE ÁREAS DE TEMPORAL**

**PRESENTA:
RICARDO VÁZQUEZ GONZÁLEZ**

LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL. JULIO DE 2005

Esta tesis fue realizada bajo la dirección del Comité Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para la obtención del grado de:

MAESTRO EN MANEJO DE ÁREAS DE TEMPORAL

COMITÉ PARTICULAR

DIRECTOR: 
DR. EDUARDO RODRÍGUEZ GUZMÁN

ASESOR: 
DR. JOSÉ LUIS MARTÍNEZ RAMÍREZ

ASESOR: 
M.C. AURELIO PÉREZ GONZÁLEZ

ASESOR: 
DR. JOSÉ DE JESÚS SÁNCHEZ GLEZ.

ASESOR: 
DR. JUAN FRANCISCO CASAS SALAS

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad de Guadalajara por haberme otorgado la oportunidad de prepararme mejor.

Al Dr. Enrique Pimienta Barrios por su apoyo brindado.

Al Dr. Eduardo Rodríguez Guzmán por su gran asesoría y sugerencias brindadas para realizar esta investigación.

Al M.C. Santiago Sánchez Preciado por su interés en que me titulara.

Al Dr. Juan Francisco Casas por su constante motivación para terminar la investigación.

Al Dr. José Luís Martínez por sus orientaciones para mejorar esta investigación.

Al M. C. Aurelio por su meticolosa observación en la redacción para mejorar esta investigación.

Al M.C. Roberto A. Castro Valera por su apoyo bibliográfico.

A mis compañeros de trabajo por su apoyo brindado.

A todos aquellos que me haya olvidado agradecerles.

DEDICATORIAS

A mi amada esposa por su apoyo incondicional y ayuda

A mis hijos Riky, Omar, Jonathan y Erik.

A mi Madre

A mis hermanos Maria Santos, Rafael y Regulo

A todos aquellos que han creído en mí

RESUMEN	vii
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Importancia de la producción de tomate de cáscara	1
1.2. Estados productores de tomate de cáscara	2
1.3. Antecedentes	2
1.4. OBJETIVOS	4
1.5. HIPÓTESIS	4
II REVISION DE LITERATURA	5
2.1 Origen e Historia	5
2.2 Clasificación Botánica	5
2.3 Descripción Botánica del tomate de cáscara	6
2.4 Especies de tomate	8
2.5 Incompatibilidad	9
2.6 Citología	9
2.7 Fisiología	10
2.8 Biología floral	10
2.9 Polinización artificial	11
2.10 Fructificación	14
2.11 Hidroponía	14
2.12 Ventajas y desventajas de la hidroponía	18
2.13 Producción de semilla de tomate de cáscara	18
2.14 Calidad de la semilla	19
2.15 Calidad genética	19
2.16 Calidad sanitaria	19
2.17 Calidad física	20
2.18 Calidad fisiológica	20

III	MATERIALES Y METODOS	22
3.1	Localización	22
3.2	Clima	22
3.3	Material vegetativo	22
3.4	Sistema Hidropónico	22
3.5	Solución Nutritiva	23
3.6	Frecuencia de riegos	26
3.7	Conducción de las planas	26
3.8	Polinización	26
3.9	Cosecha	26
3.10	Extracción de la semilla	27
3.11	Diseño de tratamientos	27
3.12	Diseño Experimental	27
3.13	Variables estimadas	27
3.14	Análisis Estadístico	28
IV.	RESULTADOS Y DISCUSION	29
4.1	Rendimiento del fruto y sus resultados	30
4.1.1	Variedades	30
4.1.2	Cortes	31
4.2	Producción de semillas	35
4.2.1	Variedades	35
4.2.2	Cortes	37
4.3	Análisis de relación de variables	41
4.3.1	Producción de frutos y sus componentes	41
4.3.2	Peso de fruto y producción de semilla	43
V.	CONCLUSIONES	46
VI	BIBLIOGRAFIA	48

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Principales estados productores de tomate de cáscara en México (Santiaguillo et al. 1997b : SAGARPA 1999 y 2001).	2
Cuadro 2. Razas reconocidas en tomate de cáscara (Physalis spp) en México (Santiaguillo y Peña, 1997c).	7
Cuadro 3. Análisis de agua	22
Cuadro 4. Cálculo de la solución nutritiva universal de Steiner a 0.5 atm.	23
Cuadro 5. Composición de la solución nutritiva.	23
Cuadro 6. Cantidades de fertilizantes adicionados por litro de agua.	24
Cuadro 7. Cuadrados medios y probabilidad para características de fruto de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001.	28
Cuadro 8. Cuadrados medios y probabilidad para características de semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001.	28
Cuadro 9. Cuadrados medios y probabilidad para porcentaje de germinación en semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001	28
Cuadro 10. Medias de variedades para características de fruto de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001.	29
Cuadro 11. Medias por corte para características de fruto de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001.	31
Cuadro 12. Medias para características de semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001.	34
Cuadro 13. Medias para características de semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001.	36

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Flor de tomate de cáscara cubierta y descubierta	11
Figura 2. Amarre de fruto de tomate de cáscara.	12
Figura 3. Producción de fruto por planta tomate de cáscara, en tres cortes.	32
Figura 4. Peso promedio de fruto de tomate de cáscara, en tres cortes.	32
Figura 5. Número de frutos por planta de tomate de cáscara, en tres cortes.	32
Figura 6. Rendimiento de fruto por hectárea de tomate de cáscara, en tres cortes.	33
Figura 7. Producción de semilla por hectárea de tomate de cáscara, en tres cortes.	38
Figura 8. Proporción fruto-semilla (f/s) de tomate de cáscara, en tres cortes.	39
Figura 9. Número de semillas por fruto de tomate de cáscara, en tres cortes.	39
Figura 10. Relación entre producción y número de frutos por planta, de tomate de cáscara variedad Jojutla.	41
Figura 11. Relación entre producción y número de frutos por planta, de tomate de cáscara variedad mejorada CHF 1.	42
Figura 12. Relación entre peso promedio de fruto y número de semillas por fruto, de tomate de cáscara.	42
Figura 13. Relación entre peso promedio de fruto y número de semillas por fruto, de tomate de cáscara variedad Jojutla.	43
Figura 14. Relación entre peso promedio de fruto y número de semillas por fruto, de tomate de cáscara variedad mejorada CHF1.	44

RESUMEN

Como una alternativa para incrementar la productividad y la calidad de fruto y semilla, en el presente trabajo se planteo estimar la capacidad productora y la calidad física y fisiológica del fruto de tomate, obtenido bajo cultivo hidropónico; así como determinar la relación entre la producción de fruto y la de semilla.

El estudio se llevó a cabo en invernadero en el Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias en Nextipac, Zapopan, Jalisco. Se emplearon las variedades Jojutla (variedad criolla) y CHF1 (variedad mejorada). El experimento se estableció en un sistema hidropónico abierto bajo invernadero, empleado en el cultivo de jitomate, usando como sustrato tezontle rojo en envases de polietileno negro y la solución nutritiva universal de Steiner a una presión osmótica de 0.72 atmósferas. El diseño experimental utilizado fue en bloques al azar con dos repeticiones.

Se realizaron tres cortes a la cosecha y las variables estudiadas fueron: producción de fruto por planta y por hectárea, número de frutos por planta, peso promedio de fruto, producción de semilla por hectárea, proporción fruto-semilla, peso de mil semillas, número de semillas por fruto y porcentaje de germinación.

Los resultados obtenidos mostraron que la capacidad productiva de fruto de Jojutla y CHF-1 fue estadísticamente igual, inferior a la reportada en otros estudios similares en 300 a 500 gramos por planta, sin embargo dado el arreglo topológico empleado el rendimiento por hectárea supero los rendimientos comerciales entre 46 y 69 %.

Jojutla produjo mayor número de frutos de menor peso, y CHF1 menor número de frutos de mayor peso, lo que factiblemente equilibrio la expresión del rendimiento de fruto entre variedades. Entre cortes solo se obtuvieron diferencias significativas para el peso promedio de fruto; la producción de fruto por planta y por hectárea presentó su valor más alto en el segundo corte, este incremento se observa más relacionado al incremento en el número de frutos por planta; el peso promedio de fruto se incrementó en cada corte. En CHF1 mostró tendencia a incrementar la cantidad de fruto producido por corte, en tanto que Jojutla obtuvo

un rendimiento similar a CHF1 en el primer corte, un incremento considerable al segundo corte y una reducción considerable para el tercer corte.

La cantidad de fruto requerido para obtener un kilogramo de semilla fue mayor en la variedad Jojutla, al parecer influyó la relación entre número de frutos y peso promedio, para que estas variedades expresaran igualdad en la producción de semilla por hectárea. Las proporciones fruto-semilla fueron similares a lo reportado en la bibliografía (entre 150 y 300 kilogramos de fruto por kilogramo de semilla).

La calidad física de la semilla expresada en el peso de mil semillas no difirió entre variedades, ni entre cortes. La calidad fisiológica de las semillas no fue la esperada, dado el bajo porcentaje de germinación obtenido, esto puede ser producto de inmadurez del embrión al realizar la cosecha en calidad comercial, aún cuando se almacenaron por algún tiempo, y/o presencia de inhibidores, ambos fenómenos conocidos como latencia de semillas y que se han reportado en trabajos anteriores en esta especie.

I. INTRODUCCIÓN

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/ha, multiplicándose aun más en 1999 con 43,572 ha. producidas, y un rendimiento promedio de 12,389 kg/ha. En los últimos años se incrementó considerablemente la cosecha, pasando de una hortaliza de importancia regional a ser uno de los principales cultivos nacionales. (Santiaguillo *et al.*, 1997^a ; 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.*, 1997^a).

1.2 Estados productores de tomate de cáscara

Los principales estados productores de tomate de cáscara son Jalisco, Hidalgo, Morelos, Puebla, Guanajuato, Michoacán y México. Además de los estados típicamente productores de esta hortaliza, 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).

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, Ixtlahuacán del Río y 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.

Cuadro 1. Principales estados productores de tomate de cáscara en México (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

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 hacer eficiente su proceso productivo (Santiaguillo *et al.*, 1997b). Uno de estos aspectos lo constituye la nutrición adecuada del cultivo.

1.3 Antecedentes

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).

De las especies de tomate de cáscara que se han reportado en México sólo *Physalis ixocarpa*, Brot., se cultiva comercialmente (INN, 1990).

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.*, 1997^a).

Cada 100g de tomate contienen: 1 g de proteínas, 0.7g de grasas, 4.5g de carbohidratos, 18 mg de calcio, y 2.3 mg de hierro, tiamina, riboflavina, niacina y ácido ascórbico (INN, 1990).

1.4. Objetivos

- a) Estimar la capacidad productora y la calidad física y fisiológica del fruto de tomate, obtenido bajo cultivo hidropónico.
- b) Determinar la relación entre la producción de fruto y la de semilla en tomate de cáscara.

De acuerdo a los objetivos planteados se generaron las hipótesis siguientes:

1.5. Hipotesis

El tomate en cultivo hidropónico permite obtener una productividad aceptable en fruto y semilla y forma semilla de alta calidad.

II REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Origen e Historia

La palabra tomate proviene del vocablo náhuatl "ayacachtomatl" cuyas etimologías: ayacah (tli) = sonaja, cascabel y tomatl = tomate. Así como su nombre genérico en el idioma maya hace suponer que es originaria de América y muy probablemente de México. Además, se tiene evidencia de que crece en forma silvestre en la vertiente del Pacífico (Cantú, 1983), que va desde Guatemala hasta California (Cárdenas, 1981).

Humbolt, citado por Pérez *et al.*, 1998, indica que los aztecas lo cultivaban entre el maíz, aunque es muy probable que su cultivo fuese muy rudimentario, por lo que se cree que se desarrollaba en forma silvestre, siendo recolectado para ser consumido en salsa, acompañado con Chile. Además Hernández (1962) indica que también se le usa con fines curativos en forma de cataplasmas contra úlceras.

