

---

---

**UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA**

---

---

**CENTRO UNIVERSITARIO DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y AGROPECUARIAS**

---

---

**DIVISIÓN DE CIENCIAS AGRONÓMICAS  
COORDINACIÓN DE POSGRADO**



**“FISIOTECNIA DEL CULTIVO DE TOMATE DE CÁSCARA  
*Physalis ixocarpa*, EN CULTIVO TRADICIONAL Y  
ACOLCHADO PLASTICO”**

**TESIS**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:  
MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y  
FORESTALES**

**PRESENTA:**

**JUAN PEDRO CORONA SALAZAR**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**MC. AURELIO PÉREZ GONZÁLEZ**

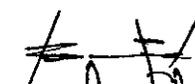
**LAS AGUJAS, ZAPOPAN, JAL., JULIO 2007**

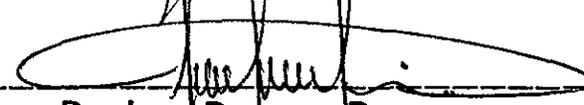


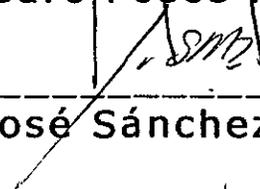
La tesis "FISIOTECNIA DEL CULTIVO DE TOMATE DE CÁSCARA *Physalis ixocarpa*, EN CULTIVO TRADICIONAL Y ACOLCHADO PLASTICO." del C. Juan Pedro Corona Salazar, se realizó bajo la dirección del Consejo particular que se indica, fue aprobada por el mismo y se aceptó como requisito parcial para la obtención del grado de:

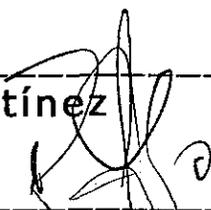
## MAESTRÍA EN CIENCIAS AGRÍCOLAS Y FORESTALES

### Consejo Particular

Tutor:   
MC. Aurelio Pérez González

Asesor:   
Dr. Pedro Posos Ponce

Asesor:   
MC. José Sánchez Martínez

Asesor:   
MC. Ramón Rodríguez Ruvalcaba

Asesor:   
MC. Roberto Antonio Castro Varela

Las Agujas Zapopan Jal., julio de 2007

## **AGRADECIMIENTOS**

A mi tutor

Mc. Aurelio Pérez González, por su amistad y compromiso.

A mis asesores

Dr. Pedro Posos Ponce, por su amistad y ayuda en la parte estadística

Mc. José Sánchez Martínez, por su oportuna dirección y asesoría

Mc. Ramón Rodríguez Ruvalcaba, por su confianza y asesoría en este proyecto

Mc. Roberto Antonio Castro Varela, por su apoyo en el trabajo de campo

† Dr. Juan Francisco Casas Salas, amigo incondicional

A todos mis compañeros por su soporte moral.

**DEDICO ESTA TESIS A:**

**Mi familia, Adriana, Andrea, María José y Paulina...**

## RESUMEN

El uso de acolchado plástico en el cultivo de tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot, representa una oportunidad económica para los agricultores, habiendo sido utilizada durante algunos años en otro tipo de hortalizas con un beneficio en rentabilidad y eficiencia. El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar dos sistemas de producción en campo de manera tradicional y la técnica de acolchado plástico, además de evaluar las variables fisiotécnicas de la planta. Este trabajo se realizó en Zacoalco de Torres, Jalisco durante dos ciclos de cultivo (2005-2006), y para tal efecto se realizaron muestreos de planta en las localidades de estudio, se midieron como variables estudio: altura de la planta, número de ramas, número de frutos, diámetro polar y ecuatorial del fruto, diámetro basal del tallo y rendimiento. El material genético que se utilizó fue la variedad criolla "Catarina". Los análisis estadísticos reflejaron una relación directa entre las variables respuesta y el rendimiento esperado. El rendimiento obtenido bajo cultivo en acolchado de 14.8 toneladas por hectárea en comparación con las 6.7 toneladas por hectárea del cultivo sin acolchado, lo que refleja el costo-beneficio en la inversión del acolchado plástico.

## SUMMARY

The use of wadding plastic in the culture of tomato of *Physalis ixocarpa Brot*, represents an economic opportunity for the agriculturists, having used during some years in another type of vegetables with a benefit in yield and efficiency. The present work of investigation must like objective evaluate two production systems in field of traditional way and the plastic wadding technique, besides to evaluate the physiothechnics variables of the plant. This work was made in Zacoalco de Torres, Jalisco during two cycles of culture (2005-2006), and for such effect plant samplings were made in the study localities, were moderate as variable study: height of the plant, number of branches, number of fruits, polar and equatorial diameter of the fruit, basal diameter of the stem and yield. The genetic material that was used was the Creole variety "Catarina". The statistical analyses reflected a direct relation between the items answer and the awaited yield. The yield obtained under wadding culture of 14,8 tons by hectare in comparison with the 6,7 tons by hectare of the culture without wadding, which reflects cost-I benefit in the investment of the plastic wadding.

## ÍNDICE

	Página
1. INTRODUCCIÓN.....	3
1.1. Objetivos .....	5
1.2. Hipótesis .....	5
2. REVISIÓN DE LITERATURA.....	6
2.1. Origen, distribución e historia.....	7
2.2. Taxonomía y descripción botánica.....	8
2.3. Descripción botánica.....	9
2.4. Proceso de producción.....	12
2.4.1. Establecimiento de almácigo.....	12
2.5. Método de siembra.....	15
2.6. Labores de cultivo.....	16
2.7. Acolchados.....	18
2.7.1. Efecto del acolchado de polietileno en el ambiente físico.....	19
2.7.2. Humedad.....	19
2.7.3. Temperatura.....	20
2.7.4. Estructura del suelo y desarrollo radical.....	23
2.7.5. Efecto del acolchado de polietileno sobre las malezas.....	24
2.7.6. Materiales usados como acolchado.....	27
2.8. Fertirrigación.....	28
2.8.1. Automatización del fertirriego.....	30
2.8.2. Relación mutua entre los aniones.....	33
2.8.3. Relación mutua entre los cationes.....	36
2.8.4. Composición de las soluciones nutritivas.....	38
2.8.5. Interacciones químicas en soluciones nutritivas.....	39

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	40
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	45
5. CONCLUSIONES.....	54
6. LITERATURA CITADA.....	55

## ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Estados del occidente de México con mayor producción de Tomate de cáscara ciclos O/I 2004/2005 y P/V 2005.....	4
Cuadro 2. Estados con mayor producción de Tomate de cáscara ciclos O/I 2004/2005 y P/V 2005.....	7
Cuadro 3. Dosis de fertilización para tomate de cáscara <i>Physalis ixocarpa</i> Brot.	17
Cuadro 4. Concentraciones de macronutrientes (mg/l) en soluciones nutritivas y de suelos. ....	32
Cuadro 5. Relación mutua entre aniones y relación mutua entre cationes con base en el porcentaje respecto al total de mol, de aniones o de cationes (Adaptado de: Steiner, 1961; Asher y Edwards, 1983; Jensen y Collins, 1985; Resh, 1991).....	34
Cuadro 6. Formula de Steiner para el fertirriego en Zacoalco de Torres, Jalisco, 2005 y 2006 .....	42
Cuadro 7. Análisis del agua para el fertirriego en Zacoalco de Torres, Jalisco.....	42
Cuadro 8. Análisis de varianza del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2005 (AÑO 1).....	46
Cuadro 9. Análisis de prueba de medias del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2005 (AÑO 1).....	46
Cuadro 10. Análisis de varianza del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2006 (AÑO 2).....	47
Cuadro 11. Análisis de prueba de medias del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2005 (AÑO 2).....	47
Cuadro 12. Análisis de regresión del tratamiento A, año 2005 (AÑO 1).....	48
Cuadro 13. Análisis de regresión del tratamiento B, año 2005 (AÑO 1).....	49
Cuadro 14. Análisis de regresión del tratamiento A, año 2006 (AÑO 2).....	50
Cuadro 15. Análisis de regresión del tratamiento B, año 2006 (AÑO 2).....	51
Cuadro 16. Comparativo fisiológico de los tratamientos de tomate de cáscara en Zacoalco de Torres.....	51
Cuadro 17. Análisis de los costos de cultivo en la producción de tomate de cáscara en pesos/ha.....	52

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara es una de las hortalizas de fruto con más demanda en el medio rural, por ser un sustituto inequívoco del jitomate, su sabor es único y de tradición en el consumo de la población mexicana. Es importante señalar que se consume desde la época de los pobladores precolombinos del continente.

El uso que se le da en nuestro país es básicamente para consumo directo, en la elaboración de guisos y salsas (como componente); en la medicina tradicional sus usos son variados, aunque más en específico para aliviar problemas de garganta.

La tecnificación en la cosecha es nula y los indicadores que se consideran para realizarla son; la madurez comercial del tomate de cáscara, es el estado de desarrollo del fruto cuando éste llena completamente la "bolsa" (llamada también cáscara u hoja, y que botánicamente es el cáliz desarrollado) e incluso la llega a romper; presentando tanto la bolsa como el fruto un color verde para el caso de los materiales de las razas: Rendidora, Puebla, Salamanca y Milpero; color morado para el caso de las razas: Tamazula y Arandas (aunque algunos materiales de la primera pueden ser verdes); y color amarillo para los materiales de la raza Manzano.

El valor agregado inmediato, esta dado por la producción de semilla en muchos de los casos no certificada y pocos de ellos como semillas certificada, tanto de instituciones educativas como privadas, además de la que realizan los campesinos. También el conocido "careo" que se da en las cajas de madera y el envasado directo en arpillas. El valor agregado industrial conocido y de poco impacto es la elaboración de salsas.

La producción y el uso alimentario del tomate de cáscara se incrementó paulatinamente propiciando una mayor superficie cultivada, en 1950 ésta superficie fue de 3,691 hectáreas, con un rendimiento de 1,844 kg/ha y un consumo per cápita de 0.246 kg para 1970 la superficie cosechada fue de 9,320 ha con un rendimiento de 6,776 kg/ha y consumo per cápita de 1.152 kg, multiplicándose aun más en 1999 con 43,572 ha producidas, con un rendimiento promedio de 12,389 kg/ha y un consumo

percápita de 4.23 kg. pasando a ser de un cultivo de importancia regional a ser uno de los principales cultivos nacionales.

Las 47,540 hectáreas cosechadas de tomate de cáscara en el año 2005 (SAGARPA, 2006) 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, 1997).

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.

En el estado de Jalisco, el cultivo de tomate de cáscara durante los ciclos otoño-invierno (2004/2005) se sembraron 1,141 hectáreas y durante el ciclo primavera-verano (2004/2005) fueron 4,766 hectáreas (SAGARPA, 2006), respectivamente (cuadro 1), debido a que en algunas regiones ha pasado de ser un producto de recolección a ser un cultivo de producción, por ejemplo en Villa Purificación, Jalisco. Es un cultivo que se ha establecido principalmente en las regiones centro y sur del estado, en los municipios de Cuquio, Ixtlahuacán del Río, Zacoalco de Torres, Tamazula, y Sayula. En éstas regiones la mayor parte de la superficie se cultiva en temporal, la producción en estos municipios se desarrolla fundamentalmente de manera empírica recurriendo al uso de variedades criollas pertenecientes a los tipos definidos como Tamazula, Arandas y Milpero.

Cuadro1. Estados del occidente de México con mayor producción de Tomate de cáscara ciclos O/I 2004/2005 y P/V 2005 (SAGARPA 2006)

Otoño-invierno 2004/2005		Primavera-verano 2004/2005	
Estado	Superficie (Ha) sembrada	Estado	Superficie (Ha) sembrada
Nayarit	2,549	Jalisco	4,766
Jalisco	1,141		
Michoacán	816	Michoacán	1,606
TOTAL	4506	TOTAL	6,372
TOTAL 10,878 Ha			

## **1.1. Objetivos**

El objetivo general de esta investigación es generar la tecnología de un sistema de producción con acolchado plástico utilizando fertirrigación para el municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco.

### **Objetivos específicos**

- a) Evaluar el comportamiento fisiológico y rendimiento del tomate de cáscara en condiciones de campo con y sin acolchado plástico.
- b) Establecer los parámetros de producción en condiciones de campo tradicional y con acolchado plástico.
- c) Evaluar los parámetros económicos de producción, utilizando acolchados plásticos y fertirrigación para el municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco.

## **1.2. Hipótesis**

La producción de tomate de cáscara usando acolchado y la aplicación de una solución nutritiva incrementará el rendimiento por hectárea, en comparativo con el sistema tradicional.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

En la actualidad el tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot) ha tomado una importancia sin precedente dentro de las hortalizas producidas en México, esto debido a que es un buen sustituto del jitomate y por el exquisito sabor que proporciona a los platillos tradicionales, siendo de relevancia sobre todo, para los estados centrales del país. El tomate de cáscara junto con el chile, jitomate, calabaza y camote, fue parte de la alimentación de los pobladores precolombinos. Se encontraron vestigios de su uso como alimento en excavaciones hechas en el valle de Tehuacán, Puebla que data de 900 a 200 años A. C. El tomate de cáscara se le encuentra distribuido en la mayoría de los estados de México en forma silvestre, fomentada, cultivada y domesticada. Es una de las especies vegetales que han sido poco estudiadas (Cartujano, 1984).

En cuanto a los usos, en México, el tomate de cáscara es importante debido a que tiene una gran demanda para la elaboración de diversos platillos tradicionales. Así por ejemplo, es utilizado como condimento en un sinnúmero de comidas en forma de salsas agregadas a los guisados, sopas y ensaladas, (Saray, 1977; Peña, 1990; Montalvo, 1996).

