



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD

FISIOLOGÍA VEGETAL

EFICIENCIA FISIOLÓGICA DE VARIEDADES DE TOMATE DE CÁSCARA CON DIFERENTES HÁBITOS DE CRECIMIENTO

EVELIA HERNÁNDEZ GARCÍA

T E S I S
PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, EDO. DE MÉXICO

2011

La presente tesis titulada: **EFICIENCIA FISIOLÓGICA DE VARIEDADES DE TOMATE DE CÁSCARA CON DIFERENTES HÁBITOS DE CRECIMIENTO** realizada por la alumna: Evelia Hernández García, bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
RECURSOS GENÉTICOS Y PRODUCTIVIDAD
FISIOLOGÍA VEGETAL

CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO:

DR. OSCAR JAVIER AYALA GARAY

ASESOR:

DR. RAFAEL MORA AGUILAR

ASESOR:

DR. RICARDO LOBATO ORTIZ

Montecillo, Texcoco, Estado de México, Julio de 2011

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para la realización de estudios de Maestría.

Al Colegio de Postgraduados, especialmente al Postgrado de Recursos Genéticos y Productividad – Fisiología Vegetal, por brindarme la oportunidad de continuar con mi formación profesional.

A los integrantes del Consejo Particular: Dr. Oscar Javier Ayala Garay, Dr. Rafael Mora Aguilar y Dr. Ricardo Lobato Ortiz, por la dirección y asesoría para la realización de esta investigación.

Al Dr. Aureliano Peña Lomelí, por el material genético otorgado y el apoyo recibido para el establecimiento de la fase de campo.

Al Dr. José Francisco Santiaguillo Hernández, por el material genético otorgado.

Al M.C. Gabriel Cortés Ramírez por su invaluable apoyo en el manejo del cultivo.

A Rosalba Rojas Rangel, Elías Rincón Gómez, Irving A. Ruiz Mancilla, Hiram A. Ruiz Mancilla y Roberto Quintero González, quienes me apoyaron en la toma de datos y manejo del cultivo. Mil gracias por los agradables momentos compartidos.

Al Ing. Silvino T. Vázquez Maya, por su amistad y ayuda durante la fase de campo.

Al Sr. Antonio Huescas González del Laboratorio de Fisiología Vegetal y al Sr. Jorge Palafox del Laboratorio de Fenología Agrícola del Departamento de Fitotecnia de la Universidad Autónoma Chapingo, por el apoyo recibido.

Al Dr. Víctor A. González Hernández por las facilidades otorgadas para trabajar en el Laboratorio de Fisiotecnia Vegetal del Colegio de Postgraduados, así mismo, a la Dra. Ana Bertha Cruz Pérez y al Sr. Francisco Javier Carrillo.

Al Sr. Antero Hernández Vera y familia, por su amistad y por brindarme siempre su apoyo.

A Susana E. Ramírez Sánchez, Miriam Sánchez Vega, Edgardo Bautista Ramírez, Juan Manuel Pichardo González y Gabriel García, por su valiosa amistad.

A Fran Cuevas Alejos, por su amistad y por su apoyo en los momentos difíciles.

Al personal de la Oficina de Inspección de Sanidad Agropecuaria de Matamoros, Tamaulipas, por su amistad y apoyo recibido.

DEDICATORIA

A mi madre:

Sra. Eustolia Hernández García

Un gran ejemplo de trabajo y mi mayor inspiración para alcanzar cada una de mis metas. Por su confianza, paciencia y apoyo en todo momento.

A mi abuelita:

Sra. Aurelia García Ávila†

Su recuerdo y sus palabras siempre me acompañan.

A mi abuelito:

Sr. Juan Hernández Godínez

Quien me enseñó que debo amar la vida y que por más oscuro que se vea el panorama siempre existe una esperanza.

A todos mis familiares:

Por su apoyo constante y por demostrarnos que cuando hay que afrontar pruebas difíciles podemos estar unidos y salir adelante.

CONTENIDO

	Página
LISTA DE CUADROS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
LISTA DE CUADROS DEL ANEXO	iv
RESUMEN	v
SUMMARY	vi
I. INTRODUCCIÓN	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA	
2.1 Importancia nacional.....	3
2.2 Origen y distribución.....	4
2.3 Descripción botánica.....	5
2.4 Diversidad genética.....	7
2.5 Crecimiento vegetal.....	8
2.6 Análisis de crecimiento vegetal.....	10
2.6.1 Índices de eficiencia fisiológica.....	12
2.6.1.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC).....	13
2.6.1.2 Tasa relativa de crecimiento (TRC).....	13
2.6.1.3 Tasa de asimilación neta (TAN).....	14
2.6.1.4 Índice de área foliar (IAF).....	14

2.7 Fotosíntesis.....	15
2.8 Acumulación y distribución de biomasa.....	16
2.9 Relaciones fuente-demanda.....	19
2.9.1 Regulación del transporte entre fuentes y demandas.....	20

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio experimental.....	23
3.2 Material genético.....	23
3.3 Diseño experimental.....	24
3.4 Condiciones de siembra y manejo del cultivo.....	24
3.5 Variables evaluadas.....	25
3.5.1 Variables climáticas.....	25
3.5.2 Variables del crecimiento.....	25
3.5.3 Índices de eficiencia fisiológica.....	26
3.6 Análisis de datos.....	27

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Condiciones ambientales.....	28
4.2 Incremento del área foliar.....	30
4.3 Acumulación de biomasa.....	32
4.3.1 Biomasa de la planta completa.....	32
4.3.2 Biomasa de los órganos de la planta.....	34
4.4 Índices de eficiencia fisiológica y relaciones fuente demanda.....	39
4.4.1 Índice de área foliar.....	39
4.4.2 Tasa absoluta de crecimiento (TAC) y Tasa relativa de crecimiento (TRC) de la planta completa.....	40
4.4.3 TAC y TRC de los órganos de la planta.....	43
4.4.4 Fuerza de la fuente (FF).....	48
4.4.5 Tasa de asimilación neta (TAN).....	48
4.5 Rendimiento.....	50

V. CONCLUSIONES.....	51
VI. LITERATURA CITADA.....	52
VII. ANEXOS.....	57

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Características de las variedades de tomate de cáscara utilizadas en el estudio.....	23
Cuadro 2. Modelos polinomiales que explican el comportamiento de la acumulación de área foliar en plantas de tres variedades de tomate de cáscara, en función del tiempo después del trasplante. Chapingo, México, 2009.....	32
Cuadro 3. Modelos polinomiales que explican el comportamiento de la acumulación de biomasa total en plantas de tres variedades de tomate de cáscara, en función del tiempo después del trasplante. Chapingo, México, 2009.....	34
Cuadro 4. Modelos polinomiales que explican el comportamiento de la acumulación de biomasa en los órganos de tres variedades de tomate de cáscara, en función del tiempo después del trasplante. Chapingo, México, 2009.....	38

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Superficie sembrada con tomate de cáscara, durante el periodo 1999-2009. Elaboración propia con datos del SIAP (2011).....	3
Figura 2. Volumen de producción nacional de tomate de cáscara, durante el periodo 1999-2009. Elaboración propia con datos del SIAP (2011).....	4
Figura 3. Relaciones fuente-demanda y transporte de fotoasimilados (Ho <i>et al.</i> , 1989).....	21
Figura 4. Temperatura ambiental (a) y precipitación (b) durante el periodo comprendido del 12 de mayo al 28 de julio de 2009. Chapingo, Mex.....	29
Figura 5. Cinética de la acumulación de área foliar en plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	31
Figura 6. Cinética de la acumulación de biomasa total en plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	33
Figura 7. Cinética de la acumulación de biomasa en los diferentes órganos de las plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	35

Figura 8.	Índice de área foliar de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	40
Figura 9.	Tasa absoluta de crecimiento de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	41
Figura 10.	Tasa relativa de crecimiento de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	42
Figura 11.	Tasa absoluta de crecimiento de los órganos de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	45
Figura 12.	Tasa relativa de crecimiento de los órganos de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	47
Figura 13.	Fuerza de la fuente de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	48
Figura 14.	Tasa de asimilación neta de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	49

LISTA DE CUADROS DEL ANEXO

	Página
Cuadro 1A. Rendimiento de fruto ($t\ ha^{-1}$) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	57
Cuadro 2A. Análisis de varianza del rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	57
Cuadro 3A. Análisis de varianza del tamaño de fruto (g) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	58
Cuadro 4A. Comparación de medias del tamaño de fruto (g) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.....	58

EFICIENCIA FISIOLÓGICA DE VARIEDADES DE TOMATE DE CÁSCARA CON DIFERENTES HÁBITOS DE CRECIMIENTO

Evelia Hernández García, M. C.

Colegio de Postgraduados, 2011

Se analizó el crecimiento de tres variedades de *Physalis ixocarpa* Brot. con hábito de crecimiento contrastante, para comparar la eficiencia fisiológica y estimar las relaciones fuente-demanda. El experimento se estableció en marzo de 2009 en Chapingo, México. Se evaluaron las variedades 'Tamazula' (rastrero), 'Diamante' (semierecto) y 'Tecozautla' (erecto). Se midió el área foliar (AF, m²) y el peso seco de la planta completa (PST, g) y de cada uno de sus órganos (hojas, tallos, flores, frutos y cáliz), hasta los 77 días después del trasplante (ddt). Los datos observados se ajustaron mediante modelos polinomiales y se calcularon las tasas absoluta de crecimiento (TAC), relativa de crecimiento (TRC) y de asimilación neta (TAN) y la fuerza de la fuente (FF). A los 57 ddt 'Tamazula' alcanzó el valor de AF más grande (0.72 m²) de las tres variedades para después disminuir 30 % debido a una granizada. 'Tamazula' y 'Diamante' acumularon el mayor PST a los 77 ddt (124.2 y 124 g). 'Tecozautla' acumuló más materia seca en los tallos (61 % de PST) y 'Tamazula' en los frutos, incluyendo el cáliz (41.6 % de PST) al final del ciclo. La TAC (fuerza de la demanda) alcanzó su máximo a los 57 ddt en las tres variedades, posteriormente disminuyó de forma rápida, siendo 'Tamazula' y 'Tecozautla' superiores en todo el ciclo; en estas variedades se observó una mayor eficiencia para formar el dosel (mayor TAC de hojas y tallos, FF y TAN inicial), pero una mayor eficiencia de 'Diamante' para incrementar la biomasa del fruto (mayor TAC del fruto). La TRC (actividad de la demanda) es similar entre hábitos de crecimiento. Los tallos y las hojas son los órganos con mayor fuerza de demanda y los frutos representan la mayor actividad de demanda.

Palabras clave: *Physalis ixocarpa* Brot., distribución de biomasa, relaciones fuente-demanda.

PHYSIOLOGICAL EFFICIENCY OF VARIETIES OF HUSK TOMATO WITH DIFFERENT GROWTH HABITS

Evelia Hernández García, M. C.
Colegio de Postgraduados, 2011

In order to compare the physiological efficiency and estimate the relations source-demand, the growth of three varieties of *Physalis ixocarpa* Brot. with contrasting growth habit was evaluated. The experiment was established in march 2009 in Chapingo, Mexico. The varieties evaluated were 'Tamazula' (trailing), 'Diamante' (semi-erect) and 'Tecozautla' (erect). Leaf area (AF, m²) and dry matter of the whole plant (PST, g) and each one of its organs (leaves, stems, flowers, fruits, and calyx) were recorded, until 77 days after transplanting (ddt). Observed data were adjusted using polynomial models and absolute growth rates were calculated (TAC), relative rates of growth (TRC) and net assimilation (TAN) and the strength of the source (FF). At 57 ddt 'Tamazula' reached the largest AF (0.72 m²) of the three varieties and then reducing to 30% due to a hailstorm. 'Tamazula' and 'Diamante' accumulated more PTS to the 77 ddt (124.2 y 124 g). 'Tecozautla' accumulated more dry matter in the stems (61% of PST), and 'Tamazula' in the fruits, including the calyx (41.6% of PST) at the end of the cycle. The TAC (force of demand) peaked at 57 ddt in the three varieties, then dropped quickly, being 'Tamazula' and 'Tecozautla' superior during the whole cycle; greater efficiency was observed in these varieties to form the canopy (higher TAC of leaves and stems, FF and initial TAN), but a greater efficiency of 'Diamante' to increase the biomass of the fruit (higher TAC of fruit). The TRC (demand activity) was similar between growth habits. The stems and leaves were the organs with stronger demand and fruits account for the increased activity of demand.

Key words: *Physalis ixocarpa* Brot, biomass distribution, source-demand relations.

I. INTRODUCCIÓN

El tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) es un cultivo de origen prehispánico que actualmente tiene un lugar importante dentro de las hortalizas producidas en México por su uso en la preparación de diversos platillos; también se utiliza con fines medicinales y artesanales, principalmente en el centro del país (Santiaguillo y Blas, 2009). La mayor parte de la producción se destina para su consumo en fresco en el mercado nacional, en 2009 se reportaron 47,473 ha sembradas con éste cultivo y un rendimiento promedio nacional de 14.2 t ha⁻¹, ocupando así el cuarto lugar en las hortalizas sembradas en el país (SIAP, 2011).

La expansión de este cultivo se inició en la década de los setentas, cuando se incrementó la superficie sembrada debido al aumento en el consumo nacional; a partir de la década de los ochentas se comenzó a exportar hacia Estados Unidos de Norteamérica y Canadá (Peña *et al.*, 2002), al haber mayor demanda de esta hortaliza por parte de la población mexicana y latina en esos países (Díaz-Pérez *et al.*, 2005).

La mayoría de los aspectos relacionados con el manejo agronómico han sido estudiados; sin embargo, y a pesar de su importancia, es una especie en la que existen escasos trabajos relacionados con la eficiencia fisiológica y las relaciones fuente-demanda durante su crecimiento. Un aspecto que resulta importante es el estudio de los índices de eficiencia dentro de los diversos hábitos de crecimiento, ya que actualmente no se sabe cuál de ellos es más eficiente fisiológicamente.

El análisis de crecimiento vegetal permite estudiar la fisiología relacionada con el rendimiento, y es una aproximación para investigar los procesos que ocurren dentro de la planta y entenderla como un todo (Hunt *et al.*, 2002). Se pueden cuantificar diferentes aspectos del crecimiento como la duración del ciclo biológico, la definición de las etapas de desarrollo y la distribución de los fotoasimilados en cada uno de los órganos de la planta (Azofeifa y Moreira, 2004).

El análisis de crecimiento, en cultivos hortícolas, se ha utilizado para evaluar la respuesta a prácticas de manejo (Ibarra *et al.*, 2001), comparar el rendimiento de variedades de una misma especie en condiciones ambientales similares (Aguilar *et al.*, 2006) o diferentes (Salazar *et al.*, 2008), observar el efecto de la limitación de un factor (Aguilar *et al.*, 2000), analizar la cinética de crecimiento y acumulación de biomasa en el órgano de interés económico (Sedano *et al.*, 2005; Ayala-Garay *et al.*, 2011), entre otros. Éste se puede realizar mediante índices de eficiencia fisiológica, entre los cuales están la tasa relativa de crecimiento, la tasa absoluta de crecimiento, la tasa de asimilación neta, el índice de área foliar, la tasa de crecimiento del cultivo y la duración del área foliar (Hunt, 1978). De acuerdo con Ho *et al.* (1989), el análisis de crecimiento mediante índices de eficiencia fisiológica permite estimar las relaciones fuente-demanda.

Por lo anterior, la presente investigación se realizó con los objetivos e hipótesis siguientes:

1.2 Objetivos

- Analizar la cinética de crecimiento en plantas de tres variedades de tomate de cáscara con hábitos de crecimiento contrastantes, en función de la distribución de biomasa en sus órganos aéreos.
- Comparar la eficiencia fisiológica de los hábitos de crecimiento.
- Estimar las relaciones fuente-demanda de estas tres variedades, mediante las variables del análisis de crecimiento vegetal.

1.3 Hipótesis

El análisis de crecimiento permitirá encontrar diferencias en la eficiencia fisiológica entre variedades de tomate de cáscara con diferentes hábitos de crecimiento.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Importancia nacional

El tomate de cáscara es un cultivo de importancia económica dentro de las hortalizas, ya que se usa en la preparación de platillos tradicionales (Santiaguillo y Blas, 2009). Se encuentra distribuido en la mayor parte del país, en 2009 los principales estados productores fueron Sinaloa, Jalisco, Puebla, México, Sonora, Nayarit y Zacatecas (SIAP, 2011).

