



*"Enseñar la explotación de la tierra,
no la del hombre"*

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA CHAPINGO

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

INSTITUTO DE HORTICULTURA

**"EFECTO DE TRES PATRONES EN EL DESARROLLO
VEGETATIVO Y DE RAÍZ, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE
FRUTO EN PEPINO"**

TESIS

Que como Requisito Parcial para Obtener el Grado de

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESENTA:

ZAMNY HERNÁNDEZ GONZÁLEZ



DIRECCIÓN GENERAL ACADÉMICA
DEPTO. DE SERVICIOS ESCOLARES
OFICINA DE EXÁMENES PROFESIONALES

Chapingo, Estado de México. Septiembre de 2010.



**EFFECTO DE TRES PATRONES EN EL DESARROLLO
VEGETATIVO Y DE RAÍZ, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO
EN PEPINO**

Tesis realizada por el C. **Zamny Hernández González** bajo la
dirección del Comité Asesor indicado, aprobada por el mismo y aceptada
como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRO EN CIENCIAS EN HORTICULTURA

PRESIDENTE: 

Ph. D. JAIME SAHAGÚN CASTELLANOS

ASESOR: 

Ph. D. Ma. TERESA B. COLINAS LEÓN

ASESOR: 

M. C. POLICARPO ESPINOSA ROBLES

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo otorgado para llevar a cabo los estudios de Maestría en Ciencias en Horticultura en el Instituto de Horticultura en el Departamento de Fitotecnia.

A la Universidad Autónoma Chapingo y a la Planta Académica del Instituto de Horticultura por la oportunidad que me brindo para mi superación profesional.

Al Dr. Jaime Sahagún Castellanos, a la Dra. Ma. Teresa B. Colinas León y al M. C. Policarpo Espinosa Robles por su paciencia, dedicación y sabios consejos en la dirección de ésta tesis.

Al Dr. Juan Enrique Rodríguez Pérez le agradezco infinitamente todas las facilidades otorgadas en la fase de campo de esta investigación.

A todos aquellos que con sus acertados comentarios contribuyeron a mi formación y por ende a la culminación de obtención del grado.

A la Ing. Abigail Velázquez Ortega por su valiosa colaboración y apoyo en el trabajo de campo.

DEDICATORIAS

Al Padre Creador Universal por la oportunidad de seguir existiendo.

A mi mujer: Abigail Velázquez Ortega con amor y cariño por todo lo que hemos pasado y por darme dos seres que son causa de todo.

A mi F1: Ollinkan Hernández Velázquez y Yollotzin X. Hernández Velázquez, todo es por ustedes.

A mi madre: María Elena González Pérez por todo el esfuerzo que significó llevar con bien a todos sus hijos y a mi padre por darme la vida.

A la memoria de mi abuelo: Papá Pedrito. †

A mi abuela: Mamá Rosita.

A mis hermanos: La Coneja y el Jack.

A mis cuates: Les ofrezco una disculpa porque son demasiados para nombrarlos pero todos tienen cabida en este su servidor y amigo.

¡INFINITAS GRACIAS A TODOS!

ING. ZAMNY HERNÁNDEZ GONZÁLEZ

DATOS BIOGRÁFICOS

El autor de la presente tesis, Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia ZAMNY HERNÁNDEZ GONZÁLEZ, es originario de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas, donde nació el 11 de febrero de 1982. Realizó sus estudios de Educación Media Superior en la Escuela Preparatoria Diurna No. 1 del Estado de Tuxtla Gutiérrez, Chiapas y la Educación Superior en la Universidad Autónoma Chapingo donde curso la carrera de Ingeniero Agrónomo Especialista en Fitotecnia de la que egresó en junio del 2006.

INDICE GENERAL

	Página
Índice de cuadros.....	ix
Índice de figuras.....	x
Resumen.....	xi
Abstract.....	xii
1	
1. INTRODUCCIÓN	1
2	
2. REVISIÓN DE LITERATURA	7
2.1. Propagación por injertos	7
2.2. Injertos en especies herbáceas	8
2.3. Efectos de los patrones en diferentes especies	12
2.3.1 Tolerancia a enfermedades.....	12
2.3.2. Promoción del crecimiento e incremento en el rendimiento	14
2.3.3. Efecto en la calidad de fruto	16
2.4. Problemas asociados con el injerto	17
2.4.1. Incompatibilidad en homo y heteroinjertos.....	17
2.4.2. Tipos de incompatibilidad.....	19
2.4.2.1 Localizada	19
2.4.2.2. Categorías	19
2.4.2.3. Translocada	20
2.5. Incompatibilidad histológica en homo y heteroinjertos.....	21
2.6. Métodos de injertos en cucurbitáceas	25

2.6.1. Aproximación	26
2.6.2. Púa	26
2.6.3. Adosado	27
2.6.4. Empalme	27
2.7. Factores que influyen en la unión del injerto.....	28
2.7.1. Temperatura.....	28
2.7.2. Humedad	28
2.7.3. Oxígeno	28
2.7.4. Contaminación con patógenos	29
2.8. Proceso de unión del injerto	29

3

3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	34
3.1. Localización geográfica	34
3.2. Conducción del experimento.....	34
3.2.1. Semillero.....	34
3.2.2. Injerto	35
3.2.3. Transplante.....	37
3.2.4. Solución nutritiva.....	37
3.2.5. Riegos	38
3.2.6. Podas y tutorio	38
3.2.7. Plagas y enfermedades	38
3.2.8. Cosecha	39
3.3. Unidad y diseño experimental	39
3.4. Variables evaluadas.....	39
3.4.1 Variables morfológicas.....	39
3.4.1.1. Altura de la planta	40
3.4.1.2. Diámetro de tallo	40
3.4.1.3. Longitud de entrenudos	40
3.4.1.4. Número de hojas	40
3.4.1.5. Área foliar	41
3.4.2. Variables de rendimiento	41

3.4.2.1 Número de frutos por planta.....	41
3.4.2.2 Rendimiento de fruto por planta.....	41
3.4.3. Variables de biomasa	41
3.4.3.1. Peso seco de raíz.....	41
3.4.3.2. Peso seco de tallo, hojas y fruto	42
3.4.3.3. Calidad	42
3.4.4. Análisis estadístico.....	42
4	
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	43
4.1. 1. Efecto del patrón en las variables morfológicas.....	43
4.1. Análisis de varianza.....	43
4.1.3. Efecto del patrón en las variables de rendimiento y calidad externa de fruto	47
4.1.4. Efecto del patrón en la acumulación de biomasa	50
4.2. Correlaciones entre variables.....	53
5	
5. CONCLUSIONES	57
6	
6. LITERATURA CITADA.....	58

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Fuentes de variación , grados de libertad y cuadrados medios de las variables morfológicas, de rendimiento, calidad y acumulación de biomasa de las plantas de pepino injertadas y sin injerto.....	45
Efecto de cuatro patrones en el crecimiento de plantas de pepino cv. Solverde.....	46
Efecto de cuatro patrones en el rendimiento y calidad externa de plantas de pepino cv. Solverde.....	48
Efecto de cuatro patrones en la acumulación de biomasa de plantas de pepino cv. Solverde.....	51
Correlaciones posibles entre 12 variables evaluadas en plantas de pepino injertadas sobre los patrones calabaza, chilacayote y estropajo.....	56

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Corte descendente en el patrón.....	35
Corte ascendente en la variedad.....	35
Ensamble del patrón y variedad.....	35
Sujeción del injerto.....	35

EFFECTO DE TRES PATRONES EN EL DESARROLLO VEGETATIVO Y DE RAÍZ, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO EN PEPINO

RESUMEN

El presente estudio se realizó para evaluar el efecto de tres patrones en el desarrollo vegetativo y de raíz, producción y calidad de fruto en pepino (*Cucumis sativus* L.) cv. Solverde. Este estudio se justifica debido a que la técnica de injerto se está expandiendo considerablemente debido a su éxito para reducir los daños causados por patógenos del suelo, incrementar la resistencia a la sequía, así como para mejorar la absorción de agua y nutrientes. Los tratamientos fueron cuatro: 1) pepino sin injerto, 2) pepino injertado sobre calabaza, 3) pepino injertado sobre chilacayote y 4) pepino injertado sobre estropajo. Para evaluar experimentalmente los tratamientos en el invernadero se usó un diseño completamente al azar con 20 repeticiones. Se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$ o $P \leq 0.01$) entre medias de: área foliar, peso de fruto por planta y en todas las variables de acumulación de biomasa; también se encontraron correlaciones positivas entre el rendimiento y algunas variables. El patrón calabaza mostró un incremento significativo en el rendimiento y el patrón estropajo tuvo un detrimento significativo en todas las variables. Esta investigación generó

información base que servirá para detectar patrones y desarrollarlos, de tal manera que sean capaces de incrementar la expresión biológica de los cultivos, y su resistencia a factores bióticos y abióticos del ambiente.

PALABRAS CLAVE ADICIONALES: *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita pepo*, *Luffa cylindrica*, heteroinjertos, injerto de aproximación.

EFFECT OF THREE ROOTSTOCKS ON VEGETATIVE AND ROOT DEVELOPMENT AND FRUIT PRODUCTION AND QUALITY IN CUCUMBER

ABSTRACT

This study was undertaken to assess the effect of three rootstocks on vegetative and root development as well as fruit production and quality in cucumber (*Cucumis sativus* L.) cv. Solverde. This study is justified because the graft technique is growing significantly due to its success in reducing soil-borne diseases, increasing drought resistance and improving water and nutrient uptake. There were four treatments: 1) non-grafting cucumber, 2) cucumber grafted on pumpkin, 3) cucumber grafted on figleaf gourd and 4) cucumber grafted on luffa. To assess experimental treatments in the greenhouse, a completely randomized design with 20 replications was used. There were statistical differences ($P \leq 0.05$ or $P \leq 0.01$) among the averages for leaf area, fruit weight per plant and all the biomass accumulation variables. Positive correlations were also found between performance and some variables. The pumpkin rootstock showed a significant increase in yield and the luffa rootstock had a significant detrimental effect on all variables. This research generated basic information that will serve to detect and develop rootstocks that are able to increase the biological expression of crops, and resistance to biotic and abiotic factors of the environment.

ADDITIONAL KEY WORDS: *Cucurbita ficifolia*, *Cucurbita pepo*, *Luffa cylindrica*, heterografts, Tongue Approach Grafting

1. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, las hortalizas junto con las frutas ocupan el segundo lugar de los productos agropecuarios producidos, sólo superadas por los cereales. Se estima que tan sólo la papa (*Solanum tuberosum* L.) y el jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) contribuyen con 50 % del total de la producción de hortalizas en el mundo. La importancia de las hortalizas en el comercio agropecuario y la balanza comercial de México es incuestionable. Continuamente ha crecido la participación de las hortalizas en las exportaciones totales de productos agrícolas. Cuatro tipos de hortalizas integran casi 70 % del volumen exportado a Estados Unidos: jitomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), melón (*Cucumis melo* L.), sandía (*Citrullus lanatus* Thunb), pepino (*Cucumis sativus* L.) y chiles (*Capsicum spp.* L.). De manera particular, el pepino es una hortaliza de gran potencial para el país, pues genera alimento, empleo y divisas. Tiene alto consumo a nivel nacional y además, ocupa el tercer lugar en las hortalizas seleccionadas en el total del volumen exportado a Estados Unidos (Schwentenius y Gómez, 1997).

La importancia del fruto pepino, como alimento, se debe a sus cualidades gustativas y a su contenido de peptasas que facilitan la digestión y la absorción de los alimentos consumidos (Güenkov, 1974). En México, el pepino se consume como fruta fresca y en ensaladas; con respecto a las cucurbitáceas, el pepino ocupa en el país el cuarto lugar de la superficie sembrada (Valadez-López, 1994).