El cultivo de tomate de cáscara se ha incrementado por ser una hortaliza que no requiere muchos cuidados, debido al alto grado de rusticidad y por tener grandes perspectivas en el mercado, llegando incluso a ser producto sustituto del jitomate, cotizándose a buen precio y en ocasiones superiores al de éste; además, los rendimientos que se presentan son rentables y su ciclo vegetativo es relativamente corto, razón por la cual ha cobrado gran importancia en México en las últimas dos décadas. El rendimiento promedio nacional es de 12 ton/ha el cual se considera bajo en relación con el potencial productivo del cultivo, que se estima en 40 ton/ha (Peña, 1990 y Santiaguillo *et al*, 1995).

Actualmente se cultivan en México aproximadamente 47 mil hectáreas de tomate de cáscara, de las que 40 mil se siembran con sistemas de riego y 7 mil en temporal, llegando a una producción aproximada de 590 mil toneladas. A escala nacional se tiene

un promedio de rendimiento de 12 toneladas por hectárea (SAGARPA, 2006). La demanda en este momento esta solventada, pues es poco el producto que se exporta; cuando llega escasear a escala nacional, los más beneficiados son tanto productores como intermediarios, al tener mejor precio de venta Peña (1990) y Santiaguillo (1995).

Cuadro 2. Estados con mayor producción de Tomate de cáscara ciclos O/I 2004/2005 y P/V 2005 (SAGARPA 2006)

Otoño-invierno 2004/2005		Primavera-verano 2004/2005	
Estado	Superficie (Ha) sembrada	Estado	Superficie (Ha) sembrada
Sinaloa	9,968	Jalisco	4,766
Nayarit	2,549	México	3,227
Puebla	2,364	Puebla	3,005
Guanajuato	1,829	Morelos	1,782
Sonora	1,774	Zacatecas	1,656
Jalisco	1,141	Michoacán	1,606
México	902	Guanajuato	819
Michoacán	816	Sonora	783
TOTAL	24,897	TOTAL	22,643
TOTAL SEMBRADO 47,540 Ha			

## 2.1. Origen, distribución e historia

Los centros de origen de las especies son de suma importancia desde el punto de vista genético, ya que permiten vincular a las especies cultivadas con sus progenitores, disponiéndose de ésta manera de una fuente de genes útiles para el mejoramiento genético (Cartujano, 1984).

La palabra tomate proviene del vocablo náhuatl "ayacachtomatl" cuyas etimologías corresponden a: 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 tienen evidencias de que crece en forma silvestre en la Vertiente del Pacífico que va desde California en los Estados Unidos hasta Guatemala y Nicaragua (Avilés, 1983).

Dentro del género *Physalis sp.*, se ha considerado que existen alrededor de 80 especies, confinadas en su gran mayoría a zonas templadas y tropicales de América, y

muy pocas especies en Asia, India, Europa y África tropical (Peña, 1990). De estas solo dos se cultiva *Physalis ixocarpa* y *Physalis peruviana* (Medina, 1996). En México se han reportado varias especies, aunque de éstas sólo *Physalis ixocarpa*, se cultiva comercialmente (García, 1995).

Montes (1989) citado por Montalvo (1995), indica que el tomate de cáscara en México se desarrolla en una altitud que va desde los 10 metros sobre el nivel del mar (msnm) en Tres Valles Veracruz, a 2 600 msnm en el estado de México, e indica que se desarrolla en una latitud desde el sur de Baja California (29° 23' LN) hasta el sur del estado de Chiapas (15° 54' LN).

La especie *Physalis ixocarpa* es originaria de México, y desde épocas precolombinas los aztecas la cultivaban junto a sus milpas de 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. Actualmente en algunas regiones de la costa del Pacífico y centro del país, donde subsisten sistemas tradicionales de producción que ni siquiera necesitan el uso de herbicidas, es común que los campesinos mexicanos recolecten el tomate de cáscara que crece en forma silvestre, para el consumo familiar e incluso para la venta, pues aún crece entre los maizales (Menzel, 1951; Bukasov, 1963; Peña *et al*, 1990).

## **2.2. Taxonomía y descripción botánica**

### **Taxonomía**

El tomate de cáscara pertenece a la familia de las solanáceas, en donde se encuentran otras especies de importancia económica como lo son el jitomate, la papa, el tabaco, el chile, la berenjena y otras más (Bukasov, 1963).

El tomate de cáscara *Physalis ixocarpa*, Brot., fue descrito por primera vez por Linneo en 1753 (Saray *et al*, 1977) y en 1963 por Bukasov, Mulato (1984) y Medina (1996), presentando la siguiente clasificación taxonómica:

Reino:	Vegetal
Subreino:	Plantae
División:	Spermatophyta
Clase:	Agiospermae
Subclase:	Dicotiledónea
Orden:	Polemoniales
Familia:	Solanaceae
Tribu:	Solaneae
Género:	<i>Physalis</i>
Especie:	<i>Physalis ixocarpa</i> (Brot.)

Bukasov (1963), menciona que los nombres vulgares del tomate cultivado son: tomate de cáscara, costomate, tomate verde y ostomatl.

### 2.3. Descripción botánica

La especie *Physalis ixocarpa* Brot es una planta herbácea anual de 40 a 90 días, y hasta 120 cm o más de altura, dependiendo del hábito de crecimiento.

#### Hábito de crecimiento

Presenta tres tipos de hábitos de crecimiento: rastrero, erecto y semierecto, principalmente en variedades criollas. El hábito rastrero se caracteriza porque generalmente crece en forma erecta sólo hasta 40 cm, y conforme se desarrolla la planta, los tallos se extienden sobre la superficie del suelo. El tipo erecto se identifica por el aspecto arbustivo que presenta la planta, originado por un crecimiento casi vertical de los tallos, con la desventaja que se doblan o se rajan con el peso de los frutos (García, 1995; Saray *et al*, 1977).

## Raíz

El sistema de raíces en siembras directas se caracteriza por presentar raíz típica, columnar o pivotante presentándose ramificaciones secundarias profundas que pueden alcanzar hasta 60 cm o más. El sistema radicular se modifica en el método de transplante, transformándose en fibroso el cual cuenta con poca penetración en el suelo (Cartujano, 1984; García, 1995; Moreno *et al*, 1996; Saray *et al*, 1977; Castillo, 1990).

## Tallo

Sus tallos son gruesos y carnosos en la parte interior, la planta alcanza altura de 40 a 90 cm, dependiendo del hábito de crecimiento (Moreno *et al*, 1996).

El tallo es estriado; herbáceo o ligeramente leñoso en la base que puede ser erecto o rastrero, con un diámetro del tronco principal de 1.1 a 1.3 cm; presentando ramas primarias de 0.8 a 1.3 cm de diámetro, llegándose a extender a 1.0 m de longitud. En los primeros días de vida se presentan pilosidades o pubescencias esparcidas en el tallo, hojas y ramas, los cuales se van perdiendo a medida que crece la planta (García, 1995; Saray, 1977; Medina, 1996).

## Hojas

Las hojas son compuestas, erectas, alternadas, de forma ovada; su tamaño varía de 5 a 10 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho; tiene la base atenuada y el ápice agudo o ligeramente acuminado, con márgenes irregulares dentados, por lo general presentan seis dientes por cada lado. Las hojas son pecioladas cuyo pecíolo va de 4 a 6.5 cm de largo (García, 1995; Vázquez, 1977; Saray *et al*, 1977; Medina, 1996).

En forma general, sobre cada nudo se desarrolla una hoja y dos ramificaciones y en cada bifurcación, una rama se desarrolla más que otra (Mulato, 1984; Medina, 1996).

## Flor

Las flores son bisexuales, perfectas o hermafroditas; éstas son solitarias y salen de la dicotomía de las ramas; son pequeñas, pentámeras, con bordes de color amarillo brillante y con pedicelos de 0.7 a 1.7 cm de largo, lóbulos de cáliz de 0.7 a 1.3 cm de largo. 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 está púrpura y descolorida en el centro o con manchas azul – verdoso o morado, tenues o muy marcadas; acampanulada o circular; de lóbulos plegados, y con los estambres insertados en la base de la corola. El estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado. Es autoincompatible; el estigma es receptivo de 1 a 3 días, antes de que abra la flor. Produce una gran cantidad de flores, pero solo el 30% es potencial (Saray *et al*, 1977; Medina, 1996).

## Fruto

El fruto es una baya globular colgante amarilla o verdusca, con tamaño variable de 1.8 a 4.3 cm de diámetro polar por 1.6 a 6.0 cm de diámetro ecuatorial (1.0 a 6.0 cm de diámetro), con pulpa de sabor ácido, dulce o agridulce. El cáliz campanulado que lo cubre mide de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6.0 cm de ancho, con diez costillas (nervaduras) que en algunos casos son de color morado dependiendo del cultivo, pero en general son del mismo color del fruto (verde, morado o verde amarillento); los pedicelos miden de 0.6 a 1.0 cm de largo (García, 1995; Moreno y Torres, 1996).

## Especies de tomate

Peña *et al.* (1990), mencionan que existe una gran diversidad genética en *Physalis ixocarpa* Brot., y establecen que existen siete grupos comestibles como hortalizas bien definidos.

En la actualidad, dentro del género *Physalis*, se ha estimado que existen alrededor de 80 especies, confinadas en su gran mayoría en zonas tropicales y templadas de

América, y muy pocas especies en el este de Asia, India, Australia, Europa y África tropical (García 1995)

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*, que se encuentra en América; *Physalis ixocarpa* en México y Centro América, etc. Otras son consideradas como malas hierbas o como ornamentales debido a que presentan el cáliz del fruto muy vistoso (García, 1995).

En México se han reportado las especies *lagascae*, *foetens*, *mollis* e *ixocarpa*; de éstas, sólo la última se cultiva comercialmente (García 1995).

## **2.4. Proceso de producción**

### **2.4.1. Establecimiento de almácigo**

#### **Selección del sustrato**

La mayoría de los sustratos utilizados en la propagación de plantas son mezclas de ellos pueden venir elaborados comercialmente (sustrato de turba, lana de roca y estopa de coco). En la producción de tomate de cáscara, el tipo de sustrato para los almácigos va a variar dependiendo de la economía de los productores, pudiendo utilizar marcas comerciales, o simplemente, mezclar arena común con estiércol (material orgánico: material inorgánico). Incluso en tierra natural sin mezclar se puede propagar la semilla de tomate. Estos materiales utilizados como sustratos para la obtención de plántulas, deben tener un estado de proporción de nutrientes aprovechable para las plántulas. Se recomienda para semilleros, dos partes de tierra de jardín, una parte de turba y un parte de arena. También se puede usar, dos partes de suelo natural, una de turba y una de arena (Saray *et al*, 1978; Moreno y Torres, 1996).

## **Tamaño del almácigo**

El tamaño del almácigo va a variar, dependiendo del área a trasplantar y las necesidades del productor. Normalmente son de un metro de ancho, por largo variable, y profundidad o altura de 25 a 30 cm (Verdejo, 1987).

## **Desinfección**

La desinfección química de los almácigos, antes de la siembra, evita enfermedades en las plántulas y semillas, y elimina la emergencia de malas hierbas. También ayuda a combatir insectos nocivos cuyos huevos y larvas están en el suelo. Anteriormente se hacía con bromuro de metilo, por ser cancerígeno se retiró del mercado a principios de los noventa; hoy se recomienda utilizar metan sodio (un gramo de producto, por kilogramo de sustrato), puede realizarse con vapor de agua y solarización (cubrir el área del almácigo por un tiempo aproximado de dos semanas con un plástico transparente de 700  $\mu$ ) (Verdejo, 1987).

## **Siembra del almácigo**

Se recomienda que antes de sembrar la semilla, tratarla con agua tibia por cinco a seis horas, para anticipar la germinación. La siembra se realiza en surcos y a chorrillo, ya que esto facilita el control de malezas y permite el mejor desarrollo de las plantas y una menor incidencia de enfermedades. Los surcos deben de estar espaciados a 10 cm entre sí, y a una profundidad de 1.5 a 2 cm, y taparlos con una capa ligera de tierra fina o arena seca. La siembra puede realizarse, también al "voleo" distribuyendo uniformemente la semilla, aunque hay problemas para combatir las malas hierbas en éste caso. Las horas apropiadas para regar los almácigos son por la tarde y por la mañana al amanecer, usando una manguera o regadera que distribuya el agua en finas gotas. (Montalvo, 1996).

Se recomienda realizar la siembra en terrenos muy húmedos y cubrir la semilla con tierra seca. Para establecer una hectárea de tomate de cáscara, necesitamos medio kilogramo de semilla, puesta en el almácigo (Montalvo, 1996).

### **Manejo y cuidado**

Es necesario regar ligeramente el almácigo con una regadera todos los días; para evitar el destape de las semillas y plántulas se realiza acercando la regadera al cuello de las plantas y no mojar el follaje. Hay que recordar que el exceso de humedad favorece el desarrollo de la enfermedad llamada "ahogamiento", Damping off o "liguilla"; la cual se previene con aplicaciones de Captán al 50% en dosis de 7 g/l de agua. Sí la enfermedad ya esta presente, conviene castigar las plántulas suspendiendo los riegos durante dos o tres días (Montalvo, 1996).