2.2 Clasificación botánica

De acuerdo con Benson, modificado por Fernández en 1974 (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 cito-taxonómico, (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 en 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.

2.3 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 verdusca, 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).

2.4 Especies de tomate

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

De todas las especies que posiblemente existen, son muy pocas las que se cultivan, por sus frutos, por ejemplo, *Physalis peruviana* en Perú, Haití, Costa Rica, en partes de Australia, sur de África, India y Nueva Zelanda; *Physalis pruinosa*, se encuentra en América. Otras son consideradas como malas hierbas o como ornamentales debido a que presentan el cáliz del fruto muy vistoso (Kamla, 1957).

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).

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

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

En México se han reportado las especies *P. lagascae*, *P. foetens*, *P. mollis* y *P. ixocarpa*, de estas sólo la última se cultiva comercialmente (García, citado por Cárdenas. 1981).

2.5 Incompatibilidad

La especie *Physalis ixocarpa*, Brot. está considerada como una planta alógama. Pandey (1957) encontró un sistema de auto compatibilidad homomórfico con control gametofítico y epistaxis que son dos genes, cada uno con alelos múltiples, los que ejercen dicho control. La fisiología genética del estilo corresponde a una acción individual y epistática. Dicho sistema de autoincompatibilidad se describe a continuación:

El polen es incompatible cuando uno o más hálelos están presentes tanto en el grano de polen como en el estilo. La incompatibilidad es una imposibilidad fisiológica controlada genéticamente para producir frutos por autofecundación. Este proceso puede operar en cualquier estado entre la polinización y la fecundación. El polen generalmente no llega a germinar y si lo hace, el tubo polínico no puede penetrar a través del estigma.

Pero se ha encontrado algunas veces que el polen incompatible puede germinar y el tubo polínico crece a lo largo del estilo, pero lo hace tan lentamente que raras veces alcanza el tiempo para efectuar la fecundación. La velocidad de crecimiento de los tubos polínicos incompatibles puede ser influenciada por el genotipo con el gen (o genes) que controla (n) la incompatibilidad.

2.6 Citología

Menzel (1951), citado por Saray (1982), reporta que las principales especies de tomate presentan un número cromosómico de $2n=24$, aunque también se encuentran otras de menor importancia con $2n = 48$.

Un estudio realizado en la Universidad de Colorado en 1967, señala que en *Physalis ixocarpa*, Brot. se tiene la presencia de un cromosoma accesorio en adición al complemento normal, que es mucho más pequeño que los otros cromosomas de esta planta y puede ser observado durante la mitosis y meiosis (Saray, 1982).

En México García citado por Verdejo, (1987), encontró que los conteos cromosómicos indican que es una especie diploide con $2n = 24$, con cromosomas de 3-4 micras de longitud, sin diferencias visibles entre los cromosomas de la forma cultivada y de la forma silvestre.

2.7 Fisiología

La planta de tomate de cáscara tiene un ciclo de vida de 85 a 90 días desde la siembra a la senescencia, una vez que emerge la plántula inicia un crecimiento lento, aproximadamente 1 cm. por día; posteriormente, como a los 24 días el crecimiento se acelera y se estabiliza como a los 55 días, que es cuando alcanza una altura de 90 cm. La planta sigue creciendo lentamente y puede llegar a alcanzar poco más de 1 m (erguida), esto sucede como a los 70 días; después la planta empieza a envejecer rápidamente hasta su muerte (Saray, 1977).

2.8 Biología floral

La diferenciación de las primeras yemas florales se lleva a cabo entre los 17 y 20 días después de la siembra, apareciendo las primeras flores entre los 28 y 30 días, la planta sigue floreciendo hasta que muere. A los treinta días cuenta con 6 flores. después hay una etapa con una gran producción de estas, a los 52 días se tienen aproximadamente cerca de 125 flores y posteriormente disminuyen en forma considerable.

En el cultivar rendidora las primeras flores duran de 8 a 10 días para desarrollarse de un botón floral pequeño hasta una flor abierta por completo (Saray, 1977).

Las flores por lo general abren antes de que ocurra la dehiscencia, entre los 5 y 12 horas del día. Poco antes de la dehiscencia de las anteras, los filamentos se elongan hasta llegar cerca del estigma. La dehiscencia de las anteras ocurre gradualmente de la punta a la base; las paredes se enroscan hacia atrás para liberar el polen. Las anteras de color amarillo verde-cremoso o blanco, no abren uniformemente sino que duran de 2 a 4 días entre la dehiscencia de la primeras a la quinta antera (Verdejo, 1987), después de que estas han liberado el polen, la

corola, estambres, estilos y estigmas permanecen alrededor de una semana para después caer.

En forma inmediata el ovario y el cáliz comienzan a elongarse, este último comienza a envolver el fruto joven agrandándose a su próximo tamaño antes de que el fruto madure, la baya crece lentamente y pronto adquiere su forma característica, algunos frutos pueden llenar por completo la bolsa que los cubre e inclusive la rompen.

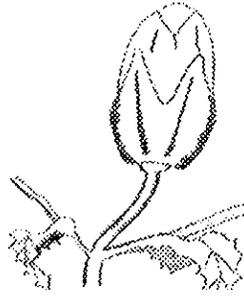
Del total de flores (125), el 40% son polinizadas e inician la elongación del cáliz y ovario, pero de esto a su vez sólo 28 o 30% llegan a cosecharse en madurez, de tal manera que de 50 frutos cuajados 14 o 15 son cosechados (Saray,1977).

Debido a la autoincompatibilidad gametofítica del tomate, se comporta como una planta alógama obligada (polinización cruzada). La polinización natural es llevada a cabo principalmente por insectos, siendo las abejas las que más realizan esta labor. Una vez que la flor ha sido polinizada se cierra y no vuelve a abrirse, luego comienza a marchitarse para enseguida caer.

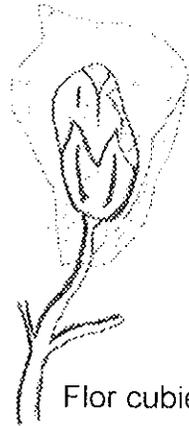
2.9 Polinización artificial.

A continuación se detallan dos métodos para realizar la polinización artificial en el tomate de cáscara, descritos por Saray (1977):

- a. Manual. La polinización manual es muy laboriosa, pero se usa cuando se hacen pocas cruces y bajo condiciones de invernadero y consiste en los siguientes pasos:
 - a.1. Seleccionar por la tarde el o los botones florales que se vayan a polinizar, el botón debe estar hinchado y con el inicio de la aparición de los pétalos.
 - a.2. Cubrir los botones florales con bolsa de papel y engraparla (Figura 1).



Flor descubierta



Flor cubierta

Figura 1. Flor de tomate de cáscara cubierta y descubierta

- a.3. Revisar a la mañana siguiente si el botón floral ha abierto; si lo está, se procede a polinizar de flor a flor con la planta deseada. La flor de tomate produce abundante polen y con solo frotar las anteras en el pistilo es suficiente. Esta operación debe llevarse a cabo entre las 8 y 10 de la mañana para tener mayor éxito.
- a.4. Se cubre la o las flores polinizadas con bolsas y se etiqueta.
- a.5. Cuando se observa que el fruto ya amarro, se quita la cubierta para favorecer el desarrollo del fruto, esto ocurre generalmente entre los 30 a 45 días después de la polinización y fecundación (Figura 2).

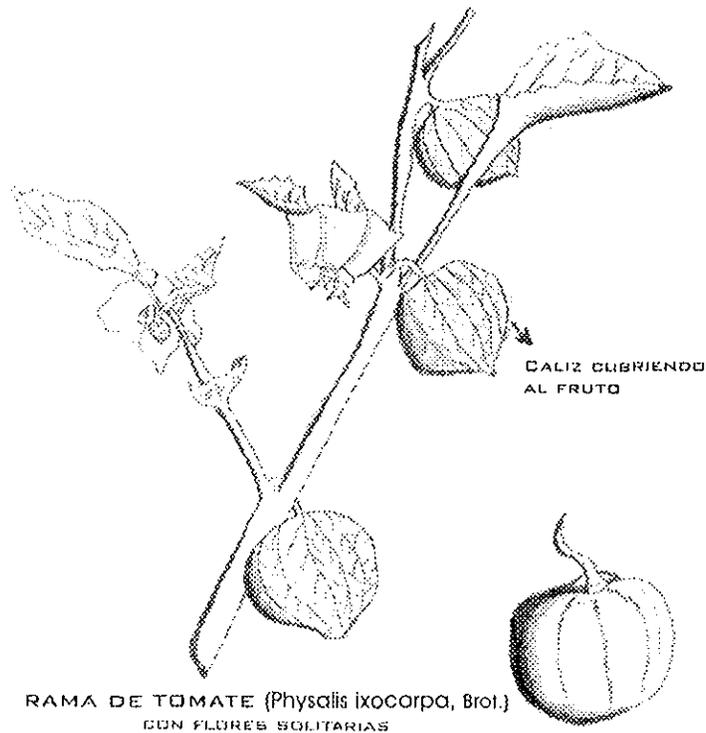


Figura 2. Amarre de fruto de tomate de cáscara.

a.6. Se recomienda evitar lo más posible el contacto de las personas con las plantas, ya que estas dejan caer con suma facilidad los frutos. Otra recomendación es realizar de preferencia los cruzamientos en las flores que salgan del cuarto al décimo entrenudo de las plantas con lo anterior se favorece un mayor y mejor amarre, así como un mejor desarrollo de los frutos.

b. Con abejas. La polinización con el uso de abejas es más eficiente, dado que al hacerlo manualmente se obtienen mucho menos del 10% de los cruzamientos realizados. Además, con el uso de abejas se ahorra mano de obra y se economiza. Para efectuar la polinización con el uso de abejas se construyen jaulas pequeñas de alambre, cubiertas con manta de cielo. Dentro de ellas se introducen las plantas y las abejas para que efectúen la polinización.

Cuando se quiere hacer cruzamiento a gran escala se hace uso de compuestos balanceados que actuarán como machos y las familias como hembras, en tal caso se colocan de 1 a 2 cajas de abejas por hectárea que efectúen la polinización. (Saray 1977).

2.10 Fructificación

El cuajado del fruto fecundado que ha iniciado el desarrollo del ovario, comienza entre los 35 y 42 días. En este momento el cascabel (cáliz que cubre el ovario) esta formado y dentro de él se desarrolla un fruto pequeño bien definido. Normalmente del cuajado de los frutos a la maduración de los mismos transcurren aproximadamente de 20 a 22 días.

La producción comercial se tiene entre los 4 y 7 primeros entrenudos pero con un buen desarrollo de las plantas se presentan frutos comerciales hasta el décimo entrenudo (Saray.1977).

2.11 Hidroponía

La hidroponía se define como un sistema de producción en donde las raíces de las plantas, se riegan con elementos esenciales los cuales se disuelven en agua, y en el que, en lugar de tener suelo se utiliza sustrato que es un material inerte (Sánchez y Escalante, 1988).

En nuestro país existen zonas de producción a partir de la hidroponía en tomate de cáscara, en los cuales se han obtenido rendimientos que superan hasta 10 veces los cultivos tradicionales (Omaña, 1991).