Para mantener y superar los resultados en producción de hortalizas que se han observado en México se debe estar a la vanguardia en los avances científicos y tecnológicos, entre los que se encuentran la aplicación del injerto y la agricultura protegida (invernaderos). Los cultivos bajo invernadero ofrecen al horticultor la ventaja de poder controlar con precisión el agua y fertilizantes aplicados a las plantas de acuerdo con su estado de crecimiento. Además, es posible controlar temperatura, ventilación, humedad, luminosidad, CO₂, insectos-plagas, enfermedades, entre otros (Benton, 2008).

La integración de los factores anteriores permite alcanzar altos rendimientos y productos de buena calidad que llegan a superar en la mayoría de los casos a los obtenidos en condiciones de campo (León, 2006). Sin embargo, los productores de cultivos bajo invernadero tienen muy pocas posibilidades de practicar rotación con diferentes especies vegetales y se ven obligados, en muchos casos, a repetir los mismos cultivos año tras año, lo que hace que los suelos estén cada vez más contaminados por insectos, hongos y nemátodos. La mayoría de los agricultores en el país han podido seguir cultivando hortalizas año tras año, en el mismo suelo, porque han recurrido al uso de bromuro de metilo, fumigante altamente tóxico para el ambiente y acumulable en la atmósfera (Camacho y Fernández, 1996).

El sector hortícola debe buscar nuevas alternativas que permitan remplazar el bromuro de metilo. Entre ellas se encuentran: la esterilización de suelo por medio de métodos físicos (solarización y desinfección por vapor de agua);

esterilización de suelo mediante métodos químicos; cultivo sin suelo; control biológico; creación de variedades transgénicas e injertos en hortalizas, que es el de mayores ventajas (Miguel *et al.*, 2007).

El injerto es una alternativa interesante para reducir las aplicaciones de agroquímicos, además de evitar o evadir algunas plagas o enfermedades del suelo, con una serie de ventajas frente a otras técnicas como solarización, uso de vapor de agua, utilización de cultivares resistentes, control biológico y el cultivo sin suelo (Hartman y Kester, 2002).

En México, la técnica del injerto se empieza a desarrollar a nivel comercial en diferentes empresas agrícolas de jitomate y cucurbitáceas, principalmente en los estados de Sinaloa, México, Baja California, Baja California Sur, Guanajuato, Michoacán y San Luis Potosí. En el ciclo 2000 y 2001 se llegaron a injertar más de 60 mil plantas de jitomate, pimiento y sandía en los estados de Sinaloa y Jalisco. Se espera que en los próximos años esta tecnología crezca consistentemente e incluso se extienda a las hortalizas cultivadas en condiciones de campo abierto (Burgueño y Barba, 2001).

Algunas de las ventajas adicionales que se le atribuyen al injerto, son el mayor vigor radical y foliar; mayor aprovechamiento de agua y nutrientes por tener sistema radical más eficiente, menor densidad de plantas por hectárea a consecuencia del mayor vigor, aumento en el

tamaño de frutos y el rendimiento final, resistencia a la salinidad y tolerancia a bajas y altas temperaturas (Romano y Patatore, 2001).

Sin embargo, la atención de los injertos por parte de los investigadores y la industria ha aumentado en los últimos años, especialmente porque las metodologías de desinfestación del suelo están siendo modificadas. La tendencia es a disminuir el uso de productos químicos agresivos con el ambiente como el bromuro de metilo (se usa actualmente, pero está siendo eliminado gradualmente desde el 2005).

Un programa de mejoramiento genético podría ser diseñarse y aplicarse para controlar las enfermedades transmitidas por el suelo (McCreight *et al.*, 1993). Sin embargo, el desarrollo de nuevos cultivares resistentes a la enfermedades lleva mucho tiempo y aumenta el riesgo de que surjan cultivares resistentes que podrían ser susceptibles a nuevas razas de patógenos. Injertar en patrones resistentes puede ser una solución a estos problemas (Oda, 1995).

El potencial como patrón de algunas especies como la calabaza, chilacayote y estropajo han sido reportados en investigaciones previas, sin embargo para la mejora del conocimiento es necesario generar información científica referente al comportamiento de estos materiales en los diversos ambientes de México y así mismo servir de base para investigaciones posteriores.

Con base en lo antes mencionado con relación a la producción de pepino injertado, se planteó la siguiente hipótesis:

Al menos un patrón es responsable del incremento en el rendimiento y calidad externa de frutos.

Para iniciar el estudio de la pertinencia de esta hipótesis se planteó el siguiente objetivo general:

“Evaluar el efecto de tres patrones, en el desarrollo vegetativo y de raíz, producción y calidad externa de fruto en pepino”.

Los objetivos particulares fueron los siguientes:

- Evaluar los patrones de calabaza, chilacayote y estropajo injertados con pepino en términos del desarrollo vegetativo y de raíz.
- Evaluar el rendimiento y calidad de fruto de pepino injertado en calabaza, chilacayote y estropajo.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Propagación por injertos

Según Hartmann y Kester (1992), injertar es el arte de unir entre sí dos porciones de tejido vegetal viviente de tal manera que se unan y posteriormente crezcan y se desarrollen como una sola planta. El injerto está formado por dos partes: la inferior que constituye el sistema radicular, llamada patrón o portainjerto y la superior, que es una rama o yema del clon que se desea propagar, se denomina púa o vareta y normalmente son compatibles (Mcmillan, 1979). Uno de los objetivos del injerto es reproducir plantas que son imposibles de reproducir por otro método vegetativo. Según Hutchinson (1980), el injerto también contribuye en la agricultura sostenible mediante la reducción de la cantidad de productos agroquímicos utilizados para la desinfección de suelos y rendimientos más altos que pueden traducirse en mayores ingresos para los agricultores. El injerto puede ser usado por una gran variedad de razones; regular el crecimiento, inducir resistencia a plagas y enfermedades del suelo y del medio, incrementar la precocidad y calidad de la fruta, mejorar la producción de madera y de plantas de ornato para el paisaje, entre otros.

El injerto es ampliamente utilizado para la producción de frutas en países de Asia como Japón, Corea y algunos otros y en países

europeos donde se realizan cultivos intensivos y continuos. El injerto en hortalizas se realiza en Corea y Japón desde fines del año 1920 (Yamakawa, 1983). Sin embargo, el injerto necesita tiempo, espacio, materiales y experiencia. La incompatibilidad del injerto y una disminución en la calidad de las frutas pueden depender de la combinación de cultivar y el patrón. Además, las plantas injertadas exigen la mejora de los métodos de cultivo intensivos y el cuidado de las condiciones para la buena unión del injerto (Lee y Oda, 2003).

2.2. Injertos en especies herbáceas

La producción vegetal con plantas injertadas tuvo sus inicios en Asia en 1920. El injerto se ha convertido desde entonces en una especialidad popular en los vegetales-fruta en espaldera, dentro de invernaderos. Recientemente la producción de plantas injertadas ha sido difícil para los horticultores ya que no es una labor rápida. La aclimatación de los injertos ha sido estudiada y la supervivencia de plantas injertadas por los nuevos métodos (aproximación de lengüeta, de hendidura, de corte superior, de aproximación y enchapado lateral) e instrumentos de injertar se han incrementado (Oda, 1995).

Actualmente, las sandías (*Citrullus lanatus* Tunb), melones (*Cucumis melo* L.), berenjenas (*Solanum melongena* L. var. *esculentum*.) y los pepinos (*Cucumis sativus* L.) son injertados antes de trasplantarlos al

campo o invernadero. En Estados Unidos o en otros países donde el uso del suelo no es intensivo, es poco practicado, comparado con países Europeos o Asiáticos donde el uso del suelo es intensivo y el área cultivada es pequeña (Jung, 1994).

El proceso de injertar es una labor intensiva y laboriosa, requiere un período limitado; por ejemplo, 3000 injertos de pepino requieren seis horas de labor de siete personas. Además se requieren millones de plantas para los agricultores en la misma época, por eso se desarrollan robots para injertar automáticamente, con uniformidad y bajo costo (Kurata, 1994).

Con el mismo objetivo, Oda *et al.* (1994) diseñaron un plato para injertos múltiples, horizontales y simultáneos de plántulas de tomate. Al aplicar presión entre las superficies de los cortes de las varetas y los patrones, se incrementa la tasa de supervivencia de 56 a 93 %. La productividad de las plantas producidas por injerto horizontal tiende a ser más baja que el de las plantas producidas por el injerto convencional de hendidura.

Asimismo, Oda *et al.*, (1995) desarrollaron instrumentos mecánicos para injertar por el método de “clavija”. Para confirmar la sustentabilidad de los instrumentos para injertar plántulas de tomate desde el punto de vista crecimiento y producción, injertan por

pequeñas “clavijas” plantas en macetas de forma instrumental y manual. Como resultado, no se remarcaban diferencias entre los injertos mecánicos de “clavija” con los instrumentos, y los injertados a mano, en cuanto a la supervivencia, crecimiento y producción después de plantadas, ya que el número de injertos con éxito es bajo (40 %) tanto en el injertador mecánico, como en los injertos convencionales.

Posteriormente, Oda *et al.* (1997) injertan plántulas de berenjena (*Solanum melongena* L.) con un desarrollo de dos hojas, sobre berenjena Scarlet (*Solanum integrifolium* Poir.) a mano y con un robot. Las varetas y los patrones son fijados con un tubo elástico en los injertos a mano, y con un endurecedor adhesivo para el injerto robótico. Después de la aclimatación, las plantas injertadas son trasplantadas cuando tienen entre tres y once hojas en invernadero. Las plantas injertadas por el robot muestran un alto porcentaje de supervivencia, y alcanzan entre tres y once hojas ocho días más temprano en promedio, que las injertadas a mano. Los tallos son largos, y la masa fresca de los vástagos y la producción de fruta de las plantas son altas para las de tres hojas, comparadas con las de once hojas a la plantación, independientemente del método de injerto. El crecimiento vigoroso y la alta producción resultan ausentes en los injertos robóticos para las plantas de once hojas al trasplante, pero están presentes en las plantas con tres hojas a la plantación.

Golecki *et al.* (1998) usan injertos interespecíficos e intergenéricos de Cucurbitáceas para estudiar la movilidad de proteínas-P estructurales en el floema. Cuando el melón (*Cucumis sativus* L.) es injertado sobre patrones de *Cucurbita* spp., al menos nueve proteínas adicionales aparecen por electroforesis del exudado de la vareta, 9-11 días después de injertar. La aparición de proteínas adicionales está correlacionada con el establecimiento de puentes de floema a través de la unión del injerto. La coincidencia experimental establece que las proteínas estructurales o sus precursores son traslocados por el floema. Esta traslocación es un fenómeno universal en Cucurbitáceas mostrado por comparación selectiva para proteínas adicionales en 11 combinaciones de injertos, al usar *Benincasa hispida* Thunb, *Citrullus colocynthis* L. Schrad., *Cucumis melo* L., *C. sativus* L., *Cucurbita ficifolia* Bouché, *Cucurbita maxima* Duchesne ex Lam. y *Trichosanthes cucumeriana* var. lobata Roxb. De acuerdo con esta selección la dirección de transmisión de proteínas adicionales depende de la combinación. Mientras algunos injertos fallan al mostrar cambio, algunos se comportan como “donadores” de proteínas adicionales y mantienen inmóviles a otras; *C. sativus* se identifica consistentemente como un aceptor de proteínas.

2.3. Efectos de los patrones en diferentes especies

2.3.1 Tolerancia a enfermedades

Los principales objetivos del injerto en pepinos son: evitar las enfermedades del suelo y obtener mayores rendimientos en el invernadero en comparación de las no injertadas. Aunque el grado de tolerancia varía considerablemente con los patrones. Sin embargo, el mecanismo de resistencia a la enfermedad no ha sido investigado de forma intensa. La tolerancia a la enfermedad en plantas injertadas puede ser totalmente a ambas tolerancias de las raíces del patrón a enfermedades semejantes. Sin embargo, en plantaciones actuales, es muy común la formación de raíces adventicias en la vareta (Lee, 1989).