La mayor parte de la producción se destina para su consumo en fresco en el mercado nacional, en 2009 se reportaron 47,473 ha sembradas con éste cultivo y un rendimiento promedio de 14.2 t ha⁻¹. Ese mismo año, dentro de los cultivos hortícolas, esta especie ocupó el cuarto lugar por superficie sembrada, el sexto lugar por valor de la producción y el séptimo lugar en volumen de producción (SIAP, 2011).

Durante el periodo comprendido entre los años 1999 y 2009 la superficie sembrada con tomate de cáscara aumentó (Figura 1); probablemente debido a un mayor interés en la producción de este cultivo en estados en los que no se producía, motivado por un aumento de las exportaciones.

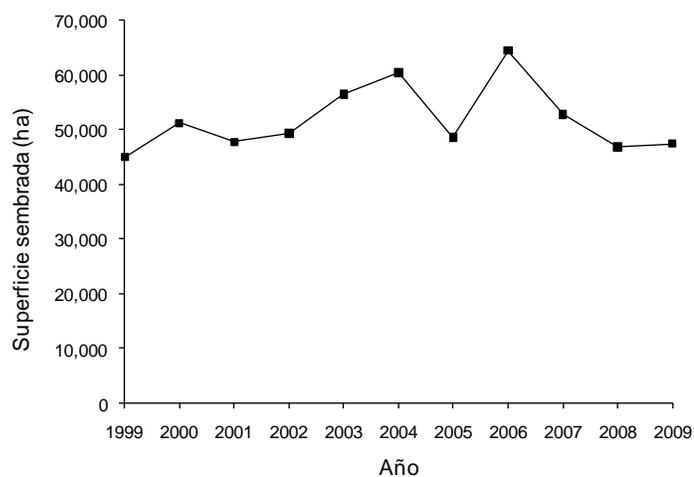


Figura 1. Superficie sembrada con tomate de cáscara, durante el periodo 1999-2009. Elaboración propia con datos del SIAP (2011).

De igual forma, el volumen de la producción fue incrementando durante este periodo (Figura 2) y el rendimiento promedio nacional pasó de 12.4 t ha⁻¹ en 1999 a 14.2 t ha⁻¹ en 2009 (SIAP, 2011). Este aumento muestra la creciente importancia de este cultivo, tanto económica como de mejoramiento genético y producción, ya que en 1981 la SARH-DGEA reportaba un rendimiento promedio nacional de 9.8 t ha⁻¹ (Saray, 1982).

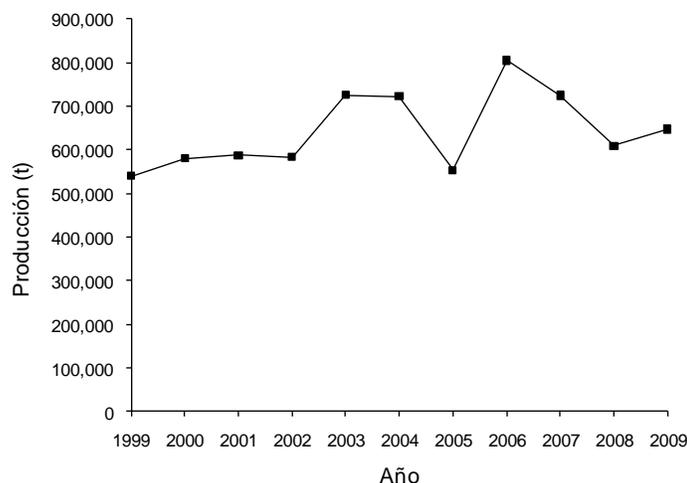


Figura 2. Volumen de producción nacional de tomate de cáscara, durante el periodo 1999-2009. Elaboración propia con datos del SIAP (2011).

2.2 Origen y distribución

El género *Physalis* comprende cerca de 80 especies distribuidas principalmente en América (Ayala *et al.*, 1992), siendo México el principal centro de distribución del género con aproximadamente 70 especies; de éstas, 36 se encuentran ampliamente distribuidas en 26 estados del país, en un amplio intervalo de altitud y asociados a cuatro tipos climáticos (Peña y Santiaguillo, 1998).

Las especies cultivadas del género son *Physalis ixocarpa* (2n=24) en México y Guatemala y *Physalis peruviana* (2n=48) en los Andes, siendo usada la primera como hortaliza y la segunda como fruta (Peña y Santiaguillo, 1998).

Physalis ixocarpa, originaria de México, era conocida desde épocas prehispánicas, crece en forma silvestre a lo largo de la vertiente del pacífico desde el sur de California en Estados Unidos de Norteamérica hasta Guatemala (Peña y Santiaguillo, 1998).

Actualmente, en algunas regiones de la costa del pacífico y centro de México donde subsisten sistemas tradicionales de producción, el tomate de cáscara crece en forma silvestre y es común que los campesinos lo recolecten para el consumo familiar e incluso para la venta (Peña y Santiaguillo, 1998).

2.3 Descripción botánica

Planta herbácea anual, de 40 a 90 cm de altura o más dependiendo del hábito de crecimiento.

Hábito de crecimiento. Presenta tres tipos de hábitos de crecimiento, rastrero, erecto y semierecto, principalmente en variedades nativas. El hábito rastrero se caracteriza porque generalmente crece en forma erecta solo 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; estos presentan la desventaja que se doblan o se rajan con el peso de los frutos (Pérez *et al.*, 1997).

Raíz. Típica o columnar, presenta ramificaciones secundarias profundas que pueden alcanzar hasta 60 cm o más. En sistema de plantación sufre una modificación transformándose en fibrosa y de poca penetración en el suelo (Pérez *et al.*, 1997).

Tallo. Es estriado, herbáceo o ligeramente leñoso en la base; diámetro del tallo principal de 1.1 a 1.3 cm y en ramas primarias de 0.8 a 0.9 cm; en los primeros

días de vida presenta pelos esparcidos en el tallo, hojas y ramas, los cuales se pierden a medida que va creciendo la planta (Saray, 1982; Pérez *et al.*, 1997).

Hojas. Son erectas, alternas, de forma ovada de 5 a 10 cm de largo por 4 a 6 cm de ancho, base atenuada, ápice agudo o ligeramente acuminado, con márgenes irregularmente dentados, pero por lo general presentan seis dientes por cada lado; peciolo de 4 a 6.5 cm de largo (Saray, 1982; Pérez *et al.*, 1997).

Flores. Son bisexuales, perfectas o hermafroditas; solitarias, salen de la dicotomía de las ramas; pequeñas, pentámeras, con bordes de color amarillo brillante; la garganta produce cinco puntos de color café-negro; la corola de 1 a 2.6 cm de diámetro, color amarillo, con manchas azul verdoso o morado, tenues o bien marcadas, aunque algunas veces es púrpura y descolorida en el centro, acampanulada o circular, lóbulos plegados, estambres insertados en la base de la corola, el estigma presenta dos hendiduras, casi bilobulado; las anteras son azules o azul verde, de 0.2 a 0.4 cm de largo, las cuales se encorvan después de la dehiscencia (Saray, 1982; Pérez *et al.*, 1997).

Fruto. Baya amarilla, morada o verduzca, de tamaño variable, de 1.6 a 6 cm de diámetro, de sabor ácido o dulce. El cáliz que lo cubre mide de 1.8 a 4.3 cm de largo por 2.5 a 6 cm de ancho, con 10 costillas (nervaduras) que en algunos casos son de color morado, pero en general son del mismo color del cáliz; los pedicelos miden de 0.6 a 1 cm de largo (Saray, 1982; Pérez *et al.*, 1997).

Semilla. Se encuentra distribuida en el endocarpio del fruto y es de forma circular aplanada, con una coloración crema "sucio", mide aproximadamente de 3 a 3.5 mm de diámetro; en su interior presenta dos cotiledones (Aguilar y Méndez, 2004).

2.4 Diversidad genética

El tomate de cáscara es un cultivo que posee variabilidad genética en cuanto a tipos de plantas y frutos, encontrándose variedades rastreras, semierectas y erectas; con frutos de color que varía desde amarillo, verde, hasta morado. Esta variabilidad ha sido agrupada en ocho tipos: Silvestre, Milpero cultivado, Arandas, Tamazula, Manzano, Rendidora, Salamanca y Puebla (Ayala *et al.*, 1992).

Teniendo en cuenta el concepto de raza, que señala que es una población mendeliana que difiere de otras de la misma especie en sus frecuencias génicas, siendo visible y genéticamente diferentes entre sí y donde su origen o diferenciación se debe al aislamiento geográfico, al menos para las razas alopáticas; para el caso del tomate de cáscara Peña y Santiaguillo (1998) sugieren, dentro de las poblaciones cultivadas, al menos seis razas o poblaciones distintas:

- Raza Milpero. La que comprendería al tomate tipo Milpero cultivado, que se encuentra básicamente en los estados de México, Hidalgo, Morelos, Guerrero y Puebla. Su característica distintiva es tener el menor tamaño de fruto, aunque es “constante” en todas las variedades.
- Raza Tamazula. Comprendería a los tipos Tamazula y Arandas, ya que es casi de distribución y uso exclusivo en los estados de Nayarit, Jalisco, Colima, Michoacán, Sur de Zacatecas y Aguascalientes. Se incluyen los dos tipos porque no difieren esencialmente y comparten una misma área geográfica. Su característica distintiva es que tallos, hojas, cáliz, peciolo y la misma baya (fruto) presentan coloraciones moradas, siendo los frutos de tamaño mediano (2 a 4 cm de diámetro).
- Raza Manzano. Comprendería al tipo Manzano, cuya característica fundamental es presentar frutos verde muy intenso (casi “negro”) al inicio de su desarrollo, el cual se torna amarillo-naranja a medida que se aproxima al momento de la

cosecha. Este material es común en el oriente del estado de México y los límites con el estado de Morelos, además de Guerrero, siendo uno de los de mayor preferencia en mercados regionales como los de Toluca, Cuautla e Iguala.

- Raza Rendidora. Comprende al tipo Rendidora, cuya característica distintiva es presentar frutos color verde limón y ausencia de coloraciones moradas tanto en hojas y ramas como en el fruto (cáliz o baya).
- Raza Salamanca. Comprendería al tipo Salamanca y su característica distintiva es presentar frutos grandes, muy firmes y con coloraciones moradas sólo en las nervaduras del cáliz que envuelve al fruto, pero no en éste. Su forma característica es oblonga y no esférica como en el resto de los materiales (el Manzano presenta las dos formas de fruto). Este material es característico en el Bajío Guanajuatense, Querétaro y Michoacán, sobre todo en el primer estado y los límites de los segundos con el primero.
- Raza Puebla. Comprendería al tipo Puebla y su característica distintiva es tener frutos muy grandes, casi como un jitomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.), y flores con cinco o seis y hasta siete pétalos y estambres. Los otros tipos y el mismo silvestre son pentámeros.

2.5 Crecimiento vegetal

El desarrollo es el conjunto de eventos que contribuyen a la progresiva elaboración del cuerpo de la planta y que la capacitan para obtener alimento, reproducirse y adaptarse plenamente a su ambiente (Segura, 2000).

El desarrollo comprende dos procesos básicos: crecimiento y diferenciación. El crecimiento denota los cambios cuantitativos que tienen lugar durante el desarrollo, mientras que la diferenciación se refiere a los cambios cualitativos. El desarrollo se considera sinónimo de morfogénesis. El desarrollo (o morfogénesis)

puede, por lo tanto, definirse como el conjunto de cambios graduales y progresivos en tamaño (crecimiento), estructura y función (diferenciación) que hace posible la transformación de un cigoto en una planta completa (Segura, 2000).

Otros investigadores consideran que el desarrollo comprende tres procesos interrelacionados: crecimiento, diferenciación y morfogénesis. Según este punto de vista, la morfogénesis es el proceso que integra y coordina crecimiento y diferenciación, explicando el origen de los caracteres morfológicos y la forma global del organismo (Segura, 2000).

El crecimiento se define como un incremento irreversible en tamaño o volumen, resultado de un incremento en la cantidad y tamaño de las células (Casierra *et al.*, 2007; Pietruszka *et al.*, 2007). En las plantas, éste se produce, fundamentalmente, a través del alargamiento o expansión celular. Aunque algunos investigadores sugieren que la división celular es un proceso distinto que acompaña al crecimiento en los tejidos meristemáticos, es más correcto considerar que el crecimiento incluye tanto división como expansión de las células (Segura, 2000).

El crecimiento vegetal se concentra en regiones localizadas de división celular llamadas meristemas. Casi todas las divisiones nucleares y celulares ocurren en las regiones meristemáticas. En una planta joven, los meristemas más activos son llamados meristemas apicales; éstos se localizan en las puntas del tallo y de la raíz. En los nudos, las yemas axilares contienen los meristemas apicales para ramas. Las raíces laterales se originan del periciclo, un tejido meristemático interno. Próximas a las regiones meristemáticas hay zonas de elongación celular en las cuales las células incrementan significativamente su longitud y anchura (Taiz y Zeiger, 2006).

Una vez germinada la semilla, el meristemo apical del vástago forma, en secuencia regular, hojas, nudos y entrenudos. Los meristemas apicales en las axilas de las hojas producen vástagos axilares que, a su vez, tienen otros vástagos axilares. Como resultado de dicha actividad, la planta presenta un sistema de ramas

sobre el tallo principal. El meristemo apical de la raíz forma la raíz principal. En muchas plantas la raíz principal produce raíces laterales (raíces secundarias) a partir de meristemas que se originan dentro de la raíz principal. El crecimiento descrito comprende la etapa vegetativa en la vida de una planta con semilla. En un momento apropiado, determinado en parte por un ritmo endógeno de crecimiento y en parte por condiciones ambientales (especialmente luz y temperatura) el meristemo apical vegetativo del vástago se transforma en un meristemo apical reproductivo (Esau, 1982).

El crecimiento vegetal es influenciado por factores físicos (abióticos) y bióticos del ambiente (Trewavas, 1991). Los elementos de las condiciones ambientales como temperatura, luz, agua, suelo y composición de la atmósfera afectan la magnitud del crecimiento en todos sus estados (Hunt, 1978; Pietruszka *et al.*, 2007).

2.6 Análisis de crecimiento vegetal

El análisis de crecimiento vegetal es una aproximación holística, explicativa e integral, para comprender la forma y función de los vegetales; éste usa datos primarios en forma de pesos, áreas y volúmenes de componentes de la planta para investigar los procesos que ocurren dentro de ella y entenderla como un todo (Hunt *et al.*, 2002).

El análisis de crecimiento vegetal permite cuantificar diferentes aspectos del mismo: la duración del ciclo, la definición de las etapas de desarrollo y la distribución de los fotoasimilados en cada uno de sus órganos. Este análisis es básico para comprender mejor los procesos fisiológicos que determinan la producción vegetal y así fundamentar más racionalmente las prácticas de manejo del cultivo (Azofeifa y Moreira, 2004).

Este tipo de análisis trata de explicar matemáticamente las variaciones en peso seco y área foliar de los organismos en función del tiempo, por lo que para

realizarlo es necesario obtener el peso seco de la planta o de cada uno de sus órganos y el área foliar, en intervalos de tiempo durante el desarrollo del vegetal (Borrego *et al.*, 2000). El peso seco es el criterio más apropiado para medir la acumulación de biomasa en la planta y el área foliar es la magnitud del sistema de asimilación de la planta (Azofeifa y Moreira, 2004).

En experimentos que involucran el análisis de crecimiento vegetal, existen dos enfoques para realizarlo:

- a) El enfoque clásico, en el cual se hacen muestreos grandes poco frecuentes a lo largo del ciclo biológico de la planta.
- b) El enfoque funcional, en el cual los muestreos son pequeños, pero más frecuentes.

Estos dos enfoques no son mutuamente excluyentes, si el tiempo y espacio no son problema los muestreos pueden ser grandes y frecuentes, pero esto no es tan frecuente ya que se busca hacer un uso más eficiente del material disponible (Hunt, 1978).