Steiner (1968) define como hidroponía al sistema de cultivo de plantas no acuáticas, en el cual sus raíces se encuentran en un medio inorgánico y una solución nutritiva, de la cual son abastecidas. La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y todos los nutrimentos para las raíces en forma inorgánica; Eventualmente algunos compuestos orgánicos específicos forman parte de la solución nutritiva, como algunos quelatos de fierro y de otros micronutrientes. Además señala que se han publicado más de 300 fórmulas manejadas como composiciones especiales para cierta clase de plantas. La mayoría de las fórmulas provienen de experimentos en los cuales una cierta composición obtenida para un cultivo en particular se publicó como solución para ese cultivo, cuando en realidad simplemente se obtuvieron resultados aceptables. Muchas de esas composiciones no son verdaderas soluciones sino suspensiones donde existen partículas o moléculas no disociadas (Rodríguez, 2004)

Baca (1983) señala las siguientes características en relación con la solución nutritiva:

- Está constituida por aniones y cationes entre los que deben considerarse los bicarbonatos, carbonatos.
- Se presentan cambios en las propiedades químicas de la solución nutritiva debido al metabolismo de las plantas, ya que alteran el pH de la solución modificándose la forma de algunas especies químicas y la solubilidad de algunos iones, afectando finalmente la respuesta de la planta.
- Los cambios de una o más especies químicas afectan al conjunto de la solución nutritiva, aunque es posible recurrir a la observación de reacciones parciales y hacer inferencias acerca de la respuesta de la planta.
- Los fenómenos químicos en la solución nutritiva deben considerarse a partir de su preparación y aquellos debidos al metabolismo de las plantas, para dar el consecuente manejo a la solución.

Al hacer los cálculos para elaborar la solución nutritiva deben tomarse en cuenta la cantidad y tipo de iones ya disueltos en el agua, además de considerarse la naturaleza del sustrato que puede ceder algunos elementos (Durany; citado por Torres, 1984).

En los cultivos hidropónicos los fertilizantes deben tener alta solubilidad, pues deben permanecer en la solución para ser tomados por las plantas (Ressh, 1987; Sanchez y Escalante, 1988).

Además es necesario ajustar frecuentemente el pH de la solución, pues cambios bruscos en la concentración de iones Hidrógeno, causan daños a las plantas. La reacción neutra o ligeramente alcalina provoca inmovilización del fósforo y fierro, provocando carencia de ellos. Por ello se recomienda ajustar el pH entre 5.5 y 5.7 agregando ácido sulfúrico, ácido nítrico o fosfórico, aunque esto motiva un cambio en el contenido de nutrientes; para las soluciones acidificadas por el cultivo puede emplearse KOH, NaOH o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ (Baca, 1983).

Steiner (1961) desarrolló un método para la preparación de soluciones nutritivas verdaderas de una cierta composición deseable y que cumpliera con los siguientes requisitos:

- a) Una concentración iónica total (concentración total de sales).
 - b) Una concentración relativa de aniones.
 - c) Una concentración relativa de cationes.
- 4) Un determinado pH.

Encontró que existe una relación sistemática entre la cantidad de H_2PO_4 presente en la solución y el exceso de iones OH que deben agregarse para obtener un pH deseado; esta relación esta bajo la influencia de las relaciones catiónicas relativas, especialmente entre K y Ca. El estudio demostró que independientemente del pH ninguna combinación donde el producto de las concentraciones milimolares de Ca^{2+} y SO_4^{2-} sea mayor de 60 mm es una solución nutritiva verdadera, pues habrá precipitado de sulfato de calcio; además en aquellas soluciones donde el producto de las concentraciones milimolares de Ca^{2+} y H_2PO_4 sea igual o mayor a 2.2 tampoco son soluciones verdaderas, pues habrá precipitado de fosfato de calcio.

Steiner citado por Baca, (1983) considera que una solución nutritiva verdadera es aquella cuya fórmula coincide con el análisis químico de la misma, en la cual los nutrimentos están completamente disociados y en estado activo.

Steiner (1966) y sus colaboradores hicieron una composición estándar la cual presenta la siguiente relación (porcentaje del total de meqL^{-1}):

aniones			cationes		
NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
60 :	5 :	35	36 :	44 :	20

Para una concentración de 30 mmol L^{-1} (presión osmótica= 0.7 atm) y pH de 6.5 , implica adicionar a un litro de agua desmineralizada los siguientes meqL^{-1} :

ANIONES			CATIONES		
NO_3^-	H_2PO_4^-	SO_4^{2-}	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}
11.888	0.991	6.934	7.080	9.103	4.046

2.11.1 Ventajas y desventajas de la hidroponía

Desde el punto de vista técnico y económico, la hidroponía presenta grandes ventajas con respecto a otros sistemas de producción. El éxito de la hidroponía estriba en el manejo que se le da a la solución nutritiva (Huterwall, 1977).

Baca (1983) señala las ventajas y desventajas de los cultivos hidropónicos:

Ventajas:

- Ajuste adecuado de la presión osmótica (concentración total de sales) de la solución nutritiva por cultivo y por época del año.
- Uso de relaciones mutuas de cationes predeterminadas.
- Uso de relaciones mutuas de aniones predeterminadas.
- Ajustes predeterminados de pH.
- Ajustes apropiados en las relaciones y la concentración de los micronutrientes.
- Uso de soluciones nutritivas para el crecimiento vegetativo de los cultivos.
- Uso de soluciones nutritivas para crecimiento reproductivo de los cultivos.
- Uso de soluciones nutritivas para el llenado de semilla.
- Uso de soluciones nutritivas con relaciones $\text{NH}_4^+:\text{NO}_3^-$ predeterminadas
- Ajustes en la frecuencia y horarios de aplicación de los riegos.
- Factibilidad de empleo de aguas alcalinas.
- Factibilidad del empleo de aguas más salinas con relación a las utilizadas en los cultivos tradicionales.
- Se consigue una alta eficiencia en el uso de agua y de los nutrientes

Desventajas

- Baja capacidad de amortiguamiento de las soluciones nutritivas.

- Impedimentos prácticos para cambiar la solución nutritiva de un día a otro (en días nublados el NH_4^+ en una solución nutritiva provoca resultados contraproducentes).
- Se requieren insumos específicos que difieren de los empleados en la agricultura tradicional.
- Se requiere un suministro de energía eléctrica adecuado en la instalación hidropónica.
- Costos elevados iniciales en las instalaciones hidropónicas, en la investigación y/o de la experimentación hidropónica

2.12 Producción de semilla de tomate de cáscara.

La producción de semilla se ha efectuado en poca escala sin que se cuente con la infraestructura requerida para la producción, beneficio y distribución. En la actualidad. La demanda global de semilla en el ámbito nacional se estima en 14,000 kg, de la cual , el 60% se concentra en los estados del centro, que representan el segmento del mercado en el que pueden competir las variedades mejoradas (López et al., 1993).

Para producir semilla de calidad es pertinente contar con material de gran calidad, hacer una aplicación estricta y honesta de las normas que se requieren para la producción de semillas mejoradas. Es indispensable un control muy estricto en el proceso de producción del cultivo (Hernández, 1997).

2.13 Calidad de la semilla.

Garay (1989) menciona que la calidad de la semilla es el conjunto de cualidades genéticas, fisiológicas, sanitarias y físicas, que permiten dar origen a plantas productivas. Por su parte Andrade (1992) indica que la calidad de la semilla es un componente básico para obtener una mayor eficiencia productiva.

Una semilla de calidad es capaz de desarrollar una rápida emergencia y uniforme, en una amplitud de condiciones ambientales; hablar de calidad de semilla se refiere a la capacidad de ésta para germinar y producir una plántula

aceptable (Moreno, 1984). Al respecto, Rincón (1989) señala que el éxito en la producción de semilla depende del nivel de calidad que tenga.

Para Maguire (1980) la calidad de semilla significa homogeneidad genética, buena apariencia física, sanidad, uniformidad en tamaño y forma, alta viabilidad y que el comportamiento de las plantas sea bueno, en función de la emergencia, desarrollo de la planta, crecimiento y por último el rendimiento del cultivo.

2.14 Calidad genética

Esta cualidad se define en la etapa de mejoramiento genético donde se seleccionan los materiales que presentan las propiedades para condiciones agro ecológicas diferentes. La calidad genética permite asegurar que las semillas conserven la autenticidad y pureza durante su multiplicación (Villegas, 1995).

Ésta calidad está determinada por el genotipo de la planta y que es responsabilidad del fitomejorador, desde que identifica un material genético sobresaliente. En la producción de semilla corresponde a la fidelidad con que la semilla transmite las características genotípicas de la variedad, para cuya evaluación destacan tres tipos básicos de pruebas:

- a) Método de laboratorio: Observación visual de la semilla, pruebas químicas y citológicas, y uso de marcadores bioquímicos y moleculares.
- b) Métodos de invernadero o cámara de crecimiento: Basado en caracteres cualitativos de las plantas durante su germinación y emergencia, como color de coleótilo e hipocótilo, pubescencia de la primer hoja, color de antocianinas, etcétera.
- c) Ensayos en campo: Observación de características cualitativas y cuantitativas de la variedad, apoyándose en la descripción varietal.

2.15 Calidad sanitaria

La calidad sanitaria se refiere al hecho de que la semilla se encuentre libre de plagas y microorganismos o sus estructuras reproductivas. Se consideran tres formas de asociación patógeno-semilla: acompañamiento, transporte externo y transporte interno. Esto se logra al producir semillas en áreas libres de enfermedades y con medidas estrictas de control (Andrade, 1992).

2.16 Calidad física

Se refiere a la proporción de semilla pura, uniforme en tamaño y forma y ausencia de semilla de otros cultivos y malezas. Garay (1989) menciona que la calidad física de la semilla se asocia con la presencia o ausencia de cualquier contaminante, distinto a la semilla. También indica que la calidad física es uno de los factores de importancia para evitar la diseminación de malezas e insectos. Por su parte Bustamante (1983) señala que el peso de la semilla es otro indicador de la calidad, ya que un cultivo que le faltan nutrientes o agua o daño por heladas se vera reflejado en el tamaño y peso de semilla producida.

2.17 Calidad fisiológica

Referida a la viabilidad de las semillas, y alta capacidad de germinación y vigor, resultado de la expresión de factores propios del genoma de la variedad y de su interacción con los factores ambientales que la rodean durante su desarrollo, cosecha y almacenamiento.

El vigor de semilla es una característica en la que se ha puesto especial interés en la producción moderna de semillas. El concepto de las reglas internacionales para el ensayo de semillas del ISTA es el siguiente "Es la suma de todas aquellas propiedades que determinan el potencial de actividad y comportamiento de la misma o de una muestra de semilla durante la germinación y emergencia de plántulas" (Perry, 1983).

Hay dos aspectos considerados en el vigor de semilla: el genético y el fisiológico; el genético puede ser en la heterosis (vigor híbrido) o como la diferencia en vigor entre dos líneas; el vigor fisiológico puede ser en la diferencia en vigor entre dos lotes de semilla en la misma línea genética. De acuerdo con esto, el máximo vigor de la semilla esta determinado por el genotipo y su mayor nivel se obtiene en la madurez fisiológica. Sin embargo, el vigor está afectado por factores del ambiente, prácticas culturales, características de la semilla (tamaño, peso y peso específico), secado, y condiciones y tiempo de almacenamiento.

Mc Donald (1975) considera que las semillas de mayor vigor germinan rápido; para ello se realizan conteos diarios donde se registra el número de plántulas de

cada parcela al inicio de la emergencia; así el grupo con valor más alto de velocidad de emergencia o índice de vigor, será considerado el de mayor vigor (Copeland, 1976). El vigor de la semilla se refleja en estado de plántula y es en esta etapa donde se han obtenido las mayores diferencias entre lotes de semillas con diferente vigor; de esta manera Copeland (1976) sugiere que esta característica puede emplearse para seleccionar los mejores genotipos en los programas de mejoramiento. Además de considerar las características de rendimiento y caracteres agronómicos es deseable en programas de mejoramiento genético incluir criterios de calidad de semillas, como las características físicas de tamaño y peso entre otras, ya que frecuentemente las semillas más grandes tienen una ventaja inicial sobre las más pequeñas. (Heydecker, 1972; Perry, 1983).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización

La investigación se realizó en el invernadero No. 2 del Departamento de Producción Agrícola, del Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias (CUCBA) de la Universidad de Guadalajara, ubicado en el kilómetro 15.5 carretera a Nogales, predio de las agujas, Zapopan, Jalisco; a una latitud norte de 24° 44' 44.2" , longitud al Oeste del meridiano de Greenwich de 103° 35' 41.1", y altitud de 1592 MSN.