Debe realizarse el aclareo con el fin de que las plántulas no se ahilen y crezcan débiles por falta de luz, aire y espacio; eliminando las plantas débiles, mal formadas o con daño mecánico. Se inicia cuando las plantitas tienen una altura de 3 cm aproximadamente y con el terreno moderadamente húmedo. Se deben dar tratamientos fitosanitarios preventivos normales cada 10-12 días (Contreras, 1993)

### **Protección del almácigo**

Por lo general, los almácigos se construyen en tiempo frío, por lo tanto, se necesita protegerlos con tapaderas o tapas hechas par tal fin, que pueden ser de diferentes materiales: cañajote, jarilla, zacates, láminas de cartón u otros que sirvan para ello; más recientemente con polietilenos con protección ultravioleta de 600-720  $\mu$  en forma de microtúneles, los cuales son estructuras pequeñas que se emplean para almácigos, producción de plántula y cultivo de porte bajo sembrados en hileras. Su reducido tamaño no permite laborar en su interior. Por lo general miden de uno a 2.5 m de ancho, con una altura que va de 0.8 a 1.8 m y largos variables de entre 5 y 30 m, aunque pueden existir unidades de 50 m de largo. Si el clima es fresco se necesita tapar el almácigo cuando el sol se esté declinando y destaparlo poco a poco, en la

mañana, después de que el sol haya salido evitando las bajas temperaturas a las plantas jóvenes ya nacidas, ni se ahilen por la falta de luz (Contreras, 1993).

### **Duración aproximada de las plantas en el almácigo**

Cuando la planta alcanza de 10 a 15 cm, es seguro que la raíz empieza a ramificarse; este es el caso del tomate y jitomate. El número de hojas también sirve de indicador del transplante, cuando se observen de tres a cinco hojas verdaderas, la planta esta lista para el transplante. Sin embargo, estos indicadores algunas veces tardan en presentarse, sobre todo cuando el clima es frío; pero el sistema de raíces sí desarrolla por lo que se debe tener cuidado. Así que las plantas no deben permanecer más de 60 días en el almácigo (Montalvo, 1996).

### **Selección y preparación del terreno**

Para el cultivo del tomate de cáscara es indispensable hacer una buena preparación del terreno, la cual depende en gran parte del cultivo anterior. Es necesario realizar un arado profundo de 25 cm aproximadamente, seguido de una rastra si se considera conveniente. Posteriormente deben darse los pasos de rastra necesarios para dejar el suelo mullido, con el fin de lograr un adecuado desarrollo radical. Al efectuar el surcado se recomienda que la distancia entre surcos sea de 1 m, ya que en distancias menores, a pesar de tener mayor densidad de población, no se consigue un incremento significativo en el rendimiento (Avilés, 1983).

## **2.5. Método de siembra**

### **Siembra directa**

Se utiliza alrededor de 2.0 kg de semilla por hectárea, depositándose de 5 a 7 (para poder realizar un aclareo y dejar 2 a 3 plantas por sitio) semillas por sitio a una distancia entre éstas de 30 a 50 cm (Avilés, 1983).

## **Trasplante**

Es más común ya que se tiene un mejor manejo. Se utiliza de 0.3 a 0.5 kg de semilla por hectárea, que se establece en un almácigo de 30 a 40 m<sup>2</sup> y se trasplanta de una a dos plantas por sitio.

El momento apropiado para el trasplante es cuando la plántula tiene entre ocho y diez cm de altura, que se alcanzan alrededor de los 15 a 18 días en verano y a los 18 a 21 días en siembras de invierno (Castillo, 1990).

### **Arreglos topológicos**

Menciona Castillo, 1990, señala que no se obtiene ninguna ventaja cuando se dejan más de dos plantas por sitio, ya que únicamente dos de ellas logran un buen desarrollo. Señala que el número de plantas por sitio no afecta la calidad ni la cantidad de fruto producido.

## **2.6. Labores de cultivo**

### **Aclareo**

Cuando se realiza la siembra directa, es necesario hacer un aclareo de los 8 a los 10 días después de la emergencia de la planta, dejando de 3 a 4 plantas por mata a fin de evitar un crecimiento raquíptico o hilamiento y como consecuencia el acame de las mismas. A los 20 ó 30 días, cuando se considera que el cultivo se ha establecido en forma definida, se debe hacer un segundo aclareo dejando solamente 2 plantas por sitio. Cuando se realiza el transplante, generalmente se presentan fallas de establecimiento de plántulas, las cuales deben ser repuestas en los primeros 5 días después de realizado (Avilés, 1983).

## Deshierbes

Los deshierbes o raspadillas se efectúan después del primer aclareo (8 a 10 días) o cuando se considere necesario (de 15 a 20 días). Alrededor de los 30 días se recomienda dar un paso de cultivadora, con el propósito de eliminar las malas hierbas, desmenuzar el suelo y evitar que se formen terrones que dificulten el aporque, el cual se debe realizar inmediatamente después del paso de cultivadora para tapar el fertilizante y aporque de tierra para la mayor formación de raíces secundarias o adventicias (Avilés, 1983).

## Riegos

Los riegos no se pueden establecer en base a un calendario para las diferentes localidades, ya que las necesidades de agua de las plantas dependen de muchos factores edáficos y ambientales como son: la textura del suelo, la temperatura y la humedad relativa. Sin embargo, es conveniente efectuar los riegos oportunamente para conseguir un buen desarrollo de la planta; deben procurarse que el intervalo entre los riegos permita que el terreno quede en condiciones de trabajarse y cubrir etapas críticas de la planta (Avilés, 1983).

## Fertilización

Cuadro 3. Dosis de fertilización para tomate de cáscara *Physalis ixocarpa* Brot.

Fuente	Fórmula	Indicaciones en la aplicación
Montalvo, 1995	100 – 80 – 00 y 80 – 00 – 00	Primera fertilización al momento del transplante y la segunda a los 35 días después.
Mulato, 1984	120 – 40 – 00 60 – 40 – 00 y 60 – 00 – 00	Primera fertilización con la mitad del nitrógeno y todo el fósforo y la segunda a los 28 días.

En algunas regiones se recomienda la fórmula 120 – 40 – 00, aplicada en dos etapas. La primera con la mitad de nitrógeno y todo el fósforo, a los 15 días después del trasplante y la segunda a los 30 días, agregando el resto de nitrógeno.

La fertilización foliar es el procedimiento más seguro para nutrir con fósforo, potasio y microelementos a la planta. Para la aplicación del fertilizante foliar se debe realizar un correcto diagnóstico de deficiencias para estimar la dosis a utilizar (Rodríguez, 1992).

Velázquez (1990); Arroyo y García (1993) señalan que cuando se aplican fertilizantes foliares se obtiene un incremento en el rendimiento total del tomate de cáscara (10% más). El primero usó Nitrofoska (15-15-15) a dosis constantes de 4 l/ha y el segundo a una dosis de 2 l/ha y se obtuvo 64 ton/ha.

## **2.7. Acolchados**

El acolchamiento de suelos es una técnica muy antigua que consiste en colocar materiales como paja, aserrín, capotillo de arroz, plástico o papel, cubriendo el suelo, con la finalidad de proteger al cultivo y al suelo de los agentes atmosféricos, promover cosechas precoces, mejorar rendimientos y evitar el contacto del fruto con el suelo. Entre las tecnologías que permiten mejorar la eficiencia de producción de hortalizas, el uso de "mulch" o acolchado de suelo, surge como una buena alternativa, porque además de aumentar el rendimiento, adelantar la cosecha y mejorar la calidad del fruto, permite un ahorro significativo de agua y mano de obra, factores cada vez más escasos. Con el uso de acolchado se logrará intensificar la producción y aumentar la eficiencia de uso de los recursos (Castillo, 1998).

El efecto que garantiza estas ventajas son entre otras: modificaciones favorables del régimen térmico y del balance de energía a nivel de suelo, control de malezas y aislamiento de los frutos de algunas especies para que no queden en contacto con el suelo. El polietileno, fundamentalmente por su bajo costo relativo, es el material más utilizado en acolchado de suelos a nivel mundial. Además es de fácil uso ya que posibilita la mecanización de su instalación. Corresponde a una resina termoplástica

obtenida a partir del etileno polimerizado a altas presiones. Es flexible, impermeable e inalterable al agua, no se pudre ni es atacado por los microorganismos (Castillo, 1998).

### **2.7.1. Efecto del acolchado de polietileno en el ambiente físico**

El uso de acolchado de polietileno en los cultivos genera importantes modificaciones en el ambiente físico donde se cultivan las plantas, cuya intensidad depende del tipo de polietileno que se utilice. Los factores que se alteran con el uso de acolchado son: humedad, temperatura, estructura y fertilidad del suelo, como también la vegetación espontánea bajo la película (Castillo, 1998).

### **2.7.2. Humedad**

Usando acolchado de polietileno, se logran efectos importantes en la economía de agua, ya que por su impermeabilidad a ésta, impide la evaporación desde la superficie del suelo cubierta con la película, quedando esa agua a disposición del cultivo, beneficiándose con una alimentación constante y regular (Baticcevic, 1997).

Adentuji (1993), trabajando con acolchado orgánico en lechuga encontró que redujo la temperatura diurna del suelo y conservó la humedad de éste, produciendo un rendimiento significativamente mayor que en suelo desnudo. Los resultados indican que la lechuga requiere suelo húmedo, no menor del 60% de la humedad aprovechable del suelo en los primeros 12 cm para un óptimo rendimiento. Esta humedad puede ser proporcionada con la mitad del agua de riego al utilizar acolchado en el cultivo, en comparación con suelo desnudo.

Existen otros autores que han cuantificado el ahorro de agua logrado con el uso de acolchado de polietileno, tal es el caso de Renquist, *et al.* (1982) quienes señalan que al cultivar frutilla con acolchado de polietileno en verano, se requiere un tercio del agua en comparación a la que necesita cuando es cultivada sin acolchado y concluyen que el acolchado mejora la eficiencia del uso del agua y se expresa en un mayor rendimiento

de frutos; esto como resultado de la mejor conservación de la humedad del suelo, e indirectamente, por las mayores temperaturas de suelo registradas al usar acolchado.

Haddad y Villagrán (1988), afirman que con el uso de acolchado plástico se logró distanciar los riegos a una vez cada quince días, en lugares donde se regaba dos veces por semana. Por otra parte, los plásticos oscuros, al impedir el desarrollo de malezas al no dejar pasar luz para que realicen su proceso de fotosíntesis, se ahorra también en el agua que éstas pudieran consumir.

### **2.7.3. Temperatura**

Desde el punto de vista térmico, el acolchado se comporta como un filtro de doble efecto, que acumula calor en el suelo durante el día y deja salir parte de éste durante la noche, lo que evita o disminuye el riesgo de heladas por bajas temperaturas del aire. Durante la noche, el plástico detiene, en cierto grado, el paso de las radiaciones de onda larga (calor) del suelo a la atmósfera (Baticevic, 1997).

El calentamiento del suelo se explica por el efecto invernadero ejercido por el polietileno en la pequeña capa de aire que se encuentra entre éste y el suelo. La magnitud de dicho efecto varía según la transmisividad del polietileno a la radiación solar, que generalmente es alta y su impermeabilidad a la radiación térmica emitida desde el suelo, que normalmente es baja, pero que puede ser modificada de acuerdo al espesor del polietileno, a la presencia en la cara inferior de una película de pequeñas gotas de agua por efecto de la condensación o al uso en el material del plástico de aditivos que le confieran propiedades térmicas (Baticevic, 1997).

El suelo cubierto con acolchado presenta mayor temperatura que el suelo desnudo, esta diferencia depende fundamentalmente del color del polietileno. Existe un efecto regulador de las temperaturas mínimas y máximas del suelo bajo las cubiertas plásticas. Las temperaturas mínimas se mantienen 2 - 3 °C sobre el testigo sin acolchar cualquiera sea la época de cultivo; siendo especialmente importante este efecto en los meses de invierno, para favorecer la mineralización del nitrógeno y absorción de nutrientes que se ven afectados por falta de temperatura. Por otra parte, las temperaturas máximas también

superan al testigo sin acolchar pero sin llegar a condiciones estresantes para las plantas. Todo esto se traduce en mayores producciones de los tratamientos con acolchado, respecto al testigo sin acolchar. En general no se puede separar totalmente el efecto directo del plástico sobre la temperatura del suelo, por las condiciones de manejo del cultivo. El riego utilizado, disminuye las temperaturas máximas y aumentan las mínimas al mejorar la ganancia térmica en el perfil y suavizar las extremas por el efecto regulador del agua (Castillo, 1998).

La diferente composición botánica de las malezas que crecen bajo los plásticos que permiten el paso de luz hace que deban recomendarse diferente tipo de plástico según la época de cultivo. Así es como temprano en primavera y en otoño e invierno, los tratamientos con plásticos más claros, especialmente el de color naranja y transparente, con menor incidencia de malezas en relación a los cultivos de verano, fueron los que presentaron rendimientos mayores debido a que en esas épocas es más importante la ganancia térmica que los problemas de malezas (Robledo y Martín, 1988).

Sin embargo en el período de verano en que predominan las malezas perennes que compiten agresivamente con el cultivo en velocidad de crecimiento y desarrollo, cuando se usan plásticos que dejan pasar luz, se produce un levantamiento de ellos por la presión que ejercen las malezas bajo el acolchado, afectando en forma especial a los cultivos bajos; en cambio con el uso de acolchados plásticos de baja o nula transmisividad a la radiación solar como son el negro, aluminizado y coextruido blanco/negro, se logró un efectivo control de malezas, asociado también a los mejores rendimientos (Robledo *et al*, 1988).

Es importante destacar la utilidad del acolchado en suelos que presentan dificultad para aumentar su temperatura en zonas de primaveras frías, afirmando que en dichos casos, con acolchado de polietileno transparente, o de color naranja, el calentamiento del suelo se produce más temprano en la temporada y con mayor intensidad y rapidez, beneficiando al cultivo en su período de crecimiento inicial lo que se refleja en una notable mejora del rendimiento (Robledo *et al*, 1988).