En el análisis del crecimiento se utilizan también curvas de crecimiento, las cuales reflejan el comportamiento de una planta en un ecosistema particular con respecto al tiempo. Sirven también para decidir el momento adecuado para la realización de prácticas culturales y así obtener la respuesta esperada de la planta (Casierra *et al.*, 2007).

El crecimiento, regularmente, puede representarse con una curva sigmoide, que caracteriza el curso del crecimiento de una célula individual, el crecimiento de órganos vegetales o el crecimiento de la planta como un todo (Pietruszka *et al.*, 2007). Por ejemplo, en la curva de crecimiento de la planta de chile (*Capsicum annuum* L.) se distinguen tres etapas:

- a) La primera, una fase inicial o logarítmica, donde la planta joven cuenta con área foliar y sistema radical reducidos.
- b) La segunda, una fase vegetativa o exponencial, donde el crecimiento es rápido y el poder de asimilación de la planta aumenta a medida que sus órganos se desarrollan.
- c) La tercera es una fase de estabilización, donde después del inicio de la fructificación ocurre una disminución del crecimiento hasta estabilizarse (Azofeifa y Moreira, 2004).

2.6.1 Índices de eficiencia fisiológica

El crecimiento vegetal se puede analizar mediante el cálculo de índices de eficiencia, los cuales se pueden determinar con el peso seco de la planta completa o con diferentes partes de ésta (raíces, tallos u hojas). Estos índices tienen significado biológico, muestran que un ambiente particular o práctica de manejo es o no más conveniente para una especie que para otra y comparan el funcionamiento de diferentes especies o variedades creciendo bajo las mismas condiciones (Hunt, 1978).

El análisis de crecimiento con el uso de índices de eficiencia fisiológica se puede realizar en plantas individuales y en comunidades. En plantas individuales se utilizan la tasa relativa de crecimiento (TRC), la tasa absoluta de crecimiento (TAC), la tasa de asimilación neta (TAN), la relación de área foliar (RAF) y el área foliar específica (AFE). En comunidades, particularmente en agricultura, y en algunos estudios de producción en vegetación natural se utilizan el índice de área foliar (IAF), la tasa de crecimiento del cultivo (TCC) y la duración del área foliar (DAF) (Hunt, 1978).

2.6.1.1 Tasa absoluta de crecimiento (TAC)

La tasa absoluta de crecimiento (TAC) representa la ganancia en peso por unidad de tiempo (Hunt, 1978) y es función de la cantidad de material en crecimiento presente (cantidad de células, área foliar, etc.) y la tasa de funcionamiento del mismo con relación a la influencia del ambiente. Durante la ontogenia, hay un periodo en que la tasa del crecimiento es cada vez mayor, seguido por una etapa en que se mantiene más o menos constante, para luego comenzar a disminuir, de tal forma que al final se vuelve negativa porque la muerte de las hojas es superior al crecimiento nuevo (Milthorpe y Moorby, 1982).

2.6.1.2. Tasa relativa de crecimiento (TRC)

El crecimiento ya efectuado contribuye al nuevo que se está verificando; esto es explicado por la tasa relativa de crecimiento (TRC), que representa el incremento en peso seco por unidad de peso seco presente por unidad de tiempo (Hunt, 1978). Este índice disminuye con el transcurso del tiempo, ya que la cantidad de células que se están diferenciando en tejidos y órganos es mayor con respecto a la cantidad de células meristemáticas (Mora *et al.*, 2006).

En un ambiente constante la TRC declina durante el desarrollo, esto se debe principalmente a una proporción creciente de células que no se dividen con relación a las que sí lo hacen. En un ambiente natural, ocurre la misma evolución descendente, pero se puede compensar por condiciones ambientales que se vuelven progresivamente favorables (Milthorpe y Moorby, 1982)

La TRC proporciona una conveniente integración del funcionamiento de varias partes de la planta, es útil para comparar diferencias entre especies y tratamientos en condiciones uniformes. Pero cuando calculada a nivel de la planta completa no explica los procesos que contribuyen al funcionamiento de la totalidad de la planta, es posible examinar el crecimiento al calcular la TRC para cada órgano vegetal, por

ejemplo hojas, tallo y raíces; hojas en varios estados, peciolo, tallo, raíz principal y laterales (Hunt, 1982).

2.6.1.3 Tasa de asimilación neta (TAN)

La tasa de asimilación neta (TAN) corresponde a la ganancia en peso por unidad de área, por unidad de tiempo (Hunt, 1978) y es una medida indirecta de la fotosíntesis. La TAN disminuye al avanzar la ontogenia del cultivo, esta disminución se debe al sombreado de las hojas superiores sobre las inferiores; a la disminución de la capacidad fotosintética de las últimas hojas formadas y por los efectos de los lugares de demanda sobre la fotosíntesis (Milthorpe y Moorby, 1982).

2.6.1.4 Índice de área foliar (IAF)

Dado que la tasa de asimilación neta proporciona una adecuada estimación de la eficiencia de las hojas de un cultivo como productoras de materia seca, entonces el conocer la cantidad de hojas del cultivo es necesario para evaluar su rendimiento. El área foliar por planta no toma en cuenta el espaciamiento entre plantas, un factor que debe estar involucrado en la estimación de la cantidad de hojas de todo un cultivo. Para esto, Watson (1947) introduce un concepto de cantidad de hojas con relación al área de cultivo, este es llamado índice de área foliar y define el área foliar por unidad de área de cultivo (Hunt, 1978).

El efecto de las condiciones ambientales sobre algunos índices de eficiencia se observa en un estudio realizado en estevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni), una planta que produce en las hojas un edulcorante natural bajo en calorías; al evaluar niveles de radiación incidente sobre su crecimiento en dos genotipos ('Morita 1' y 'Morita 2'), los resultados indican que 'Morita 2' presentó la TAC más alta, lo que podría atribuirse a una ventaja genética de esta variedad que le permite realizar mayor fotosíntesis. La TRC fue alta en ambos genotipos al inicio del ciclo para niveles sombreados pero una vez terminada esta etapa, las altas radiaciones

generaron mayores incrementos en la TRC. La mayor TAN la presentó 'Morita 2' expuesta a 100 % de radiación incidente, sugiriendo mayor eficiencia en la producción diaria de biomasa por cada centímetro cuadrado de superficie foliar (Jarma *et al.*, 2006).

En el pasto mulato híbrido (*Brachiaria* spp.), una planta forrajera, el análisis de crecimiento con especial atención en el área foliar específica, muestra el efecto de prácticas culturales como la fertilización con nitrógeno (Pérez *et al.*, 2004).

En chile jalapeño, al combinar la utilización de una curva de crecimiento y los índices de eficiencia, se determinaron las etapas por las que pasa este cultivo. Así, la planta presenta una curva de crecimiento sigmoideal con las siguientes etapas:

- a) De los 26-82 dds, donde el crecimiento fue lento.
- b) De los 83-110 dds, en esta fase el crecimiento vegetativo y reproductivo fue rápido, índices de eficiencia fisiológica como la TRC y la TAN presentan sus valores más altos, el IAF comienza a incrementarse.
- c) De los 111-152 dds, la TCC disminuye, el crecimiento vegetativo y reproductivo es menor que en la fase anterior; la TRC, la TAN y la RAF comienzan a decrecer.
- d) De los 153- 166 dds, la planta alcanza la madurez y las tasas se comienzan a estabilizar; la TRC presenta un valor cercano a cero.
- e) De los 167-180 dds, la planta muestra signos de senescencia y el contenido de materia seca decrece, la TRC muestra valores negativos (Azofeifa y Moreira, 2004).

2.7 Fotosíntesis

Entre 85 y 90 % de la materia seca de las plantas consiste de material de la fotosíntesis (Milthorpe y Moorby, 1982). Es un proceso biológico complejo en el que pueden distinguirse dos fases bien diferenciadas, una primera de absorción y conversión de energía y otra segunda de toma y asimilación de elementos

constitutivos de la materia orgánica (C, H, O, N, S, etc.). La energía luminosa es absorbida por biomoléculas fotosensibles y transformada en una forma de energía bioquímica estable. Los elementos constitutivos son tomados de fuentes minerales inorgánicas e incorporados en biomoléculas orgánicas metabolizables (De Las Rivas, 2000).

Los vegetales son capaces de transformar la energía lumínica procedente del sol en energía química utilizable para las reacciones metabólicas; por otra parte, el dióxido de carbono asimilado en los órganos fotosintéticos constituye, junto con el hidrógeno procedente del agua y los elementos minerales absorbidos por las raíces, la base estructural del crecimiento de los vegetales y, en consecuencia, de la producción primaria de los ecosistemas y la biosfera. Por ello, la fotosíntesis es un proceso fundamental para la vida en la Tierra (Medrano y Flexas, 2000).

La fotosíntesis es uno de los procesos metabólicos más altamente integrado y regulado para maximizar el uso de luz disponible, minimizar el efecto dañino del exceso de luz y optimizar el uso de recursos limitantes de carbono y nitrógeno (Paul y Foyer, 2001).

El rendimiento potencial de un cultivo es regulado finalmente por la intercepción de luz y la eficiencia fotosintética del dosel (Ho *et al.*, 1989). Entre las aplicaciones derivadas del conocimiento o la manipulación de la fotosíntesis se incluyen: la mejora de la producción de los cultivos, la comprensión de las diferencias de productividad entre diferentes ecosistemas, o la predicción de los efectos de cambios ambientales sobre la composición y productividad de las comunidades vegetales (Medrano y Flexas, 2000).

2.8 Acumulación y distribución de biomasa

La tasa fotosintética determina la cantidad total de carbono fijado disponible en la hoja. Sin embargo, la cantidad utilizable para translocación depende de una

secuencia de eventos metabólicos. La regulación de la distribución de carbono fijado en varias rutas metabólicas es llamada asignación; el cual puede ser usado para:

- Síntesis de compuestos de almacenamiento. El almidón es sintetizado y almacenado dentro de los cloroplastos y, en muchas especies, es la forma primaria de almacenamiento que es movilizado por translocación durante la noche.
- Utilización en el metabolismo. El carbono fijado puede ser utilizado dentro de varios compartimentos de la célula fotosintética para reunir la energía necesaria o proveer carbono para la síntesis de otros compuestos requeridos.
- Síntesis de compuestos de transporte. El carbono fijado puede ser incorporado dentro de los azúcares de transporte para exportar a varios tejidos demanda (Taiz y Zeiger, 2006)

Las demandas compiten por los fotoasimilados que están siendo exportados por las fuentes. Tal competición determina la distribución diferencial de fotoasimilados entre las distintas demandas, la cual se denomina partición; parámetro de considerable importancia en la determinación de la productividad de las especies cultivadas. La partición de metabolitos entre los diferentes órganos depende, además de los factores de posición y distancia a las fuentes, de su fuerza como demanda, que es la capacidad para atraer y acumular (o utilizar) fotoasimilados (García y Guardiola, 2000; Taiz y Zeiger, 2006).

Los procesos de asignación, incluyendo la habilidad de una demanda de almacenar o metabolizar azúcares importados, afectan su habilidad para competir por azúcares disponibles. Los eventos en fuentes y demandas deben ser sincronizados. La partición determina los patrones de crecimiento, y tal crecimiento debe ser balanceado entre el meristemo apical del vástago (productividad

fotosintética) y el meristemo apical de raíz (absorción de agua y minerales). En este sentido, partición y asignación interactúan una con otra (Taiz y Zeiger, 2006).

El rendimiento de un cultivo está determinado por su capacidad de acumular biomasa en los órganos de interés y un incremento proporcional de la biomasa destinada a estos órganos garantiza un incremento del rendimiento. La distribución de materia seca entre los diferentes órganos de una planta tiene un papel fundamental en la producción de un cultivo y es el resultado final de un conjunto ordenado de procesos metabólicos y de transporte que gobiernan el flujo de fotoasimilados a través de un sistema fuente-demanda (Peil y Gálvez, 2005).

Sedano *et al.* (2005) al realizar un análisis de crecimiento en calabacita (*Cucurbita pepo* L.) encontraron que las hojas fueron los órganos aéreos que crecieron por más tiempo y acumularon más biomasa, de manera que el follaje representó 59.4 % de la biomasa total, a los 69 días después de la siembra (dds). El tallo creció de manera lenta y su biomasa total fue de 6.5 %, con respecto al total. La producción de frutos inició a los 56 dds, el cual creció de manera rápida, hasta los 69 dds; a los 85 dds los frutos en etapa de verdura representan 29.5 % del total de la biomasa acumulada. Es importante destacar que durante la formación de los frutos, estos compiten por fotoasimilados con las hojas, ya que ambos órganos crecen simultáneamente.

Para comparar el crecimiento de dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.) Aguilar *et al.* (2006) analizaron el crecimiento de ambas variedades bajo condiciones de temporal, las variedades estudiadas fueron 'Milagros' y 'Alpha'. Los resultados que obtuvieron muestran que el mayor rendimiento de 'Alpha' con respecto al de 'Milagros', se debe a que asigna más fotoasimilados hacia los tubérculos; así, 'Alpha' superó a 'Milagros' en 58 y 40 % en el rendimiento total y comercial respectivamente, al producir más tubérculos por planta.

La alfalfa (*Medicago sativa* L.) es una especie con crecimiento indeterminado, sus órganos vegetativos y reproductivos crecen de manera simultánea durante la floración y la formación de vainas, al analizar su crecimiento durante la etapa reproductiva Bolaños y Huyghe (2005) encontraron que la materia seca producida se asigna de manera preferencial a los órganos reproductores para el llenado de semilla. En otras especies forrajeras con crecimiento indeterminado (*Medicago minima* L. y *Erodium cicutarium* L.), al analizar su crecimiento, se ha encontrado que la producción de órganos vegetativos se detiene durante el crecimiento de la semilla (Busso *et al.*, 1998).

2.9 Relaciones fuente-demanda

El agua es la sustancia más abundante en el floema. Disueltos en el agua son translocados solutos, incluyendo carbohidratos, aminoácidos, proteínas, hormonas y algunos iones inorgánicos. Los carbohidratos son el soluto más significativo y concentrado en la savia del floema, ésta es translocada de áreas de suministro, llamadas fuentes, a áreas de metabolismo o almacenamiento, llamadas demandas (Taiz y Zeiger, 2006).

Las fuentes son órganos exportadores, típicamente hojas maduras, que son capaces de producir fotoasimilados en exceso de sus propias necesidades (Gárate y Bonilla, 2000; Taiz y Zeiger, 2006).

Las demandas son órganos no fotosintéticos de la planta y órganos que no producen suficientes fotoasimilados para soportar sus propias necesidades de crecimiento o almacenamiento. Raíces, tubérculos, órganos reproductores, frutos en desarrollo, ápices de crecimiento y hojas inmaduras, son ejemplos de tejidos demanda (Gárate y Bonilla, 2000; Taiz y Zeiger, 2006).

Durante las etapas iniciales de su formación, todos los órganos actúan como demandas, y su desarrollo depende de los carbohidratos que reciben del resto de la

planta. Posteriormente, algunos órganos presentan un cambio en su conducta y se comportan como fuentes; convirtiéndose en exportadores netos de carbohidratos (García y Guardiola, 2000, Gárate y Bonilla, 2000). Por ejemplo, la raíz de *Beta maritima* L. es una demanda durante la estación de crecimiento del primer año, cuando ésta almacena azúcares que recibe de las hojas fuente. Durante la segunda estación de crecimiento la misma raíz se convierte en una fuente; los azúcares son translocados y se utilizan para producir un nuevo brote, que finalmente se vuelve reproductivo (Taiz y Zeiger, 2006).

La transición de una hoja de demanda a fuente está asociada con la capacidad de producir fotoasimilados móviles y mantener un balance positivo de carbono entre síntesis y uso dentro de la hoja. En jitomate, las hojas compuestas se vuelven exportadores netos (fuente) de fotoasimilados cuando estas alcanzan cerca del 10% de su área final (Ho *et al.*, 1989).

Antes de la transición de crecimiento predominantemente vegetativo a reproductivo, las hojas jóvenes y raíces compiten proporcionalmente por fotoasimilados. Sin embargo, cuando los frutos aparecen, la demanda adicional por fotoasimilados puede afectar la distribución de materia seca. La competencia por fotoasimilados entre demandas vegetativas y reproductivas es afectada por el estado de desarrollo de la demanda reproductiva, pero también la competencia puede ocurrir entre demandas reproductivas (Ho *et al.*, 1989).