3.2 Clima

De acuerdo a la clasificación de Köppen, modificado por la M.C. Enriqueta Garcia de Miranda, el clima del sitio experimental es templado sub-húmedo (A)C(w1)a(e)g, con una temperatura media anual de 18° a 22° C, con una precipitación de 851 mm promedio y cuatro días con de heladas en los meses de enero y febrero.

3.3 Material vegetativo

El material vegetativo utilizado fue el criollo "Jojutla", proveniente del estado de Morelos y "Chapingo F1", variedad mejorada a partir de la variedad Rendidora.

Las plántulas se produjeron en charolas de poliestireno de 200 cavidades, se utilizó como sustrato peat moss combinado al 50% con jal. La siembra se realizó el 31 de agosto de 2001 y se trasplanto el día primero de Octubre.

3.4 Sistema Hidropónico

Se utilizó un sistema hidropónico abierto (sin recuperación de la solución nutritiva con el propósito de no alterar la concentración iónica y el valor del PH de la solución nutritiva y mantener así de manera constante, las características originales de la solución.

El módulo hidropónico empleado consistió de los siguientes componentes:

- a. Depósito de solución nutritiva

Tinaco de plástico con una capacidad de 1500 lts (colocado en una bodega anexa al invernadero) para depósito de la solución nutritiva;

- b. Contenedores (macetas).

Bolsas de polietileno negra, de 35 cm X 25 cm + 14 cm con fuelle al fondo, perforadas en la base, para drenar excedentes de solución.

c. Sustrato.

El material utilizado en los contenedores para sostener las plantas fue grava de tezontle rojo de granulometría 0.5 a 2 cm.

d. Sistema de riego.

Se colocó una cinta de riego a lo largo de cada hilera de plantas, marca Ro-Drip® con goteros cada 35 cm, procurando hacer coincidir un orificio de la cinta de riego al centro de cada maceta. El resto de las líneas de conducción fue de PVC blanco rígido, y el agua se impulso con un bomba eléctrica de 1 HP.

3.5 Solución nutritiva

Se utilizaron los criterios propuestos por Steiner (1984) para preparar la Solución Nutritiva Universal, con pH en 5.5, y las relaciones mutuas universales de aniones y cationes: $K^+ : Ca^{++} : Mg^{++} = 35 : 45 : 20$ y NO_3^- ; y $H_2PO_4^- : SO_4^{--} = 60 : 5 : 35$, manejándose las siguientes presiones osmóticas (Concentración total de sales expresada en atmósferas): a partir de la emergencia de las plántulas y durante las dos semanas siguientes a 0.3 atm; las 2 semanas siguientes y a partir del trasplante dos semanas más, a 0.5 atm y el resto del ciclo, hasta finalizar la cosecha, a 0.7 atm.

Para estimar las cantidades de reactivos requeridos se descontaron los contenidos de nutrimentos encontrados en el muestreo del agua de riego efectuado en Junio 2 (Cuadro 3).

A manera de ejemplo se indica la secuencia de cálculo de las cantidades de reactivos necesarios de adicionar para obtener la presión osmótica para la solución a 0.5 atm (Cuadro 4), descontando los nutrimentos encontrados en el agua de riego:

Cuadro 3. Análisis de agua

PH	CE Mmhos cm ⁻¹	Aniones meq L ⁻¹					Total	Cationes meq L ⁻¹				Total
		CO ₃ ²⁻	HCO ₃	Cl	SO ₄ ²⁻	NO ₃		Mg ²⁺	Ca ²⁺	Na ⁺	K ⁺	

6.81 0.09 0.00 2.23 0.495 0.00 0.04 2.765 0.495 0 0.04 2.765 1.285

Cuadro 4. Cálculo de la solución nutritiva universal de Steiner a 0.5 atm

Aniones (A)			Cationes ©				
NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺		
8.335	0.695	4.860	4.860	6.250	2.780	meqL ⁻¹	P.O.=0.5 atm
A=13.89			C=13.89				
						meqL ⁻¹	Agua (muestreo 1)
A=6.28			C=6.28				
4.355	0.695	2.560	4.360	3.250	0.00	meqL ⁻¹	Solución nutritiva

A=7.61			C=7.61			Reactivo	Unidad	Cantidad
						MgSO ₄ ·7H ₂ O		
	0.695		0.695			KH ₂ PO ₄	mg L ⁻¹	94.52
3.250				3.250		Ca(NO ₃) ₂	mg L ⁻¹	383.50
1.105			1.105			KNO ₃	mg L ⁻¹	111.61
		2.560	2.560			K ₂ SO ₄	mg L ⁻¹	110.35
3.98						HNO ₃	ml L ⁻¹	0.18

Se calcula la cantidad de iones requeridos para la presión osmótica deseada (primer renglón); enseguida se elimina el contenido del agua (segundo renglón) para obtener los iones necesarios de adicionar (tercer renglón), convirtiendo finalmente a los reactivos que se van a agregar (última columna inferior derecha, denominada cantidad):

En el Cuadro 5 se muestra la composición de las soluciones nutritivas sin descontar (total) y descontando (ajustada) los nutrimentos contenidos en el agua, resultado del análisis.

En el Cuadro 6 se indican las cantidades de reactivos necesarios por litro de agua para preparar las soluciones deseadas, descontados los iones contenidos en el agua.

Las fuentes de fertilización fueron fertilizantes recomendados para hidroponía por su alta solubilidad y pureza.

Cuadro 5. Composición de la solución nutritiva.

		Solución					
		(0.3 atm)		(0.5 atm)		(0.7 atm)	
		Total	Ajustada	Total	Ajustada	Total	Ajustada
Aniones	meq L ⁻¹			13.890	7.610	19.446	13.166
NO ₃	meq L ⁻¹			8.335	4.355	11.669	7.689
H ₂ PO ₄	meq L ⁻¹			0.695	0.695	0.973	0.973
SO ₄	meq L ⁻¹			4.860	2.560	6.804	4.504
Cationes	meq L ⁻¹			13.890	7.610	19.446	13.166
K	meq L ⁻¹			4.860	4.360	6.804	6.304
Ca	meq L ⁻¹			6.250	3.250	8.750	5.750
Mg	meq L ⁻¹			2.780	0.000	3.892	1.112
B	Ppm	0.80		0.80		0.80	
Mn	Ppm	1.23		1.23		1.23	
Zn	Ppm	0.02		0.02		0.02	
Cu	Ppm	0.01		0.01		0.01	
Fe	Ppm	3.31		3.31		3.31	

Cuadro 6. Cantidades de fertilizantes adicionados por litro de agua.

		Solución		
Reactivo	Unidad	(0.5 atm)	(0.7 atm)	(0.9 atm)
MgSO ₄ ·7H ₂ O	mg L ⁻¹	0.00	136.77	273.55
KH ₂ PO ₄	mg L ⁻¹	94.52	132.33	170.14
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	mg L ⁻¹	383.50	678.50	973.50
KNO ₃	mg L ⁻¹	111.61	195.84	280.07
K ₂ SO ₄	mg L ⁻¹	222.72	295.10	367.49
HNO ₃	ml L ⁻¹	0.17	0.17	0.17

El procedimiento para preparar las soluciones nutritivas fue el siguiente: en el depósito con un potenciómetro se verificó el pH del agua, agregando ácido sulfúrico 1N y agitando continuamente el agua, hasta alcanzar el pH de 5.5. Según las cantidades calculadas para 1100 litros de agua se agregaron las cantidades de fertilizantes previamente diluidas en soluciones madre, en el orden siguiente: sulfato de magnesio, nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de potasio, fosfato de potasio.

3.6 Frecuencia de riegos

Los riegos se hicieron alternando agua y solución nutritiva, se aplicaron dos veces durante el día y la solución nutritiva por la mañana cada tercer día y los riegos siguientes con agua la cantidad para cada planta fue la misma, pero ésta estuvo determinada por las etapas de crecimiento. Durante las primeras cuatro semanas se le aplicó a cada planta 0.333 mm en cada riego, las siguientes cuatro se les aplicó 0.500 mm, a partir de la novena y hasta concluir el experimento se les aplicaron a las plantas 0.666 mm en cada uno de los riegos que se hizo.

3.7 Conducción de las plantas

Las plantas se condujeron mediante tutores de hilo rafia amarrando las ramas para que se mantuvieran erectas.

3.8 Polinización

Bajo invernadero no se presenta la polinización natural por insectos, por lo que se procedió a polinizar de manera manual empleando para ello un pincel de pelo fino y un bote de plástico (contenedor de rollos fotográficos) para con él cepillar el polen de las anteras y colocarlo con el mismo cepillo sobre el estigma. Dado que existe autoincompatibilidad en la especie, se procedió a coleccionar el polen de todas las plantas para formar un compuesto de polen y con este polinizar a todas las flores receptivas; la actividad se realizó durante un período aproximado de 30 días, cuidando de obtener polen y polinizar plantas de la misma variedad.

3.9 Cosecha

El cuajado de frutos inició el mes de noviembre y el primer corte se realizó la primera quincena de diciembre, el segundo corte la primera quincena de enero y el tercero y último se realizó los primeros días del mes de febrero de 2002.

La cosecha se hizo cuando el fruto se encontró en madurez comercial, tomando en cuenta que la semilla aún conserva el embrión inmaduro, por lo que los frutos se colocaron en bolsas de papel, que fueron almacenadas en un lugar seco y con buena ventilación, con este proceso se permite al embrión alcanzar su madurez completa, esto influye en tener una buena calidad de la semilla.

3.10 Extracción de semilla

Al fruto se le eliminó el cáliz que lo cubre y la semilla se extrajo mediante licuado, los frutos se colocaron en una licuadora durante 30 segundos, con suficiente agua eliminando el sobrenadante (cáscara y pulpa del fruto) y la semilla que se decanto en el fondo del vaso de la licuadora se lavo con agua corriente, secando a la intemperie sobre una hoja de papel a temperatura ambiente por 48 horas. Finalmente se llevo al laboratorio para realizar las pruebas de calidad de la semilla.

3.11 Diseño de tratamientos

Se utilizaron dos variedades como tratamientos, produciendo el fruto y la semilla bajo condiciones de hidroponía, y para cada variedad se realizaron tres cortes.

3.12 Diseño experimental

El diseño experimental utilizado fue de bloques al azar con un arreglo factorial de 2X2, siendo los factores variedades y cortes con 2 repeticiones dando un total de 6 tratamientos.

La unidad experimental estuvo constituida por 24 plantas, colocadas a doble hilera, con una separación entre hileras de 35 cm y 35 cm entre plantas. Entre pares de hileras se dejo una separación de 90 cm. Como pasillo para circular y realizar las labores de cultivo y toma de datos. La superficie de la unidad experimental fue de 8.75 m².

3.13 Variables estimadas

Producción de fruto por planta: Peso en gramos del fruto cosechado por planta en cada corte realizado.

Producción de fruto por hectárea. Peso en kilogramos por hectárea por cada corte.

Número de frutos por planta: Cantidad de frutos cosechados por planta en cada corte.

Peso promedio de fruto: Promedio resultado de dividir la producción de fruto por planta, entre el número de frutos por planta.

Producción de semilla por hectárea: Cantidad de semilla extraída del total de frutos cosechados en cada corte, calculado en kilogramos por hectárea.

Proporción fruto-semilla: kilogramos de fruto requerido para obtener un kilogramo de semilla.

Peso de mil semillas: Peso expresado en gramos de 10 muestras de 100 semillas por variedad y por corte.

Número de semillas por fruto: Resulta del conteo de las 10 muestras de 100 semillas, calculando en relación a la cantidad en gramos de semilla producida por fruto.

Porcentaje de germinación: Porcentaje de semillas germinadas en una prueba de germinación a 25°C, por 14 días. Se consideran germinadas las plántulas que se observan con crecimiento normal.