Las plantas que tienen el sistema de raíces de la vareta y el patrón se espera que sean fácilmente infectadas por enfermedades del suelo. Sin embargo, plantas de semillero que tienen dos sistemas de raíces a menudo exhiben excelente resistencia a enfermedades, casi comparable con las que tienen sólo un sistema de raíces. En observaciones parciales, reportes previos suponen que esas sustancias asociadas a la tolerancia a *Fusarium* son sintetizadas en la raíz y traslocadas a la vareta a través del xilema (Biles, 1989). La actividad de las sustancias relacionadas con la resistencia puede variar durante las etapas de desarrollo de las plantas injertadas (Padgett y

Morrison, 1990). Generalmente se acepta que la susceptibilidad de la vareta a la enfermedad no se trasloca al patrón.

En Japón, el uso de los cultivares de calabaza 'Shirokikuza' (*Cucurbita moschata* Duch.) y "Shintoza" (*C. maxima* Duch. × *C. moschata*), como patrones para la producción de pepino (*Cucumis sativus* L.), comenzó alrededor de 1960 (Fujieda, 1994). Y ahora es tan común, que se utiliza en tasas de hasta 80 %. Esta práctica reduce los daños del marchitamiento por Fusarium (*Fusarium oxysporum* Schlechtendahl F. sp. *Cucumerinum* Owen), y también aumenta el rendimiento. Además, hace que las plantas injertadas sean tolerantes a temperaturas frescas (Oda, 2002). A mediados de 1980, la adopción de un nuevo tipo de cultivar de calabaza (*Cucurbita moschata*), que no florece, permite la producción de pepinos atractivos y brillantes. Sin embargo, el uso de patrones de cultivares sin floración modificó varias características de los pepinos injertados, como su susceptibilidad a las enfermedades. Hazama *et al.* (1993) informaron que el uso de estos patrones dio lugar a un aumento de la incidencia de graves daños por mildiu (*Podosphaera xanthii* Castagne). En contraste, Morishita *et al.* (1999) observaron la represión del crecimiento de mildiu sobre las hojas de un injerto susceptible sobre un cultivar resistente de pepino tipo silvestre. Estos resultados sugieren que el patrón podrá transmitir la resistencia a mildiu a los injertos de pepino.

2.3.2. Promoción del crecimiento e incremento en el rendimiento

Una de las ventajas de usar las plantas injertadas es la resistencia o la tolerancia a las enfermedades propias del suelo (fusarium, verticillum, marchitez bacteriana) y nemátodos, que causan la mayoría de los daños al cultivo en los invernaderos (Lee y Oda, 2003). Éste es el propósito principal de usar plantas de semillero injertadas, pero hay otras razones del injerto (Lee, 1994). Debido a la utilización del sistema vigoroso de la raíz de los patrones, las plantas injertadas demuestran generalmente el incremento creciente del agua y de los minerales comparados a las plantas que están sobre su propia raíz. Además sirven como un buen abastecedor de hormonas vegetales endógenas (Takahashi *et al.*, 1982). Las citocininas son las hormonas que se sabe se sintetizan principalmente en la raíz (Chailakhyan y Khrianin, 1987). Cultivos de cucurbitáceas usualmente muestran un incremento significativo de savia en el xilema cuando el corte se hace fuera de crecimiento considerable. Esta savia en el xilema, la cual está muy influenciada por el patrón aun cuando son varetas del mismo cultivar, se reconoce que existe un contenido real de las altas concentraciones de minerales, sustancias orgánicas y hormonas vegetales como las citocininas y giberelinas (Masuda *et al.*, 1981).

Kato y Lou (1989) examinaron la savia el xilema y concentración de hormonas en plantas de berenjena injertada sobre varios patrones. La

tasa de exudación de savia de xilema fue más alta en plantas de berenjena injertada sobre el patrón VF, seguido por los patrones Torubamu y Akanasu. Plantas de berenjena sin injertar mostraron tasas de exudación menores de savia de xilema en dos de los tres cultivares. Concentraciones de citocininas fueron más altas en savia colectada de las plantas injertadas sobre el patrón VF. Kato y Lou (1989) también reportaron que el rendimiento en berenjena se correlacionó positivamente con la cantidad de savia de xilema exudada.

La duración prolongada de cosecha de fruto en plantas injertadas se cree que no sólo puede ser por la tolerancia de los patrones a las enfermedades, sino también por el incremento en la absorción de agua y nutrientes (Gomi y Masuda, 1981). El incremento en rendimiento, obtenido por una extensión en la duración de la cosecha, es aparentemente más bajo en condiciones de campo abierto que en condiciones protegidas. Sin embargo, debemos recordar que los efectos de los patrones varían enormemente con las varetas del cultivar, aun cuando son del mismo cultivo. Por ejemplo, el patrón más ampliamente usado en la temporada caliente es Shintoza, el cual tuvo una respuesta negativa en la promoción del crecimiento o el incremento en el rendimiento de cultivares de pepino adaptados a su cultivo en el verano y que tienen largos sistemas de raíces, aun cuando el rendimiento de otros cultivares de pepino fueron

significativamente incrementados por los mismos patrones durante el verano (Jeong y Lee, 1986).

Hay otras ventajas del injerto tales como la tolerancia a bajas y altas temperaturas, tolerancia a la salinidad, período extendido de la cosecha, precocidad y aumento de la producción (Lee y Oda, 2003).

2.3.3. Efecto en la calidad de fruto

El tamaño de frutos de melones injertados en patrones que tienen un sistema de raíces vigoroso a menudo presenta un incremento significativo de tamaño en comparación al de los frutos provenientes de plantas sin injertar. Muchos agricultores son practicantes de esta técnica principalmente por esta razón. Sin embargo, se conocía que otras características de calidad, como textura y color de piel del fruto, delgadez de la piel, textura y color de la pulpa, grosor de cáscara y la concentración de ácidos solubles totales son influenciados por el patrón, aunque tengan las mismas labores culturales practicadas, como fertirrigación o manejo agronómico. En pepinos, en especial para la exportación, el color externo y el desarrollo de floración son factores de calidad importantes (Choi *et al.*, 1992). Aunque si bien éstos son usualmente considerados como un cultivar específico de características hereditarias, pueden ser fuertemente influenciadas por los patrones (Heo, 1991). Sin embargo, los efectos del patrón en la

calidad de fruto son a menudo perjudiciales, excepto para el tamaño de fruto, y por eso, más recientemente se han ideado recomendaciones en miras de minimizar el efecto negativo de los patrones sobre la calidad de fruto.

Oda *et al.* (1996) estudiaron el control de crecimiento, producción de fruta y contenido de azúcar de frutos, para fines de comparación entre plantas de tomate injertadas sobre patrones de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.) y berenjena Scarlet (*Solanum integrifolium* Poir.). El crecimiento vegetativo tiende a ser abatido y la incidencia de floración y fructificación se incrementan al injertar sobre estos patrones. La producción de fruta sobre patrones Scarlet es igual de baja como sobre los patrones de tomate. La gutación no se observa en plantas injertadas sobre los patrones Scarlet. Sin embargo las concentraciones de clorofila en las hojas, los sólidos solubles y el contenido de azúcar en los frutos son elevados en plantas injertadas sobre los dos patrones.

2.4. Problemas asociados con el injerto

2.4.1. Incompatibilidad en homo y heteroinjertos

Cuatrocientos años de práctica e investigación en injertos de plantas leñosas no han dado respuestas significativas a las preguntas acerca

de las causas de incompatibilidad en injertos, ni permitido predicciones válidas para respetar la incompatibilidad potencial entre plantas individuales o especies de árboles frutales (Santamour, 1988).

Los síntomas de incompatibilidad se eliminan separando los componentes con un patrón intermedio mutuamente compatible. A menudo la estructura de la unión es mecánicamente débil, presentando interrumpida la continuidad de los tejidos vasculares, fisiológicamente se presenta un disturbio en la unión del injerto, y debido a las dificultades para la traslocación, finalmente se agotan las raíces. Es común encontrar en la unión del injerto masas de tejido parenquimatoso en vez de tejidos normalmente diferenciados, interrumpiendo la conexión vascular normal entre el patrón y el injerto. A veces los vasos conductores establecen conexiones alrededor de masas de tejido de callo, mientras que en otras ocasiones, los extremos de los vasos están separados por masas de parénquima. En casos extremos el tejido vascular se deforma, pero la capa de parénquima entre el patrón y la púa es continua (Moore, 1981).

2.4.2. Tipos de incompatibilidad

2.4.2.1 Localizada

La incompatibilidad localizada incluye combinaciones en las que

las reacciones de incompatibilidad dependen del contacto entre el patrón y el injerto, la estructura de la unión es mecánicamente débil, presenta interrumpida la continuidad de los tejidos vasculares y el cámbium, y en la unión del injerto se encuentran masas de tejido parenquimatoso en vez de tejidos normalmente diferenciados, interrumpiendo la conexión vascular normal entre el patrón y el injerto (Hartmann y Kester, 1992).

2.4.2.2. Categorías

Herrero (1962) agrupa en cinco, las categorías de incompatibilidad localizada:

A) Uniones perfectas. La línea de unión entre patrón y variedad es imperceptible.

B) Uniones que presentan madera y corteza continuas, pero que tienen algunos defectos estructurales tales como distorsión en la madera, ligera involución cambial y otros defectos no absolutamente sintomáticos de incompatibilidad.

C) Uniones con corteza parcialmente discontinua; muy raras veces discontinua en toda la línea de unión. Pueden o no tener defectos estructurales de la categoría B.

D) Uniones con madera parcialmente discontinua, debido a la presencia de capa de parénquima no lignificado en el plano de la unión. En general estas uniones presentan discontinuidad en la corteza.

E) Uniones que se rompen al forzarlas o que presentan elevado grado de discontinuidad en la madera.

2.4.2.3. Translocada

La incompatibilidad translocada, incluye casos en los que no se puede corregir por la unión de un patrón intermedio mutuamente compatible, implica la degeneración del floema y se puede reconocer por el desarrollo en la corteza de una línea de color pardo o una zona necrótica. En consecuencia, en la unión del injerto se presentan restricciones al movimiento de carbohidratos (acumulación arriba y reducción abajo). Puede presentarse clorosis en el follaje, defoliación, declinación del crecimiento vegetativo, muerte en los tejidos periféricos de la vareta y en general mala salud del árbol, que puede vivir así varios años.

En caducifolios, este tipo de incompatibilidad se presenta hasta después de 13 años, y se le atribuye a la degeneración del floema, lo

cual conduce a marchitamiento, muerte de las raíces, y por último a la muerte de la planta (Hartmann y Kester, 1992).

2.5. Incompatibilidad histológica en homo y heteroinjertos

Aunque es ampliamente conocida la continuidad del plasmodesmo del citoplasma entre las células dentro del cuerpo de la planta, hasta recientemente estas estructuras especiales se han observado como organelos intercelulares dinámicos involucrados en el transporte de macromoléculas. Los estudios ultraestructurales proveen importante información sobre la formación del plasmodesmo durante la citoquinesis (plasmodesmo primario) y en eventos de post-citoquinesis, donde los nuevos puentes citoplasmáticos son insertados dentro de la pared existente (plasmodesmo secundario). Las modificaciones a la frecuencia del plasmodesmo, y presumiblemente la composición, reflejan los requerimientos fisiológicos y de desarrollo para la continuidad/comunicación del simplasto. El plasmodesmo desarrolla una actividad esencial en la formación de los dominios fisiológicos y de desarrollo, en los cuales regulan la circulación de macromoléculas y establecen una red de control no autónomo celular. La función del tráfico plasmodesmal de moléculas de información provee un medio nuevo de control de diferenciación celular (Kragler *et al.*, 1998).