2.9.1 Regulación del transporte entre fuentes y demandas

El movimiento de los fotoasimilados es facilitado por la existencia de conexiones vasculares directas entre los órganos. Los elementos conductores del floema forman una red muy compleja que interconecta los distintos órganos de la planta (García y Guardiola, 2000). Ambos órganos, fuente y demanda interactúan a través del sistema vascular para regular el balance entre el suministro y la demanda (Figura 4) (Ho *et al.*, 1989).

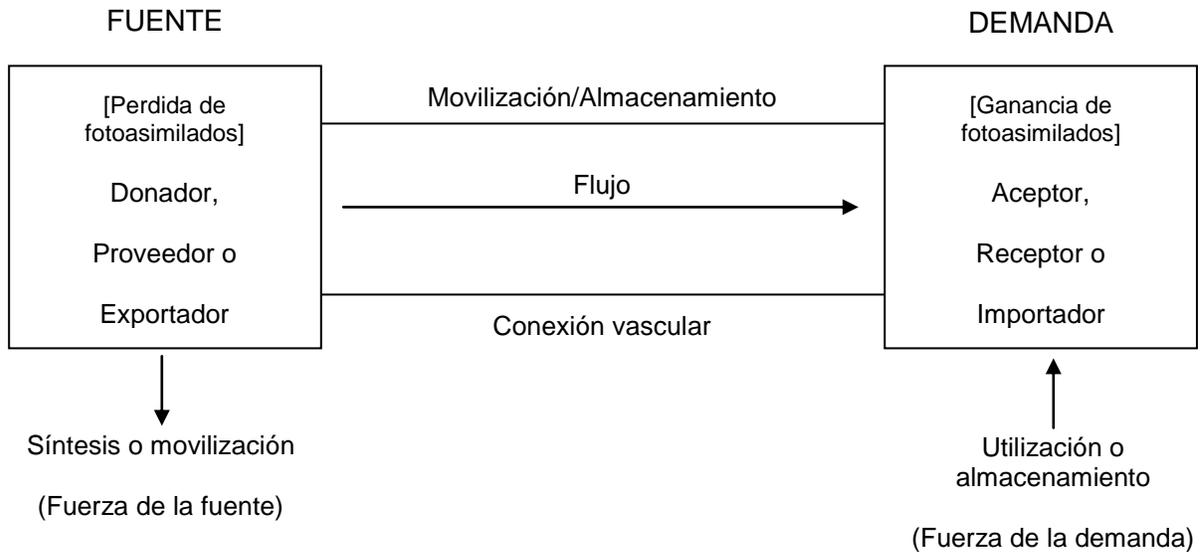


Figura 3. Relaciones fuente-demanda y transporte de fotoasimilados (Ho *et al.*, 1989).

Aunque el patrón de transporte en el floema puede expresarse simplemente como el movimiento de fuente a demanda, el patrón específico involucrado es un poco más complejo. No todas las fuentes suministran a todas las demandas en una planta; más bien, ciertas fuentes suministran demandas específicas (Taiz y Zeiger, 2006). En el caso de plantas herbáceas se pueden hacer las siguientes generalizaciones:

- Proximidad. La proximidad de la fuente a la demanda es un factor significativo. Las hojas maduras superiores proveen fotoasimilados a los meristemos apicales y hojas inmaduras; las hojas inferiores proveen al sistema de raíces. Las hojas intermedias exportan en ambas direcciones (García y Guardiola, 2000; Taiz y Zeiger, 2006).
- Desarrollo. La importancia de varias demandas puede cambiar durante el desarrollo vegetal. Mientras que los brotes y ápices radicales son las mayores demandas durante el crecimiento vegetativo; semillas y frutos se convierten en

las demandas dominantes durante el crecimiento reproductivo, particularmente para hojas adyacentes y otras cercanas (Taiz y Zeiger, 2006).

- Conexiones vasculares. Las hojas fuente preferentemente suministran demandas con las cuales tienen conexiones vasculares directas. En el sistema del vástago, por ejemplo, una hoja dada es generalmente conectada vía el sistema vascular a otras hojas directamente arriba o abajo en el tallo (Taiz y Zeiger, 2006).
- Modificación de los patrones de translocación. La interferencia en la translocación de fotoasimilados puede alterar los patrones establecidos por proximidad o conexiones vasculares. Por ejemplo, remover las hojas inferiores en una planta puede forzar a las hojas superiores a translocar fotoasimilados a las raíces, y remover las hojas superiores puede forzar a las hojas inferiores a translocar fotoasimilados a las partes superiores de la planta (Taiz y Zeiger, 2006).

La plasticidad de los patrones de translocación dependen del grado de las interconexiones entre los haces vasculares y de las especies y órganos estudiados. En algunas especies, las hojas en una rama sin frutos pueden transportar fotoasimilados a los frutos en una rama defoliada adyacente (Taiz y Zeiger, 2006).

El estudio de las relaciones entre la fuente y la demanda es difícil, debido a la complejidad de las interacciones que ocurren entre hojas, raíces, tallos, flores y frutos, pues algunos órganos actúan como fuente en un momento dado y como demanda en otro (Zamski, 1996).

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ubicación del sitio experimental

El estudio se realizó en el Campo Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, en Chapingo, estado de México. El campo está ubicado a 19° 29' N y 98° 53' O, a una altitud de 2250 m. El clima de la región se clasifica como Cb (w₀)(w)(i')g, correspondiente a un clima templado, el más seco de los subhúmedos, lluvia invernal inferior a 5 %, poca oscilación térmica y el mes más caliente antes del solsticio de verano (García, 1987).

3.2 Material genético

Se estudiaron tres variedades con características contrastantes, las cuales se indican en el Cuadro 1:

Cuadro 1. Características de las variedades de tomate de cáscara utilizadas en el estudio.

Variedad	Color de fruto	Hábito de crecimiento	Tamaño de fruto
'Tamazula'	Morado	Rastrero	Mediano
'Diamante'	Verde	Semierecto	Mediano
'Tecoautla'	Verde	Erecto	Grande

La variedad 'Tamazula' es originaria del estado de Jalisco, las variedades 'Diamante' y 'Tecoautla' fueron generadas en el programa de mejoramiento genético de tomate de cáscara de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.3 Diseño experimental

Las variedades se distribuyeron en un diseño experimental de bloques completos al azar con tres repeticiones, cada unidad experimental fue una parcela de cuatro surcos de 10 m de largo y 0.85 m de ancho, las plantas se colocaron a 0.45 m de distancia, para obtener una densidad de 25,900 plantas ha⁻¹.

3.4 Condiciones de siembra y manejo del cultivo

El periodo de cultivo fue del 31 de marzo al 28 de julio de 2009.

El 31 de marzo de 2009 se estableció un almácigo en condiciones de invernadero. Las variedades fueron sembradas en charolas de unicel de 200 cavidades, se utilizó turba vegetal (Premier PRO-MIX[®] PGX, Canadá) como sustrato, se les proporcionó riego diario con agua simple durante una semana y posteriormente con solución nutritiva. En este periodo se aplicaron Interguzan 30-30[®] (1 g L⁻¹) y Captan[®] (1.5 g L⁻¹) para el control de Dumping-off.

Las plántulas permanecieron en almacigo hasta el 12 de mayo de 2009, fecha en la que se trasplantaron a campo abierto en un terreno previamente preparado mediante barbecho, rastreo y surcado.

Se utilizó la fórmula de fertilización 170-50-200-61-30, el fertilizante se aplicó semanalmente por medio del riego. Los fertilizantes usados fueron: nitrato de calcio, nitrato de potasio, sulfato de magnesio, superfosfato de calcio y urea.

El riego se proporcionó mediante la utilización de cintilla RO-DRIP[®] calibre 8 milésimas, gasto 0.9 L h⁻¹ y gotero cada 0.3 m (Roberts; California, U.S.A.). El control de malezas se hizo con cultivadora y en forma manual.

En el control de plagas se utilizó periódicamente Bug Clean[®] (1 L ha⁻¹) y durante el llenado del fruto se aplicó Leverage[®] (0.25 L ha⁻¹); para enfermedades en el tallo se usó Interguzan 30-30[®] (2.5 kg ha⁻¹) durante el primer mes del establecimiento en campo.

3.5 Variables evaluadas

3.5.1 Variables climáticas

En el invernadero se colocó una sonda (HOBO H8-032-08, Onset Computer Corporation, U.S.A.), para registrar la temperatura cada hora (°C) durante el periodo de almácigo.

Después del trasplante se obtuvieron los valores diarios de temperatura del aire mínima, media y máxima, y la precipitación observada (mm) durante el periodo de cultivo a campo abierto, de la estación meteorológica de la Universidad Autónoma Chapingo.

3.5.2 Variables del crecimiento

Para el análisis de crecimiento se realizaron nueve muestreos destructivos: a los 2, 9, 16, 24, 31, 40, 47, 57 y 77 días después del trasplante (ddt), se tomaron al azar dos plantas con competencia completa en cada una de las repeticiones.

Las plantas se separaron en hojas, tallos, flores, frutos y cáliz; cada una de las partes se colocaron en bolsas de papel previamente identificadas, el secado de estos órganos se hizo en una estufa con circulación de aire modelo POM-326F (Blue-M Electric Company; Illinois, U.S.A.) a 75 °C durante 72 h y posteriormente se registró la biomasa seca (g).

El área foliar verde (cm²) de cada una de las plantas se midió con un integrador de área foliar modelo LI-3100 (LI-COR; Lincoln, Nebraska).

Para estimar el rendimiento (t ha⁻¹) se realizaron dos cortes de frutos de tamaño comercial a los 65 y 73 ddt. Posteriormente, se tomó una muestra de 15 frutos dentro de cada repetición, los cuales se pesaron para obtener el peso promedio por fruto (g).

3.5.3 Índices de eficiencia fisiológica

Con los datos ajustados de área foliar se obtuvo el índice de área foliar, este se calculó con la fórmula propuesta por Watson (1947):

$$IAF = \text{Área foliar total por planta} / \text{Área de terreno ocupada por la planta}$$

Los datos ajustados de biomasa de la planta completa y de cada uno de sus órganos se usaron para calcular los índices de eficiencia fisiológica siguientes, utilizando las fórmulas propuestas por Hunt (1982):

Tasa absoluta de crecimiento (TAC, g d⁻¹)

$$TAC = \frac{PS_2 - PS_1}{t_2 - t_1}$$

Tasa relativa de crecimiento (TRC, g g⁻¹ d⁻¹)

$$TRC = \frac{\ln(PS_2) - \ln(PS_1)}{t_2 - t_1}$$

El peso seco de la planta completa y el área foliar se utilizaron para calcular la tasa de asimilación neta (TAN, g m⁻² d⁻¹):

$$TAN = \frac{PS_2 - PS_1}{AF_2 - AF_1} \times \frac{\ln(AF_2) - \ln(AF_1)}{t_2 - t_1}$$

donde PS_2 y PS_1 son los pesos de la biomasa de la planta al final y al inicio de un periodo determinado; t_1 y t_2 es el tiempo transcurrido entre dos muestreos; AF_2 y AF_1 son el área foliar por planta al final y al inicio del mismo periodo, y \ln es el logaritmo natural.

Aguilar *et al.* (2006) indican que con los datos de área foliar y de la TAN se puede estimar la fuerza y actividad de la fuente con la siguiente ecuación:

$$FF = AF \times TAN$$

Donde FF es la fuerza de la fuente, en $g\ d^{-1}$, AF es el área foliar (tamaño de la fuente) y la TAN es la actividad de la fuente.

3.6 Análisis de datos

Los datos observados de área foliar, peso seco total de la planta y de cada uno de los órganos se ajustaron mediante modelos polinomiales que se obtuvieron con el programa SAS (2002); la función de mejor ajuste se seleccionó al considerar el mayor coeficiente de determinación (R^2).

Los datos obtenidos con los modelos polinomiales se utilizaron para trazar las curvas de acumulación de área foliar y de biomasa de la planta completa y de cada uno de sus órganos, con el programa Excel[®].

Se hizo el análisis de varianza y comparación de medias (Tukey, $P \leq 0.05$) del rendimiento ($t\ ha^{-1}$) y tamaño de fruto (g) con el programa SAS (2002).

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Condiciones ambientales

Durante el periodo de almacigo (31 de marzo al 11 de mayo de 2009), dentro del invernadero la temperatura promedio fue 22.4 °C. De acuerdo con Saray y Loya (1977), la temperatura adecuada para la germinación del tomate de cáscara es de 20 a 23 °C y para el crecimiento de plántulas esta especie requiere de 22 a 25 °C, por lo que las condiciones ambientales fueron apropiadas para la germinación de las semillas y el crecimiento de las plántulas.

El trasplante a campo abierto se hizo el 12 de mayo de 2009, donde el cultivo permaneció hasta el 28 de julio de 2009, la temperatura media promedio fue de 20.3 °C (Figura 4a), este valor se encuentra dentro del rango reportado por Saray (1982) como apropiado (20 a 30 °C) para un buen desarrollo del cultivo. Las condiciones ambientales (Figura 4a y b) favorecieron el crecimiento del cultivo, ya que además se contó con un sistema de riego por goteo que garantizó un adecuado nivel de humedad en el suelo.

Por otro lado, la temperatura máxima promedio fue de 25.8 °C (Figura 4a), la cual no afectó el crecimiento del cultivo ya que con temperaturas mayores a 30 °C éste disminuye y con 40 °C ó más se puede detener. Además, con temperaturas por arriba de estos valores durante la floración, pueden causar deshidratación del tubo polínico, provocando una polinización incompleta y frutos mal formados (Saray y Loya, 1977).

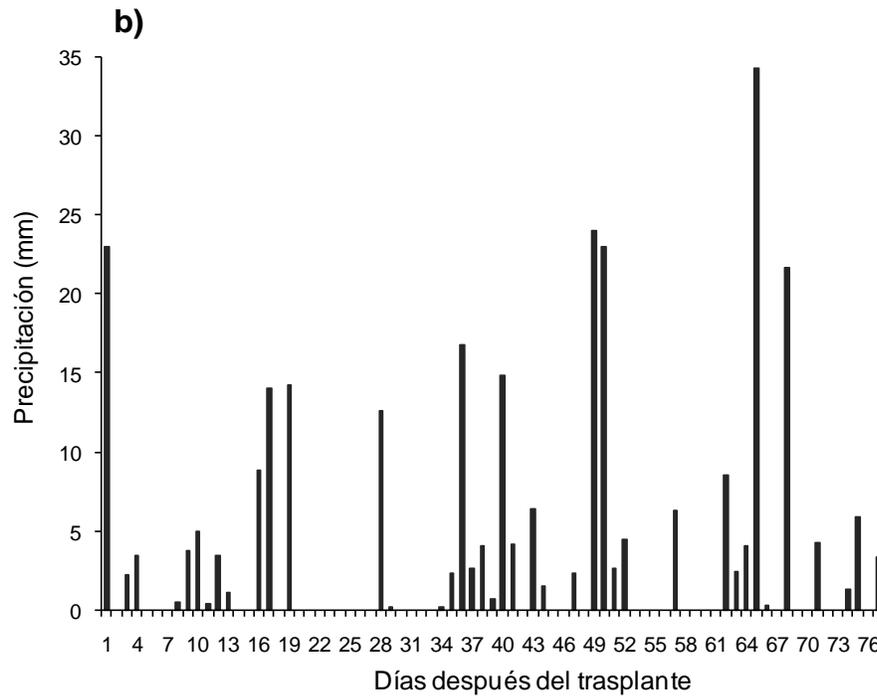
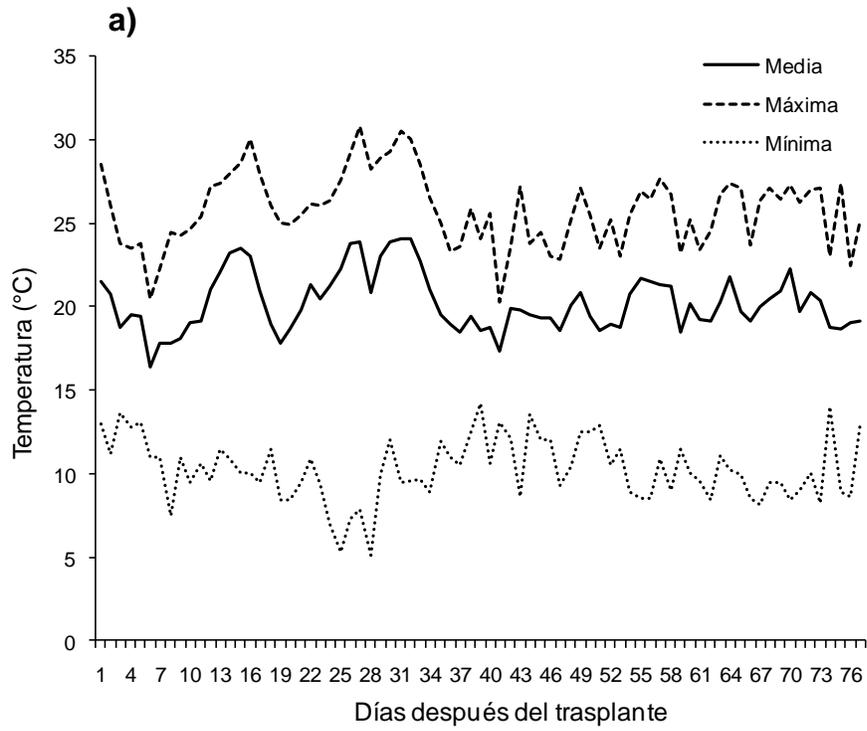


Figura 4. Temperatura ambiental (a) y precipitación (b) durante el periodo comprendido del 12 de mayo al 28 de julio de 2009. Chapingo, Mex.