3.14 Análisis estadístico

Se realizó el análisis de varianza de las variables estimadas, de acuerdo al diseño experimental empleado, considerando las diferencias entre variedades y entre cortes como los factores a analizar. La comparación de medias se realizó al 5% de confiabilidad para comparaciones múltiples. Se realizó la estimación de las correlaciones entre variables en base a los coeficientes de correlación de Pearson. Se utilizó el paquete de análisis estadístico de SAS versión 6.02. Las gráficas de regresión simple de algunas de las variables correlacionadas se realizaron con el programa Excel 2000 comparando las estimaciones de correlación obtenidas en SAS.

IV RESULTADOS Y DISCUSION

En el Cuadro 7 se muestra el análisis de varianza para las características de fruto, se puede observar que entre variedades no se manifestaron diferencias significativas para todas las variables; en tanto que entre cortes se obtuvieron diferencias significativas para el peso promedio de fruto y tamaño de fruto.

Para las características de semilla (Cuadro 8) y porcentaje de germinación (Cuadro 9), no hubo diferencias entre variedades ni entre cortes.

Cuadro 7. Cuadrados medios y probabilidad para características de fruto de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001

F de V	GL	Producción de fruto por planta		Producción de fruto por hectárea		Número de frutos por planta		Peso promedio de fruto	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Repetición	1	1961210	0.7110	2561586	0.5340	7.9	0.4538	66.5	0.1069
Variedades	1	3979	0.4123	3139955	0.5016	43.2	0.2254	44.6	0.1299
Error A	1	2277		3172161		5.9		1.9	
Cortes	2	26424	0.3169	10942559	0.2749	16.9	0.4131	48.4	0.0287
Variedades x corte	2	10225	0.5913	5600172	0.6586	5.0	0.7356	1.0	0.8108
Error	8	34030		6029451		15.2		4.94	
C V		33.8		35.3		30.5		9.74	

Cuadro 8. Cuadrados medios y probabilidad para características de semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001

F de V	GL	Producción de semilla por hectárea		Proporción fruto-semilla		Peso de mil semillas		Número de semillas por fruto	
		CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F	CM	Pr > F
Repetición	1	3.41	0.5920	0.003043	0.5206	0.00011	0.2149	2465	0.6513
Variedades	1	5.20	0.5263	0.000001	0.9866	0.00006	0.2753	133	0.9103
Error A	1	6.13		0.003464		0.00001		6627	
Cortes	2	0.07	0.7804	0.001574	0.2519	0.00002	0.5273	1263	0.3564
Variedades x corte	2	0.14	0.6565	0.000215	0.7754	0.00002	0.5122	553	0.5958
Error	7	0.30		0.000793		0.00003		935	
C V		14.9		46.6		3.62		38.4	

Cuadro 9. Cuadrados medios y probabilidad para porcentaje de germinación en semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001.

F de V	G L	Porcentaje de germinación	
		CM	Pr > F
Repetición	3	102.2	0.6087
Variedades	1	280.8	0.2577
Error A	3	144.5	0.4612
Cortes	2	240.4	0.2564
Variedades x corte	2	10.2	0.9372
Error	12	157.4	
C V		29.8	

4.1 Rendimiento de fruto y sus componentes

4.1.1 Variedades

Entre variedades no se obtuvieron diferencias estadísticamente significativas, sin embargo para observar el comportamiento del rendimiento de fruto y sus componentes para cada variedad, en el Cuadro 10 se muestran las medias para las características de fruto estudiadas. La producción de fruto por planta de la variedad CHF1 es mayor en 109 gr. / planta sobre Jojutla, lo que se refleja en tres toneladas de diferencia en la producción por hectárea. La variedad Jojutla mostró mayor número de frutos de menor peso promedio, y CHF1 tuvo menor número de frutos de mayor peso.

Cuadro 10. Medias de variedades para características de fruto de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001

Variedad	Producción de fruto por planta (g)	Producción de fruto por hectárea (g)	Número de frutos por planta	Peso promedio de fruto (gr)	Tamaño de fruto
Jojutla	763	19305.6	32	24.8	3.3
CHF1	874	22374.8	44	20.9	2.9

Castro (1998), al evaluar el efecto de la presión osmótica en la solución nutritiva en tomate de cáscara var. CHF-1 obtuvo 1.18 kg por planta, bajo una presión osmótica de - 0.018 Mpa de la solución nutritiva.

Resultados similares a los obtenidos por Castro, fueron obtenidos por Damián (1992), quien al analizar la relación beneficio costo de tomate de cáscara var. Rendidora en hidroponía en invernadero, encontró una factibilidad técnica al lograr un promedio de 1.17 kg por planta a los 147 días después de la siembra y seis

cortes. Este autor estimó que el rendimiento fue 300 % superior al promedio obtenido por el cultivo en suelo.

La producción por planta es inferior a la reportada por los investigadores mencionados, en tanto que la producción por hectárea es superior a la señalada por estos autores y a los datos reportados a nivel nacional y para el estado de Jalisco, que oscilan de 8.5 a 12.8 toneladas por hectárea (Período 1980-1999), y 5.5 a 13.2 toneladas por hectárea, respectivamente (Fuente: SAGARPA, Centro Nacional de Estadística Agropecuaria).

De los resultados anteriores se puede inferir lo siguiente:

1. La producción por planta fue baja, básicamente por haberse realizado la polinización de manera manual, por esta misma razón pudieron no haberse manifestado las diferencias entre variedades. Evidentemente esta práctica de polinizar artificialmente no es recomendable para producción comercial, y queda pendiente como lograr una buena polinización bajo invernadero, dado que los insectos polinizadores como la abeja resultan difíciles de manejar en áreas protegidas por estructuras cerradas. Una opción sería evaluar el uso de abejorro o algún otro insecto que realice actividades de polinización, y que se adapte a las condiciones del invernadero.

2. El alto rendimiento por hectárea refleja el potencial de producción de fruto de tomate de cáscara bajo un sistema de cultivo hidropónico dentro del invernadero. En el caso de la variedad Jojutla se superó en 46% (6.1 ton/ ha) al mejor rendimiento reportado por la SAGARPA (13.2 ton / ha), y la variedad CHF-1 supera éste rendimiento en 69% (9.2 ton /ha).

4.1.2 Cortes

Entre cortes se obtuvieron diferencias significativas para el peso promedio de fruto. En el Cuadro 11 se presentan las medias de la producción de fruto y sus componentes en relación al corte realizado. La producción de fruto por planta y por hectárea presenta su valor más alto en el corte 2, este incremento se observa más relacionado al incremento en el número de frutos por planta que se mantiene igual

en los cortes 1 y 3 y más alto en el corte 2; el peso promedio de fruto se incremento en cada corte.

Cuadro 11. Medias por corte para características de fruto de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001 para la variedad CHF1

Corte	Producción de fruto por planta	Producción de fruto por hectárea	Número de frutos por planta	Peso promedio de fruto	Tamaño de fruto
1	210	5186	11.4	20.1	2.91
2	323	8468	15.1	21.6	3.06
3	284	7185	11.8	26.7	3.41
DSH				4.46	0.31

Al separar la respuesta de cada variedad para cada corte se observa (Figura 3), que en el caso de la variedad CHF1 existió una tendencia a incrementar la cantidad de fruto producido en cada corte, el corte menos productivo fue el primero, incrementándose sustancialmente para el segundo y con un incremento menor para el tercer corte.

Por su parte, la variedad Jojutla obtuvo un rendimiento similar a CHF1 en el primer corte, con un incremento considerable al segundo corte y una reducción también considerable para el tercer corte.

La explicación para este comportamiento diferencial entre las variedades (Figuras 4 y 5) se debe a que el número de frutos es mayor en la variedad CHF1, mientras que en contraparte el peso promedio de fruto es mayor en la variedad Jojutla. Observando la producción por cortes el número de frutos por planta en la variedad Jojutla, se reduce drásticamente en el tercer corte, en comparación con CHF1 que se reduce en menor proporción el número de frutos; dado que en ambas variedades el peso promedio del fruto tiende a incrementarse en cada corte (figura 4).

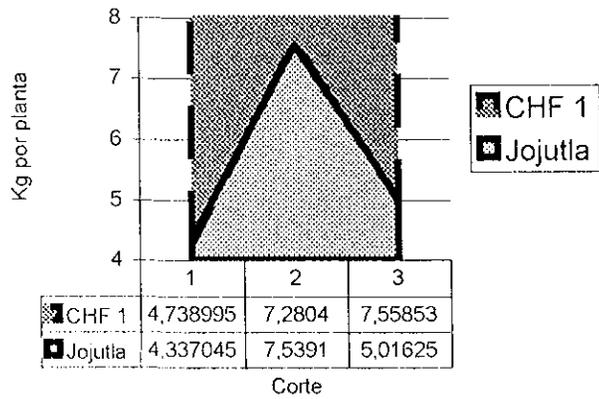


Figura 3. Producción de fruto por planta tomate de cáscara, en tres cortes.

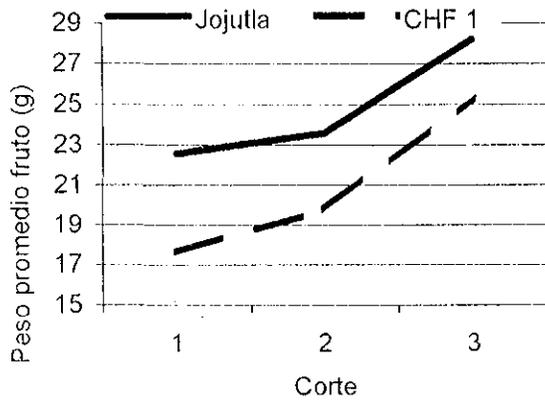


Figura 4. Peso promedio de fruto de tomate de cáscara, en tres cortes.

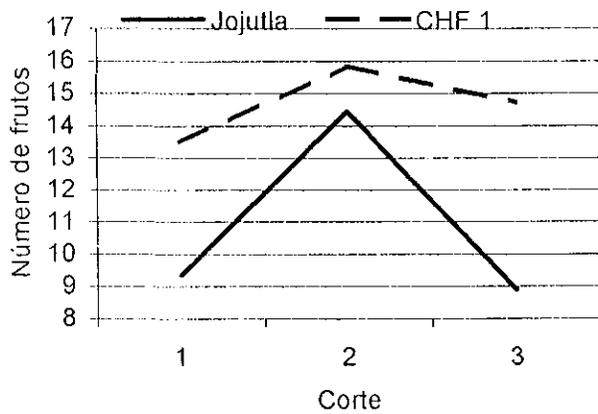


Figura 5. Número de frutos por planta de tomate de cáscara, en tres cortes.

La producción por hectárea para cada corte, se observa en la figura 6, donde el comportamiento coincide con la producción de fruto por planta.

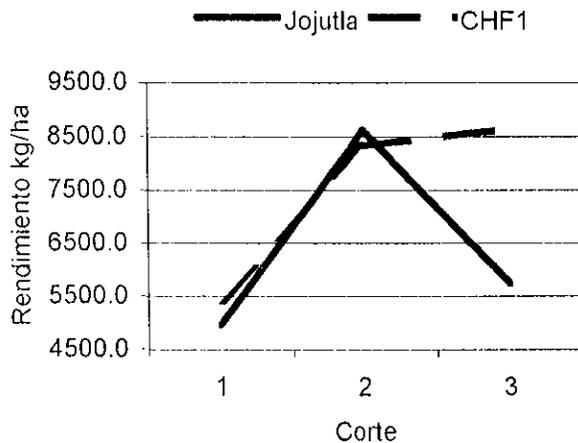


Figura 6. Rendimiento de fruto por hectárea de tomate de cáscara, en tres cortes.

La realización de sólo tres corte no permitió observar cual sería el comportamiento de las variedades bajo hidroponía en cuánto al número de cortes posibles de realizar, para conocer si las tendencias se mantenían o pudiera existir un repunte en la producción de la variedad Jojutla.

Otros autores como Paniagua (1988) observó que el máximo rendimiento se obtuvo en el tercer y cuarto corte, de cinco realizados, pero con tendencias a decrecer conforme avanza la edad de la planta.