Con el incremento de la temperatura del suelo hasta 28° C se obtiene un mayor desarrollo radical, que a su vez se expresa en mayor rendimiento y una producción más

precoz y de mejor calidad, pero si la temperatura excede  $> 30^{\circ} \text{C}$  los efectos térmicos del acolchado pueden perjudicarlo. Las altas temperaturas que alcanzaría la superficie del suelo bajo ciertos acolchados, principalmente transparente en períodos de alta radiación solar, se pueden traducir en detención del crecimiento de raíces e incluso su muerte, (principio en que se basa la solarización) como también se pueden producir daños en la base de los tallos. La temperatura óptima de suelo para la mayoría de las especies es de  $20$  a  $25^{\circ} \text{C}$  (Robledo y Martín, 1988).

De los plásticos que mejor respuesta han presentado para uso como acolchado en la época de verano, el de color negro, que presenta la menor reflexión (9 %), acercándose a las características propias de un cuerpo negro, que absorbe un 91 % de la radiación que incide sobre él, es el que más se calienta pudiendo causar quemaduras en aquellas estructuras de la planta en contacto con el plástico, en cultivos bajos como lechuga, frutilla, melón, pepino, sandía y zapallo camote, en sus primeros estados, pues más adelante el propio follaje del cultivo intercepta la radiación (Castillo, 1998).

En cambio, el plástico aluminizado, que presenta al igual que el negro un total control de malezas bajo el plástico, se calienta menos que el negro porque su coloración brillante permite que parte de la radiación incidente se refleje, presentando una mayor energía luminosa que difunde por reflexión a la superficie y la energía incidente lo cual constituye un excelente alternativa para uso en acolchado (Robledo y Martín, 1988).

El polietileno coextruido blanco/negro, también conocido como bicolor por presentar una superficie negra por un costado y blanca por el otro, usándose la cara blanca hacia arriba, presenta una ventaja adicional, ya que el color blanco hace que refleje toda la luz incidente, evitando que se caliente el plástico y permitiendo una mayor iluminación para el cultivo, que en algunos casos, especialmente cuando el cultivo se prolonga hacia el otoño, como es el caso de la frutilla, al disponer de más luz, habrá mayor fotosíntesis y por lo tanto mayor contenido de carbohidratos disponibles para una mayor producción (Robledo *et al*, 1988).

La suma de las temperaturas que actúan sobre una planta tiene importancia primordial en la determinación de su desarrollo y tamaño final. La temperatura tiene influencia directa en el número de días necesarios para alcanzar los diferentes estados

de desarrollo. La posibilidad de aumentar las temperaturas mediante el uso del acolchado de polietileno adecuado, acortaría el período para alcanzar la suma térmica requerida por el cultivo para madurar, adelantando la producción. Frecuentemente, el estado de desarrollo de una especie o variedad es estimado por la acumulación de días grado sobre una temperatura base determinada. Cada variedad requiere un número constante de días grados acumulados para alcanzar un estado deseado (Robledo *et al*, 1988).

El método más usado para calcular las unidades térmicas, es el de días grado, que consiste en sumar los grados que diariamente las temperaturas medias exceden a una temperatura base, llamada también "temperatura umbral", durante toda la vida de un cultivo. Para aquellas hortalizas de estación fría se usa generalmente 5 °C como temperatura umbral y de 10 °C para las especies de estación cálida (Robledo *et al*, 1988).

#### **2.7.4. Estructura del suelo y desarrollo radical**

El uso de acolchado de polietileno protege la estructura del suelo, manteniendo el suelo mullido y la humedad superficial. En estas condiciones las plantas desarrollan más superficial y lateralmente su sistema radical, y las raíces son más numerosas y largas. Con el aumento de raicillas colonizando el estrato de mayor fertilidad del suelo, la planta asegura una mayor extracción de agua y sales minerales, lo que conduce a mayores rendimientos (Castillo, 1998).

#### **Fertilidad del suelo**

El aumento de la temperatura y humedad del suelo provocado por el uso de algunos tipos de acolchado, favorece la mineralización del suelo, lo que lleva a una mayor disponibilidad de nitrógeno para las plantas, por otro lado, al reducir la lixiviación, evita las pérdidas de este elemento (Castillo, 1998).

Al-Assir *et al.* (1992), trabajando en lechuga del tipo cos encontraron que el nivel de nitrato del suelo fue mayor en los suelos con acolchado que en los descubiertos y concluyeron que cultivada en climas moderados y suelos con adecuado nivel de nitrógeno, no responde al uso de polietileno transparente.

Las micorrizas aumentan la superficie de las raíces en contacto con el suelo, mejorando la capacidad de absorción de nutrientes, Contreras *et al.* (1993), encontraron que en lechuga cultivada bajo invernadero aumentó el porcentaje de infección de raíces por micorrizas vesículo arbusculares cuando se usó acolchado de polietileno.

### **2.7.5. Efecto del acolchado de polietileno sobre las malezas**

El crecimiento de malezas bajo el acolchado depende del color del plástico, es decir, de su transmisividad a la luz solar. El polietileno transparente posee una alta transmisión de radiación solar fotosintéticamente activa, lo que favorece el crecimiento de malezas que compiten por agua y nutrientes con el cultivo y además le provocan daño mecánico por levantamiento del acolchado plástico. Sin embargo se puede evitar totalmente el crecimiento de malezas utilizando un plástico que impida el paso de luz, como es el de color negro, el aluminizado o algún coextruido bicolor en que una de sus caras sea de color negro. Aquellos plásticos de colores, con valores intermedios de transmisividad, permitirán el desarrollo proporcional de malezas bajo el plástico, a mayor paso de luz mayor cantidad de malezas (Castillo, 1998).

En presencia de malezas, el período crítico de interferencia es un importante factor a considerar, ya que es en esta etapa cuando la existe el mayor decremento en la producción. En general, para los cultivos hortícolas el período crítico de interferencia corresponde al primer tercio del tiempo que dura el cultivo (Robledo *et al.*, 1988).

### **Efecto del color del acolchado en la producción, precocidad y calidad**

Para elegir un color del plástico de polietileno es fundamental considerar la época del año en que se usará, ya que su efecto sobre las plantas será positivo o negativo

según las condiciones ambientales. Es así como Eltez *et al*, (1994) en tomate, encontraron que el mayor rendimiento total se obtuvo con polietileno negro en primavera y blanco en otoño, siendo superiores al testigo en 25% y 37.5% respectivamente.

Converse (1981) en Israel logró de un 10 a 15% de aumento en rendimiento en frutilla plantada en invierno con el uso de polietileno transparente, en relación a los rendimientos logrados con polietileno negro.

Bringhurst *et al*, (1990), señalan que el acolchado de polietileno transparente es una de las técnicas más importantes para mejorar la producción invernal de frutillas en California. En diversos ensayos han demostrado que el plástico transparente es de mayor utilidad en inviernos más fríos por su significativo aumento de la temperatura del suelo, lo que se traduce en precocidad y en mayor rendimiento. Sin embargo, se requiere de un eficiente control de malezas.

Schales, (1994) probó acolchados de polietileno negro, transparente, coextruido blanco/negro, verde de transmisión infrarroja y fotodegradable en un cultivo de melón, encontrando que con polietileno coextruido blanco/negro, con la superficie negra en contacto con el suelo, se obtuvo el mayor rendimiento total. La mayor precocidad se obtuvo también con coextruido blanco/negro y con polietileno verde de transmisión infrarroja, que superaron incluso al transparente.

Eltez *et al*, (1994) trabajando en tomate en condiciones de invernadero, encontraron que el acolchado de polietileno blanco produjo mayor rendimiento total y mayor precocidad que el negro en otoño, mientras que el negro produjo mayor rendimiento total y menor precocidad que el blanco en primavera. La ventaja del polietileno blanco en invierno está dada por el beneficio que trae la reflexión de la luz sobre las plantas.

Eichin y Deiser (1991) trabajando en lechuga de cabeza, encontraron que con acolchado de papel negro y café y con polietileno negro, el crecimiento y desarrollo no fue afectado, pero se obtuvo un producto limpio, con reducida incidencia de pudriciones en las hojas externas. Además lograron buen control de malezas.

Barticevic (1997) En cultivo de lechugas a fines de invierno, el plástico transparente mostró las más altas temperaturas de suelo lo que se tradujo en una mayor precocidad de 8 días respecto al testigo, también se registraron altas temperatura de suelo bajo acolchado naranja y negro; mientras el coextruido blanco/negro presentó las más bajas temperaturas.

La calidad de las lechugas fue mejorada con el uso de acolchado naranja, transparente, negro y gris humo. Destacándose el tratamiento con acolchado naranja, que superó la calidad obtenida en el tratamiento testigo y con acolchado blanco y coextruido blanco/negro (Barticevic, 1997).

De acuerdo al análisis económico, el uso de acolchado de polietileno es una alternativa muy interesante en el cultivo de lechuga. Aún cuando con acolchado los costos aumentaron en un 50% respecto al testigo, los mayores ingresos obtenidos determinaron una rentabilidad superior a la del testigo en todos los casos. El acolchado color naranja resultó ser el tratamiento más rentable, el transparente ocupó el segundo lugar en rentabilidad. Los tratamiento con acolchado blanco y coextruido blanco/negro presentaron la menor diferencia respecto al testigo (Barticevic, 1997).

Castillo (1998) En cultivo de brócoli, donde los tratamientos consistieron en cobertura de suelo con plásticos de polietileno de baja y alta densidad, transparente y de colores: blanco, gris humo, negro, aluminizado, verde, azul, coextruido blanco-negro y café-negro, además de un testigo con suelo desnudo, las temperaturas de suelo mínimas y máximas bajo los diferentes acolchados de polietileno, siempre fueron superiores al testigo sin acolchar, siendo los polietilenos transparentes de alta y baja densidad los que registraron las más altas temperaturas de suelo.

Las temperaturas de suelo durante los meses de abril a junio, tienden a decrecer en todos los tratamientos así como también, la diferencia entre ellas. La mayor cantidad de malezas se encontró en el testigo sin acolchar y en los polietilenos transparentes. Los rendimientos alcanzados con los diferentes tratamientos de polietileno en promedio superaron en un 35% al testigo sin acolchar, en tanto que el mejor rendimiento se obtuvo con el polietileno blanco de baja densidad y de 50 $\mu$  de grosor, superando al testigo sin acolchar en un 51% (Castillo, 1998).

### **2.7.6. Materiales usados como acolchado**

Lo más frecuente en Chile es utilizar como acolchado plásticos de polietileno de baja densidad (PEBD) de 50  $\mu$  (50  $\mu$  = 50 micras) de grosor, sin embargo, luego de dos años de experimentación se puede señalar que para la mayoría de los cultivos hortícolas, un polietileno de baja densidad de 25 $\mu$  es suficiente (Eltez, 1994).

En relación a los polietilenos de alta densidad, con 20 $\mu$  de grosor, en general tuvieron una vida útil corta, especialmente en el período de mayor radiación, sufriendo un fuerte deterioro antes de completar el período del cultivo, siendo aún más marcado el efecto en los colores oscuros, sin embargo, no deben descartarse, porque al agregárseles algo de aditivo antiultravioleta y algún antioxidante podría obtenerse un material que cumpla con la duración requerida a un precio menor que el PEBD de 25 $\mu$  y dejaría la posibilidad a que en el futuro cercano pudiera rebajarse el grosor a 10 $\mu$  (Eltez, 1994).

El grupo de plásticos de polietileno de alta densidad reciclados de 20 $\mu$ , cuyo menor costo es muy atractivo, no dieron resultados positivos por su rápido deterioro, pero al igual que lo señalado anteriormente, cabe la posibilidad de corregir sus problemas (Eltez, 1994).

La investigación en este campo, en los últimos años ha centrado fuertemente la atención el polietileno lineal de baja densidad (PELBD) que no es una invención nueva, su primera producción se remonta a unos 35 años. Lo que sí es relativamente reciente es su comercialización a escala industrial desde 1980 y, desde luego, su aplicación en técnicas expansivas de acolchado en México (Robledo, 1988).

Se puede afirmar que es el material plástico para uso como acolchado con mayor crecimiento y que, por sus características globales está desplazando a otros polímeros convencionales en ésta aplicación que, por sí misma, está teniendo un desarrollo espectacular tanto en países más desarrollados (USA, Francia, España) como en otros en vías de desarrollo, siendo el ejemplo más característico China, donde actualmente se acolchan unas 2 millones de has, principalmente en el cultivo del algodón. Es importante citar que el incremento de la superficie acolchada en todos estos países ha

sido posible gracias al desarrollo paralelo de tipos de PELBD especialmente diseñados para estas aplicaciones (Robledo, 1988).

Como indica su nombre, el PELBD es un tipo de polietileno que presenta una estructura de sus moléculas similar a la del polietileno de alta densidad (PEAD), es decir lineal, pero con un mayor número y longitud de sus cadenas laterales, lo que le confiere la característica de su baja densidad (Schales, 1994).

También se ha estado probando el uso de pigmentos aperlados (nacarados) en PEBD y en PELBD para aprovechar la dispersión de la luz que traspasa el plástico y la mayor captación de las plantas de la luz reflejada; en la agregación de aditivos térmicos para bajar la transmitancia a la radiación de onda larga y así atrapar más calor en el suelo; en materiales fotodegradables para evitar la contaminación del suelo si no se procede cuidadosa y oportunamente a retirar el polietileno después de terminado el cultivo (Schales, 1994).

## **2.8. Fertirrigación**

La aplicación de fertilizantes para el desarrollo de los cultivos es una práctica común ampliamente utilizada por los productores de cultivos hortícolas alrededor del mundo, inclusive se puede afirmar que no existe nadie que estando involucrado seriamente en la producción de cualquier cultivo no considere el uso de fertilizantes con el objetivo de obtener mayor calidad y rendimiento en sus cultivos (Canovas, 1993).