4.2 Incremento del área foliar

La cinética de crecimiento del área foliar siguió una tendencia sigmoïdal en las tres variedades (Figura 5), lo que coincide con el comportamiento que muestran las plantas y órganos vegetales en general (Taiz y Zeiger, 2006). La fase de crecimiento lento transcurrió en los primeros 16 ddt y a partir de los 24 ddt se observó el inicio de la fase exponencial. El mayor crecimiento se apreció en 'Tamazula', cuyo hábito de crecimiento es rastrero, la cual tuvo un valor máximo de 0.72 m^2 a los 57 ddt; mientras que 'Diamante' y 'Tecozautila' alcanzaron su máximo a los 77 ddt, con 0.65 y 0.58 m^2 , respectivamente.

De acuerdo con la Figura 5, la variedad 'Diamante' no alcanzó el máximo crecimiento del área foliar, probablemente si los muestreos se hubieran continuado esta variable llegaría a tener valores de mayor magnitud; sin embargo, estos se concluyeron debido principalmente a la incidencia de una granizada que propició la terminación prematura del ciclo.

Esta variable, como se mencionó antes, fue afectada por la ocurrencia de una granizada a los 65 ddt, por lo que la disminución del área foliar en 'Tamazula' puede atribuirse al efecto del granizo al observarse una pérdida del 30.1 % al final del ciclo (77 ddt) con respecto al máximo acumulado (57 ddt); por otra parte, la variedad 'Tecozautila' detuvo su crecimiento probablemente debido a este fenómeno y la que mostró mayor resistencia, manteniendo su incremento en área foliar, es la variedad 'Diamante' cuyo hábito de crecimiento es semierecto.

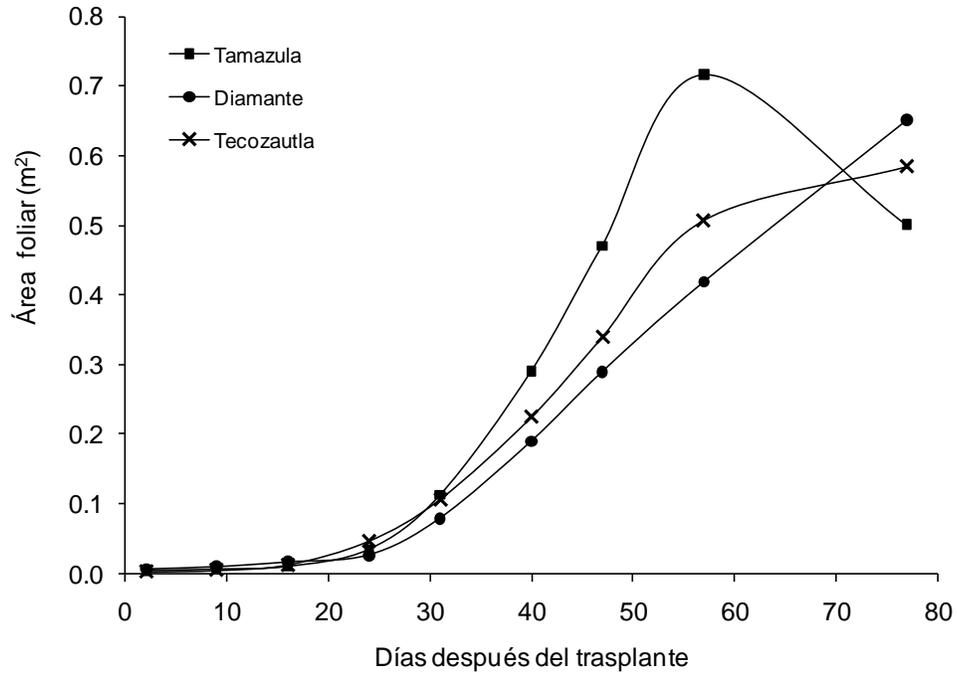


Figura 5. Cinética de la acumulación de área foliar en plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

El comportamiento de la acumulación del área foliar se explicó con un buen nivel de ajuste por el modelo polinomial (Cuadro 2) generado para cada una de las variedades estudiadas.

Cuadro 2. Modelos polinomiales que explican el comportamiento de la acumulación de área foliar en plantas de tres variedades de tomate de cáscara, en función del tiempo después del trasplante. Chapingo, México, 2009.

Variedad	Modelo	R ²	CV (%)
'Tamazula'	$Y^2 = 49.37689t - 7.01269t^2 + 0.31273t^3 - 0.00288t^4$	0.98	24.41
'Diamante'	$Y = 71.52031t - 9.79027t^2 + 0.46301t^3 - 0.00724t^4 + 0.00003788t^5$	0.99	12.77
'Tecoautla'	$Y = 15.20315t - 2.16846t^2 + 0.12441t^3 - 0.00112t^4$	0.98	20.83

²Y= Área foliar; t= Días después del trasplante; R²= Coeficiente de determinación; CV= Coeficiente de variación.

4.3 Acumulación de biomasa

4.3.1 Biomasa de la planta completa

La cinética de acumulación de biomasa total en las tres variedades fue de tipo sigmoideal (Figura 6), resultados similares se han obtenido en otros cultivos como papa (Aguilar *et al.*, 2006; Mora *et al.*, 2005), calabacita (Sedano *et al.*, 2005) y chile jalapeño (Azofeifa y Moreira, 2004).

En esta investigación, la fase lenta de crecimiento duró 24 ddt, lo que podría deberse a que durante este periodo la planta desarrolla más la raíz para obtener agua y nutrientes que aseguren su establecimiento en campo, ya que forma parte importante de la demanda inicial de la planta (Ayala-Garay *et al.*, 2011); posteriormente, la fase rápida o exponencial de los 31 a los 57 ddt y la máxima acumulación de biomasa se observó a los 77 ddt. 'Tamazula' y 'Tecoautla', de hábito de crecimiento rastrero y erecto, respectivamente, fueron las que acumularon mayor cantidad de biomasa con 124.2 y 124 g, mientras que 'Diamante', con hábito de crecimiento semierecto, solo 105.1 g.

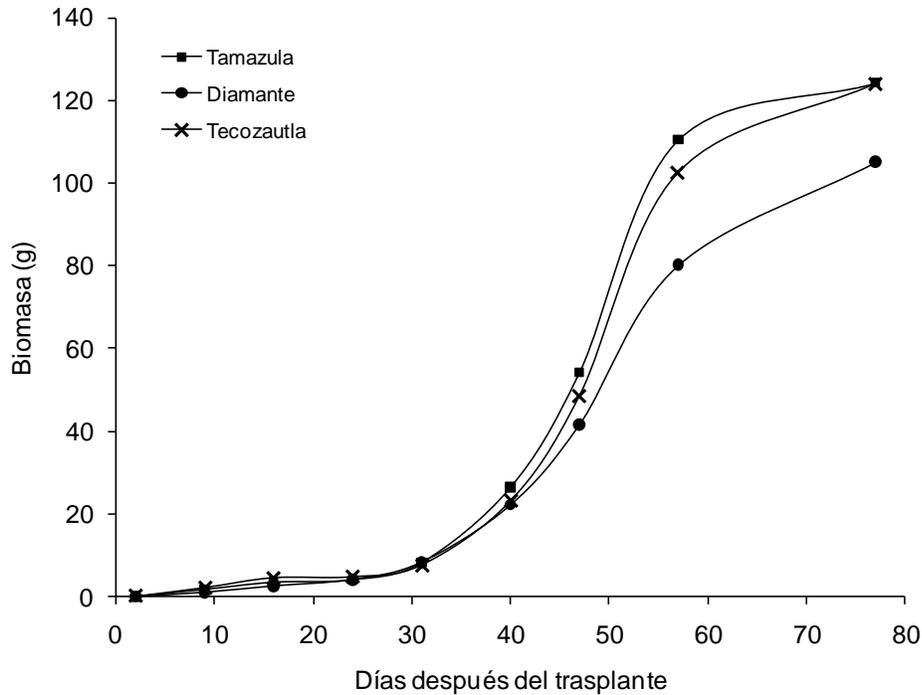


Figura 6. Cinética de la acumulación de biomasa total en plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

Los resultados observados mostraron que, a los 57 ddt, las variedades ‘Tamazula’ y ‘Tecozautla’ superaron a ‘Diamante’ en 30.3 y 22.4 g, en cada caso, de la biomasa total; estas diferencias pueden estar relacionadas, entre otros factores, con la cantidad de radicación interceptada, la eficiencia en su transformación y la duración del área foliar (Mora *et al.*, 2005) en cada hábito de crecimiento.

El comportamiento de la acumulación de biomasa total de la planta se explicó con un buen nivel de ajuste por el modelo polinomial (Cuadro 3) generado para cada una de las variedades estudiadas.

Cuadro 3. Modelos polinomiales que explican el comportamiento de la acumulación de biomasa total en plantas de tres variedades de tomate de cáscara, en función del tiempo después del trasplante. Chapingo, México, 2009.

Variedad	Modelo	R ²	CV (%)
'Tamazula'	$Y^L = 0.06634t^2 - 0.00537t^3 + 0.00014732t^4 - 0.00000111t^5$	0.99	5.57
'Diamante'	$Y = 0.03799t^2 - 0.0029t^3 + 0.00008254t^4 - 6.26988 \times 10^{-7}t^5$	0.99	6.66
'Tecoautla'	$Y = 0.07979t^2 - 0.00609t^3 + 0.00015693t^4 - 0.00000114t^5$	0.99	9.72

^LY= Área foliar; t= Días después del trasplante; R²= Coeficiente de determinación; CV= Coeficiente de variación.

4.3.2 Biomasa de los órganos de la planta

La biomasa de las hojas aumentó hasta alcanzar su máximo a los 57 ddt con 24.9 g en 'Tamazula' y 21.6 g para 'Tecoautla', y a los 77 ddt en 'Diamante' con 22.9 g (Figura 7a), su comportamiento es similar al del incremento del área foliar (Figura 5). Estos órganos representaron el 22.6 % del peso total en 'Tamazula' a los 57 ddt, lo que disminuyó a 14.4 % al final del ciclo debido principalmente, como se mencionó antes, a causa de una granizada; en el caso de 'Diamante' a los 77 ddt las hojas representaron el 21.8 %, que fue la mayor cantidad de biomasa acumulada en estos órganos por esta variedad y en 'Tecoautla' las hojas que representaban el 21 % a los 57 ddt disminuyeron a 16.7 % a los 77 ddt.

'Tecoautla' al final del ciclo, asignó la mayor cantidad de biomasa a los tallos con 75.5 g, probablemente para formar estructuras más resistentes al peso de los frutos, ya que esta variedad es de hábito de crecimiento erecto y posee el tamaño de fruto más grande. 'Tamazula' y 'Diamante' alcanzaron valores muy cercanos con 52.9 y 55.5 g, respectivamente (Figura 7b). En las tres variedades, a los 77 ddt, la planta asignó la mayor cantidad de biomasa a estos órganos, representando de 42.6 a 60.9 % del peso total.

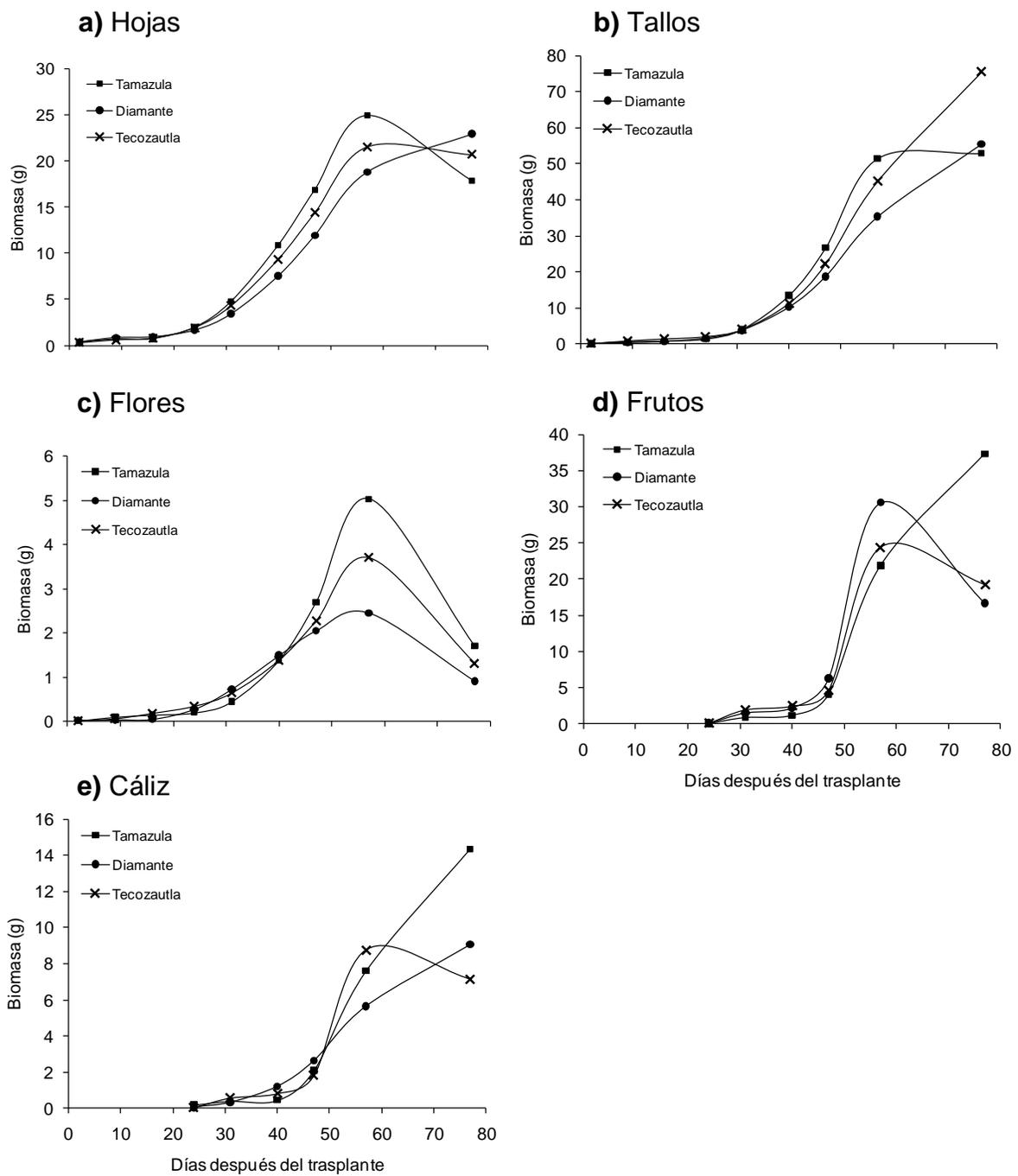


Figura 7. Cinética de la acumulación de biomasa en los diferentes órganos de las plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

Las flores y los botones florales en conjunto tuvieron el máximo valor de biomasa a los 57 ddt con 5 g en 'Tamazula', 2.5 g en 'Diamante' y 3.7 g en 'Tecoautla' (Figura 7c), lo cual representa desde 3.1 hasta 4.5 % del peso total de la planta en ese momento; sin embargo, la mayoría de estas flores no formaron frutos, los que se cosecharon fueron de las flores que crecieron durante los 30 días posteriores al trasplante y que se encontraban en los primeros entrenudos. En forma comercial, la producción se obtiene de los primeros cuatro a siete entrenudos (Saray y Loya, 1977), pero con buen manejo y mayor cuidado de la planta al realizar los primeros cortes se podría mantener hasta la formación de más frutos, pero esto no es rentable desde el punto de vista económico.