Gallegos (2002) encontró que el tercer corte destacó con el máximo rendimiento y con el mayor peso promedio del fruto (49 y 52.9 gr para las dos variedades que probó), y después del cuarto corte disminuyó el peso promedio de fruto compensándose la producción con un mayor número de frutos producto de una mayor presencia de tallos y flores.

La importancia de este hecho radica en identificar si existe aún mayor potencial en la respuesta de las variedades al someterlas a un sistema de producción como la hidroponía, que por un mejor manejo en nutrición pudiera sinergizar el desarrollo de las plantas a comparación con la respuesta del cultivo bajo

condiciones de campo, manteniéndose una producción satisfactoria para un mayor número de cortes.

Es recomendable estudiar en futuros trabajos el comportamiento de las variedades mejoradas en contraste con las variedades del agricultor, comparando la respuesta al producir en suelo y bajo cultivo hidropónico, que además pudiera servir de guía para realizar mejoramiento genético enfocado a incrementar el rendimiento de las plantas buscando sostener una relación positiva entre número y peso de fruto.

4.2 Producción y calidad de semillas

4.2.1 Variedades

Como se mencionó al inicio de este capítulo no se manifestaron diferencias estadísticas significativas entre las variedades, pero con el propósito de comparar las características de las dos variedades estudiadas, en el Cuadro 12 se presentan las medias para la producción de semilla y las características de calidad física y fisiológica.

Cuadro 12. Medias para características de semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001

Variedad	Producción de semilla por hectárea Kg.	Proporción fruto-semilla Kg. / 1 Kg.	Peso de mil semillas	Número de semillas por fruto	Porcentaje de germinación
Jojutla	90.6	272.9	1.7	83	45.42
CHF1	130.1	171.8	1.6	76	38.58

La producción de semilla por hectárea es superior en la variedad CHF1, aproximadamente 40 Kg. más que la variedad Jojutla, lo cual se explica principalmente por una mayor producción de fruto, 3069 kg (Cuadro 10) y una menor proporción fruto-semilla (100 Kg. menos de fruto que Jojutla, para obtener un kilo de semilla), ya que el peso de mil semillas es similar en ambas variedades.

Aún cuando la cantidad de fruto requerido para extraer un kilo de semilla (proporción fruto-semilla) es mayor en la variedad Jojutla, el número de semillas por fruto es mayor que en CHF1.

Gallegos (2000) menciona que la relación fruto-semilla (aquí denominada proporción fruto-semilla) es un parámetro que permite conocer la capacidad genética de los materiales evaluados y la eficiencia de la tecnología utilizada en su producción. Este autor encontró en la variedad Jojutla una relación 69:1 (69 kilogramos de fruto por cada kilo de semilla) que resultó superior a la reportada por Paniagua (1998) quién señala una proporción 384:1. Por su parte, Armenta *et al.* (2000) determinaron una proporción 100:1 en condiciones de campo.

Los resultados obtenidos se ubican entre los niveles obtenidos por los autores mencionados ya que la producción reportada por Armenta *et al.* (2000) para el sur de Sinaloa resulta ser más eficiente. Por lo anterior es necesario comparar las respuestas de una producción de semilla de tomate de cáscara en campo contra la producción bajo cultivo hidropónico. En estudios posteriores es importante considerar la composición del fruto para determinar la relación entre pericarpio, mesocarpio, espacio locular, placenta y semilla y estimar de manera directa el peso y número de semillas y su respuesta ante el manejo nutricional y como influye sobre la productividad y calidad de semilla, ya que al parecer existen diferencias entre frutos que pudieran considerarse con una firme consistencia del fruto contra frutos de menor consistencia (bofos) lo cual pudiera ser influenciado por el ambiente de producción y la constitución genética.

Es de llamar la atención que para la misma variedad Jojutla en este estudio se obtuvo una proporción fruto-semilla casi 4 veces mayor, que la reportada por Gallegos (2000), esto pudiera relacionarse con el bajo número de semillas por fruto, en comparación de lo obtenido por Gallegos, ya que por tener menos cantidad de semilla por fruto hace que se requiera mayor cantidad de fruto. Los datos se ajustan dado que el número de semillas por fruto es 5 veces menor en este estudio, con la misma variedad, Jojutla.

Respecto a la calidad física de la semilla representada por el peso de mil semillas, los resultados obtenidos son similares a los obtenidos por Gallegos (2000) que obtuvo 1.71 gr., o los obtenidos por Paniagua (1998) con 1.7 a 1.8 gr.

Respecto a la germinación, está resultado muy baja, entre 38 y 45%. Al respecto Cruz (1991) obtuvo 39% de germinación, Hinojosa y Ávila (1992) reportaron 41% de germinación, mientras que Gallegos (2000) sólo reporta bajos porcentajes de germinación en el primer corte (entre 40 y 60 %), mejorando hacia los demás cortes a 70 a 90%, los principales argumentos señalados fueron que al realizar el corte en calidad comercial el embrión se encuentra inmaduro por lo que se requiere almacenar el fruto para su maduración o cortar el fruto en estado de madurez , y por otro lado se señala la existencia de latencia en las semillas de tomate (García, 1976; y Olivera, 1984). El porcentaje óptimo de germinación (superior al 80%) se ha logrado alcanzar en frutos cortados maduros (Gallegos 2000) y en semillas almacenadas en bancos de Germoplasma (Hernández, 1997).

Uno de los aspectos que se propone revisar está relacionado con la latencia y el método de extracción de la semilla, ya que en este estudio se cortó el fruto en estado de madurez y se dejó reposar en almacén para extraer la semilla, la cual se licuó y lavó sin fermentar, lo cual pudiera ser un procedimiento para eliminar compuestos químicos que indujeran latencia.

4.2.2 Cortes

No se registraron diferencias significativas entre cortes (Cuadro 10), sin embargo en el cuadro 11 se presenta las medias por corte para las características de semilla estudiadas.

Cuadro 13. Medias para características de semilla de tomate de cáscara. Las Agujas, Jalisco, 2001

Corte	Producción de semilla por hectárea Kg.	Proporción fruto-semilla Kg. / 1 Kg.	Peso de mil semillas	Número de semillas por fruto	Porcentaje de germinación
1	36.3	172.8	1.6	96	45.42
2	38.4	282.9	1.7	61	38.58
3	35.7	211.4	1.6	81	35.68

Al igual que la producción de fruto por planta y por hectárea, la producción de semilla por hectárea presenta un valor superior para el segundo corte, lo que se puede relacionar a la mayor producción de fruto en este corte.

La proporción fruto-semilla por corte presenta un máximo en el segundo corte, que se puede relacionar con el hecho de que al formarse mayor número de frutos estos contuvieron una menor cantidad de semilla.

La calidad física de la semilla expresada por el peso de mil semillas, no varió entre cortes, lo que implica que en primer instancia se tiende a reducir el número de semillas que el fruto forma y sostiene, y el peso no se ve afectado en primer instancia por la competencia entre frutos.

El porcentaje de germinación se reduce conforme se avanza en el número de corte lo que podría fortalecer el supuesto de que la semilla conforme avanza el corte pudiera contener un embrión con menor desarrollo (más inmaduro).

En el presente trabajo se realizaron un total de tres cortes con un intervalo de 21 días entre corte y corte. Los frutos fueron cortados cuando llegaron a su madurez, definida por cambios en el color del fruto, sin embargo para el tercer corte parte de los frutos cosechados se encontraron en madurez comercial, extrayendo las semillas cuando los frutos se observaron con cambios en color.

El tomate de cáscara tiene un crecimiento dicotómico presentando yemas axilares, por lo que es común encontrar al momento del primer corte frutos de diferentes edades y tamaño. Las flores que generalmente se presentan en las primeras tres bifurcaciones del tallo, dan origen, en caso de que amarren todas, a los frutos denominados tronconeros, los cuales son los primeros en aparecer y desarrollarse, estos crecen conjuntamente con la planta y logran alcanzar un volumen mayor que todos los demás.

Durante el primer corte se cosechan los frutos que produce un primer estrato de la planta en el cual van incluidos los tronconeros. Generalmente se dice que el mayor volumen de fruto se obtiene en esta etapa porque el cultivo esta nuevo es decir, la competencia es baja en relación a los demás cortes ya que la planta de tomate de cáscara sigue desarrollándose y continúa en crecimiento vegetativo, a su vez floreciendo y fructificando. Por lo general ocurre que los frutos del primer corte presentan un mayor peso, sin embargo en este estudio ocurrió un incremento de peso conforme avanzo el corte.

La ventaja de los frutos que no se cortan, es que su crecimiento en la planta les permite producir mas semillas, lo cual no ocurre con los que se cortaron, lo anterior indica que existe un crecimiento posterior a la madurez comercial del fruto, y que esta continua al menos durante el periodo de 21 días, por lo que la semilla, al momento de la cosecha, probablemente no ha llegado a su máximo crecimiento, siendo necesario un periodo de almacenamiento poscosecha para que esta alcancé su mayor peso, situación que puede estar directamente relacionada con la germinación.

La producción de semilla por hectárea por variedad se muestra en la Figura 7; CHF1 presenta un pico máximo en el segundo corte, mientras que Jojutla reduce su producción conforme avanzan los cortes. Entre ambas variedades se registra una diferencia en producción que mantiene las líneas separadas entre sí, CHF1 siempre arriba de 40 Kg. / ha mientras que Jojutla se mantiene alrededor de 30 Kg. /ha, disminuyendo conforme avanzaron los cortes.

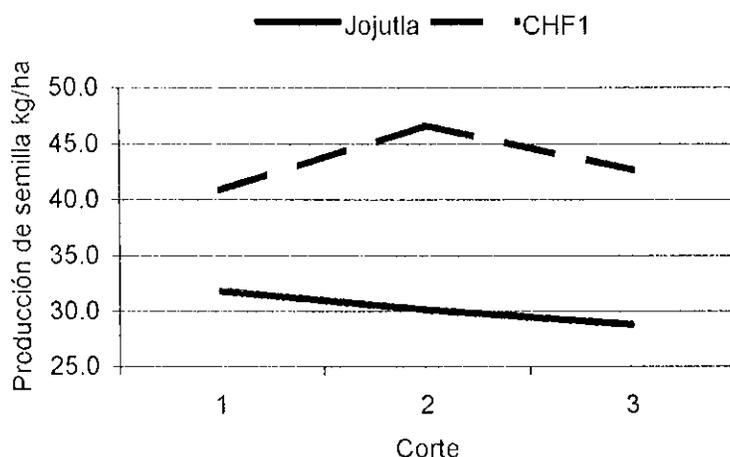


Figura 7. Producción de semilla por hectárea de tomate de cáscara, en tres cortes.

La proporción fruto-semilla (Figura 8) mostró un comportamiento diferente para cada variedad, en el caso de Jojutla se obtuvo un pico máximo en el segundo corte, lo que implica que se requirió mayor cantidad de fruto por kg de semilla; al parecer esta relacionado con el mayor número de frutos formados en ese

momento (Figura 5), generando una menor cantidad de semilla por fruto (Figura 9).

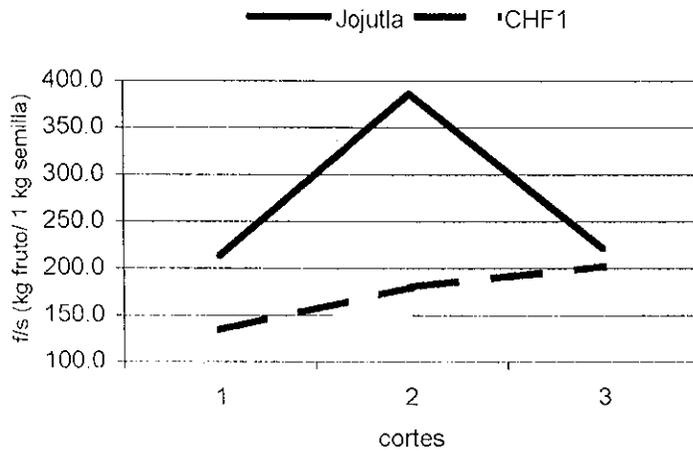


Figura 8. Proporción fruto-semilla (f/s) de tomate de cáscara, en tres cortes.