La forma y los medios de aplicación han variado y evolucionado en todas las épocas y los sistemas han ido mejorando la precisión en las cantidades que se aplican y la posibilidad de poner el fertilizante mas cerca de la zona radicular donde las plantas puedan aprovecharlo, además la imperante necesidad de mantener nuestros acuíferos y suelos libres de contaminación nos lleva a la búsqueda de tecnología que permita hacer un uso eficiente con los fertilizantes (Robledo *et al*, 1998).

La agricultura tiene sus orígenes en la época del desarrollo de la raza humana cuando dejan de depender de la caza y pasan de un sistema nómada a un sistema sedentario en el que aprenden a cultivar la tierra, al tener que depender de su propia

habilidad en el cultivo de la tierra, el hombre fue aprendiendo y descubriendo que ciertos suelos eran mas productivos que otros, las prácticas de cultivo mostraron que los suelos a orillas de los ríos tenían mejor respuesta, muy probablemente debido a un buen sistema de irrigación como a la buena fertilidad ocasionada por las constantes inundaciones ocasionadas por los ríos, de la misma forma el hombre se llega a percatar de la disminución en la capacidad de los suelos cuando estos eran cultivados continuamente y probablemente de aquí surge la idea de agregar residuos orgánicos para restaurar la fertilidad (Robledo *et al*, 1998).

A partir de este punto se desarrollan una gran cantidad de investigaciones que arrojan conocimiento en cuanto a la necesidad y requerimiento de diferentes elementos por las plantas, se establecen y se determinan los elementos mayores y los menores, se encuentra la función de cada elemento dentro de la planta y el desarrollo de la fertilización empieza a tomar un rumbo mas definido y exacto, todo el conocimiento que se genera a partir de este momento lleva a la conclusión que el uso de fertilizante es necesario si lo que se requiere es una buena producción (Robledo *et al*, 1998).

La fertilización evoluciona desde la práctica (todavía utilizada) de agregar o reincorporar residuos orgánicos naturales hasta la aplicación de fertilizantes sintéticos elaborados bajo formulaciones químicas, sin dejar de considerar los actualmente utilizados y cada vez mas aceptados fertilizantes orgánicos, todos estos fertilizantes tienen la misma condición y limitación, necesitan ponerse a disposición de la planta para que esta pueda tomar los elementos que requiera y que se encuentran presentes en las fuentes de fertilizantes utilizadas (Robledo *et al*, 1998).

La primera práctica utilizada para llevar el fertilizante al alcance y disposición de la planta es la de depositar el fertilizante en banda a un lado de la cama o surco de cultivo, y aunque propiamente dicho no tiene mucho que ver con el fertirriego tal y como lo conocemos ahora, si se hace necesario la aplicación de agua para que el fertilizante pueda llegar a la planta y sea asimilado por esta de una manera mas pronta y eficaz, por lo que si lo analizamos, desde el principio la fertilización siempre ha estado íntimamente relacionada con el riego desde sus inicios con las inundaciones de los cultivos con las aguas de los ríos para permitir que se depositaran en el suelo

elementos como la cal y otros contenidos en el agua, pasando por la necesidad de humedecer el suelo para que al momento de colocar el fertilizante este se disuelva y quede en el suelo y sea transportado a través del agua a la planta, hasta llegar a la fertirrigación donde el agua es una solución fertilizante que contiene los elementos necesarios para el desarrollo del cultivo.

### **2.8.1. Automatización del fertirriego**

El fertirriego explicado de una manera sencilla es la aplicación de fertilizante a través el sistema de riego, en otras palabras utilizamos el sistema y el agua de riego como un vehículo para la aplicación de los elementos nutritivos que requiere el cultivo. Para inyectar el fertilizante al equipo de riego existen sistemas tipo venturi y bombas de inyección que funciona de forma diferente pero que tienen el mismo fin. Los sistemas de riego y fertirriego han experimentado un desarrollo exponencial, paradójicamente en la mayoría de los casos la aplicación de los fertilizantes se hace con los sistemas de riego más avanzados pero se siguen utilizando las ideas tradicionales de fertilización (Burt *et al*, 1995)

Si bien es cierto que para la inyección de fertilizantes no se requiere de un equipo sofisticado la precisión, control y eficiencia se incrementa si tenemos equipos diseñados para dicho propósito y si conocemos su manejo. Aunque el extraer fertilizante de un depósito e inyectarlo a un sistema de riego a través de un venturi o una bomba podría llamarse "fertirrigación" en el sentido estricto de la palabra, no es la inyección lo que determine una buena fertirrigación, alguien podría tener un depósito de donde sacar los fertilizantes e inyectarlos con un venturi, mientras que alguien mas puede tener un equipo sofisticado y automatizado y obtener en ambos casos pésimos o excelentes resultados, la diferencia consiste en aprovechar y utilizar al máximo lo que tenemos, para la fertirrigación es necesario hacer un cambio de ideas tradicionales y aplicar el conocimiento para obtener todas las ventajas que nos da la tecnología. Un equipo automatizado de fertirriego requiere de ciertos conocimientos y algunas consideraciones para poder aprovechar al máximo sus beneficios. El tener un equipo de fertirriego automatizado no garantiza por si solo el éxito en la producción, el tener

presente cada uno de los puntos anteriores permitirá hacer un uso más eficiente y tener un mayor aprovechamiento de la nueva tecnología (Burt *et al.*, 1995).

Con la automatización del fertiriego podemos obtener los siguientes beneficios:

- Disminución en la mano de obra
- Mayor precisión en las aplicaciones
- Mayor control de las cantidades aplicadas
- Historial de aplicaciones y riegos
- Control sobre frecuencia de riego y fertilización
- Dosis pequeñas y mas frecuentes
- Disminución en la contaminación del suelo

La fertirrigación permite aplicar exacta y uniformemente el volumen húmedo radicular ahí donde se concentra la actividad radicular. Esto incrementa marcadamente la eficiencia en la aplicación del fertilizante, el cual permite reducir la cantidad del fertilizante aplicado (Burt *et al.*, 1995).

Una fertirrigación efectiva requiere un entendimiento del desarrollo de la planta incluyendo requerimientos de nutrientes y modelo radicular, química del suelo tal como solubilidad y movilidad de nutrientes, química de los fertilizantes (compatibilidad de mezclas, precipitación, taponamiento y corrosión) y factores de calidad del agua incluyendo el pH, riesgos de sal y sodio, y iones tóxicas. (Burt *et al.*, 1998).

La idoneidad del riego con aguas residuales tiene sus limitaciones en la contaminación que puede suponer al aire, los suelos y las plantas del área vecina de los campos regados. El grado de contaminación dependerá del tratamiento que hayan recibido las aguas, de las condiciones climáticas que predominen, del cultivo regado y del propio sistema de riego (Burt *et al.*, 1995).

Respecto el sistema de riego, por goteo o riego localizado es de los sistemas más seguros y de los que presenta menores riesgos de contaminación por ser un sistema cerrado con un bajo riesgo en la formación de aerosoles (aunque de limitada viabilidad por el coste que supone utilizar este sistema a gran escala y por la obturación que

pueden sufrir los emisores de agua y las tuberías por los sedimentos y desarrollos microbianos). El riego localizado se asocia sobretodo a riegos de alta frecuencia y bajos caudales, para cultivos intensivos donde el agua y los fertilizantes se suministran en el mismo momento en forma de solución nutritiva y cerca de la zona radicular. Es lo que se denomina fertirrigación (Burt *et al*, 1995).

Este sistema de riego permite comparar un agua residual regenerada a una solución nutritiva, teniendo en cuenta sus nutrientes y el equilibrio de la solución. La formulación de las soluciones nutritivas se basan en el uso de sales muy solubles en agua que aporten elementos nutritivos. Estas sales están formadas por un anión y un catión y al expresarse todo en miliequivalentes la formulación se facilita mucho (Burt *et al*, 1995).

Una de las soluciones más conocidas y adecuada para la mayoría de cultivos es la solución de Steiner, que tiene la composición siguiente:

- Aniones: 35% de potasio, 45% de calcio y 20% de magnesio.
- Cationes: 60% nitratos, 35% de sulfatos y 5% de fosfatos.

Todo con una conductividad eléctrica máxima de 2 dS/ m.

Cuadro 4. Concentraciones de macronutrientes (mg/l) en soluciones nutritivas y de suelos

Nutriente	Solución nutritiva <sup>1</sup>				Solución del suelo <sup>2</sup>			
	A	B	C	D	E	F	G	H
N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	207	168	196	168	70	7	44	1057
P-H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	84	31	31	40	40	0.1	0.1	1.9
S-SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	64	112	64	48	112	4.2	8.6	246
K <sup>+</sup>	330	270	234	156	156	3.5	10.5	331
Ca <sup>2+</sup>	168	180	160	160	160	45	133	1116
Mg <sup>2+</sup>	48	48	48	36	36	6.2	22	67
N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	-	-	14	-	70	-	1.7	-

NO<sub>3</sub> Nitrato, H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> Fosfato, SO<sub>4</sub> Sulfato, K Potasio, Ca Calcio, Mg Magnesio, NH<sub>4</sub> Amonio

<sup>1</sup> Soluciones nutritivas de A – Cooper, B – Steiner, C – Hoagland & Arnon, D, E – Long Ashton.

<sup>2</sup> Soluciones de suelo F – suelo mineral después de pastaje, G – suelo mineral después de cosecha de cebada, H – suelo orgánico.

La solución nutritiva consiste en agua con oxígeno y los nutrimentos esenciales en forma iónica. Algunos compuestos orgánicos como los quelatos de fierro forman parte de la SN (Steiner, 1968). Para que la SN tenga disponibles los nutrimentos que contiene, debe ser una solución verdadera, todos los iones se deben encontrar disueltos. La pérdida por precipitación de una o varias formas iónicas de los nutrimentos puede ocasionar su deficiencia en la planta. Además, de este problema se genera un desbalance en la relación mutua entre los iones (Steiner, 1961).

### 2.8.2. Relación mutua entre los aniones

El concepto de relación mutua entre iones fue empleado por Steiner (1961). Se basa en que la solución nutritiva debe estar balanceada en sus macronutrimentos:  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  y  $\text{SO}_4^{2-}$ , para el caso de los aniones. El balance consiste no sólo en la cantidad absoluta de cada uno de ellos, sino, además, en la relación cuantitativa que se establece entre los cationes por una parte y los aniones por la otra.

Steiner (1968) señaló, respecto a la concentración de un ion, que el problema más importante es la relación que tiene respecto a los otros dos iones de su misma carga eléctrica; una inadecuada relación entre los iones puede disminuir el rendimiento. Las diferencias en las relaciones entre los iones que resultan de las soluciones nutritivas se deben, en parte, a que éstas se generaron en condiciones ambientales diferentes, además, ninguna de las soluciones nutritivas fue formulada específicamente para una cierta etapa fenológica.

Los nutrimentos que demandan las plantas en la relación mutua entre aniones y entre cationes, dependen de la etapa fenológica. Con base en lo reportado por Valenzuela *et al.* (1993) y Gertsson (1995), el paso de una etapa fenológica a otra se caracteriza por cambios en la actividad bioquímica y en la reestructuración del metabolismo primario. Estas fluctuaciones influyen en toda la planta y en la composición química de sus órganos en cada etapa.

Con excepción de  $\text{Ca}^{2+}$  y en algunos casos  $\text{Fe}^{2+}$  (Sanchez *et al.*, 1987) y B (Marschner, 1995) el contenido de nutrimentos, con base en la materia seca,

disminuye en la medida que avanza la edad de la planta o de sus órganos. Esta disminución es causada principalmente por un incremento relativo del material estructural (paredes celulares y ligninas) y compuestos almacenados (almidones) en la materia seca (Marschner, 1995). A lo largo del desarrollo de la planta se presentan cambios en la composición química en algunos nutrimentos con relación a la materia seca producida principalmente en las hojas. Los niveles de N, P y K muestran una tendencia a disminuir durante el ciclo vegetativo, mientras que Ca<sup>2+</sup> y Mg<sup>2+</sup> tienden a incrementar. Con el fin de proveer información acerca de la actividad metabólica de las plantas a través de su ciclo de desarrollo, Valenzuela *et al.* (1993) propusieron el índice vegetativo (I V) el cual lo representan con la siguiente ecuación:

$$IV = \frac{N + 10P + K^+}{Ca^{2+} + Mg^{2+}} \times 0.365$$

En la medida que avanza la ontogenia de la planta, el IV disminuye.

Cuadro 5. Relación mutua entre aniones y relación mutua entre cationes con base en el porcentaje respecto al total de mol, de aniones o de cationes (Adaptado de: Steiner, 1980)

Solución	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
	Relación porcentual en mol m <sup>3</sup>						
	Aniones			Cationes			
Knop(1865)	79	10	11	23	66	11	-
Robbins(1946)	74	5	21	26	53	21	-
Hoagland y Amon (1950)	74	5	21	32	42	21	5
Steiner (1961)	60	5	35	35	45	20	-
Resh(1981)	44	8	48	40	40	12	8
Graves (1983)	50	6	44	40	44	16	-

La edad de algunos órganos de la planta influye en su composición mineral. A pesar de la alta movilidad del  $\text{NO}_3^-$  en la planta, en la savia del pecíolo de la hoja más joven manifiesta variaciones en su concentración, principalmente cuando la composición química de este anión en la solución nutritiva es insuficiente. Pero la concentración de N total en las hojas (jóvenes y adultas) (Huett *et al.*, 1988) y en hojas y tallo (Carpena *et al.*, 1987) disminuye a lo largo del desarrollo. Sin embargo, para algunas variedades de tomate este comportamiento no ocurre de esa manera (Sarro *et al.*, 1986).

La concentración de nutrimentos poco móviles en la planta, como el  $\text{Ca}^{2+}$ , presenta mayor diferencia en las hojas más jóvenes comparando un adecuado con un insuficiente suministro de este nutrimento en la solución nutritiva. El contenido de  $\text{Ca}^{2+}$  en las hojas (jóvenes y adultas) aumenta conforme pasa de una etapa fenológica a otra (Huett *et al.*, 1988), lo mismo ocurre en hojas, tallo y raíces (Carpena *et al.*, 1987) y en la planta completa (Steiner, 1973).