Los frutos comenzaron a formarse a los 24 ddt, alcanzaron su máximo valor de 30.6 g en 'Diamante' y de 24.4 g para 'Tecoautla' a los 57 ddt, y de 37.3 g en 'Tamazula' a los 77 ddt (Figura 7d); el incremento de peso más importante en estos órganos (1.82 a 2.51 g d^{-1}) ocurrió de los 47 a los 57 ddt, lo que coincide con el mayor aumento de área foliar (Figura 5), ya que la importación de fotoasimilados durante esta fase de rápido crecimiento es crucial para el peso final del fruto (Ho, 1996), el tamaño de la fuente (área foliar) debe ser suficiente para que garantice un adecuado suministro de fotoasimilados, tanto para los frutos que compiten fuertemente entre ellos como para los órganos vegetativos que también se encuentran creciendo (Peil y Galvez, 2005).

En cuando a la distribución de biomasa, los frutos constituyeron 30 % del peso total de la planta en 'Tamazula', 15.9 % en 'Diamante' y 15.5 % en 'Tecoautla' (77 ddt); el cáliz, que forma parte del fruto, representó 11.6 % en 'Tamazula', 8.7 % en 'Diamante' y 5.8 % en 'Tecoautla' (Figura 7e). En conjunto suman de 21.3 % a 41.6 % del peso seco total acumulado por la planta, estos resultados son inferiores a los de otras hortalizas cuyo órgano de interés es el fruto, los cuales representan entre 50 y 60 % en el caso de pepino (*Cucumis sativus* L.) y entre 52 y 72 % en jitomate (Peil y Galvez, (2005); sin embargo, esos valores en tomate de cáscara se refieren a

estimaciones puntuales, a los 77 ddt, mientras que la información citada se refiere a la acumulación durante el ciclo biológico completo.

La distribución de biomasa puede cambiar durante el desarrollo de un cultivo, debido a cambios en la fuerza de demanda de un órgano y a alteraciones en el número de demandas creciendo en la planta. Es importante considerar que los factores climáticos pueden influir en la distribución a corto plazo de fotoasimilados, como consecuencia de la respuesta de la fuerza de demanda de los órganos a los cambios de las condiciones externas, y, que también a largo plazo, a través del efecto que ejercen sobre el número de órganos demanda que crecen en la planta (Peil y Galvez, 2005).

Finalmente, la acumulación de biomasa en los órganos de la planta se explicó con un buen nivel de ajuste con los modelos polinomiales (Cuadro 4) generados para cada una de las variedades.

Cuadro 4. Modelos polinomiales que explican el comportamiento de la acumulación de biomasa en los órganos de tres variedades de tomate de cáscara, en función del tiempo después del trasplante. Chapingo, México, 2009.

Órgano	Variedad	Modelo	R ²	CV (%)
Hojas	'Tamazula'	$Y^2 = 0.22812t - 0.02561t^2 + 0.00103t^3 - 0.00000903t^4$	0.99	9.35
	'Diamante'	$Y = 0.21542t - 0.01967t^2 + 0.0006967t^3 - 0.00000555t^4$	0.99	14.09
	'Tecoautla'	$Y = 0.17475t - 0.01828t^2 + 0.00075409t^3 - 0.0000065t^4$	0.99	13.74
Tallos	'Tamazula'	$Y = 0.01816t^2 - 0.0017t^3 + 0.00005367t^4 - 4.3016 \times 10^{-7}t^5$	0.99	2.63
	'Diamante'	$Y = 0.0084t^2 - 0.00070111t^3 + 0.00002385t^4 - 1.89438 \times 10^{-7}t^5$	0.99	4.76
	'Tecoautla'	$Y = 0.02138t^2 - 0.00165t^3 + 0.00004578t^4 - 3.34508 \times 10^{-7}t^5$	0.99	5.58
Flores	'Tamazula'	$Y = 0.00285t^2 - 0.00024195t^3 + 0.00000707t^4 - 5.667 \times 10^{-8}t^5$	0.99	6.47
	'Diamante'	$Y = 0.02941t - 0.00482t^2 + 0.00025512t^3 - 0.000004t^4 + 1.89864 \times 10^{-8}t^5$	0.99	15.44
	'Tecoautla'	$Y = 0.00186t^2 - 0.00012418t^3 + 0.00000373t^4 - 3.10597 \times 10^{-8}t^5$	0.99	9.93
Frutos	'Tamazula'	$Y = 0.04788t^2 - 0.00589t^3 + 0.00024247t^4 - 0.00000271t^5$	0.99	5.82
	'Diamante'	$Y = 0.07996t^2 - 0.00947t^3 + 0.00038264t^4 - 0.00000435t^5$	0.99	14.15
	'Tecoautla'	$Y = 0.0968t^2 - 0.01073t^3 + 0.00039949t^4 - 0.00000432t^5$	0.99	4.01
Cáliz	'Tamazula'	$Y = 0.21275t - 0.03276t^2 + 0.00162t^3 - 0.0000185t^4$	0.99	11.79
	'Diamante'	$Y = 0.04943t - 0.00315t^2 + 0.00037998t^3 - 0.00000523t^4$	0.99	3.54
	'Tecoautla'	$Y = 0.02819t^2 - 0.00317t^3 + 0.00012201t^4 - 0.00000135t^5$	0.99	13.52

²Y= Área foliar; t= Días después del trasplante; R²= Coeficiente de determinación; CV= Coeficiente de variación.

4.4 Índices de eficiencia fisiológica y relaciones fuente-demanda

El análisis de crecimiento, mediante índices de eficiencia fisiológica, permite estimar las relaciones fuente-demanda, la fuerza de demanda de un órgano se puede obtener del producto de su tamaño (biomasa acumulada) por la actividad de la demanda; la fuerza de demanda puede ser medida experimentalmente mediante la tasa absoluta de crecimiento y la tasa relativa de crecimiento corresponde a la actividad de la demanda (Ho *et al.*, 1989). En un estudio realizado por Aguilar *et al.* (2006) en papa, encontraron que con los datos de área foliar y de la tasa de asimilación neta se puede estimar la fuerza y actividad de la fuente.

4.4.1 Índice de área foliar (IAF)

El IAF siguió una tendencia sigmoideal (Figura 8). El máximo IAF en 'Tamazula' fue de 1.87 a los 57 ddt, en el caso de 'Diamante' y 'Tecozautila' se observó a los 77 ddt con 1.7 y 1.53, respectivamente. La variedad 'Tamazula', con hábito de crecimiento rastrero, mostró valores de IAF más altos que las otras variedades, principalmente a partir de los 40 ddt; sin embargo, fue la que presentó una mayor disminución al final del ciclo, debido a la pérdida de hojas y a la senescencia de las mismas.

López *et al.* (2009), al utilizar el modelo de simulación de cultivos SUCROS (a Simple and Universal Crop Growth Simulator) para predecir el IAF en esta especie en condiciones de cultivo a campo abierto, encontraron valores máximos cercanos a 1.2, lo que coincide con resultados observados en esta investigación.

Con respecto a este índice Azofeifa y Moreira (2004), mencionan que conforme aumenta el número y tamaño de las hojas aumenta el IAF, así mismo, la absorción de luz y la tasa de producción de materia seca también se incrementan dentro de ciertos límites, entre los cuales, el autosombreo puede transformarse en un factor limitante para el crecimiento o la productividad del cultivo.

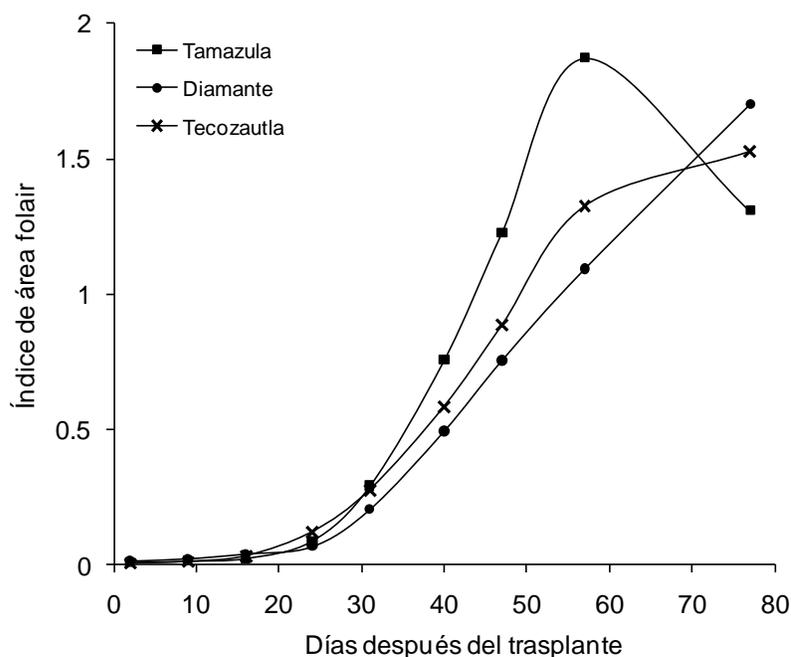


Figura 8. Índice de área foliar de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

4.4.2 Tasa absoluta de crecimiento (TAC) y Tasa relativa de crecimiento (TRC) de la planta completa

La TAC, como indicador de la fuerza de la demanda (Ho *et al.*, 1989), se incrementó hasta alcanzar su máximo valor de 5.62 g d⁻¹ en ‘Tamazula’, 3.85 g d⁻¹ en ‘Diamante’ y 5.39 g d⁻¹ en ‘Tecozautla’ a los 57 ddt; posteriormente disminuyó de forma rápida (Figura 9).

Las plantas con hábito de crecimiento rastroso y erecto destacaron en la mayoría de los muestreos, con respecto a las de hábito semierecto; lo que indica mayor eficiencia de estos hábitos de crecimiento para atraer (fuerza de demanda) y acumular (o utilizar) fotoasimilados (García y Guardiola, 2000; Taiz y Zeiger, 2006).

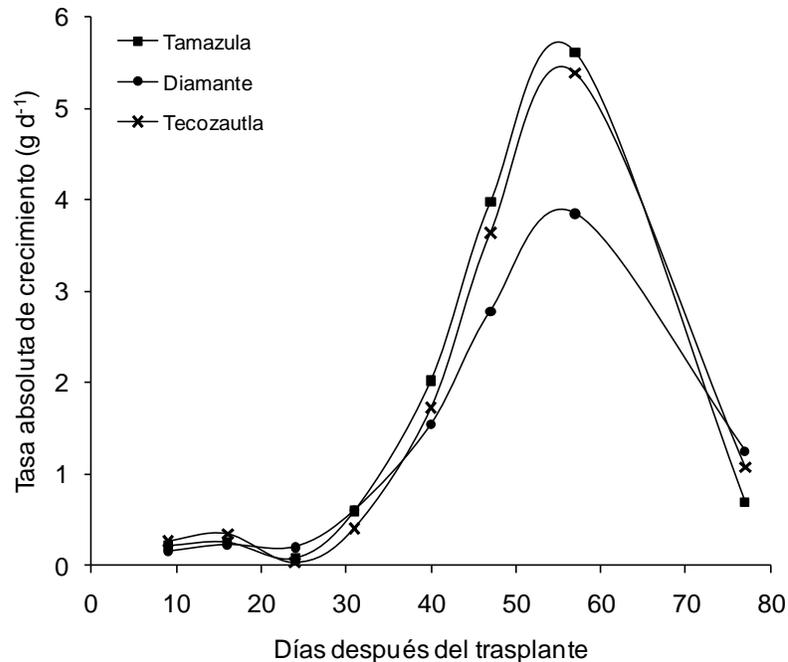


Figura 9. Tasa absoluta de crecimiento de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

La tasa relativa de crecimiento (TRC), como medida de la actividad de la demanda (Ho *et al.*, 1989), tuvo su valor máximo al inicio del ciclo, con $0.42 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en 'Tamazula', $0.49 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en 'Diamante' y $0.42 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ en 'Tecozautla' (Figura 10) y disminuyó con la edad de la planta; sin embargo, hubo un periodo con un ligero aumento (31 a 40 ddt) y posteriormente siguió descendiendo hasta alcanzar valores muy bajos (0.006 a $0.014 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$). El ligero incremento de la TRC coincide con lo mencionado por Milthorpe y Moorby (1982) quienes indican que este índice disminuye durante el desarrollo, pero que ese efecto se puede compensar si las condiciones ambientales son favorables.

En esta variable, no se observó que el hábito de crecimiento de las plantas haya afectado su comportamiento. Hunt (1982), indica que si la TRC calculada para la planta completa no explica el funcionamiento de la totalidad de ésta, es posible examinar el crecimiento al calcular la TRC para cada órgano vegetal.

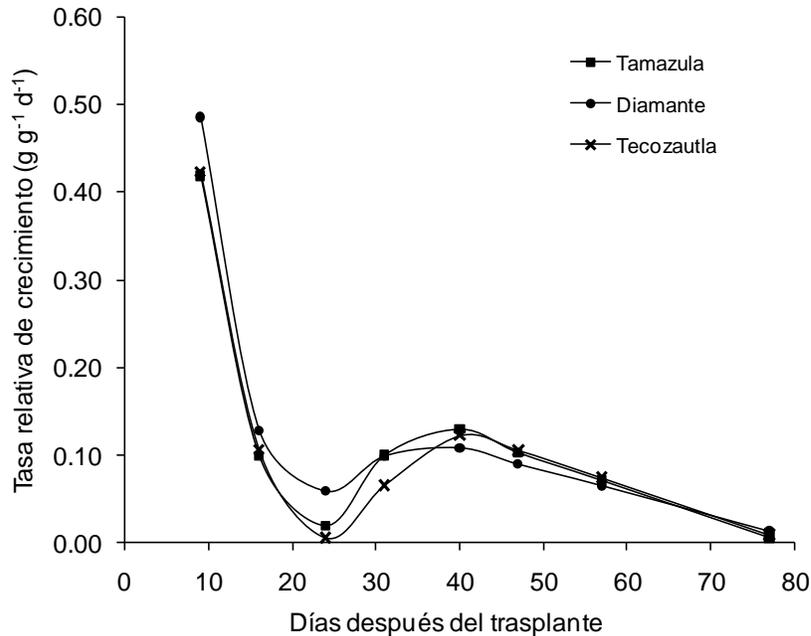


Figura 10. Tasa relativa de crecimiento de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

El comportamiento de los resultados observados en las tres variedades muestra semejanzas a lo encontrado en chile jalapeño por Azofeifa y Moreira (2004), quienes indican que durante la ontogenia de la planta hay un periodo inicial en el que la TRC es mayor, luego es seguido por un periodo más o menos constante, para posteriormente disminuir. La primera fase se asocia al crecimiento vegetativo en el que la planta cuenta con meristemas en crecimiento activo y hojas en expansión. Después al comenzar el crecimiento de flores y frutos compite con el crecimiento vegetativo, por lo que la planta reduce el potencial de producir tejido asimilatorio nuevo y la relación de tejido estructural no activo en el crecimiento es mayor con respecto al tejido activo en crecimiento. Al final del ciclo, la planta cuenta con biomasa estructural no activa en el crecimiento muy grande, con una proporción de células que no se dividen en relación con las que si lo hacen, además, debido a la senescencia de la planta la TRC disminuye.