Algunas anomalías anatómicas no directamente conectadas con la estructura de la unión del injerto son: la degeneración del floema, las irregularidades del cilindro central de madera y la discontinuidad del cambium. El flujo de elementos menores como el Boro, Zinc y Manganeso, y mayores como el Potasio y Nitrógeno del patrón, se detiene en combinaciones incompatibles, además existe acumulación de ácido hidrocianico, arbutina, enzima B-glucósida, hidroquinona, amigdalina, ácido ascórbico, catequina y epicatequina (Mosse, 1962).

Turquois y Malone (1996) utilizan un método no destructivo, continuo y funcional de las conexiones hidráulicas con la planta intacta. La unión del injerto es usada como una prueba del sistema. La técnica envuelve repetidas aplicaciones de agua en el mismo punto del sistema y registra simultáneamente observaciones del modelo de abultado (incremento en el contenido de agua) a otros puntos. Tal modelo refleja la resistencia hidráulica de la trayectoria intervenida. Esto demuestra que las mayores conexiones hidráulicas en la unión del injerto de tomate se hacen funcionales en un período cercano al séptimo día después de injertar. Esto es consistente con las observaciones histológicas en la aparición de puentes en la herida del xilema en este tiempo. Esta técnica puede aprovecharse para un monitoreo no destructivo de los cambios en las conexiones hidráulicas en otros sistemas intactos, por ejemplo, durante la abscisión, sequía inducida, embolismo, o el ataque de patógenos vasculares que

marchitan.

Jeffree y Yeoman (1983) presentan un marco morfológico y de desarrollo de los principales eventos celulares en la formación del injerto en homoinjertos de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.), basado en el microscopio de escaneo y transmisión de electrones. La adhesión inicial en la médula de los injertos es seguida por la confrontación de nuevas células generadas de los tejidos de la periferia del patrón y de la vareta. Bandas de pectina sobre la superficie de estas células establecen una unión mecánica entre las superficies de las células, formando el equivalente funcional de una lamela media. Los plasmodesmos formados de nuevo en el punto de contacto entre células opuestas enlazan las membranas celulares, formando un paso potencial de comunicación de alta especificidad. Subsecuentemente los vasos cortados se diferencian sin el callo en la unión del injerto, y se conectan dentro del sistema vascular del patrón y la vareta por vasos cortados diferenciados del parénquima vascular y cortical.

Por su parte, Tiedemann (1989) seleccionó el heteroinjerto compatible de *Cucumis sativus* L. sobre *Cucurbita ficifolia* L. para estudiar el desarrollo de la unión del injerto de la formación de una capa aislada y un callo parenquimatoso de la interfase del injerto sobre la ocurrencia del contacto simplástico entre las células, especialmente los elementos

de los tubos cribosos del patrón y de la vareta. La carencia de marcadores ultraestructurales específicos para especies, del contacto simplástico del floema entre *C. sativus* es demostrada indirectamente por una serie de divisiones. El desarrollo del floema en la unión del injerto resulta en diferente número de tubos cribosos de conexión en cada injerto individual, pero el número promedio de conexiones de tubos cribosos en *Cucumis/Cucurbita* es notablemente bajo en relación al homoinjerto *Cucumis/Cucumis*. Las observaciones sugieren la existencia de células específicas de reconocimiento e inherente compatibilidad / incompatibilidad, y que sustancias no específicas de especies como fitohormonas (auxinas), liberadas por el daño vascular a los tejidos no se pueden considerar como moléculas específicas de reconocimiento, ya que proveen suficiente coordinación interespecífica para hacer que la unión del injerto se desarrolle en armonía. Numerosos plasmodesmos ramificados (pr) están presentes entre las células de la envoltura de la vaina (CsEV) y las células acompañantes especializadas, conocidas como células intermediarias (Csl) en el floema de las venas menores de *Cucumis melo* L. y de *Cucurbita pepo* L. Estos (pr) son iniciados a plasmodesmos secundarios a través de paredes existentes. En los tejidos de descenso, los precursores de Csl producen de dos a cuatro CIs y tubos cribosos, los cuales están presentes por el tiempo de transición del curso del descenso. Los plasmodesmos a lo largo de la interfase entre los precursores de Csl y CsEV en los tejidos de descenso sin brotes y

en número pequeño. Antes de que los tejidos de la hoja inicien la transición del curso de descenso, el número de canales (pr) ocurre completamente por ramificación, resultando en más canales sobre el lado Csl como en el lado CsEV. En melón, esto incrementa en 12 el número de canales (pr) con el lado CsEV. Así, los (pr) secundarios formados en el tiempo de transición del curso de descenso pueden ser envueltos en la carga del floema y exportación de fotoasimilados (Volk *et al.*, 1996).

2.6. Métodos de injertos en cucurbitáceas

Consisten principalmente en un corte total con el mismo ángulo de corte en patrón y variedad. Se seccionan totalmente, con una inclinación determinada (entre 60° y 65°), los tallos de las dos plantas objeto del injerto. Una vez seccionadas, se procede a la unión de los tallos y a su completa inmovilización mediante una pinza o clip, que debe asegurar un correcto apriete con el fin de permitir el intercambio de la savia de ambas plantas. En cucurbitáceas se utilizan tres tipos de injertos.

2.6.1. Aproximación

Es el más difundido, y es el que se practica en la mayoría de las empresas. En él se hacen coincidir una lengüeta del hipocótilo del

patrón con otra similar de la variedad, de manera que los cortes se superpongan.

Durante el proceso de unión, las dos plantas conservan sus raíces, aunque una vez establecida la conexión se corta el tallo de la variedad para aislarla del sustrato (Miguel, 1997).

2.6.2. Púa

Se injerta cuando aparece la primera hoja verdadera en el injerto. Se corta el tallo de la variedad 1.5 cm por debajo de los cotiledones y se le da forma de bisel de 0.6 a 1.0 cm en su extremo, por ambos lados. Se elimina el brote del patrón (o patrón) y se hace una hendidura entre los cotiledones (o por debajo de ellos) hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1.0 a 1.5 cm. Se inserta la púa en la hendidura y se une con la pinza o clip (Acosta y Cebolla, 2005).

2.6.3. Adosado

Es un método de reciente implantación en España. Entre otras ventajas tiene la de que es fácilmente mecanizable. Este tipo de injerto lo realiza también un robot. La variedad se corta, como en el injerto de púa, por debajo de los cotiledones, en ángulo. En el patrón se hace un corte eliminando uno de los cotiledones y el ápice vegetativo y otro en

la parte inferior del tallo, eliminando la raíz. En el corte superior, junto al cotiledón que permanece, se adosa la variedad, haciendo coincidir ambos cortes. Mientras se establece la unión del injerto se produce también el enraizamiento del patrón (Acosta y Cebolla, 2005).

2.6.4. Empalme

Se corta el tallo del patrón por debajo o por encima de los cotiledones, en ángulo y el de la variedad, con el mismo ángulo y por donde tenga una sección similar a la del patrón. Mediante una pinza especial, en forma de tubo se unen los dos cortes (Acosta y Cebolla, 2005).

2.7. Factores que influyen en la unión del injerto

2.7.1. Temperatura

Tras el injerto es absolutamente necesario mantener una temperatura entre 24 y 27 °C durante el proceso de "prendimiento" que puede durar entre dos y cuatro días (dependiendo del tipo de planta). A menos de 20°C la producción de callo es lenta y por debajo de 15°C no existe (Acosta y Cebolla, 2005).

.

2.7.2. Humedad

Después del injerto es absolutamente necesario mantener la planta con una humedad del 80-90 % para evitar la deshidratación de las células de parénquima que forman el tejido del callo (Acosta y Cebolla, 2005).

2.7.3. Oxígeno

La división y crecimiento de las células van acompañadas de una respiración elevada, por lo que es necesaria la presencia de oxígeno en la unión del injerto para la producción de tejido de callo (Acosta y Cebolla, 2005).

2.7.4. Contaminación con patógenos

En ocasiones entran en el corte, producido al injertar, bacterias y hongos que causan la pérdida del injerto. La limpieza y la desinfección (en algunos casos imprescindible), es uno de los secretos del injerto, menciona que prevenir contaminaciones, mediante el uso de agua y manos limpias, es uno de los secretos del injerto. Por otro lado, Gómez (2005) menciona que para evitar la transmisión de bacterias o virus de una planta a otra, el instrumento cortante debe desinfectarse con frecuencia con algún producto como lejía, alcohol 70 %, o sales de amonio cuaternario de

cuarta generación o algún producto de los que se utilizan en medicina. Si es de temer la transmisión de virosis, las manos deben desinfectarse con leche descremada.

2.8. Proceso de unión del injerto

Los principales eventos en la ontogenia de un injerto compatible son: adhesión del patrón y la vareta, la derivación de células en la interfase del injerto y el restablecimiento de los haces vasculares. Respecto a la incompatibilidad, algunos injertos presentan síntomas de inmediato, pero en ocasiones sólo después de 20 años se presentan signos visibles de incompatibilidad. Las principales causas de incompatibilidad son: incorrecta unión mecánica entre patrón e injerto, deshidratación de los tejidos, temperaturas adversas y/o inadecuado régimen de luz, falta de proliferación de callo, rechazo fisiológico de una o las dos partes, y la diferenciación anormal de los tejidos vasculares (que es la más común). La incompatibilidad localizada incluye combinaciones en las cuales aparentemente las reacciones de incompatibilidad dependen del contacto real entre el patrón y el injerto (Moore, 1981).

En el injerto completo las dos partes se comportan como una unidad, no sólo para el flujo de agua en la planta, sino para el envío de señales y coordinación entre la raíz y la parte aérea (Turquois *et al.*, 1996).

El desarrollo de un injerto compatible comprende tres procesos: cohesión del patrón y la variedad; proliferación del callo en la unión, y diferenciación vascular entre ambas partes.

La cohesión se produce como resultado de la deposición y subsiguiente polimeración de materiales de las membranas celulares, debida a la herida del injerto (Moore, 1984). El “cemento” secretado en las uniones, a la vez que proporciona soporte mecánico, establece una vía continua para el flujo de agua a través del injerto que permite la recuperación de la marchitez de la variedad unas horas después de la operación. Esta primera fase, cohesión, no requiere un reconocimiento entre las partes puesto que el vegetal puede unirse también a un objeto inerte (Turquois *et al.*, 1996).

La proliferación del callo es una respuesta común a las heridas, que se produce incluso en injertos incompatibles. En los injertos herbáceos, los diferentes tejidos heridos pueden participar en la formación del callo.

La diferenciación vascular es el episodio final y es propio de los injertos compatibles. Esta diferenciación vascular se produce entre los vasos del patrón y de la variedad, probablemente en respuesta a las auxinas liberadas de los vasos lesionados.

Se observa en el callo la diferenciación de algunos vasos y tubos cribosos, no directamente derivados del cambium, que pueden asegurar una primera unión transitoria entre los tejidos conductores de cada uno de los componentes del injerto (Poessel *et al.*, 1996). Usualmente se diferencian nuevos elementos del xilema lesionado, desde el callo a las dos partes del injerto, a partir de los 4 a 7 días. El aumento gradual de la unión es evidente desde el día 5-6 correspondiente a la aparición de los puentes entre los xilemas de ambas partes (Torquois *et al.*, 1996).

En el injerto de cucurbitáceas se forma un callo parenquimatoso en las superficie del injerto, con contacto simplástico entre células, especialmente en los vasos conductores. El desarrollo del floema en la zona del injerto, produce la conexión de los vasos lo cual se produce normalmente en un periodo de una a tres semanas (Tiedemann, 1989).