Con base en la composición química de la planta de tomate durante su desarrollo, Sarro *et al.* (1986), Gertsson (1995) la dividieron en tres periodos, que corresponden a las etapas de: floración, fructificación y maduración. Carpena *et al.* (1987) evaluaron cinco etapas: crecimiento vegetativo, floración, fructificación, inicio de maduración y maduración. Sin embargo, en todos los casos las plantas fueron tratadas con la misma SN en todas las etapas, no se modificó la relación mutua entre los aniones ni entre los cationes en la SN.

Previamente a la etapa de fructificación del tomate, las hojas y el tallo son los órganos que acumulan mayor cantidad de nutrimentos en sus tejidos. Luego, los frutos presentan la mayor demanda. Las raíces presentan pocos cambios en la acumulación de nutrimentos (Tapia y Gutiérrez, 1997). Al final del ciclo de desarrollo de la planta, de 60 a 70 % del N, P o  $\text{K}^+$  absorbidos se acumulan en los frutos (Dumas, 1990).

En la medida que cambia la etapa fenológica de la planta, la relación mutua entre los aniones acumulados en la planta se modifica. El  $\text{NO}_3^-$  disminuye su relación a expensas de  $\text{SO}_4^{2-}$  y en menor medida de  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  (Dumas, 1990).

Con base en lo mencionado en el párrafo anterior y en resultados aún no publicados por el autor de esta revisión de literatura, la relación  $\text{NO}_3^- : (\text{H}_2\text{PO}_4^- + \text{SO}_4^{2-})$  disminuye en la medida que la planta pasa de una etapa fenológica a otra. En la etapa vegetativa (hasta la antesis de la tercera flor del primer racimo) el mayor desarrollo de la planta se presentó con la relación 70:30, luego esta relación cambió a 60:40 en la etapa reproductiva (de la antesis de la tercera flor en el primer racimo, a la formación de semilla en los frutos del primer racimo) y para la etapa de desarrollo del fruto (de la formación de la semilla en los frutos del primer racimo, a la maduración de los frutos) se proyectó como la mejor solución nutritiva la relación 50:50.

Esta dinámica de relaciones entre aniones tuvo correspondencia con las relaciones que presentaron en las soluciones nutritivas del Cuadro 1, en el mismo orden cronológico en que estas soluciones fueron formuladas, las soluciones de Knop, de Robbins y de Hoagland y Arnon presentan mayor correspondencia con los requerimientos nutrimentales que presentan las plantas de tomate en la etapa vegetativa; la solución Steiner, de acuerdo con el mismo razonamiento es más apropiada para la etapa reproductiva y las soluciones de Resh y de Graves presentan un balance entre aniones que corresponde mejor a las necesidades de las plantas en la etapa de desarrollo de los frutos (Dumas, 1990)..

### **2.8.3. Relación mutua entre los cationes**

Los macronutrientes que contiene la solución nutritiva en forma de cationes son  $\text{K}^+$ ,  $\text{Ca}^{2+}$  y  $\text{Mg}^{2+}$ , algunas de las soluciones incluyen al  $\text{NH}_4^+$ . De manera similar a lo explicado para los aniones, la relación mutua entre los cationes contenidos en la planta es dinámica en su ontogenia. El  $\text{K}^+$  disminuye en forma proporcional a la que se incrementa el  $\text{Ca}^{2+}$ , el  $\text{Mg}^{2+}$  sufre pocos cambios (Steiner, 1980).

La demanda y, por lo tanto, la absorción de los macronutrientes no son lineales durante el desarrollo de la planta, esto trae como consecuencia que también deba sincronizarse la relación mutua entre los iones en la solución nutritiva. De no hacerlo así, se pueden generar desbalance nutrimentales, como por ejemplo el antagonismo

entre  $K^+$  y  $Ca^{2+}$ ,  $K^+$  y  $Mg^{2+}$ ;  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$ ,  $NH_4^+$  y  $Ca^{2+}$ ,  $NH_4^+$  con  $K^+$ ,  $Ca^{2+}$  y  $Mg^{2+}$  (Morard, *et al*, 1996).

Para elegir la solución nutritiva apropiada en cada caso, deben tomarse en cuenta las condiciones del ambiente. Debido a la relación existente entre la absorción de calcio y de agua por parte de la planta, la interacción de los factores ambientales y la relación mutua entre los cationes tienen gran influencia en la nutrición de las plantas. En tomate, al aumentar la presión de vapor en la atmósfera, disminuye el flujo de transpiración y, por ende, la absorción de  $Ca^{2+}$ , si además la SN tiene una relación  $Ca^{2+} : (K^+ + Mg^{2+} + NH_4^+)$  baja (menor que 40 : 60) es muy probable que se manifiesten algunos problemas fisiológicos derivados de un desbalance nutricional, como es el caso de la pudrición apical (Morard, *et al*, 1996).

Con base en la demanda de cationes por parte de la planta, y a resultados aún no publicados, la relación mutua entre  $K:(Ca^{2+} + Mg^{2+} + NH_4^+)$ , expresada en porcentaje de  $mol\ m^{-3}$ , disminuye al pasar de una etapa fenológica a otra. En la etapa vegetativa el mayor desarrollo se presentó con la relación 42 : 58, al pasar a la etapa reproductiva esta relación cambió a 35 : 65, y en la etapa de desarrollo de los frutos la solución nutritiva con la que se proyectó un incremento en el desarrollo de la planta fue con la relación 28 : 72. (Morard, *et al*, 1996).

Esta dinámica de relaciones entre cationes tuvo correspondencia con las relaciones que tuvieron estos cationes en las soluciones nutritivas del Cuadro 1. Sin embargo, el orden en que se presentaron fue contrario a la secuencia cronológica en que se formularon esas soluciones, por lo tanto, tuvieron el comportamiento contrario a la secuencia en que ocurrieron las relaciones mutuas entre los aniones; es decir, las soluciones de Resh y Graves presentaron mayor correspondencia con las necesidades nutricionales de las plantas en la etapa vegetativa, las soluciones de Hoagland y Arnon y de Steiner tuvieron la relación mutua entre los aniones apropiada para la etapa reproductiva y las soluciones de Knop y Robbins para la etapa de desarrollo del fruto. (Morard, *et al*, 1996).

La relación mutua entre los aniones por una parte y los cationes por otra, correspondientes a seis formulaciones de soluciones nutritivas que se han empleado en fertirrigación para la producción de tomate. (Morard, *et al*, 1996).

#### **2.8.4. Composición de las soluciones nutritivas**

La composición ideal de una solución nutritiva no depende solamente de las concentraciones de los nutrientes, sino que también de otros factores relacionados con el cultivo, los factores ambientales, la época del año (duración del periodo de luz), el periodo fenológico, la especie vegetal y el cultivar en consideración. (Steiner, 1980)

Se han propuesto diferentes soluciones nutritivas y en algunos casos se encuentran diferencias pronunciadas entre ellas, en lo que se refiere a la concentración de macronutrientes y, en relación a los micronutrientes, las diferencias son mucho menores. Burt (1995) muestra una lista de 160 fórmulas diferentes basadas en los diferentes tipos de sales y combinaciones de fuentes de nitrógeno. Aún así es frecuente encontrar en publicaciones la frase "solución nutritiva de Hoagland modificada", o sea, fórmulas derivadas de la propuesta en 1938 por Hoagland & Arnon (1950), en la cual los valores expresados en mg L<sup>-1</sup> son: N-NO<sub>3</sub> (210), P(31), K (234), Ca<sup>2+</sup> (160), Mg<sup>2+</sup> (48), S (64), B (0,5), Cu (0,02), Fe<sup>2+</sup> (1,0), Mn (0,5), Mo (0,01) y Zn (0,05). Existe también otra versión de esa solución con adición de N-NH<sub>4</sub> (14) manteniéndose el N total constante. Esta solución ha sido la más utilizada en investigación de nutrición mineral de plantas y constituye la base de la formulación de numerosas soluciones nutritivas comerciales existentes en el mundo entero.

En general, según Burt (1995), las concentraciones de nutrientes se encuentran en los siguientes rangos (mg L<sup>-1</sup>): nitrógeno (70-250), fósforo (15-80), potasio (150-400), calcio (70-200), magnesio (15-80), azufre (20-200), hierro (0,8-6), manganeso (0,5-2), boro (0,-0,6), cobre (0,05-0,3), zinc (0,-0,5) y molibdeno (0,05-0,15).

### 2.8.5. Interacciones químicas en soluciones nutritivas

En la preparación de la solución nutritiva se usa normalmente, cualquier sal soluble con tal de que proporcione el nutriente requerido y que no contenga elementos químicos que puedan perjudicar el desarrollo de las plantas. Deben ser observados algunos cuidados en la preparación de las soluciones nutritivas destinadas a la producción comercial:

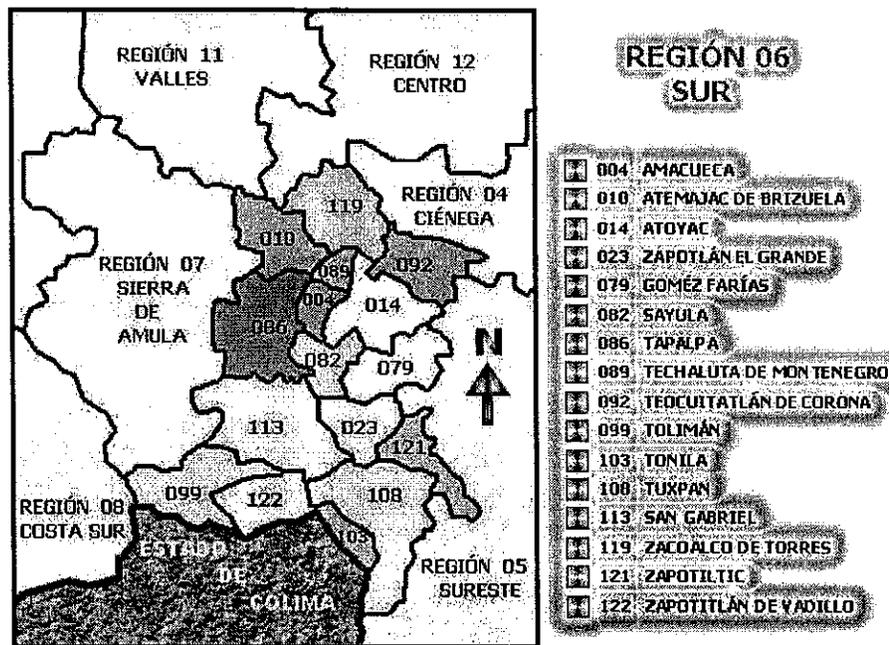
- Conocer la calidad del agua en lo que se refiere a sus características químicas (cantidad de nutrientes y concentración salina) y microbiológicas (coliformes fecales y patógenos).
- Observar la relación de costo por unidad de nutriente y su solubilidad al escoger las sales fertilizantes.

En general, las sales y/o fertilizantes utilizados en la preparación de una solución nutritiva son los siguientes: nitrato de calcio, nitrato de potasio, fosfato monoamónico, fosfato monopotásico, sulfato de magnesio, ácido bórico o borax, sulfato de cobre, sulfato de zinc, sulfato de manganeso, molibdato de sodio o de amonio. El hierro se debe proporcionar en la forma quelatada y entre los quelatos existentes se destacan el Fe-DTPA (Dietilen Triamino Pentacetato de hierro), Fe-EDTA (Etilen Diamino Tetracetato de hierro), Fe-EDDHA (Etilen Diamino Di-orto Hidroxifenilacetato de hierro) y Fe-EDDHMA (Etilen Diamino Di-orto Hidroxiparametilfenil Acetato de hierro) (Medina, 1996).

La mayoría de las soluciones nutritivas no tienen poder tampón y el pH varia continuamente sin mantenerse en un rango ideal. Distinto a lo que ocurre en el suelo, en este caso el rango ideal de pH debe estar entre 5,0 y 6,0. Valores de pH diferentes a estos causan alteraciones en las formas libres y complejas de los nutrientes fueron obtenidos con el programa GEOCHEM Parker *et al*, (1995) en solución nutritiva recomendada por Furlani *et al*, (1999) para el cultivo de hortalizas de hojas. En lo referente a los macronutrientes solo las formas disponibles de  $Ca^{++}$  y de  $P^-$  se ven afectadas negativamente por los aumentos de pH de la solución nutritiva.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

El presente trabajo de investigación se realizó en el municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco, (20° 13' LN, 103° 33' LW, 1360 msnm), perteneciente a la región 06 (Sur) sub-región Sayula, de acuerdo a la clasificación de la Secretaría de Desarrollo Rural del gobierno del Estado de Jalisco.



La clasificación climática que predomina en su territorio la cual es definida como C (oi) B'1 (a'). Que según la clasificación de climas de Köppen, modificado para México por García (1988), significa:

- C – Semiseco
- (oi) – Con otoño e invierno secos
- B'1 – Semi calido
- (a') – Sin cambio térmico invernal definido

La temperatura media anual es de 22.7 °C, con máxima de 30.4 °C y mínima de 15.1 °C y tiene una precipitación media anual de 578.7 milímetros con régimen de

lluvia en los meses de junio a agosto. Los vientos dominantes son de dirección noreste a suroeste. El promedio de días con heladas al año es de 2.9. (García, 1988)

## **Suelos**

El suelo dominante pertenece al tipo vertisol pélico cuyas características principales lo constituyen sedimentos con una elevada proporción de arcillas, o productos de alteración de rocas que las generen. Los vertisoles se vuelven muy duros en la estación seca y muy plásticos en la húmeda. Con un buen manejo, son suelos muy productivos; y como suelo asociado se encuentra el solonchak mólico con una capa superficial oscura rica en nutrientes y bases con un buen contenido de materia orgánica (INEGI, 2006)

## **Ambiente de prueba**

El presente estudio se realizó en dos años de observaciones a partir del mes de septiembre de 2005 que corresponde al primer ciclo del cultivo con y sin acolchado y en abril de 2006 que corresponde al segundo cultivo del tomate de cáscara con y sin acolchado. En la toma de datos se utilizaron superficies donde tradicionalmente son cultivadas hortalizas como calabaza, tomate saladette y pepino entre otros.