4.4.3 TAC y TRC de los órganos de la planta

En la variedad 'Tamazula', los órganos con mayor fuerza de demanda fueron los tallos, después del trasplante crecieron a una tasa inicial de 0.07 g d^{-1} hasta un máximo de 2.5 g d^{-1} a los 57 ddt (Figura 11b); fueron superados en el periodo de los 16 a 24 ddt por las hojas y a los 77 ddt por los frutos (Figura 11a y d). Las hojas acumularon biomasa a una tasa menor que los tallos y alcanzaron su valor más alto de 1.1 g d^{-1} a los 47 ddt para después disminuir hasta tener un valor negativo (-0.4 g d^{-1}), atribuible a la senescencia (Figura 11a). Las flores tuvieron la TAC más baja que los demás órganos de la planta hasta los 24 ddt con valores de 0.001 a 0.03 g d^{-1} , posteriormente mostraron valores similares a los observados en el cáliz (Figura 11c y e). La demanda de los frutos tuvo una tasa inicial de 0.03 g d^{-1} hasta alcanzar 1.82 g d^{-1} a los 57 ddt (Figura 11d), durante su formación compiten por fotoasimilados con tallos y hojas, siendo superados por estos. El cáliz tuvo el valor de TAC más alto de 0.6 g d^{-1} a los 57 ddt, momento en que también los frutos tuvieron el mayor periodo de acumulación de biomasa.

En la variedad 'Diamante', los órganos que tuvieron la mayor fuerza de demanda desde el trasplante y hasta los 24 ddt fueron las hojas (Figura 11a), las cuales fueron superadas por los tallos a partir de los 31 ddt, convirtiéndose en la principal demanda de la planta con un valor máximo de TAC de 1.21 g d^{-1} a los 47 ddt (Figura 11b). Los frutos superaron la fuerza de demanda de los tallos solo a los 57 ddt, con 2.51 g d^{-1} (Figura 11d). Las flores representaron la menor demanda en la planta desde el trasplante y hasta los 24 ddt, posteriormente su demanda fue similar a la del cáliz, con valores de TAC de 0.03 a 0.12 g d^{-1} (Figura 11c y e). En el cáliz se observó el máximo valor de TAC de 0.31 g d^{-1} a los 57 ddt que coincidió con el momento de mayor demanda de los frutos (Figura 11e).

En la variedad 'Tecoautla' los órganos con mayor fuerza de demanda fueron los tallos, alcanzando su valor más alto de TAC de 2.3 g d^{-1} a los 57 ddt, fueron superados por las hojas en el periodo de los 24 a los 31 ddt (Figura 11b). Las hojas

tuvieron un máximo valor de TAC de 1.08 g d^{-1} a los 47 ddt, posteriormente disminuyó hasta alcanzar un valor negativo a los 77 ddt (Figura 11a). Las flores acumularon biomasa a una tasa más baja que el resto de la planta, presentaron un valor máximo de TAC de 0.16 g d^{-1} a los 57 ddt (Figura 11c). Los frutos presentaron su máximo valor de TAC de 1.99 g d^{-1} a los 57 ddt (Figura 11d). El cáliz, al igual que en las otras variedades, presentó su máximo valor de TAC (0.72 g d^{-1}) al mismo tiempo que los frutos.

En la mayoría de los muestreos, los valores de TAC de hojas, tallos y flores en plantas con hábito de crecimiento rastrero y erecto superaron a las de hábito semierecto; para el caso de los frutos y cáliz el hábito de crecimiento semierecto tuvo los valores más altos. Estos resultados indican mayor eficiencia de los hábitos rastrero y erecto para acumular biomasa y formar el dosel de la planta, pero una mayor eficiencia del hábito semierecto para incrementar la biomasa del fruto.

La habilidad de los órganos para obtener fotoasimilados, medida como la tasa de acumulación de materia seca o importación de carbono (fuerza de la demanda), varía entre variedades dentro de la misma especie (Ho, 1996), como lo muestran los resultados obtenidos.

La importación de fotoasimilados por el fruto de esta determinado principalmente por el suministro de las correspondientes hojas fuente y la competencia con otros frutos (Ho, 1996) y además, en este caso, con la fuerte competencia con los órganos vegetativos (tallos y hojas) que crecen al mismo tiempo.

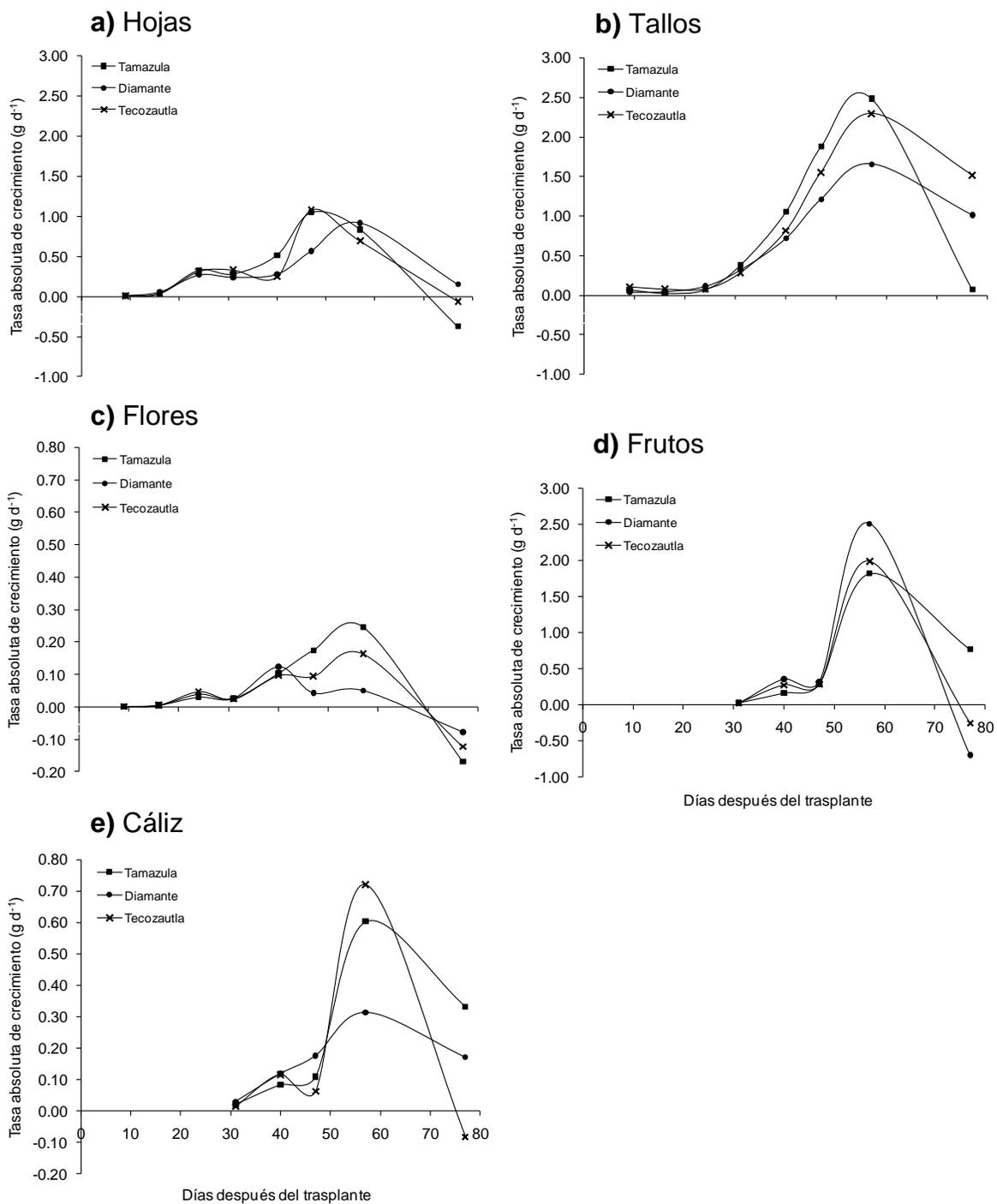


Figura 11. Tasa absoluta de crecimiento de los órganos de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

Con respecto a la actividad de la demanda, estimada por la TRC (Ho *et al.*, 1989), en la variedad 'Tamazula' las flores tuvieron valores mayores los primeros 16 ddt con una TRC inicial de $0.33 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ que disminuyó hasta ser negativa a los 77 ddt (Figura 12c), después fueron superadas por las hojas a los 24 ddt (Figura 12a), a partir de los 31 ddt y hasta el final del ciclo los frutos se convirtieron en los órganos con mayor actividad de demanda con una TRC máxima de $0.34 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Figura 12d).

En la variedad 'Diamante', los tallos tuvieron mayor actividad de demanda inicial (Figura 12b), posteriormente las hojas y flores presentaron una mayor TRC (0.19 y $0.25 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, respectivamente) (Figura 12a y c), desde los 31 y hasta los 57 ddt los frutos se convirtieron en los órganos con la mayor actividad de demanda con una TRC máxima de $0.34 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ a los 40 ddt (Figura 12d). Al final del ciclo, el cáliz y los tallos mostraron actividad similar con una TRC $0.02 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ a los 77 ddt (Figura 12b y e).

En la variedad 'Tecoautla' los tallos presentaron la mayor actividad de demanda los primeros 9 ddt con una TRC de $0.34 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Figura 12b), pero fueron superados por las flores de los 16 a los 24 ddt (Figura 12c), posteriormente los frutos y el cáliz representaron la mayor actividad de demanda de los órganos de la planta, alcanzaron el máximo valor de TRC a los 40 ddt con 0.32 y $0.24 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$, respectivamente (Figura 12d y e). Las hojas presentaron la mayor actividad de demanda de la planta únicamente a los 47 ddt con $0.1 \text{ g g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Figura 12a).

De manera general, la TRC de los órganos individuales de la planta mostró un comportamiento similar en las tres variedades, siendo el fruto el que tuvo mayor actividad de demanda.

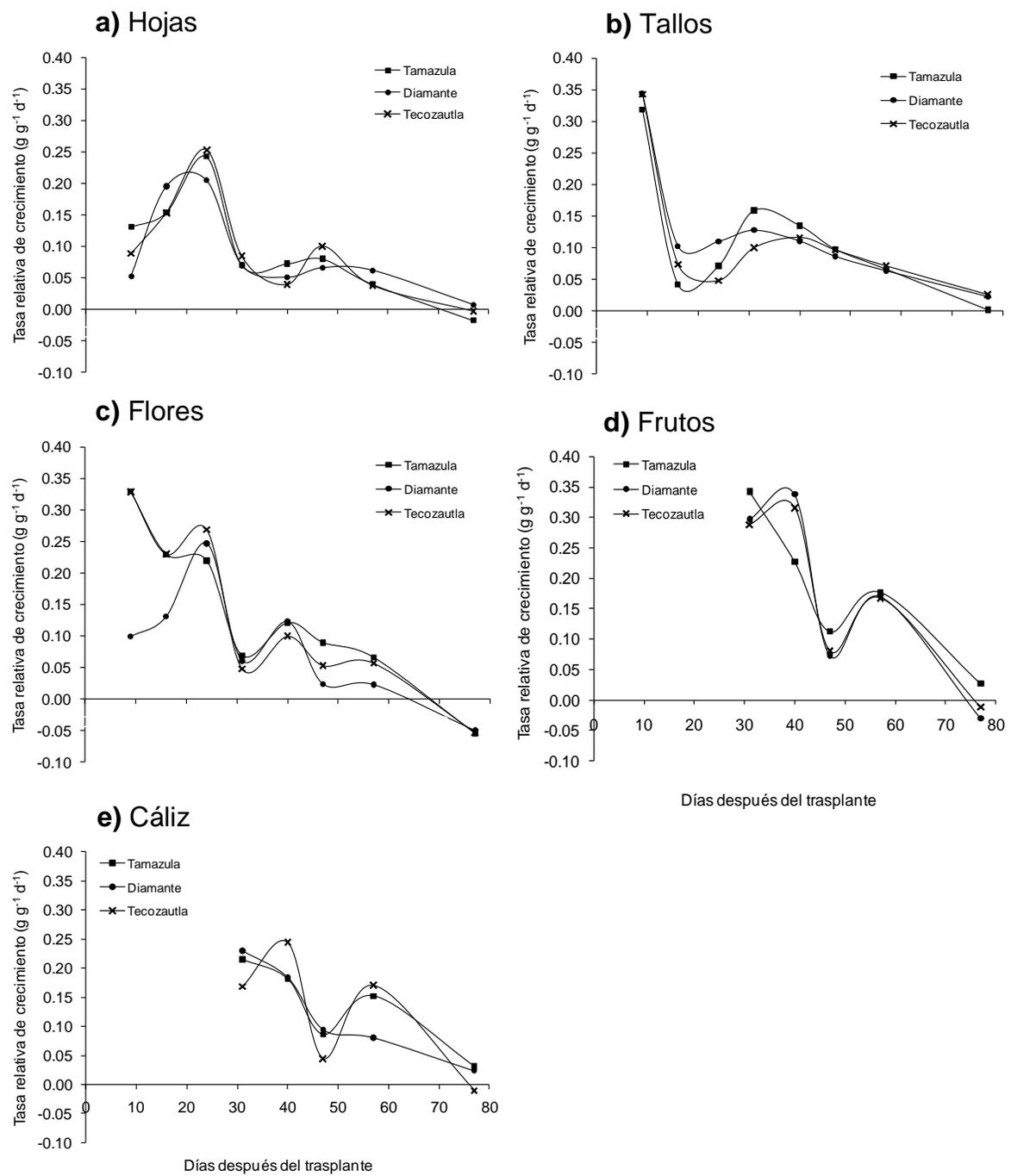


Figura 12. Tasa relativa de crecimiento de los órganos de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

4.4.4 Fuerza de la fuente (FF)

La FF, producto del tamaño de la fuente (área foliar) y la actividad de la misma (TAN) (Aguilar *et al.*, 2006), aumentó en las tres variedades, hasta alcanzar su máximo de 6.88 g d⁻¹ en 'Tamazula', 4.6 g d⁻¹ en 'Diamante' y de 6.55 g d⁻¹ en 'Tecoautla' (57 ddt); posteriormente disminuyó debido a la senescencia de las hojas (Figura 13). Se observó que plantas con hábito de crecimiento rastrero y erecto tuvieron valores superiores a las de hábito de crecimiento semierecto, como sucedió en el caso de la fuerza de la demanda de la planta completa (TAC).

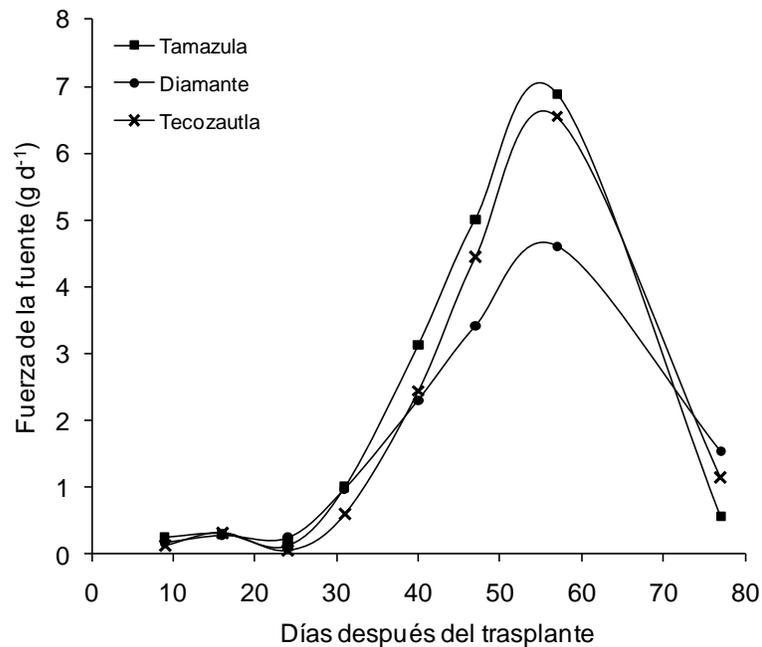


Figura 13. Fuerza de la fuente de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

4.4.5 Tasa de asimilación neta (TAN)

La TAN, como indicador de la actividad de la fuente (Ho *et al.*, 1989), alcanzó su valor más alto al inicio del ciclo, con valores de 39.93 g m⁻² d⁻¹ en 'Tamazula', 18.77 g m⁻² d⁻¹ en 'Diamante' y 28.81 g m⁻² d⁻¹ para 'Tecoautla' (Figura 14). Después se observó una disminución a los 24 ddt, lo que pudiera deberse al estrés

sufrido por la planta a causa de algún factor externo que provocó una reducción en la eficiencia fotosintética (Azofeifa y Moreira, 2004). Posteriormente hubo un periodo (31 a los 57 ddt) en el que tomó valores más altos (5.62 a 13.11 g m⁻² d⁻¹) que coinciden con el mayor crecimiento de las órganos vegetativos y reproductivos. Finalmente, decreció hasta alcanzar valores mínimos (1.14 a 2.37 g m⁻² d⁻¹) a los 77 ddt; al respecto, Milthorpe y Moorby (1982) indican que la TAN disminuye al avanzar la ontogenia del cultivo y esta reducción la relacionan, entre otros factores, con el sombreo de las hojas superiores sobre las inferiores y con la reducción de la capacidad fotosintética.