La respuesta de las células del callo situadas en la periferia de la unión del injerto, depende de la humedad relativa. Con alta humedad relativa, el callo permanece intacto y capaz de soldar el injerto mientras que en ambiente más seco las células externas forman una capa suberizada que previene la desecación de las células interiores (Moore, 1984).

La fuerza de la unión del injerto evoluciona en tres fases: entre los días 1 y 4, esta fuerza aumenta lentamente, en los días 4 al 8 la fuerza de

unión aumenta rápidamente y del 8 al 11 a veces crece más lentamente. Entre los días 2 y 6-7 se ve, en la superficie de corte, una capa oscura, formada por las células dañadas en el corte. A partir del 6º día la división comienza en los tejidos de la variedad y después en los del patrón. La capa necrótica se reabsorbe, se establece la continuidad y se diferencian elementos vasculares (Roberts y Brown, 1961).

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización geográfica

El experimento se desarrolló en el invernadero número 10 de mejoramiento genético de jitomate ubicado en el Campo Agrícola Experimental de la Universidad Autónoma Chapingo, localizado a los 19°29'22.01" latitud Norte, 98°52'25.57" longitud Oeste, a 2264 m sobre el nivel del mar, con clima C (W) (W₀) b (i) g, que es templado subhúmedo con verano fresco, precipitación media anual de 644.8 mm, lluvias en verano y con porcentaje de lluvias invernales de 5 % del total anual, una temperatura media anual de 15° C con presencia de heladas tempranas en septiembre y tardías en abril (García, 1973).

3.2. Conducción del experimento

3.2.1. Semillero

La siembra del semillero se realizó los días 8, 12 y 18 de junio de 2009. El día 8 se sembraron las semillas de estropajo, el día 12 se sembró el cultivar de pepino tipo americano "Solverde" tipo slicer, ginoico, color verde oscuro, longitud de fruto de 18-20 cm, y por último el día 18 se sembraron las semillas de calabaza y chilacayote que servirían de patrón (todas las semillas de los

patrones fueron resultado de colectas regionales), utilizando cuatro charolas de poliestireno de 200 cavidades. Se utilizó como sustrato peat-moss (Cosmo Peat) para la germinación; este material se humedeció hasta punto de escurrimiento colocando una semilla (cultivar de pepino y los tres patrones) por cavidad, aplicando un riego muy ligero. Se estibarón las charolas, cubriéndolas con un plástico negro durante tres días para conservar la humedad del sustrato y favorecer la germinación. Posteriormente, se destaparon y se distribuyeron en la cámara de prendimiento dentro del invernadero. Los riegos se aplicaron diariamente durante la mañana y tarde. El agua contenía una solución nutritiva al 25 % de la solución Steiner. Las plantas de ambos cultivares emergieron a los tres días después de la siembra.

3.2.2. Injerto

El injerto por aproximación se realizó con la aparición de la primera hoja verdadera sobre los patrones que ya habían presentado las hojas cotiledonares y de igual forma con el cultivar de pepino, de acuerdo con el procedimiento descrito por Lee (1994), figuras 1 a la 4. Posteriormente, las plantas injertadas se pasaron a unos vasos de poliestireno expandido de mayor volumen para su posterior trasplante, que se acomodaron en la cámara de prendimiento. Las plantas se mantuvieron 14 días bajo condiciones controladas (90-95 % de humedad relativa, 24-26° Celsius y 45 % de sombra) para posteriormente ser trasplantadas.



Figura 1. Corte descendente en el patrón



Figura 2. Corte ascendente en la variedad



Figura 3. Ensamble del patrón y variedad



Figura 4. Sujeción del injerto

3.2.3. Transplante

Las plántulas utilizadas (injertadas y sin injertar) se trasplantaron el 27 de julio de 2009, en un invernadero tipo “Full-Vent” con cubierta de plástico lechoso al 30 %, sobre bolsas de polietileno negro con dimensiones 25 x 35 cm. Las bolsas se llenaron con arena de tezontle y se perforaron en la parte inferior para permitir el drenaje del exceso de agua. Una vez realizado el trasplante la planta se desarrolló bajo un sistema hidropónico dentro del invernadero. Los surcos fueron formados con hileras de bolsas, separadas entre sí a 0.3 m de centro a centro de bolsa y pasillos de 0.9 m, con una planta por bolsa. Al momento del trasplante, las raíces se sumergieron en una solución de Captan (Captan, $1.0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$) como medida preventiva para el ataque de hongos. Se utilizaron navajas desechables marca Gillete®, cintas de tela microporo, 1 L de alcohol, Interguzan®, Captan®, Muralla Max®.

3.2.4. Solución nutritiva

La formulación química de la solución nutritiva utilizada se originó a partir de la solución descrita por Steiner (1961), que consiste en restar los aniones y cationes detectados con base en el análisis de agua previamente realizado.

3.2.5. Riegos

En el primer mes se aplicaron cuatro riegos con duración de tres minutos. Posteriormente se incrementaron a cinco con duración de cuatro minutos. A los 60 días después del trasplante la cantidad que se aplicaba tuvo un gasto de un litro por día y posteriormente pasó a dos litros de solución nutritiva, alternando éstos con riegos de agua acidulada a pH 5.5.

3.2.6. Podas y tutoreo

Las plantas se condujeron a un solo tallo. Para esto se eliminaron los brotes axilares del tallo principal y los zarcillos durante todo el ciclo de cultivo. Esta práctica se hizo manualmente y se inició a los 20 días después del trasplante (la eliminación de los brotes fue conforme iban apareciendo). Con el objetivo de guiar a la planta de pepino con un solo tallo y mantener el tallo en una posición erguida y lograr un mejor manejo sanitario se realizó el tutoreo. Éste consistió en guiar con rafia y la ayuda de anillos dispuestos sobre el tallo de la planta (debajo de la primera hoja), dándole dos a tres vueltas en espiral hacia arriba para fijarlo al alambre de tutoreo a una altura aproximada de 3 m.

3.2.7. Plagas y enfermedades

Se hicieron aplicaciones preventivas contra enfermedades fungosas a base de clorotalonil, oxicloruro de cobre, a una dosis de $2 \text{ mL} \cdot \text{L}^{-1}$ de agua.

3.2.8. Cosecha

Se realizó manualmente (conforme hubiesen frutos en madurez comercial) y al mismo tiempo se midieron diversas características. El primer corte se llevó a cabo a los 43 días después del trasplante (ddt) para todos los tratamientos.

3.3. Unidad y diseño experimental

Se usó un diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y 20 repeticiones. Cada planta en maceta fue considerada como una unidad experimental. Los tratamientos fueron heteroinjertos: calabaza x pepino, chilacayote x pepino, estropajo x pepino, y el control (sin injerto). Las variables evaluadas en cada planta fueron: altura, diámetro de tallo, longitud de entrenudos, número de hojas, número de frutos, peso de frutos, diámetro medio de fruto, largo medio de fruto, área foliar, peso seco de raíz, peso de la estructura vegetativa y peso total.

3.4. Variables evaluadas

3.4.1 Variables morfológicas

3.4.1.1. Altura de la planta

Semanalmente se midió en centímetros (cm) con un flexómetro (m), la longitud de tallo desde el nivel del sustrato hasta la parte superior de la planta. La última lectura tomada en el ciclo es la que se analizó estadísticamente.

3.4.1.2. Diámetro de tallo

El primer entrenudo de la planta se tomó como punto de referencia para medir el grosor del tallo (cm) mediante un vernier.

3.4.1.3. Longitud de entrenudos

Con un flexómetro (cm), se midió en cm la longitud de los entrenudos desde el nivel del sustrato hasta la parte superior de la planta. Se evaluó semanalmente hasta el final del ciclo. Para el análisis estadístico se tomó la medida del entrenudo después del primer fruto amarrado.

3.4.1.4. Número de hojas

Se contabilizaron al final del ciclo todas las hojas de la estructura vegetativa de la planta, sin diferenciar si eran fuente o demanda.

3.4.1.5. Área foliar

El área foliar se determinó con el programa Image Tools, mediante la toma de fotografías con fondo blanco y una escala de medida conocida tomada como referencia.

3.4.2. Variables de rendimiento

3.4.2.1 Número de frutos por planta

Se sumaron los números de frutos de todos los cortes de cada planta.

3.4.2.2 Rendimiento de fruto por planta (g)

Para la cuantificación del rendimiento se sumaron los pesos de los frutos de cada planta.

3.4.3. Variables de biomasa

3.4.3.1. Peso seco de raíz (g)

Para medir el peso seco de raíz se cosecharon cinco plantas por tratamiento. Éstas fueron secadas primeramente a la intemperie y posteriormente en una estufa a 72 ° C por 48 horas. Enseguida se obtuvo el peso seco total de raíz por

planta y posteriormente el peso seco promedio de las raíces, tallo, hojas y frutos.

3.4.3.2. Peso seco de tallo, hojas y fruto (g)

En las mismas cinco plantas y también con el procedimiento utilizado para obtener el peso seco de raíz, se obtuvo el peso seco de los tallos por planta y posteriormente el peso seco promedio de los tallos y hojas por tratamiento.

3.4.3.3. Calidad

Las pruebas de calidad de fruto se realizaron en el invernadero, donde se analizaron las variables de calidad externa. Ésta se evaluó con base en el diámetro ecuatorial y la longitud del fruto (cm).

3.4.4. Análisis estadístico

Para el análisis de los resultados, se realizó un análisis de varianza, una prueba de comparación de medias de Tukey ($P \leq 0.05$ ó $P \leq 0.01$) y se midió la asociación entre las variables de cada par posible (coeficientes de correlación de Pearson) con la ayuda del paquete estadístico SAS.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Análisis de varianza

Sólo en diámetro de tallo, área foliar, peso fresco fruto·planta⁻¹, peso seco de raíz, estructura vegetativa y peso total se observó significancia ($P \leq 0.05$ ó $P \leq 0.01$) (Cuadro 1).

4.1. 1. Efecto del patrón en las variables morfológicas

Para el área foliar, sólo se encontró diferencia estadística ($P \leq 0.05$) entre los patrones de estropajo y calabaza. El patrón estropajo tuvo la menor área foliar (Cuadro 2).

Como no hubo diferencias significativas ($P \leq 0.05$) se puede decir, que la planta de pepino formó una arquitectura y estructura similar en todos los tratamientos. Salam *et al.* (2002) en un estudio en sandía no encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en la longitud del tallo principal entre plantas injertadas y no injertadas. Chouka y Jebari (1999) encontraron en sandia la misma respuesta en longitud de entrenudos; sin embargo, se observó que el patrón estropajo mostró entrenudos más cortos (6.61cm) y por ende su altura fue la más baja (1.58m).

En diámetro de tallo, el patrón calabaza tuvo el mayor diámetro (0.83 cm) y el patrón estropajo fue el que mostró el valor más bajo (0.53 cm). Estos dos diámetros fueron los únicos que difirieron significativamente ($P \leq 0.05$). La diferencia en diámetro del tallo está asociada a la diferencia en vigor de los patrones utilizados, al igual que a la diferencia en el crecimiento de la planta de pepino propiciado por la técnica de injerto además de una menor deshidratación del injerto propiciado por la permanencia del sistema radical de ambas plantas, hasta completada la unión del injerto. Los resultados obtenidos vienen a reforzar lo mencionado por González *et al.* (2003), en el sentido de que el diámetro del tallo del patrón es un factor determinante en el éxito de los injertos, asociado ello a la regeneración de haces vasculares. Esto coincide parcialmente con el hallazgo de Jifon *et al.* (2008) quienes encontraron que los diámetros basales de tallo en sandía injertada, fueron significativamente más grandes que en las plantas no injertadas.