La superficie sometida a estudio fue de 4-00 ha con régimen de pequeña propiedad, donde inicialmente se cultivó el tomate de cáscara sin acolchado con el sistema de fertirrigación por cintilla de goteo. Posteriormente en el ciclo de primavera de 2005 se incorporó el sistema de acolchado plástico utilizando la misma infraestructura de riego, motivo por el cual se pudo establecer el experimento de parcelas apareadas.

La variedad sembrada de tomate de cáscara en los dos ciclos fue la llamada "Catarina", la cual se encuentra ampliamente adaptada a esta zona y cuyo rendimiento promedio en la región es de 10 ton/ha.

La solución nutritiva que se aplicó en los dos experimentos fue la propuesta por Steiner (1980) la cual especifica un balance nutricional relacionado con la presión osmótica en la zona radicular siendo las diferencias de presión osmótica en el orden de 0.2 atmósferas las cuales provocan discrepancias considerables en el rendimiento de los cultivos.

Cuadro 6. Fórmula de Steiner para el fertirriego en Zacoalco de Torres, Jalisco, 2005 y 2006

Solución	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	K <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>
	Relación porcentual en mol m <sup>3</sup>						
	Aniones			Cationes			
Steiner (1980)	60	5	35	35	45	20	-

Cuadro 7. Análisis del agua para el fertirriego en Zacoalco de Torres, Jalisco

DETERMINACIONES	MÉTODO	1	
pH	potenciometro	7.23	
Conductividad eléctrica (dS/cm)	Conductímetro	0.21	
Cationes totales en (meq/l)	Calculado	2.17	
CATIONES (meq/l)	Ca	Flamometría	0.57
	Mg	Flamometría	0.34
	Na	Flamometría	1.00
	K	Flamometría	0.26
ANIONES (meq/l)	CO <sub>3</sub>	Warder-Fenofta.	0
	HCO <sub>3</sub>	Warder-Fenofta.	1.49
	Cl	Mhor-Argentome.	0.79
	SO <sub>4</sub>	Calculado	0.01
Boro (ppm)	Colorimetría	0.14	
Fierro (ppm)	Colorimetría	1.49	
Manganeso (ppm)	Colorimetría	0	
Nitratos (ppm)	Colorimetría	1.6	

Agua C<sub>1</sub> S<sub>1</sub>, Salinidad Efectiva (SE): 1ª Clase Carbonato de Sodio Residual (C.S.R.):  
Apropiada, BUENA para riego

## **Tratamientos**

Tratamiento A. Sin acolchado plástico

Tratamiento B. Con acolchado plástico

## **Diseño experimental**

Con el fin de establecer el análisis de los datos obtenidos se utilizó el diseño de parcelas apareadas formadas por 2 tratamientos: Tratamiento A sin acolchado plástico, y Tratamiento B con acolchado plástico.

La parcela experimental fue de seis surcos de 8.0 m, con 10 repeticiones, y la parcela útil fue de dos surcos centrales, tomando para muestreo cinco plantas.

Las variables agronómicas que se midieron fueron: diámetro basal del tallo en milímetros, altura de la planta en metros, número de ramas, cantidad de flores por rama, número de frutos, diámetro polar, diámetro ecuatorial del fruto, peso del fruto y rendimiento aproximado en kg/ha.

## **Descripción del modelo estadístico**

En el proceso de análisis de datos se seleccionó el modelo de comparación de medias para dos grupos de datos en observaciones apareadas dado que los elementos de la muestra son homogéneos pero el estímulo o tratamiento es diferente (Rodríguez, 1991)

En este caso la hipótesis planteada será la misma

$$H_0: \mu_i = \mu_j$$

$$H_a: \mu_i \neq \mu_j$$

El estadístico de prueba es el siguiente

$$t_c = \frac{\bar{d}}{\sigma_d} - t_{\alpha/2(n-1)gl}$$

$$D_i = (X_i - X_j) \quad \bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n d_i}{n}$$

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{d\sigma^2}{n}}$$

$$\sigma^2 d = \frac{\sum_{i=1}^n d_i^2 - \frac{\left(\sum_{i=1}^n d_i\right)^2}{n}}{n-1}$$

La regla de decisión sobre la hipótesis planteada es la siguiente:

Si  $t_c > t_{\alpha/2}$ , existe significancia; rechazamos  $H_0$ .

Si  $t_c < t_{\alpha/2}$ , no hay significancia; rechazamos  $H_a$ .

De igual forma se realizó una prueba de regresión utilizando el modelo siguiente:

$$\hat{Y} = \beta_0 + \beta_1(x) + \epsilon_i$$

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{N}}{\sqrt{\left(\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{N}\right) \left(\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{N}\right)}}$$

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En el presente capítulo, se presentan los datos de los análisis de varianza y las pruebas de medias, para las variables agronómicas responsables del comportamiento productivo del cultivo de tomate, las cuales fueron: altura de planta, número de ramas, diámetro basal, diámetro ecuatorial y polar del fruto, número de frutos y rendimiento.

Los resultados presentaron diferencias estadísticas casi en todas las variables agronómicas como se observa en los diferentes cuadros. De acuerdo con los Cuadros 8 y 9, y para la variable altura de planta, se observa que existió diferencia altamente significativa para tratamientos, no así para repeticiones, lo que permite inferir que los tratamientos son diferentes y que afectan a esta variable, lo cual se manifiesta en la prueba de medias en la que se observa una clara diferencia de alturas con casi 24 cm, entre el tratamiento 1 y el 2.

Lo anterior coincide a lo señalado por Ucan *et al*, (2005), quienes encontraron que la altura de planta de tomate se ve afectada positivamente con un tratamiento de acolchado, pues mediante este sistema de producción, la planta al tener mayor cantidad de nutrientes disponibles presenta un mayor desarrollo foliar.

En relación al número de ramas presentan diferencias altamente significativas, así como un rango amplio en los valores de ramas, ya que cuatro ramas entre diez es un valor considerable como factor de producción.

Ucan *et al*, (2005) señalan que el que la planta tenga nutrientes disponibles y suficientes permite un mejor desarrollo foliar y por consecuencia presenta mayor número de ramas.

Ademas Ucan *et al*, (2005), señalan que la disminución del índice del área foliar permite un aumento en el peso medio de los frutos, pero redujo el rendimiento por unidad de superficie.

De igual formas como lo señala Huerta *et al*, (1997), la fertilización nitrogenada (que es la base de la fertirrigación) así como otros factores de la fertilidad tienen un

efecto estimulante en el desarrollo vegetativo de la planta, ya que incrementa el área foliar y el desarrollo de tallos y ramas.

A continuación se presentan los Cuadros de análisis de varianza, prueba de medias y análisis de regresión de los dos tratamientos en dos años de pruebas.

**Cuadro 8. Análisis de varianza del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2005 (AÑO 1)**

F.V	GL	AP (cm)	NR	DB (cm)	DFE (cm)	DFP (cm)	NF	R (k/ha)
Tratamientos	1	2860.83**	76.0501**	3.1284**	0.22050*	0.537920**	131.07190**	38693630.7**
Repetición	9	54.8589*	1.2180**	0.012561	0.1919**	0.107659**	1.430238	498082.28*
Error	9	55.96516	0.689985	0.037249	0.084511	0.038831	1.969787	268220.62
Total	19							
C.V.		8.68	9.69	11.22	11.28	9.2	15.22	14.59

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial, DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

**Cuadro 9. Análisis de prueba de medias del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2005 (AÑO 1)**

Tratamientos	AP (cm)	NR	DB (cm)	DFE (cm)	DFP (cm)	NF	R (k/ha)
Tratamiento 1 s/acolchado	74.26 b	6.62 b	1.322 b	2.473 a	1.979 b	6.66 b	2158.546 b
Tratamiento 2 c/acolchado	98.18 a	10.52 a	2.115 a	2.683 a	2.307 a	11.78 a	4940.405 a
HSD Tukey 0.05	7.570	0.841	0.1953	0.2941	0.1994	1.420	524.0782

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial, DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

Cuadro 10. Análisis de varianza del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2006 (AÑO 2)

F.V	GL	AP (cm)	NR	DB (cm)	DFE (cm)	DFP (cm)	NF	R (k/ha)
Tratamientos	1	3370.650**	144.7**	1.33644**	1.06720**	2.84259**	128.017**	71485731.**
Repetición	9	30.51839*	0.4066*	0.014223*	0.045724*	0.057043*	0.841940*	775040.30*
Error	9	40.28535	0.40643	0.011712	0.043221	0.042401	0.858034	503367.010
Total	19							
C.V.		7.06	6.32	5.86	7.12	8.1	9.07	15.23

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial, DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

Cuadro 11. Análisis de prueba de medias del experimento en Zacoalco de Torres, Jalisco, año 2005 (AÑO 2)

Tratamientos	AP (cm)	NR	DB (cm)	DFE (cm)	DFP (cm)	NF	R (k/ha)
Tratamiento 1 s/acolchado	76.89 b	7.40 b	1.588 b	2.687 b	2.164 b	7.68 b	2767.351 b
Tratamiento 2 c/acolchado	102.86 a	12.78 a	2.150 a	3.149 a	2.948 a	12.74 a	6548.508 a
HSD Tukey 0.05	6.422	0.645	0.1095	0.2104	0.2084	0.937	717.9470

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial, DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

En relación al análisis de regresión lineal los datos obtenidos en los Cuadros 10 y 11, reflejan una relación directa de las diferentes variables contra el rendimiento, las variables diámetro de fruto ecuatorial, diámetro de fruto polar, número de frutos, y peso de fruto reflejaron valores altos de determinación, por lo que se considera que estas variables son las más representativas de las características agronómicas de la planta de tomate de cáscara.

Las variables altura de planta, diámetro basal, número de ramas en este análisis de regresión lineal no tuvieron valores altos como coeficiente de determinación, sin embargo son características agronómicas importantes en el desarrollo y peso de la planta de acuerdo a lo que señala Ucan *et al*, (2005).

De acuerdo al Cuadro 12 el valor de  $r = 0.8277$  que se encontró en la variable diámetro ecuatorial es un valor alto y se relaciona directamente con la variable diámetro polar del fruto, por lo que se infiere que el tamaño del fruto esta determinado por la figura redondeada del fruto de tomate.

De acuerdo al Cuadro 12 el valor de  $r = 0.7190$  que se encontró en la variable número de frutos se relaciona directamente con la producción, en virtud de que a mayor numero de frutos desde luego mayor será la producción.

Cuadro 12. Análisis de regresión del tratamiento A, año 2005 (AÑO 1)

	AP	NR	DB	DFE	DFP	NF	R
AP	-	-	-	-	-	-	-
NR	0.01649	-	-	-	-	-	-
DB	0.1453	0.0866	-	-	-	-	-
DFE	0.0011	0.0713	0.0453	-	-	-	-
DFP	0.0020	0.0500	0.0096	0.8277	-	-	-
NF	0.0039	0.0589	0.0068	0.2553	0.3332	-	-
R	0.0003	0.0788	0.0265	0.2724	0.3846	0.7190	-

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial, DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

De acuerdo al Cuadro 13 el valor de  $r = 0.6840$  que se encontró en la variable diámetro ecuatorial es un valor alto y se relaciona directamente con la variable diámetro polar del fruto, por lo que se infiere que el tamaño del fruto esta determinado por la figura redondeada del fruto de tomate.

De acuerdo al Cuadro 13 el valor de  $r = 0.5967$  que se encontró en la variable número de frutos se relaciona directamente con la producción, en virtud de que a mayor número de frutos desde luego mayor será la producción.

Cuadro 13. Análisis de regresión del tratamiento B, año 2005 (AÑO 1)

	AP	NR	DB	DFE	DFP	NF	R
AP	-	-	-	-	-	-	-
NR	0.2151	-	-	-	-	-	-
DB	0.1528	0.0667	-	-	-	-	-
DFE	0.1337	0.1856	0.0212	-	-	-	-
DFP	0.1692	0.2063	0.0051	0.6840	-	-	-
NF	0.2727	0.2045	0.0590	0.1262	0.1527	-	-
R	0.3190	0.2433	0.0360	0.3502	0.3927	0.5967	-

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial, DFP = diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

De acuerdo al Cuadro 14 el valor de  $r = 0.7765$  que se encontró en la variable diámetro ecuatorial es un valor alto y se relaciona directamente con la variable diámetro polar del fruto, por lo que se infiere que el tamaño del fruto está determinado por la figura redondeada del fruto de tomate.

De acuerdo al Cuadro 14 el valor de  $r = 0.7588$  que se encontró en la variable número de frutos se relaciona directamente con la producción, en virtud de que como factor determinante en la producción son el número de frutos.

Cuadro 14. Análisis de regresión del tratamiento A, año 2006 (AÑO 2)

	AP	NR	DB	DFE	DFP	NF	R
AP	-	-	-	-	-	-	-
NR	0.3341	-	-	-	-	-	-
DB	0.4006	0.0990	-	-	-	-	-
DFE	0.0401	0.0526	0.1592	-	-	-	-
DFP	0.0384	0.0347	0.1139	0.7765	-	-	-
NF	0.3213	0.0508	0.3857	0.2246	0.2002	-	-
R	0.3036	0.0738	0.3054	0.2101	0.2312	0.7588	-

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial, DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

De acuerdo al Cuadro 14 el valor de  $r = 0.5788$  que se encontró en la variable número de frutos se relaciona directamente con la producción, en virtud de que como factor determinante en la producción son el número de frutos.