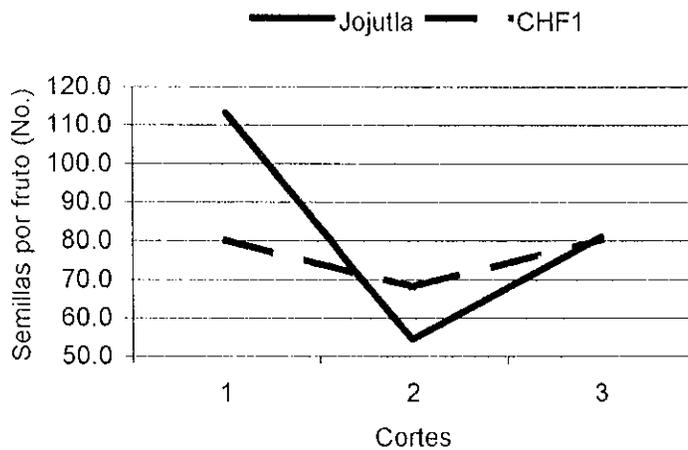


Figura 9. Número de semillas por fruto de tomate de cáscara, en tres cortes.

En el caso de CHF1 se presentó un incremento paulatino de la proporción fruto-semilla, conforme se avanzó en el corte, lo que da idea de que se obtiene menos semilla por fruto conforme avanza el desarrollo de la planta, los cambios en el número de semillas por fruto en cada corte son ligeros y se observa un leve decremento para el segundo corte; en el primer y tercer corte el número de semillas por fruto es similar (Figura 9).

4.3 Análisis de relación de variables

4.3.1 Producción de fruto y sus componentes

No se sabe con certeza si el crecimiento del fruto esta regulado directamente por las semillas, o indirectamente por la auxina producida por las semillas (Gallegos, 2000), pero se considera que el crecimiento del pericarpio está relacionado positivamente con la actividad de las auxinas en el fruto mientras que el crecimiento del tejido de la cavidad locular es afectado por el desarrollo de la semilla (Nuez, 1999)

El valor de correlación entre producción por planta y número de frutos por planta de 0.82034 (Probabilidad =0.0011%), indica una correlación positiva y alta, mientras que la relación entre producción por planta y peso promedio de fruto no resulta significativa (Probabilidad =0.9111%) y aunque fue positiva presenta un valor muy bajo, 0.03620.

De manera similar la relación entre producción de fruto por parcela con el número de frutos cosechados por parcela presentó una correlación alta, 0.85891 y significativa (Probabilidad =0.0003%); en tanto que la producción por parcela con el peso promedio de fruto fue positiva pero muy baja, 0.08459, y no significativa (Probabilidad =0.7938%).

Estas relaciones señalan que la producción de fruto se encuentra estrechamente relacionada con el número de frutos producidos, y muy poco relacionada al peso de los mismos.

La relación entre número de frutos por planta con el peso promedio por fruto fue negativa, -0.50811 y no significativa (Probabilidad =0.0917), indicando una disminución en el peso de fruto ante el incremento en su número.

Analizando por variedad la relación entre la producción y el número de frutos por planta se encontró para la variedad Jojutla un valor de correlación de 0.9380 (Figura 10) y para la variedad mejorada CHF1 de 0.7212 (Figura 11), ambos valores son positivos y altos, sin embargo el valor es más alto para la variedad Jojutla, lo que da indicios de que en esta variedad influye más el número de frutos

sobre la producción, que en la variedad CHF1. Los valores de correlación entre producción por planta con el peso promedio de fruto fueron de 0.0416 para Jojutla, y 0.0403 para CHF1, valores muy bajos y muy parecidos. Se utilizaron las siguientes abreviaturas para la interpretación de las graficas:

pp = producción por planta

nf = numero de frutos

nsf = numero de semillas por fruto

ppf = peso promedio del fruto

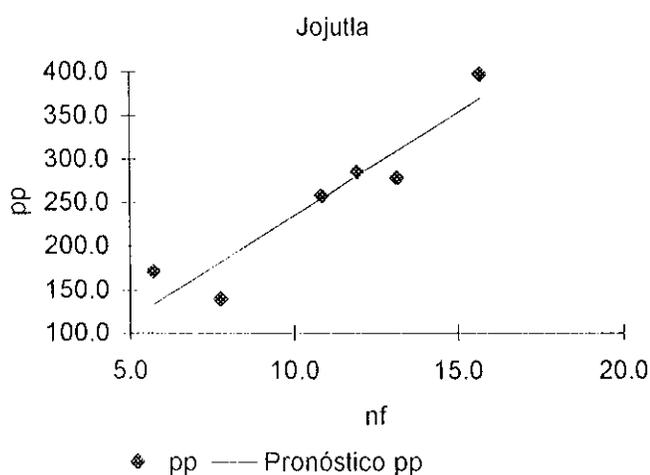


Figura 10. Relación entre producción y número de frutos por planta, de tomate de cáscara variedad Jojutla.

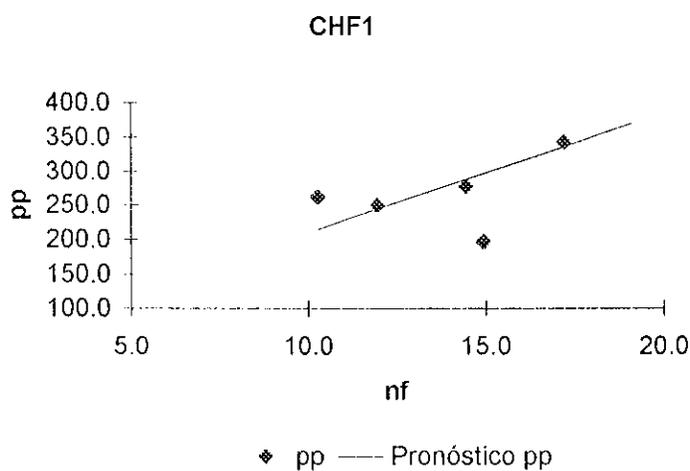


Figura 11. Relación entre producción y número de frutos por planta, de tomate de cáscara variedad mejorada CHF 1.

4.3.2 Peso de fruto y producción de semilla

En el cultivo de jitomate Nuez (1999) menciona que el peso y tamaño final del fruto esta estrechamente ligado con el número de semilla por fruto y el número de lóculos. El número de semillas varía típicamente entre 50 y 200, la relación entre el peso de semillas y el número de semillas con el peso final del fruto es significativa para cada cultivar.

En el presente estudio se encontró que la relación entre el peso promedio de fruto con el número de semillas por fruto (Figura 12) fue negativa, baja (-0.22736) y no significativa (Probabilidad = 0.4773); al igual que con el peso de semillas por fruto (-0.52237) (Probabilidad = 0.0815). Esto refleja una disminución del número y peso de semillas por fruto ante el aumento del peso de fruto, siendo mayor la reducción del peso que del número, aunque también podría interpretarse que el número de semillas se mantiene constante aún cuando haya un aumento del peso de fruto.

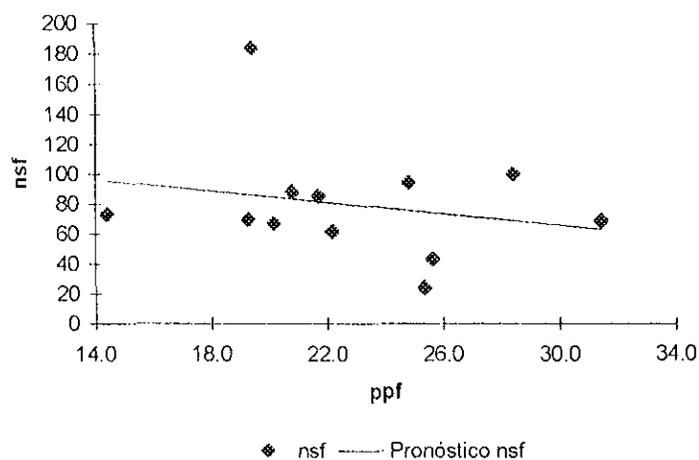


Figura 12. Relación entre peso promedio de fruto y número de semillas por fruto, de tomate de cáscara.

Benton (1999) señala que cuando disminuye el peso de fruto usualmente hay un incremento en el número de frutos pequeños y un aumento en el peso de la

semilla, además de que el peso del fruto y el peso de la semilla por fruto, tienen una expresión variada al realizar la comparación entre variedades y condiciones de crecimiento.

Al respecto, se observa en la figura 13 que la relación entre peso promedio de fruto y número de semillas por fruto para la variedad Jojutla, fue negativa con un valor de -0.6240 , valor mucho menor que el obtenido en promedio para ambas variedades, lo que señala una disminución mayor del número de semillas por fruto cuando este aumenta su peso.

En la variedad mejorada CHF1 la relación entre peso promedio de fruto y el número de semilla por fruto muestra un valor positivo de 0.5952 (Figura 14), lo que indica un aumento en el número de semillas conforme aumenta el peso promedio de fruto.

Cabe recordar que la tendencia en Jojutla fue a tener menos fruto de mayor peso y que requirió mayor cantidad de fruto para producir un kilogramo de semilla; y CHF1 a la inversa, tendió a presentar más frutos y menor peso promedio de fruto, además de que requirió menos fruto para obtener un kilogramo de semilla.

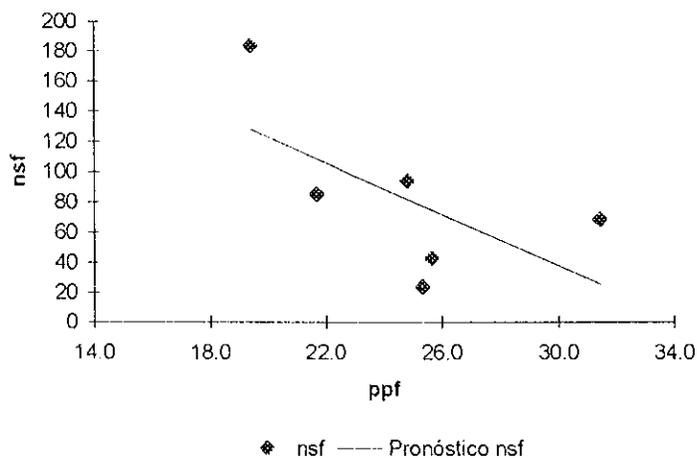


Figura 13. Relación entre peso promedio de fruto y número de semillas por fruto, de tomate de cáscara variedad Jojutla.

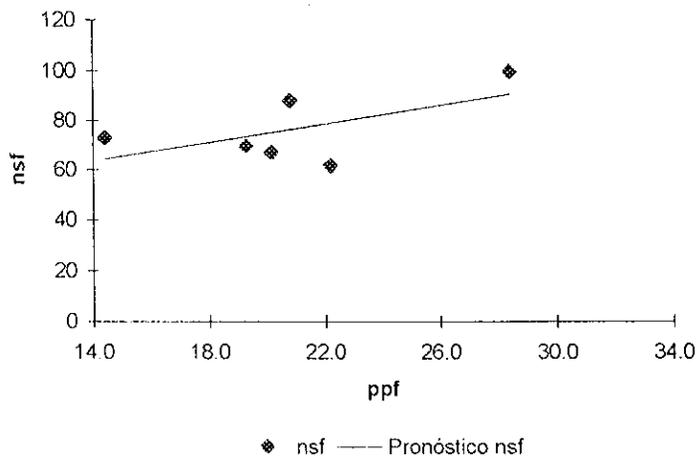


Figura 14. Relación entre peso promedio de fruto y número de semillas por fruto, de tomate de cáscara variedad mejorada CHF1.

Estas tendencias apoyan las diferencias en producción de semilla entre Jojutla (menos producción de semilla) y CHF1 (mayor producción de semilla) que se observaron en el Cuadro 12.

V. CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados y las condiciones en que se realizó el experimento se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. La capacidad productiva de fruto de Jojutla y CHF-1 fue estadísticamente igual, inferior a la reportada en otros estudios similares en cerca de 300 a 500 gramos por planta, sin embargo dado el arreglo topológico empleado el rendimiento por hectárea superó los rendimientos comerciales entre 46 y 69 %. Jojutla mostró mayor número de frutos de menor peso, y CHF1 menor número de frutos de mayor peso, lo que factiblemente equilibró la expresión del rendimiento de fruto entre variedades. Entre cortes solo se obtuvieron diferencias significativas para el peso promedio de fruto; la producción de fruto por planta y por hectárea presentó su valor más alto en el segundo corte, este incremento se observa más relacionado al incremento en el número de frutos por planta; el peso promedio de fruto se incrementó en cada corte. En CHF1 existió tendencia a incrementar la cantidad de fruto producido por corte, en tanto que Jojutla obtuvo un rendimiento similar a CHF1 en el primer corte, un incremento considerable al segundo corte y una reducción considerable para el tercer corte.
2. La cantidad de fruto requerido para obtener un kilogramo de semilla fue mayor en la variedad Jojutla, al parecer influyó la relación entre número de frutos y peso promedio, para que estas variedades expresaran igualdad en la producción de semilla por hectárea. Las proporciones fruto-semilla fueron similares a lo reportado en la bibliografía (entre 150 y 300 kilogramos de fruto por kilogramo de semilla).
3. La calidad física de la semilla obtenida en ambas variedades no difirió entre variedades, ni entre cortes.
4. La calidad fisiológica de las semillas no fue la esperada, dado el bajo porcentaje de germinación obtenido, esto puede ser producto de inmadurez del embrión al realizar la cosecha en calidad comercial y/o presencia de inhibidores

(latencia), ambos fenómenos se han reportado en trabajos anteriores en esta especie.

5. La H_0 se acepta ya que la probabilidad del error es mayor que la probabilidad, por lo tanto no hay diferencia significativa.

BIBLIOGRAFIA

- Amen, D.R. 1968. A model of dormancy. The botanical review 3481, The New York, botanical garden, Bronx, New York, p. 25.
- Andrade, D.R. 1992, Mejoramiento del vigor en semilla de maíz y su relación con la emergencia y rendimiento. Tesis de maestría, colegio de postgraduados, Montecillo, Méx. P. 89.
- Armenta C. y c m .,I. Armenta C. y J. T. Borbón S. 2000. Guía para producir tomatillo en el Sur de Sonora, Campo experimental Valle del Mayo, INIFAF, Navojoa. Sonora, p. 22.
- Baca, C. G. 1983. Efecto de la solución nutritiva, la frecuencia de riegos, el sustrato y la densidad de siembra en cultivos hidropónicos al aire libre de pepino, melón y jitomate. Tesis Doctor en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Chapingo. México. 57
- Bernal I .L. 1981.Aspectos bioquímicos de la germinación y el deterioro. Departamento de bioquímica vegetal. Facultad de química de la UNAM, p. 16
- Besnier R.F. 1989, Semillas, biología y tecnología. ED. Mundi, Prensa, Madrid, España, p .637.
- Bustamante .G., L.1983, Semillas, control y evaluación de su calidad, In; Memoria del curso de actualización sobre tecnología de semillas. UAAAN, AMSAC, México. p. 87.
- Calderón de R, G. y J. Rzedowski. 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. Instituto de ecología AC. Centro regional del Bajío. Segunda edición. Pátzcuaro, Michoacán, México. P. 662
- Castro, B. R. 1998. Índices nutrimentales en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, México. p. 87
- Cárdenas Ch. I. E. 1981. Algunas técnicas experimentales con tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot) Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Chapingo México. p. 135
- Copeland, O. L, 1976. Principles of seed science and technology. Burgess Publishing Company Minneapolis, Minnesota. p.369.

Cruz G., R. A. 1991, Producción y manejo post-madurez en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillos, México, p.155.

Damián, G. R. 1992. Relación beneficio costo de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en hidroponía bajo invernadero. Tesis Profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. p. 81

D'Arcy, W., G. 1986. Solanaceae: Biology and Systematics. Columbia University Press. New York. U. S. A. pp.: 416–430.

Espinosa C. A. 1985. Adaptabilidad, productividad y calidad de líneas e híbridos de maíz (*Zea mays* L.). Tesis de maestría, colegio de Postgraduados, Chapingo México. p. 117

Flebes, G . 1975. Factores que afectan la germinación. Factores ocurrentes, antes de la siembra, revista Cubana ciencias agrícolas, p. p. 77-78.

Gallegos, C. V. 2002. Producción de fruto y semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.), en hidroponía. Tesis de maestría. ITA No.33 Roque, Guanajuato.79

Garay A. E., 1989. La calidad de la semilla y sus componentes, en control de calidad en el campo, beneficio y almacenamiento de semillas, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), Cali Colombia. Pp. 1-11

García V. A. 1976. Citotaxonomía del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) ENA. Chapingo, México. pp. 34-39.

Gómez M. F. 1982. Latencia, germinación inhibición y estimulación de semillas Vol. VII No. 2 y 3 Colombia, p 64.

Gregory P. J 1992 crecimiento y desarrollo vegetal, In: Wild. A. Condiciones del suelo y desarrollo de las plantas según Russell, Ed. Mundi-Prensa Madrid, España, p.254

.Hebbleyhaite, P. D. (Ed). Trad. Federico Stanhan. Editorial Agropecuaria Hemisferio Sur. 2:pp. 693-701.

Hernández B G 1962. Mejoramiento genético de las plantas hortícola México p.68

Hernández C. F. 1997, Calidad fisiológica de semilla en colectas de tomate de cáscara (*Physalis spp*), conservadas en bancos de germosplama en Chapingo, México. Tesis profesional Universidad Autónoma, Chapingo, México p. 60.

Heydecker, W. 1972. Vigour. In *Viability of seeds*. Roberts, E. H. (Ed). Chapman and Hill. USA. pp. 209-252.

Hinojosa V., M. E. García L. and P. Azuara. 1982. Selection of the most appropriated leave for sap analysis during the first period of the tomato plant growth. In: *Plant nutrition 1982. Proceedings of the Ninth International Plant Nutrition Colloquium*. Warrick University, England. P. 58.

Hunt R. 1982. *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold (publisher C.). London, p. 41.

Huterwall, G.O. 1977. *Hidroponía, cultivo de plantas sin tierra*. Albatros. Lavallo, Buenos Aires, Argentina. p. 247.

INN. 1990 Instituto Nacional de Nutrición, valores nutricionales de los alimentos mexicanos, tabla de uso practico, div. Nutrición octava edición Mex. p. 31.

ISTA, 1961, Reglas internacionales para el ensayo de semillas, RTAC, p. 123.

Kamla K.P. 1957, Genética de Auto-incompatibilidad en *Physalis ixocarpa*, Brot. Am y Bot. 44; p 879-887.

Lohry R.D. and J. S., Schepers. 1988, chlorophyll leaf nitrogen and yield relationships of irrigated corn in Nebraska In; *Agronomy abstracts*. Am. Sec. Agr. Madison, Wi. p. 241.

López, M. R. A. Peña L. y C. Cruz G. 1993, Producción comercial de semilla mejorada de tomate de cáscara (*physalis ixocarpa* Brot.). Variedad CHF en: memorias trabajos de presentación de investigación y desarrollo del campo agrícola experimental. Chapingo , Mex. p. 90.

Maguire, J.D. 1980. Seed quality and germination. In: *The physiology and biochemistry of seed dormancy and germination*. Elsevier/North Holland Biomedical. Netherlands. Pp. 220-225.

Martínez D., M. L. 1993. Systematics of *Physalis* (Solanaceae). Tesis. Doctor of Philosophy. The University of Texas at Austin. pp: 44-57.

Mc Donald, M.B. 1975. A review and evaluation of seed vigor test. Proc. Assoc. Off. Seed Anal. 65. 109-139.

Moreno M., E. 1984. Análisis físico y biológico de semillas agrícolas. Instituto de Biología. UNAM, México. P. 383.

Nuez, F. 1999. El cultivo del tomate. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 73.

Olivera De Los S., A., 1984. Tratamientos para controlar la latencia en tomate de cáscara (*Physalis* spp). Tesis Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, México. p. 95.

Omaña S., J. M. 1991. Determinación del mercado de hortalizas producidas bajo condiciones de hidroponía rustica en el municipio de Salinas de Hidalgo S.L.P., El caso del jitomate. Tesis de maestría. Colegio de postgraduados Montecillos, México, p. 142.

Orduña M., O.E. A. Peña, L., y R. A. CRUZ G. 1992., Germinación en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot). Revista Chapingo. Año XVI, abril-junio 78, p.p. 74-77.

Pandey K.K: 1957 Genetics of self incompatibility in (*Physalis ixocarpa* Brot) Department of Biology, University of Colorado Boulder (Colorado, USA) In Experimentia . p 862

Paniagua, C. M. C. 1998. Fertilización y técnicas de extracción en la calidad de semilla de tomate (*Physalis ixocarpa* Brot.) Tesis de Maestría. Instituto Tecnológico Agropecuario No. 33 Celaya, Gto. 135 p.

Pérez G. M.; F. Márquez S.; A. Peña L. 1998. Mejoramiento genético de hortalizas. Segunda edición. Universidad Autónoma Chapingo. México. pp: 217 - 243

Peña L., A., y Márquez, S.,F.1990. Mejoramiento genético de tomate de cáscara Revista Chapingo, año XV No. 71-72., p.p. 88-89.

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.

Perry, D., A., 1981., Handbook of vigour test methods. ISTA, Zurich Switzerland. P. 72.

Resh, H. M. 1987. Cultivos hidropónicos : Nuevas Técnicas de producción. 2ª ed. Mundi-Prensa. Madrid, España. 318 p.

Rincón S.,F. 1989 Deterioro de la semillas y su relación con las condiciones de almacenamiento, Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Mex. . 85 p.

Rodríguez G, E, 2004 Solución nutritiva de Steiner

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.

Santiagoillo H., J. F. A .Peña L. F .Márquez S.; J. A. Cuevas S. 1997^a. 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.

Santiagoillo H. J. F. Peña L., D. Montalvo 1997b. Tomate de cáscara. Hortaliza de importancia en México. Agrocultura para el agricultor diversificado. Julio–Agosto 8 (47): 6-9.

Sánchez C.F. y E., Escálante R. 1988. Hidroponía, Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México, p. 150.

Sánchez M. F..1997. Publicaciones del programa nacional de etnobotánica, serie recursos vegetales mesoamericanos No. 2, Chapingo, México, 1997, p.p. 8-9.

Saray M. C. R. 1977. Tomate de cáscara algunas especies sobre su fisiología e investigación, campo agrícola experimental Zacatepec. (Hojas mimeografiadas).

Saray M., C. R,1982. Importancia de la precosecha (calentamiento) en el rendimiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de maestría en Ciencias, C. P. México. pp 9-23

Steiner, A.A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil*. XV (2): 134-154.

Tornero, C., M. A. 1998. Efecto de la nutrición en la producción de fruto de calidad de semilla de tomate (*Lycopersuicum esculentum* Mill), en fertilización, Tesis doctoral, Colegio de postgraduados,, Montecillo, México. México, p. 128.

Torres G. M. S. 1989. Evaluación de siete soluciones nutritivas en el cultivo de jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) en hidroponía bajo invernadero rústico. Tesis Licenciatura. UACH. Fitotecnia. Chapingo. Méx. 144p.

Verdejo R. R. 1987. Caracterización de la variedad de tomate de cáscara "Rendidora" para su mejoramiento genético en Chapingo. Tesis profesional Universidad Autónoma de Veracruz. Córdoba, Veracruz, México.

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.

Villegas O. G. 1995. Beneficio de semilla de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) y su relación con la calidad física y fisiológica. Tesis profesional. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, Méx., p. 69.

Vos J. And J. Groenvold, 1986. root growth of potato crops on a marine-clay soil. *Plant and soil*,pp 17-33.

TESIS/CUCBA