CUADRO 1. Fuentes de variación (FV), grados de libertad (GL) y cuadrados medios de las variables morfológicas, de rendimiento, calidad y acumulación de biomasa de las plantas de pepino injertadas y sin injerto.

FV	GL	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (cm)	Longitud de entrenudos (cm)	Número de hojas	Área foliar (cm ²)	Número de frutos-planta ⁻¹	Peso frutos-planta ⁻¹ (Kg)	Longitud fruto (cm)	Diámetro ecuatorial de fruto (cm)	Peso seco raíz (g)	Peso seco estructura vegetativa (g)	Peso seco total (g)
Tratamientos	3	0.36	0.07*	1.9	27.73	1460761.6*	118.23	7.36*	12.82	0.56	4.07*	2226.97*	3401.21**
Error	12	0.18	0.02	1.72	27.56	3178677.3	30.02	1.55	9.1	0.23	0.46	258.13	166.39
Total	15												
CV		21.55	19.97	17.76	20.54	33.06	34.38	50.65	17.34	10.44	23.2	20.98	9.45

^aValores de cuadrados medios; CV: Coeficiente de variación (%); FV: Fuentes de variación; GL: Grados de libertad; * significativo con $P \leq 0.05$; ** significativo con $P \leq 0.01$

Cuadro 2. Efecto de cuatro patrones en el crecimiento de plantas de pepino cv. Solverde.

Patrón	Altura de planta (m)	Diámetro de tallo (cm)	Longitud de entrenudos (cm)	Número de hojas	Área foliar (cm ²)
Calabaza	2.22 a ²	0.83 a	8.26 a	27.50 a	8001 a
Chilacayote	2.21 a	0.61 ab	7.66 a	28.00 a	5264 ab
Estropajo	1.58 a	0.53 b	6.61 a	22.50 a	3425 b
Pepino	2.00 a	0.60 ab	7.30 a	24.25 a	4879 ab
(Testigo)					
DMS	0.9	0.26	2.78 a	11.02	3742.7

²Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

DMS: Diferencia mínima significativa.

El área foliar del patrón calabaza fue significativamente ($P \leq 0.05$) mayor (8001 cm²) que la del patrón estropajo (3425 cm², Cuadro 2). Esto se presentó probablemente porque la lámina foliar de cada hoja del injerto fue más grande en superficie, y ésta, le permitió incrementar la producción; toda vez que la cantidad de fotosíntesis y el crecimiento están íntimamente relacionados (Fogg, 1967). Esto concuerda con lo encontrado por Abdelhafez (1975) y por Daunay (1986); y tiene estrecha relación con los de Yamasaki *et al.* (1994) quienes encontraron diferencias estadísticas en la longitud de la lámina de la hoja más grande en melón injertado en *Langenaria siceraria* y sin injertar, mostrándose estadísticamente superiores que las plantas injertadas en el híbrido “Shintoza”.

4.1.3. Efecto del patrón en las variables de rendimiento y calidad externa de fruto

De las variables de rendimiento y calidad externa de fruto, sólo en el peso fruto/planta⁻¹, se encontraron diferencias estadísticas (Cuadro 3). La media del patrón de calabaza difirió de la del patrón estropajo y del testigo. Esto indica que los frutos del patrón calabaza fueron más pesados es decir que la capacidad de absorción y traslocación de agua y nutrientes fue mayor en este patrón. La falta de significancia entre las variables calidad externa de número y diámetro de frutos fue reportada por Yamasaki *et al.* (1994) en *Langenaria siceraria*.

Cuadro 3. Efecto de cuatro patrones en el rendimiento y calidad externa de plantas de pepino cv. Solverde

Patrón	Número de frutos·planta⁻¹	Peso fruto·planta⁻¹ (Kg)	Longitud fruto (cm)	Diámetro ecuatorial de fruto (cm)
Calabaza	21.25 a ²	4.31 a	19.000 a	4.20 a
Chilacayote	20.00 a	2.65 ab	18.870 a	4.90 a
Estropajo	11.25 a	1.40 b	16.008 a	4.96 a
Pepino (Testigo)	11.25 a	1.50 b	15.680 a	4.39 a
DMS	11.50	2.62	6.33	2.80

²Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

DMS: Diferencia mínima significativa.

El número de frutos de plantas cuyo patrón fue de calabaza parece influir en el peso fruto·planta⁻¹, pues son variables usualmente correlacionadas. Con el patrón estropajo se produjeron frutos más anchos y más cortos probablemente porque al tener menos frutos, las plantas pudieron transportar más fotoasimilados que no correspondieron a la velocidad de crecimiento en longitud del fruto y por eso presenta el menor peso; es decir, el injerto produjo frutos no comerciales.

En peso de fruto planta⁻¹ sólo se encontraron diferencias estadísticas entre el del patrón calabaza (4.31 Kg) y los del patrón estropajo (1.40 Kg) y testigo (1.50 Kg). Esto probablemente se debió a algún tipo de incompatibilidad entre el patrón estropajo y el cultivar de pepino. En estudios realizados por Gómez *et al.* (1993) se descartaron los patrones *Langenaria vulgaris* y *Luffa cylindrica* por incompatibilidad y poca afinidad con un cultivar de melón. Alan *et al.* (2007) en un estudio de evaluación de patrones para sandía encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) en el rendimiento planta⁻¹ entre plantas injertadas y no injertadas. Éstas últimas produjeron el menor rendimiento. Este efecto fue observado también por Nijs (1981) que reportó un incremento cercano al 200 % en el rendimiento precoz de algunos cultivares y líneas de pepino injertado en *Cucurbita ficifolia* L. En otros estudios, se observó que injertando sobre *C. maxima*, *C. maxima* x *C. moschata*, *C. pepo*, *C. ficifolia* se reduce la precocidad del pepino cv. Serena (Hoyos-Echebarria *et al.*, 2001).

Se ha reportado que el injerto puede tener efectos adversos en la calidad de fruto, dependiendo especialmente del patrón (Lee, 1994; T-Nissini *et al.*, 2002; Traka-Mavrona *et al.*, 2000). Sin embargo, en este experimento, no se puede determinar una disminución de la calidad externa del fruto por efecto del injerto ya que no se presentaron diferencias estadísticas entre longitud y diámetro ecuatorial de fruto. Resultados similares fueron reportados por Yetisir *et al.* (2003) y Miguel *et al.* (2004).

En diversas investigaciones relacionadas con cultivos que son cosechados inmaduros como el pepino tienen pocos reportes de efectos negativos del injerto sobre la calidad del fruto, aunque se ha notado un incremento en su firmeza y acortamiento (Muramatsu, 1981). Sin embargo, reportes posteriores sugieren que diferentes patrones afectan características de calidad como forma de fruto, color y textura de la piel y el fruto, suavidad de la piel, firmeza, delgadez de la cáscara y contenido de sólidos solubles (Choi *et al.*, 1992; Inayama, 1989; Kang *et al.*, 1992; Robinson y Decker-Walters, 1997). Zhu *et al.* (2006) reportaron un incremento en el contenido de ácido ascórbico con el injerto.

Muchos autores indican que el injerto incrementa el rendimiento (Chouka y Jebari, 1999; Salam *et al.*, 2002; Miguel *et al.*, 2004). Esos incrementos pueden ser explicados por las ventajas que tienen las plantas injertadas como: tolerancia a bajas temperaturas, tolerancia a la salinidad, incremento en la absorción de agua y nutrientes (Rivero *et al.*, 2003).

4.1.4. Efecto del patrón en la acumulación de biomasa

Se encontraron diferencias significativas en todas las variables de acumulación de biomasa (Cuadro 4), lo cual es entendible toda vez que existe una estrecha relación positiva entre las tres (peso seco de raíz, estructura vegetativa y total).

Cuadro 4. Efecto de cuatro patrones en la acumulación de biomasa de plantas de pepino cv. Solverde

Patrón	Peso seco raíz (g)	Peso seco estructura vegetativa (g)	Peso seco total (g)
Calabaza	2.45 ab	87.48 ab	141.32 ab
Chilacayote	5.04 a	119.01 a	192.69 a
Estropajo	2.10 b	49.22 b	112.23 b
Pepino (Testigo)	2.07 b	50.64 b	100 b
DMS	2.75	65.4	52.51

⁴Medias con la misma letra dentro de columnas son iguales estadísticamente (Tukey, $P \leq 0.05$).

DMS: Diferencia mínima significativa.

De hecho, el comportamiento estadístico fue el mismo en cada variable: el patrón chilacayote produjo la media que superó estadísticamente ($P \leq 0.05$) a las restantes excepto a la de calabaza. Ésta y las dos restantes fueron estadísticamente iguales. Sin embargo, eso no se ve reflejado en algún componente del rendimiento; ya que no presentó diferencia estadística con las del patrón calabaza.

Los resultados del efecto del injerto en las plantas de pepino representan un aumento en el sistema radical que resulta en una promoción de algunos factores del crecimiento y de igual manera un incremento en el rendimiento. Como se sabe, el vigor de la parte aérea de la planta está íntimamente

relacionada con el sistema de raíces, el cual provee en forma suficiente agua y nutrimentos a la vareta. El sistema vigoroso de raíces del patrón es a menudo capaz de absorber agua y nutrientes más eficientemente que las raíces del propio cultivar y podría servir como un proveedor de hormonas endógenas adicionales (Kurata, 1994; Pulgar *et al.*, 2000).

Las cucurbitáceas usualmente muestran un aumento significativo de savia de xilema después del corte a la vareta, influenciado grandemente por el patrón. Ésta contiene una alta concentración de minerales, sustancias orgánicas y hormonas vegetales (citocininas y giberelinas) (Biles *et al.*, 1989; Kato y Lou, 1989; Masuda y Gomi, 1982; Masuda *et al.*, 1981).

Shimada y Moritani (1977) reportaron que plantas de pepino injertadas sobre patrones de calabaza produjeron más materia seca que las plantas no injertadas. Injertos de sandía sobre calabaza aumentaron el desarrollo de la raíz y la parte vegetativa de la planta, aventajando una cosecha precoz, incrementó el rendimiento y mejoró la calidad de fruta (Chouka y Jebari, 1999).

La influencia del injerto en la absorción y traslocación de fósforo, nitrógeno, magnesio y calcio ha sido ampliamente reportada (Gluscenko y Drobkov, 1952; Ikeda *et al.*, 1986; Kim y Lee, 1989; Pulgar *et al.*, 2000; Ruiz *et al.*, 1997). I-lu *et al.* (2006) sugirieron que la captación de nutrientes en plantas injertadas incrementa la fotosíntesis.

4.2. Correlaciones entre variables

En el Cuadro 5 se presentan las correlaciones entre las variables evaluadas, pero se hará referencia sólo a las que fueron significativas ($P \leq 0.05$ ó $P \leq 0.01$).

De la correlación positiva y significativa ($P \leq 0.05$) entre diámetro de tallo (DT) y altura de planta (AP) resulta que cuando el diámetro aumenta, el porte de la planta se incrementa; esto posiblemente se explica porque al haber mayor diámetro en la zona posterior al injerto; tal vez se diferenciaron más elementos de conducción. Esta tendencia se observó más claramente en el patrón calabaza.

En la correlación de longitud de entrenudos (LE) con altura de planta (AP) (0.50^*) es fácilmente observable que al ser más grandes los entrenudos, la altura se incrementa y de la correlación (0.75^*) de longitud de entrenudos (LE) y diámetro de tallo (DT), se deduce que la capacidad de transporte de agua y nutrimentos y a su vez de fotosintatos a toda la planta, se relaciona estrechamente con el diámetro de tallo. Esta tendencia se observó en los patrones calabaza y chilacayote.