De acuerdo al Cuadro 15 el valor de  $r = 0.7255$  que se encontró en la variable diámetro ecuatorial es un valor alto y se relaciona directamente con la variable diámetro polar del fruto, por lo que se infiere que el tamaño del fruto esta determinado por la figura redondeada del fruto de tomate.

**Cuadro 15. Análisis de regresión del tratamiento B, año 2006 (AÑO 2)**

	AP	NR	DB	DFE	DFP	NF	R
AP	-	-	-	-	-	-	-
NR	0.2094	-	-	-	-	-	-
DB	0.1468	0.1553	-	-	-	-	-
DFE	0.0511	0.2191	0.0036	-	-	-	-
DFP	0.0319	0.2040	0.0253	0.7255	-	-	-
NF	0.0741	0.0474	0.0028	0.0017	0.0023	-	-
R	0.1232	0.1581	0.0019	0.2123	0.1458	0.6000	-

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial,  
DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

**Cuadro 16. Comparativo fisiológico de los tratamientos de tomate de cáscara en Zacolalco de Torres, Jalisco.**

	AP	NR	DB	DFE	DFP	NF	R
CON ACOLCHADO	□□	□	□	□□	□□	□□	□□
SIN ACOLCHADO	□	□	□	□	□	□	□

Donde:

AP = altura de planta, NR = número de ramas, DB = diámetro basal, DFE = diámetro de fruto ecuatorial,  
DFP= diámetro de fruto polar, NF = número de frutos, R = rendimiento

□□ Significativo, □ No significativo

## 5. Análisis de costos de los tratamientos

De acuerdo al Cuadro 17 se describen los costos de cultivo de los diferentes experimentos que se establecieron durante 2005 y 2006 en el sistema de producción en el cultivo de tomate de cáscara, los valores fueron promediados en dos años de ejercicio.

Cuadro 17. Análisis de los costos de cultivo en la producción de tomate de cáscara en pesos/ha

Actividad	Tratamiento 1	Tratamiento 2
	con acolchado	sin acolchado
Barbecho	500	500
Rastra	350	350
Surcado	300	300
*Costo de semilla (2 kg)	1,200	1,200
*Siembra en charola (40 mil plantas)	500	500
Trasplante	450	450
Costo del plástico para acolchado	8,500	0.00
Colocación de plástico para acolchado	800	0.00
Costo de la cintilla de riego y conectores	6,200	6,200
Colocación de cinta de riego	800	800
Fertilizante soluble aplicado en el riego	3,200	3,200
Manejo plagas (cuatro aplicaciones de insecticida biológico o inorgánico)	4,000	4,000
Manejo de enfermedades (una aplicación de fungicida biológico o inorgánico)	2,000	2,000
Deshierbes manuales (dos)	0.00	1,400
Cosecha manual, incluye cajas (4 cortes)	3,500	3,500
Selección y encostalado	750	750
Transporte LAB	200	200
<b>Costo de cultivo</b>	<b>33,250</b>	<b>25,350</b>
Valor mercado por kg	5.5	5.5
Rendimiento ton ha <sup>-1</sup>	14.8	6.7
<b>Valor producción</b>	<b>81,400</b>	<b>36,850</b>
Tasa de utilidad	2.44	1.45
Utilidad	48,150	11,500

\*En estos valores no se considera el costo de charolas y sustratos.

De acuerdo al costo de producción del tratamiento con acolchado, se observa que el valor de \$33,250 contra el valor del tratamiento sin acolchar de \$ 25,350 lo cual refleja una diferencia en pesos de \$7,900 lo que significa que esta diferencia se soporta con el costo del plástico (\$8500), sin embargo el rendimiento obtenido bajo cultivo en acolchado de 14.8 toneladas por hectárea en comparación con las 6.7 toneladas por hectárea del cultivo sin acolchado, refleja ampliamente el costo-beneficio en la inversión del acolchado plástico.

## 5. CONCLUSIONES

De acuerdo al desarrollo del trabajo, se encontró lo siguiente:

Del objetivo general, se cumple al proponer un sistema de producción con acolchado plástico utilizando fertirrigación para el municipio de Zacoalco de Torres, Jalisco.

De la hipótesis, se acepta que la producción de tomate de cáscara a través de acolchado y fertirrigación incrementa el rendimiento por hectárea.

El rendimiento obtenido bajo cultivo en acolchado de 14.8 toneladas por hectárea en comparación con las 6.7 toneladas por hectárea del cultivo sin acolchado, refleja ampliamente el costo-beneficio en la inversión del acolchado plástico, además que el comportamiento de las características agronómicas de la planta en condiciones de acolchado, mejora en relación a porte, tamaño, color y grueso de tallos y ramas. Concluyendo que el uso de ésta tecnología agrícola beneficia de manera significativa al agricultor tanto en los rendimientos obtenidos como en la calidad del fruto.

## 6. LITERATURA CITADA

- Adentuji I. 1993. Effect of mulches and irrigation on growth and yield of lettuce in semi-arid region. Horticultural Abstracts 63: 1147.
- Al-Assir, I., Rubeiz, I. Y Khoury, R. 1992. Response of all greenhouse cos lettuce to clear mulch and nitrogen fertilizer. Horticultural Abstracts 62: 3893
- Arroyo, Z. L.; García, D. D. 1993. Evaluación de fertilizantes foliares y fechas de aplicación en tomate de cáscara. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 72 p.
- Avilés, R. J. L. 1983. Monografía del Cultivo de tomate de cáscara. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México.
- Azorin, R. M. 1997. Comportamiento del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en un suelo salino del municipio de Atenco, Edo. de México. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México.
- Baticevic, M. 1997. Efecto de distintos tipos de acolchado de polietileno en la producción de lechuga. Tesis Posgrado Agr. Santiago, Universidad de Chile, Fac. Ciencias Agronómicas.
- Bringhurst, R. y Voth, V. 1990. Culture and physiological manipulation of California strawberries. Hortscience 25 (8): 889-892
- Bukasov, S.M. 1963. *Las plantas cultivadas de México, Guatemala y Colombia*. Lima, IICA, Pub. Misc. N° 20
- Burt, C., K.O' Coonor, and T Ruehr. 1995. Fertigation. Irrigation training and Research Center California Polytechnic State University Publishers. 320 pag.
- Carpena, O., A.M. Rodríguez y M.J. Sarro. 1987. Evaluación de los contenidos minerales de raíz, tallo y hoja de plantas de tomate como índices de nutrición. An. Edafol. Agrobiol. 46:117-127.

- Cartujano, E. F. 1984. Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) var. Rendidora. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 65 p.
- Castillo, M. 1998. Efecto de diversos tipos de acolchados plásticos sobre la temperatura del suelo y su influencia sobre el desarrollo de malezas, precocidad y rendimiento de un cultivo de brócoli. Tesis Posgrado Agr. Santiago, Universidad de Chile, Fac. Ciencias Agronómicas.
- Castillo, P. I. 1990. Estudio de dos densidades de población, dos sistemas de manejo y tres arreglos topológicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa*, Brot.). Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 75 p.
- Contreras, A., Borie, F., Rubio, R. Y Moraga, E. 1993. The effects of plastic protection on the development of mycorrhizal infection in roots of diferent horticultural cultivars. Horticultural Abstracts 63: 1117.
- Converse, R. 1981. The israeli strawberry industry. Hortscience 16 (1): 19-22.
- Dumas, Y. 1990 Tomatoes for processing in 90's: nutrition and crop fertilization. Acta Hort. 277: 155-166.
- Eichin, R. Y Deiser, E. 1991. Paper mulch in cabbage lettuce. (Resumen). Horticultural Abstracts 61: 3675.
- Eltez, R. y Tüzel, Y. 1994. Efecto de diferentes materiales utilizados en acolchamiento de suelo sobre el rendimiento y la calidad de los cultivos de tomate bajo invernadero. Plasticulture N° 103: 23 -25.
- García, E. 1988. Modificaciones al sistema de clasificación de Köppen para adaptarlo a las condiciones de la república mexicana. UNAM. México D.F. 246 p.
- García, R. R. 1995. Determinación de las propiedades mecánicas del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) para su manejo. DIMA. UACH. Chapingo. México. 85 p.
- Gertsson, U.E. 1995. Nutrient uptake by tomatoes grown in hydroponics. Acta Hort. 401: 351-356.
- Goyal, S.S. y R.C. Huffayer. 1984 Nitrogen toxicity in plants. Pp. 97-117. In: R.D. Hauck (ed.). Nitrogen in crop production. ASA, CSSA, and SSSA, Madison, Wi., U.S.A.

- Haddad, r. y Villagran, v. 1988. Uso de acolchado plástico en plantaciones de frutillas. *Chile Agrícola* 13(134): 128-130
- Huerta, D. J.; Escalante E. A; Castellanos Z. R; Robles S. R; Flores R. A. 1997. Producción de biomasa y grano de frijol *Phaseolus vulgaris* L. En función de la fertilización nitrogenada y la inoculación con *Rizobium leguminosarum* BIOVAR *phaseoli*. *Revista Fitotecnia Mexicana*. Vol 20.: 45-56
- Huett, D.O. y G. Rose 1988. Diagnostic nitrogen concentrations for tomatoes grown in sand culture. *Aust. J. Exp. Agric.* 28:401-409.
- INEGI, 2006. Mapa edafológico, región sur Estado de Jalisco.
- Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edition. Academic Press. San Diego, Ca., USA.
- Martínez, S.; Garbi, M.; Etchevers, P.; Asborn, M. 1998. Efecto del color de la cobertura plástica sobre el régimen térmico del suelo para el cultivo de tomate en invernadero plástico. *Revista Brasileira de Agrometeorología*, Vol. 6 N°2:147-150.
- Medina, C. J. 1996. Aplicación de micronutrientes en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 103 p.
- Menzel, Y.M. 1951. The cytotaxonomy and Genetics of *Physalis*. *Proc. Amer. Phil. Soc.*, 95(2):132-183.
- Montalvo, H. L. 1996. Manejo de cubiertas, sustratos e intervalos de riego en la producción de plántula de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 127 p.
- Morales, R. J.; Palacios, T. R. E. 1998. Tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad CHF1- Chapingo en fertigación, bajo acolchado y fertilización foliar. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 84 p.
- Morard, P., A. Pujos, A. Bernadac y G. Bertoni. 1996. Effect of temporary calcium deficiency on tomato growth and nutrition. *J. Plant Nutr.* 19: 115-127.

- Moreno; Torres. 1996. Evaluación de fertilizantes orgánicos en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad de CHF1- Chapingo. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México.
- Mulato, B. J. 1984. Desarrollo y fenología del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) variedad rendidora en la región de Zacatepec, Morelos. II Dinámica del desarrollo en base a los muestreos en pie e investigación del sistema radical. Departamento de Fitotecnia. UACH. Chapingo. México. 116 p.
- Renquist, Breen y Martin. 1982. Effect of polyethylene mulch and summer irrigation regimes on subsequent flowering and fruiting of "Olympus" strawberry. Journal of the American Society for Horticultural Science 107(2): 373-376.
- Peña, L. A.; Márquez, S. F. 1990. Mejoramiento genético del tomate de cáscara. Resúmenes del XIII Congreso de la Sociedad Mexicana de Fitogenética. Ciudad Juárez. Chihuahua. México. 320 p.
- Robledo, F. Y Martín, L. 1988. Aplicación de los plásticos en la agricultura. Madrid. Ediciones Mundi-Prensa. 573 p.
- SAGARPA, 2006: Censo Agrícola y Forestal.
- Sánchez-Alonso, F y M. Lachia. 1987. Seasonal trends in the mineral content of sweet cherry leaves. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 18: 17-29.
- Santiaguillo, H. J. F. 1995. Estabilidad del rendimiento de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.).
- Saray, M. C. R.; Loya R. J. 1977. El cultivo del tomate en el estado de Morelos. INIA-CIAMEC. Circular Núm. 57. Chapingo, México. 24 p.
- Sarro, M.J., Cadahia y J. M. Peñaloza. 1986. Control de un cultivo hidropónico de tomate en enarenado en condiciones salinas a diferentes programas de fertilización fosfórica. An. Edafol. Agrobiol. 42:831-846.
- Schales, L. 1994. Response of two muskmelon cultivar to six kinds of plastics mulch. Plasticulture N° 104:25-28.
- Steiner, A.A. 1980. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil. 15:134-154.

- Tapia, M.L. y V. Gutiérrez 1997. Distribution pattern of dry weight, nitrogen, phosphorus, and potassium through tomato ontogenesis. *J. Plant Nutr.* 20: 783-791.
- Ucan C. I.; Sánchez C. del F.; Contreras M. E.; Corona S. T; 2005. Efecto de la densidad de población y raleo de frutos sobre el rendimiento y tamaño del fruto en tomate. *Revista Fitotecnia Mexicana.* Vol. 28 (1) 33-38
- Valenzuela, J.L., M. Guzmán , A. Sánchez, A. del Río y L. Romero. 1993. Relationship between biochemical indicators and physiological parameters of nitrogen and physiological plant age. pp: 215-257. *In: M.A.C. Fragoso y M.L. van Beusichem (eds.). Optimization of Plant Nutrition.* Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Verdejo, R. 1987. Caracterización de la variedad de tomate de cáscara "Rendidora" (*Physalis ixocarpa* Brot.) Para su mejoramiento genético en Chapingo, México. Tesis de Licenciatura de la Universidad Veracruzana.