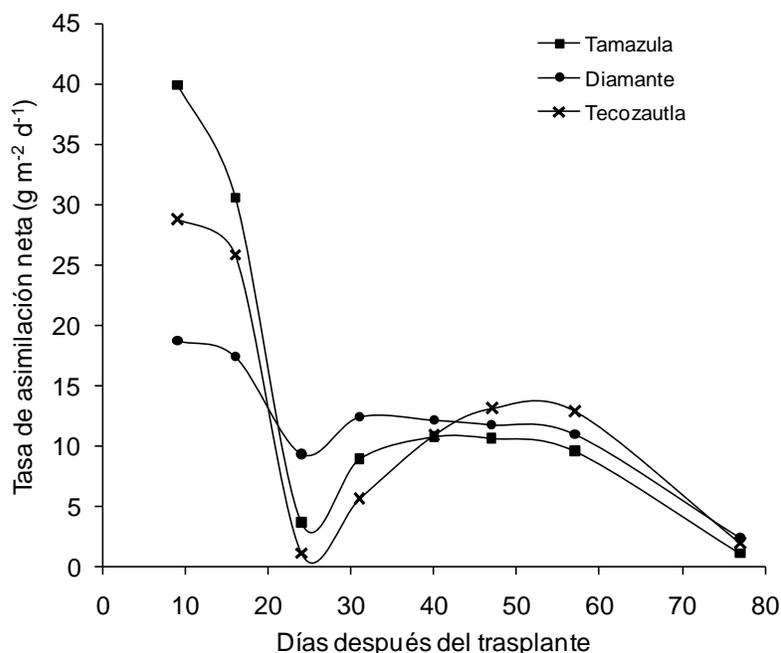


Figura 14. Tasa de asimilación neta de plantas de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

La diferencia más amplia entre hábitos de crecimiento se observó entre los 2 y 9 ddt, cuando este índice presenta sus valores máximos; la variedad con valor más alto fue 'Tamazula' que posee hábito de crecimiento rastrero, seguida de 'Tecozautla' con hábito de crecimiento erecto y finalmente 'Diamante' con hábito de crecimiento semierecto; posteriormente fue mayor en 'Diamante' (semierecto) y en 'Tecozautla' (erecto). Éste índice es una medida indirecta de la fotosíntesis de la planta (Hunt,

1982), por lo que las diferencias observadas pueden atribuirse a la eficiencia en la producción de biomasa expresada por cada hábito de crecimiento.

4.5 Rendimiento

Bajo las condiciones en las que se realizó el estudio, no hubo diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) en el rendimiento de fruto de las variedades evaluadas (Cuadro 2A).

El rendimiento vario entre 10.7 y 11.4 t ha⁻¹, que es más bajo que el promedio nacional reportado por el SIAP (14.2 t ha⁻¹) en 2009; sin embargo, es importante considerar que solo corresponde a dos cortes de fruto de tamaño comercial (Cuadro 1A), debido principalmente a la terminación prematura del ciclo; mientras que en condiciones normales de producción se hacen de cuatro a seis cortes, dependiendo del vigor de la planta, de la carga de fruto y manejo agronómico (Saray y Loya, 1977; Díaz-Pérez *et al.*, 2005).

En tamaño del fruto (g), hubo diferencias significativas (Tukey, $P \leq 0.05$) (Cuadro 3A) entre variedades. 'Tecoautla' fue la que mostró el mayor tamaño de fruto, seguida de 'Diamante' con tamaño de fruto mediano y 'Tamazula' con el tamaño de fruto más pequeño (Cuadro 4A). Las tres variedades tuvieron el peso de fruto más grande en el primer corte.

V. CONCLUSIONES

Bajo las condiciones en que se realizó el estudio, se observaron diferencias morfológicas de importancia antropocéntrica entre las variedades evaluadas; la variedad con hábito de crecimiento rastrero tuvo mayor área foliar y las de hábitos de crecimiento rastrero y erecto acumularon más biomasa total. Los tallos acumularon mayor cantidad de biomasa (42.6 a 60.9 %), mientras que los frutos representaron de 21.3 a 41.6 % de peso total de la planta.

Al considerar la planta completa, las variedades de tomate de cáscara con hábito de crecimiento rastrero y erecto son más eficientes, ya que tienen los valores más altos de tasa absoluta de crecimiento, fuerza de la fuente y tasa de asimilación neta, esta última al inicio del ciclo.

Los principales órganos de demanda son las hojas y los tallos, mientras que los frutos son los órganos con mayor actividad de demanda, independientemente del hábito de crecimiento de las plantas de tomate de cáscara.

VI. LITERATURA CITADA

- Aguiar N., A. de O., J. D. Rodrigues, S. Z. de Pinho. 2000. Análise de crescimento na cultura da batata submetida a diferentes lâminas de irrigação. Pesquisa Agropecuária Brasileira 35: 901-907.
- Aguilar Z., R. y M. I. Méndez J. 2004. Descripción varietal de tomate de cáscara. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 104 p.
- Aguilar L., M. G., J. A. Carrillo S., A. Rivera P. y V. A. González H. 2006. Análisis de crecimiento y de relaciones fuente-demanda en dos variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Revista Fitotecnia Mexicana 29: 145-156.
- Ayala-Garay, O. J., J. A. Carrillo-Salazar, E. Hernández-García, E. Díaz-Martínez, M. Livera-Muñoz y G. Almaguer-Vargas. 2011. Crecimiento de plántulas de estátice (*Limonium sinuatum*) y viola (*Viola cornuta*) en ambientes contrastantes. Revista Chapingo Serie Horticultura 17:57-68.
- Ayala P., J. P., A. Peña L. y J. Mulato B. 1992. Caracterización de germoplasma de tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.) en Chapingo México. Revista Chapingo 79-80: 128-137.
- Azofeifa, A. y M. A. Moreira. 2004. Análisis de crecimiento del chile jalapeño (*Capsicum annuum* L. cv. Hot), en Alajulela, Costa Rica. Agronomía Costarricense 28: 57-67.
- Bolaños A., E. D. y C. Huyghe. 2005. Crecimiento y distribución de la materia seca entre órganos vegetativos y reproductivos en alfalfa. Agricultura Técnica en México 31: 65-72.
- Borrego, F., J. M. Fernández, A. López, V. M. Parga, M. Murillo y A. Carvajal. 2000. Análisis de crecimiento en siete variedades de papa (*Solanum tuberosum* L.). Agronomía Mesoamericana 11: 145-149.
- Busso, C.A., O. A. Fernández and D. E. Fresnillo F. 1998. Dry weight production and partitioning in *Medicago minima* and *Erodium cicutarium* under water stress. Annals of Botany 82: 217-227.
- Casierra P., F., M. C. Cardozo y J. F. Cárdenas H. 2007. Análisis del crecimiento en frutos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero. Agronomía Colombiana 25: 299-305.

- De Las Rivas, J. 2000. La luz y el aparato fotosintético. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. pp: 131-153.*
- Díaz-Pérez, J. C., S. C. Phatak, D. Giddings and D. Bertrand. 2005. Root zone temperature, plant growth, and fruit yield of tomatillo as affected by plastic film mulch. *HortScience* 40: 1312-1319.
- Esau, K. 1982. Anatomía de las plantas con semillas. Izaguirre de A., P. y A. M. Laguardia (trad.) Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 511 p.
- García, E. 1987. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen (para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana). Cuarta Edición. Instituto de Geografía. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F. 217 p.
- García L., A. y J. L. Guardiola. 2000. Transporte en el floema. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. pp: 65-82.*
- Gárate, A. e I. Bonilla. 2000. Nutrición mineral y producción vegetal. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. pp: 113-130.*
- Ho, L. C., R. I. Grange y A. F. Shaw. 1989. Source/sink regulation. *In: Baker, D. A. y J. A. Milburn. (eds.). Transport of photoassimilates. Plant Science. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex, UK. pp: 306-343.*
- Ho, L. C. 1996. Tomato. *In: Zamski, E and A. A. Schaffer. (eds.). Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships. Marcel Dekker. New York, New York. pp: 709-728.*
- Hunt, R. 1978. Plant Growth Analysis. The Instit. of Biol. Studies in Biology No. 96. Edward Arnold. London. 67 p.
- Hunt, R. 1982. Plant Growth Curves. The Functional Approach to Plant Growth Analysis. Edward Arnold (Publishers) Limited. London. 247 p.
- Hunt, R., D.R. Causton, B. Shipley and A. P. Askew. 2002. A modern tool for classical plant growth analysis. *Annals of Botany* 90: 485-488.
- Ibarra, L., J. Flores y J. C. Díaz-Pérez. 2001. Growth and yield of muskmelon in response to plastic mulch and row covers. *Scientia Horticulturae* 87: 139-145.
- Jarma, A., T. Rengifo y H. Araméndiz-Tatis. 2006. Fisiología de estevia (*Stevia rebaudiana*) en función de la radiación en el Caribe colombiano. II. Análisis de crecimiento. *Agronomía Colombiana* 24: 38-47.

- López C., I. L., R. Arteaga R., M. Vázquez P., R. López L. y C. Robles B. 2009. Predicción del crecimiento potencial de tomate de cáscara mediante el modelo SUCROS. *Ingeniería Agrícola y Biosistemas* 1: 93-101.
- Medrano, H. y J. Flexas. 2000. Fijación del dióxido de carbono y biosíntesis de fotoasimilados. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. pp: 173-185.*
- Milthorpe, F. L. y J. Moorby. 1982. Introducción a la fisiología de los cultivos. Editorial Hemisferio Sur. Buenos Aires, Argentina. 259 p.
- Mora A., R. 1998. Dinámica del crecimiento y productividad de *Solanum tuberosum* en condiciones de temporal. Tesis de Doctorado en Ciencias. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 165 p.
- Mora A., R., J. Ortiz C., A. Rivera P., M. C. Mendoza C., M. T. Colinas L., H. Lozoya S. y J. E. Rodríguez P. 2005. Comportamiento de la acumulación y distribución de biomasa en genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11: 135-142.
- Mora A., R., J. Ortiz C., A. Rivera P., M. C. Mendoza C., M. T. Colinas L. y H. Lozoya S. 2006. Índices de eficiencia de genotipos de papa establecidos en condiciones de secano. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 12: 85-94.
- Paul, M. J. y C. H. Foyer. 2001. Sink regulation of photosynthesis. *Journal of Experimental Botany* 52: 1383-1400.
- Peil, R. M. y J. L. Galvez. 2005. Reparto de materia seca como factor determinante de la producción de las hortalizas de fruto cultivadas en invernadero. *Revista Brasileira de Agrociência* 11: 05-11.
- Peña L., A y J. F. Santiaguillo H. 1998. Variabilidad genética de tomate de cáscara en México. *Boletín Técnico* No. 2. Programa Nacional de Investigación en Olericultura. Departamento de Fitotecnia. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 26 p.
- Peña L., A., J. D. Molina G., F. Márquez S., J. Sahagún C., J. Ortiz C. y T. Cervantes S. 2002. Respuestas estimadas y observadas de tres métodos de selección en tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 25: 171-178.
- Pérez G., M., F. Márquez S. y A. Peña L. 1997. Mejoramiento genético de hortalizas. Universidad Autónoma Chapingo. Chapingo, México. 380 p.

- Pérez A., J. A., E. García M., J. F. Enríquez Q., A. R. Quero C., J. Pérez P. y A. Hernández G. 2004. Análisis de crecimiento, área foliar específica y concentración de nitrógeno en hojas de pasto "mulato" (*Brachiaria* híbrido, cv.) Técnica Pecuaria en México 42: 447-458.
- Pietruszka, M., S. Lewicka, and K. Pazurkiewicz-Kocot. 2007. Temperature and the growth of plant cells. *Journal of Plant Growth Regulation* 26: 15-25.
- Salazar, M. R., J. W. Jones, B. Chaves and A. Cooman. 2008. A model for the potential production and dry matter distribution of cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Scientia Horticulturae* 115: 142-148.
- Santiaguillo H., J. F. y S. Blas Y. 2009. Aprovechamiento tradicional de las especies de *Physalis* en México. *Revista de Geografía Agrícola* 43: 81-86.
- Saray M., C. R. y J. Loya R. 1977. El cultivo del tomate en el estado de Morelos. INIA-CIAMEC. Circular Núm. 57. Chapingo, México. 24 p.
- Saray M., C. R. 1982. Importancia de la precosecha (calentamiento) en el rendimiento del tomate de cáscara (*Physalis ixocarpa* Brot.). Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados. Montecillo, Texcoco, México. 95 p.
- SAS Institute. 2002. The SAS system for Windows. Release 9.00. SAS Inst., Cary, NC.
- Sedano C., G., V. A. González H., E. M. Engleman y C. Villanueva V. 2005. Dinámica del crecimiento y eficiencia fisiológica de la planta de calabacita. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 11: 291-297.
- Segura, J. 2000. Introducción al desarrollo. Concepto de hormona vegetal. *In: Azcón-Bieto, J. y M. Talón. (eds.). Fundamentos de Fisiología Vegetal. McGraw-Hill Interamericana. Barcelona, España. pp: 285-303.*
- SIAP. 2011. Anuario de la Producción Agrícola del Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. [En línea] Disponible en <http://www.siap.gob.mx> (revisado el 30 de junio de 2011).
- Taiz, L. and E. Zeiger. 2006. *Plant Physiology. Fourth Edition. Sinauer Associates. Sunderland, Massachusetts. 764 p.*
- Trewavas, A. J. 1991. How do plant growth substances work II. *Plant, Cell and Environment* 14: 1-12.

- Watson, J. D. 1947. Comparative Physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. *Annals Botany* 11:41-76.
- Zamski, E. 1996. Anatomical and physiological characteristics of sink cells. *In*: Zamski, E and A. A. Schaffer. (eds.). Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships. Marcel Dekker. New York, New York. pp: 283-310.

VII. ANEXOS

Cuadro 1A. Rendimiento de fruto ($t\ ha^{-1}$) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

Variedad	Primer corte	Segundo corte	Total
'Tamazula'	7.3	3.4	10.7
'Diamante'	8.1	3.3	11.4
'Tecoautla'	7.1	4.2	11.3

Cuadro 2A. Análisis de varianza del rendimiento ($t\ ha^{-1}$) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

FV ^z	GL	Cuadrados medios
		Rendimiento
Variedad	4	63.92 NS
Error	4	4.24
CV (%)		9.27

^zFV= Factor de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; NS= No significativo;
 $\alpha < 0.05$

Cuadro 3A. Análisis de varianza del tamaño de fruto (g) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

FV ^z	GL	Cuadrados medios	
		Primer corte	Segundo corte
Variedad	4	33700.11*	22228.30*
Error	130	15530.64	19797.51
CV (%)		27.2	37.9

^zFV= Factor de variación; GL= Grados de libertad; CV= Coeficiente de variación; *= Diferencia significativa; $\alpha < 0.05$

Cuadro 4A. Comparación de medias del tamaño de fruto (g) de tres variedades de tomate de cáscara. Chapingo, México, 2009.

Variedad	Primer corte	Segundo corte
'Tamazula'	24.4c	19.7c
'Diamante'	34.4b	28.1b
'Tecoautla'	61.6a	49.7a
DMS	5.5	6.2

DMS= Diferencia mínima significativa; Valores con la misma letra son estadísticamente iguales (Tukey, $P \leq 0.05$)