El número de hojas (NH) se correlaciona con la altura de planta (AP) ya que por el manejo agronómico al que fue sometido la planta, sólo traslocó fotosintatos a un tallo principal, hojas y frutos sostenidos en él; es decir, no tuvo demandas de

carbohidratos en otros puntos. Esta tendencia se observó en los patrones calabaza y chilacayote.

Es altamente significativa la correlación entre número de hojas (NH) y altura de planta (AP) (0.94^{**}) ya que una planta más grande tiende a generar más hojas. Una tendencia de entrenudos largos se observó en los patrones calabaza y chilacayote; y de entrenudos cortos fue observada en el patrón estropajo que produjo las plantas más bajas.

El número de frutos por planta (NFP) tiene una correlación altamente significativa (0.82^{**}) con la altura de planta (AP) ya que por la genética del material empleado genera frutos en cada yema axilar y al tener plantas más grandes y entrenudos cortos, el número de frutos aumenta; y dependiendo del número de frutos que se tengan por planta y el peso individual se puede generar un aumento del peso fresco planta^{-1} como se observa en la correlación (0.63^{*}) entre altura de planta (AP) y peso fresco planta^{-1} (PFP). Este comportamiento se observó principalmente con el patrón calabaza. Este comportamiento estadístico fue reportado por Ortiz *et al.* (2009) en el mismo cultivo.

El número de hojas se correlaciona positivamente con el número de frutos por planta (NFP) peso fresco planta^{-1} (PFP) ya que las hojas son la fuente de fotosintatos de los frutos principalmente y al poder sostener un mayor número de frutos el rendimiento por planta se incrementa. Esto se observó en el patrón

calabaza. Sin embargo, en las plantas de pepino cada fitómero, además de un nudo y entrenudo, está integrado por sólo una hoja y un fruto con conexiones vasculares muy estrechas entre ellos, por lo que el área de intercepción de la energía solar es determinante en la producción de asimilados (Wien, 1999)

Se observó una correlación altamente significativa (0.83^{**}) entre los pesos secos de raíz (PSR) y peso seco vegetativo (PSV). Esto indica que un mayor desarrollo del sistema radical asegura un buen suministro de agua, nutrimentos y hormonas vegetales hacia la parte aérea de la planta lo que genera un incremento en la materia seca de la misma.

Cuadro 4. Correlaciones posibles entre 12 variables evaluadas en plantas de pepino injertadas sobre los patrones calabaza, chilacayote y estropajo.

	AP	DT	LE	NH	NFP	PFP	DF	LF	AF	PSR	PSV	PST
AP	1											
DT	0.59*	1										
LE	0.50*	0.75*	1									
NH	0.94**	0.44	0.34	1								
NFP	0.82**	0.31	0.26	0.82**	1							
PFP	0.63*	0.59*	0.57*	0.54*	0.45	1						
DF	0.04	-0.30	-0.24	0.24	0.21	-0.28	1					
LF	0.35	0.28	0.06	0.40	0.22	0.16	0.47	1				
AF	0.29	0.49	0.32	0.30	0.07	0.41	0.02	0.42	1			
PSR	0.27	-0.02	-0.02	0.30	0.25	0.15	0.21	0.32	-0.38	1		
PSV	0.39	0.19	0.08	0.37	0.46	0.37	0.05	0.39	-0.23	0.84**	1	
PST	0.35	0.11	-0.00	0.34	0.40	0.32	0.18	0.39	-0.29	0.84**	0.96**	1

* $P \leq 0.05$ ** $P \leq 0.01$

AP= Altura de planta, DT= Diámetro de tallo, LE= Longitud de entrenudos, NH= Número de hojas, NFP=Número de frutos·planta⁻¹, PFP= Peso fresco·planta⁻¹, DF=Diámetro de fruto, AF= Área foliar, PSR= Peso seco raíz, PSV=Peso seco vegetativa, PST=Peso seco total

5. CONCLUSIONES

Se encontraron efectos directos del patrón, observados como un incremento o disminución en el desarrollo vegetativo y de raíz, rendimiento y calidad externa de frutos de pepino. En lo particular, el efecto del patrón calabaza se manifestó en un incremento del rendimiento ($\text{peso fruto} \cdot \text{planta}^{-1}$), estrechamente relacionado con el incremento del área foliar. Por su parte, el patrón chilacayote produjo un incremento en la acumulación de biomasa (peso seco total), indicador de la cantidad de CO_2 fijado por la fotosíntesis, aunque no se ve reflejado del todo en el rendimiento de fruto. Por otro lado, el patrón estropajo mostró efectos adversos en el desarrollo vegetativo, rendimiento y calidad comercial del fruto.

6. LITERATURA CITADA

Acosta, M., A. y Cebolla, V. 2005. Unión del injerto. Revista Terralia. Año IX. No. 53. Valencia, España. pp. 62-65.

Abdelhafez, A.T.; Harssema, H.; y Verkerk, L. 1975. Effects of air temperature, and soil moisture on growth and development tomato itself and grafted on its own and eggplant rootstock. Sci. Hortic. 3 (1):65-73.

Alan, O.; Ozdemir, N. y Gunen, Y. 2007. Effect of grafting on watermelon plant growth, yield and quality. Journal of Agronomy. 6(2):362-365.

Benton, J. 2008. Tomato plant culture. CRC Press. Segunda edición. pp. 1-35

Biles, C., L.; Martin, R. D. y Wilson, H. D. 1989. Isozymes and general proteins from various watermelon cultivars and tissue types. HortScience 24(5):810-812.

Burgueño, H. y Barba, M. 2001. El injerto en hortalizas. Hortalizas, Frutas y Flores. Editorial Agro Síntesis S. A. de C. V. México. pp 8-13.

Camacho, F., F. y Fernández, R., E. 1996. Influencia de patrones utilizados en el cultivo de sandía bajo plástico. Caja rural de Almería España. Tesis pp. 5-35

Chailakhyan, M. Kh. y Khrianin, V. N. 1987. Influence of environmental factors and nutrition on sex determination in plants: A review, p. 31-32. *In*: K. Thimann (Ed.). Sexuality in plants and its hormonal regulation. Springer- Verlag, New York.

Choi, J. S., Khang, K. R., Khang K. H. y Lee, S. S. 1992. Selection of cultivars and improvement of cultivation techniques for promoting export of cucumbers (in Korean with English summary). Res. Rpt., Min. Sci. y Techno., Seoul, Republic of Korea. p. 74.

Chouka, A.S. y H. Jebari. 1999. Effect of grafting on watermelon on vegetative and root development, production and fruit quality. Acta Hortic. 492: 85-93.

Daunay, M. C. 1986. Adaptation de l'aubergine au climat méditerranéen. Thèse de Doctorat en Sciences. Université de Aix, Marseille III. 145p.

Edelstein, M.; Cohen, R.; Burger, Y.; Shriber, S. 2004. Integrated Management of Sudden Wilt in Melons, Caused by *Monosporascus cannonballus*, Using Grafting and Reduced Rates of Methyl Bromide. Plant Disease (83)12

Fogg, G. E. 1967. El crecimiento de las plantas. EUDEBA. Buenos Aires. Argentina. 327 p.

Fujieda, K. 1994. Cucumber. *In*: Organizing Committee XXIV International Horticultural Congress Publication Committee (Ed.) Horticulturae in Japan. Asakura, Tokio. pp 69-73

García, E. 1973. Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a la República Mexicana. UNAM. México. 192 pp.

Gluschenko, I. E. y A. A. Drobkov. 1952. Introduction and distribution of radioactive elements in grafted plants and their effect on the development of tomato [in Russian]. *Izv. Akad.Nauk S.S.R.R. Ser, Biol.* 6:62-66.

Golecki, B., Schuls, A., Carstens-Behrens, U., y Kollmann, R. 1998. Evidence for graft transmission of structural phloem proteins or their precursors in heterografts of Cucurbitaceae. *Planta*, 206 (4), 630-640.

Gómez, J.; Cuadrado, I. y Velasco, V. 1993. El virus de las manchas necróticas del melón (MNSV) en Almería. III. Eficacia del injerto del melón para combatir el MNSV. *Bol. San. Veg. Plagas.* 19:187-192.

Gomi, K. y Masuda, M. 1981. Studies on the characteristics of nutrient absorption of rootstocks in grafting fruit vegetables. I. Magnesium deficiency of leaves of cucumber as affected by rootstock, *C. ficifolia*

and potassium concentration in culture solution (in Japanese with English summary). Bul. Fac. Agr., Miyakazi Univ., Japan. 27(2):179-186.

González, J.M., F. Radillo, F. De J. Martínez Y M. Bazán. 2003. Evaluación de diferentes portainjertos en el desarrollo vegetativo del cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*) variedad Tri-x 313. Memorias del X Congreso Nacional de la Sociedad de Ciencias Hortícolas. México. p. 43

Guenkov, Guenko. 1974. Fundamentos de la horticultura cubana. Instituto Cubano del Libro. La Habana. 355 p.

Hartmann, T. H., y Kester, E. D. 1992. Propagación de plantas. Principios y prácticas. (Ed.) CECSA. 6a reimpresión. (pp. 365-466). México.

Hartmann, T. H., y Kester, E. D. 2002. Plant propagation principles and practices. 7 th. Ed. Prentice Hall New York, NJ, USA. pp 411-460.

Hazama, W.; Morita, S.; Kato, T. 1993. Resistance to *Corynespora* target leaf spot in cucumber grafted on a bloomless rootstock. Soc. Phytopathology. Soc. Japan 59:243-248

Hazama, K.; Miura, H.; Shimada, T.; Okuda, Y.; Murashita, T. Nishibe, T. 2004. Relationship Between Fibril Length and Tissue Ingrowth in the Healing of Expanded Polytetrafluoroethylene Grafts. *Surg Today* 34:685–689

Heo, Y. C. 1991. Effects of rootstock on exudation and mineral elements contents in different parts of Oriental melon and cucumber (in Korean with English summary). M S thesis, Kyung Hee Univ., Seoul, Korea. p. 53.

Herrero, J. 1962. Incompatibilidad entre patrón e injertos. V. Variedades de ciruelo injertadas sobre Mirobolán B. *An. Estac. Exp. Aula Dei (Zaragoza)* 7 (1-2):56-63.

Hoyos-Echebarria, P.; Fernández, J.A. y Martínez, P.F.; Castilla, N., 2001. Influence of different rootstocks on the yield and quality of greenhouses grown cucumbers. *Acta Horticulturae*, n.559, p.139- 143

Hutchinson, A. W. 1980. Plant propagation and cultivation. (Ed.) The Avi Publishing Company, Inc. (pp.195-197). Wesport Conn. USA.

Ikeda. H. O. Shinji. y A. Kazuo. 1986. The comparison between soil and hydroponics in magnesium absorption of grafting cucumber and the effect of increased application of magnesium. *Bull. Natl. Veg. Res. Ins. Japan*, 9:3 1-4 1.

Inayama, M. 1989. Influences and problems of 'blooniless' cucumber [in Japanese]. *Yasai Engei Gijyutu* 16:7-39.

Jeffree, E. C., y Yeoman, M. M. 1983. Development of intercellular connections between opposing cells in a graft union. *New Phytologist*, 93: 491-509.

Jeong, S. J. y Lee, J. M. 1986. Effects of rootstocks and growth regulator treatments on the growth and yield of fall-sown cucumbers (in Korean with English summary). Inst. Food Development. Kyung Hee Univ., Suwon, Korea. *Res. Collection* 7:77-87.

Jifon, J.L; Crosby, K. M.; Leskovar, D. I. y Miller, M. 2008. Diseases in Grafted Watermelons. *Proc. IVth IS on Seed, Transplant and Stand Establishment of Hort. Crops. Acta Hort.* 782:68-72.

Jung, M. L. 1994. Cultivation of grafted vegetables I. Current status, grafting methods, and benefits. *HortScience* 29 (4): 235-244.

Kang, KS., S.S. Choi. y S.S. Lee. 1992. Studies on rootstocks for stable production of cucumber, *Kor. Soc. Hort. Sci.* 19:122-123(abstr.).

Kato, T. y Lou, H. 1989. Effect of rootstock on the yield, mineral nutrition and hormone level in xylem sap in eggplant. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 58(2):345-352.

Kim, S.F. y I.M. Lee. 1989. Effect of rootstocks and fertilizers on the growth and mineral contents in cucumber (*Cucio/c sat/ins*). Res.Collection, Inst. Food Develop. Kyung Hee Univ., Korea 10:75-82.

Kragler, F.; Monzer, J.; Shash, K.; Xonocostle-Cázares, B.; Lucas, W.J. 1998 Cell-to-cell transport of proteins: requirement for unfolding and characterization of binding to a putative plasmodesmal receptor. Plant J 15: 367–381

Kurata, S. 1994. Cultivation of grafted vegetables II. Development of grafting robots in Japan. Hort. Sci. 29(4):240-244.

Lee, J. M. 1989. On the cultivation of grafted plant of cucurbitaceous vegetables (in Korean with English summary). J. Kor. Soc. Hort. Sci.30(3):169-179.

Lee, J.M. 1994. Cultivation of grafted vegetables. I. Current status, grafting methods and benefits. HortScience. 29 235–239.

Lee, J. M.; Bang, H. M.; Ham, S. 1998. Grafting of vegetables. J. Jpn. Soc. Hort. Sci. 67:1098-1114.

Lee, J.M.; Oda, M. 2003. Grafting of herbaceous vegetable and ornamental crops. Hort.Rev. (Amer. Soc. Hort. Sci.) 28:61-124

Lee, J. M. 2003. Advances in vegetables grafting. Chron. Hort. 43 (2)

León, H. 2006. Manual para el cultivo de tomate en invernaderos. SEP-INDAUTOR. Segunda edición. pp. 19-26.

López-Elías, J.; Francisco-Romo, A.; Domínguez, G., J. 2008. Evaluación de métodos de injerto en sandía (*Citrullus lanatus* (thunb.) Matsum. & Nakai) sobre diferentes patrones de calabaza. IDESA. No. 2. pp 13-138

Masuda, M.; Nakamura, T.; y Gomi, K. 1981. Studies on the characteristics of nutrient absorption of rootstocks in grafting of fruit vegetables. II. Effect of rootstock, *Cucurbita ficifolia* on the growth and mineral composition of xylem sap in cucumber in relation to potassium concentration in culture system. Bull. Fac. Agric., Miyazaki University, Miyazaki, Japan 27:197-214.

McCreight, J.D.; Nerson, H.; Grumet, R. 1993 *Melon Cucumis melo* L. In Genetic Improvement of Vegetable Crops (Kalloo, G. and Berch, B.O., eds). Oxford: Pergamon Press, pp. 267–294.

Mcmillan, B. P. 1979. Plant propagation. (Eds.) Mitchel Beazley Publishers Limited. (pp. 86-87). New York.

Miguel, A. 1997. Grafting for the control of soilborne pathogens. In: Bello, A., González, J.A., Arias, M. and Rodríguez-Kabana, R. (eds) Alternatives to methyl bromide for the southern European countries (pp. 85-87). Graficas Papallona S.C.V. Valencia, Spain

Miguel, A. J.V.; Maroto. A.; San Bautista., C.; Baixauli, V.; Cebolla, B.; Pascual, S.; Lopez-Galarza, y J.L. Guardiola. 2004. The grafting of triploid watermelon is an advantageous alternative to oil fumigation. *Scientia Hort.* 103:9 -17.

Miguel de, A.; López, M. M.; Torre, F. de la; Baixauli, C.; Maroto, J. V.; Jordá, J. V.; García-Jiménez, J. 2007. Injerto de hortalizas. Ministerio agricultura, pesca y alimentación. MAPA. Madrid, España pp. 63-92.

Moore, R. 1981. Graft compatibility / incompatibility in higher plants. En Fritz, J. (Ed.), What's new in plant physiology. USPS Publication. (pp. 13-16)

Moore, R. 1984. A model for graft compatibility-incompatibility in higher plants. *Amer. J. Bot.* 71 (5)

Morishita, M.; Sakata, Y.; Sugiyama, K. 1999. Effect on rootstock on incidence of powdery mildew in cucumber. *J. Japan Soc. Hort. Sci.* 68:513

Mosse, B. 1962. The establishment of vesicular-arbuscular mycorrhiza under aseptic conditions. *Journal of General Microbiology*. 27:9-20

Muramatsu. V. 1981. Problems on vegetable grafting [in Japanese]. *Shisetu Engei*. 10:48-53:11:46-52.

Nijs, A.P.M., 1981. The effect of grafting on growth and early production of cucumbers at low temperature. *Acta Horticulturae*, 118, p.57-63.

Oda, M., Nagaoka, M. Mori, T., y Sei, M. 1994. Simultaneous grafting of young tomato plants using grafting plates. *Scientia Horticulturae*, 58, 259-264.

Oda, M. 1995. New grafting methods for fruit-bearing vegetables in Japan. *JARQ*, 29 (3), 187-194.

Oda, M.; Akazawa, S.; Mori, T.; y Sei, M. 1995. Growth and yield of tomato plants grafted using a instrument for plugs. *Bulletin National Research. Institute of Vegetables, Ornamental Plants and Tea*, 10, 33-38.

Oda, M.; Nagata, M.; Tsuji, K., y Sasaki H. 1996. Effects of scarlet eggplant rootstock on growth, yield, and sugar content of grafted

tomato fruits. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science, 65 (3), 531-536.

Oda, M.; Okada, K.; y Sasaki, H. 1997. Growth and yield of eggplants grafted by a newly developed robot. HortScience, 32 (5), 848-849.

Oda, M.; Kawaguchi, M.; Ikeda, H.; Furukawa, H. 2002. Thickening and sugar accumulation at the stem above graft union of tomato plants grafted onto *Solanum* rootstocks. XXVIth International Horticultural Congress, On-Site program. 545p

Ortiz, C. J.; Sánchez, del C. F.; Mendoza, C. Ma. C.; Torres, G. A. 2009. Características deseables de plantas de pepino crecidas en invernadero e hidroponía en altas densidades de población. Revista Fitotecnia Mexicana. 32(4):289-294

Padgett, M. y Morrison, J. C. 1990. Changes in grape berry exudates during fruit development and their effect on mycelia growth of *Botrytis cinera*. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 115(2):256-257.

Poessel, J. L; Ermel, F. F. y Faurovert, M. 1996. Le point sur les bases physiologiques de la greffe vegetale. 368 PHM.

Pulgar, G.; G. Villora; D.A. Moreno; y L. Romero. 2000. Improving the mineral nutrition in grafted watermelon plants: Nitrogen metabolism. *Biol. Plant.* 43:607-609.

Rivero, M.; Ruiz, M. y Romero, L. 2003. Role of grafting in horticultural plants under stress conditions. *Food. Agric. Environ.* 1:70-74.

Robinson, R.W. y D.S. Decker-Walters, 1997. Cultural requirements, p. 13-143. In: Robinson, R.W. and D.S. Decker-Walters (eds.). (Cucurbits. CAB International, Wallingford, UK.

Roberts, J. R. y Brown, R. 1961. The Development of the Graft Union. *Jour. Exp. Bot.* 12 (35)

Romano, D.; Paratore, A. 2001. Effects of grafting on tomato and eggplant. *Acta Horticulturae* 559: 149-153.

Ruiz, J.M., A. Belakhir; I. Lopez-Cantarero; y L. Romero. 1997. Leaf macronutrient content and yield in grafted melon plants. A model to evaluate the influence of rootstock genotype. *Scientia Horticulturae.* 71:227-234.

SAS. 2006. Statical Analysis Sistem. Institute Inc SAS. Version 9. North Caroline. USA.

Salam, M. A; M. I-I. Masum; S.S. Chowdhuiy; M.A. Saddeqtie y M.R. Islam. 2002. Growth and yield of watermelon as influenced by grafting. I. Biol. Sci. 2:298-299.

Santamour, F.S. Jr. 1988. Graft compatibility in woody plants: an expanded perspective. J. Environ. Hort. 6(1): 27-32.

Schwentesius, R. R.; Gómez, C. M. A.1997. TLC y mercado hortícola. El caso del jitomate, pepino, chile bell y calabacita. Reporte de Investigación 3. CUESTAAM. Universidad Autónoma Chapingo. México.

Shanfa, L., y Yanru, S. 1999. Relation between phytohormone level and vascular bridge differentiation in graft union of explanted internode autografting. Chinese Science Bulletin, 44 (20), 1874-1879.

Shimada, N. y Moritani, M. 1977. Nutritional studies on grafting of horticultural crops. (2) Absorption of minerals from various nutrient solutions by grafted cucumber and pumpkin plants. J. Japan Soc. Soil Sci. Plant Nutr. 48:396-401.

Steiner, A. A. 1961. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant and Soil. (15)2:134-154

Takahashi, H.; Shiraki, M.; Uchida, Y.; Kawagoe, H.; Okada, A.; Takamae, T.; Fukugawa, H.; Noma, H.; Hosoyamada, Y. 1982. A wilting symptom on the grafted watermelon and its control. Bull. Miyazaki Agr. Exp. Sta. 16:35

T-Nissini, P.; Colla, G.; Granati, E.; Temperini, O.; Crino, P. y Saccardo, F. 2002. Rootstock resistance to fusarium wilt and effect on fruit yield and quality of two muskmelon cultivars. Sci. Hortic. 93:281-288.

Tiedemann, R. 1989. Graft union development and symplastic phloem contact in the heterograft *Cucumis sativus* on *Cucurbita ficifolia*. Journal of Plant Physiology, 134, 427-440.

Traka-Mavrona, E. M.; Koutsika-Sotiriou y T. Pritsa. 2000. Response of squash (*Cucurbita spp.*) as rootstock for melon (*Cucumis melo* L.). Scientia Hortic., 83: 353-362.

Turquois, N., y Malone, M. 1996. Non destructive assessment of developing hydraulic connections in the graft union of tomato. Journal of Experimental Botany, 47 (298), 701-707.

Valadez-López, A. 1994. Producción de hortalizas. UTHEA. México. 298pp.

Volk, W. A. 1996. Microbiología básica. Harla. 7ª Edición. México. 819p.

Wien, H. C. 1999. The cucurbits: cucumber, melon, squash and pumpkin. *In*: The Physiology of Vegetable Crops. H C Wien (ed). CABI Pub. Ithaca, New York, USA. pp 345-386.

Wilcox C., D.; Dove, S. B.; Doss, W.M.; Greer, D. B. 2002. UTHSCSA Image tol. IT Version 3.0. Ed. Departament of Dental Diagnostic Science. University of Texas Health Science Center. San Antonio, Texas, USA. 57p.

Yamakawa, B. 1983. Grafting. *In*: Nishi (Ed). Vegetable Handbook (in Japanese). Yokenda Book Co. Tokyo, Japan.

Yamasaki, A.; Yamashita, M. y Furuya, S. 1994. Mineral concentrations and cytokinin activity in the xilem exudate of grafted watermelons as affected by rootstocks and crop load. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62(4):817-826.

Yetisir, H. y N. Sari. 2003. Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. Australian Journal of Experimental Agriculture, 43: 1269-1274.

Wright, N. R. 1973. The Complete Handbook of Plant Propagation. En: Macmillan Publishing Co. Inc. (Ed.), (pp. 90-93.). New York. USA.

Zhu, L. Z.L. Bie. Y. Huang, y X.Y. Han. 2006. Effects of different grafting methods on the grafting work efficiency and growth of cucumber seedlings. China Veg. 9:24 25.