

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**"CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO EN SANDÍA INJERTADA SOBRE PATRONES
DE *Cucurbita* spp."**

ELMI NOEL VELÁZQUEZ GARCÍA

T E S I S

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México.

Diciembre de 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
"ANTONIO NARRO"
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**"CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO EN SANDÍA INJERTADA SOBRE PATRONES
DE *Cucurbita* spp."**

Por:

ELMI NOEL VELÁZQUEZ GARCÍA

TESIS

**Presentada como Requisito Parcial para
Obtener el Título de:**

INGENIERO AGRÓNOMO

Torreón, Coahuila, México. Diciembre de 2008

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

**“CUANTIFICACIÓN DE LICOPENO EN SANDÍA INJERTADA SOBRE PATRONES
DE *Cucurbita* spp.”**

Por

ELMI NOEL VELÁZQUEZ GARCÍA

TESIS

**Que somete a consideración del Comité asesor como requisito
parcial para obtener el Título de:**

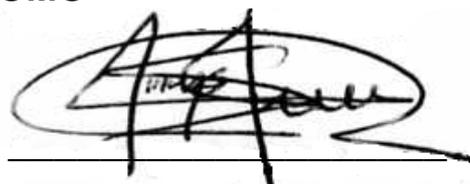
INGENIERO AGRÓNOMO

Aprobada por:



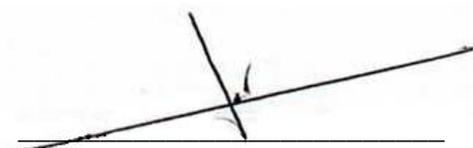
Dr. José Luis Puente Manríquez

Asesor principal



Dr. Jesús Vásquez Arroyo

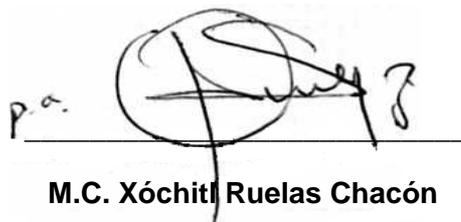
Asesor



Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa

Asesor

p.a.



M.C. Xóchitl Ruelas Chacón

Asesor



M.E. Víctor Martínez Cueto

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA
“ANTONIO NARRO”
UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DEL C. ELMÍ NOEL VELÁZQUEZ GARCÍA QUE SE SOMETE A LA CONSIDERACIÓN DEL H. JURADO EXAMINADOR, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

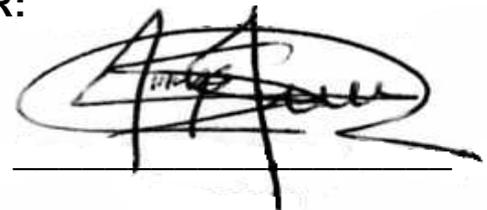
INGENIERO AGRÓNOMO

APROBADA POR:



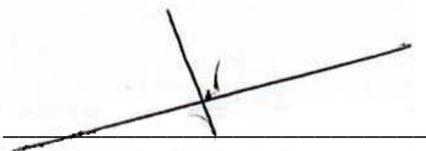
Dr. José Luis Puente Manríquez

Presidente



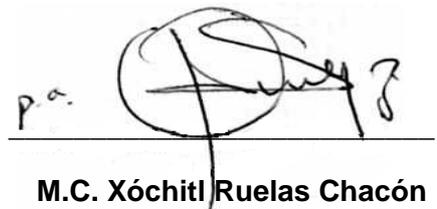
Dr. Jesús Vásquez Arroyo

Vocal



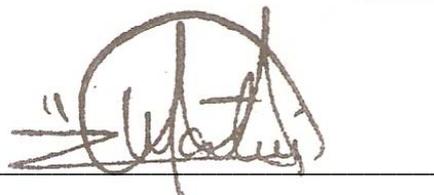
Ing. Juan de Dios Ruiz de la Rosa

Vocal



M.C. Xóchitl Ruelas Chacón

Vocal suplente



M.E. Víctor Martínez Cueto

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

diciembre de 2008

DEDICATORIAS

A Dios;

Por permitirme concluir una etapa importante de mi vida y acompañarme siempre, a Ti, dedico éste triunfo.

A mis abuelitos;

Raymundo Velázquez López y Regina Pérez Pérez

Como un reconocimiento por su amor, trabajo y haberme educado
Dios premie lo que hicieron por mí.

A mis padres;

Por confiar en mí y haber luchado siempre por verme superar. Dios llene de bendición sus vidas.

A mis hermanos;

Por brindarme su cariño, apoyo y comprensión.

A mis amigos;

Ustedes son mis otros hermanos que Dios me envió. Les deseo prosperidad en la vida.

AGRADECIMIENTOS

A Dios;

Por darme la vida y ser mi más grande aliado y amigo.

A mis padres;

Ricardo Velázquez Pérez
Floricelda García Morales (qepd).
Alicia Roblero Gómez

Gracias por su amor, cariño y apoyo.

A la universidad;

Autónoma Agraria “Antonio narro”

Por abrigarme con sus conocimientos
y enseñarme a administrar las fuerzas
con que he de luchar en la vida.

A mis asesores;

Por compartir sus conocimientos
y experiencias, pero sobre todo
gracias por su amistad.

A mis amigos:

Con ustedes compartí sonrisas
y lágrimas, pero sobre todo complicidades.
Gracias por hacerme saber que siempre
estarán allí si os necesito.

RESUMEN

El licopeno, responsable del color rojo característico de la sandía y el tomate principalmente, es un poderoso antioxidante que ayuda a combatir enfermedades cardiovasculares en el hombre. El estudio se realizó durante el ciclo agrícola primavera-verano 2008, en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Unidad Laguna ubicada en Torreón, Coahuila. Se evaluó el efecto del injerto de sandía variedad Jubilee sobre diferentes patrones de especies de calabaza en la concentración de licopeno así como la incompatibilidad portainjerto-variedad. El diseño experimental fue de bloques al azar con cuatro tratamientos y tres repeticiones. Los tratamientos fueron Jubilee/*C. moschata*, Jubilee/*C. mixta*, Jubilee/*C. máxima* y testigo (Jubilee). Se determinó el número de hojas, longitud de guías e incompatibilidad; el rendimiento total, comercial y rezaga; espesor de la corteza, contenido de sólidos solubles, concentración de licopeno y color (espacio $L^* a^* b^*$). Se realizaron las correlaciones de parámetros. El crecimiento vegetativo en número de hojas y longitud de guías fueron estadísticamente iguales. La mayor compatibilidad entre patrón-variedad fue para *C. moschata* variedad Kabocha. El mayor rendimiento comercial fue al injertar la sandía sobre el portainjerto *C. máxima* variedad Thai Rai Kaw Tok. En calidad, el mayor contenido de licopeno y sólidos solubles se presentó en el portainjerto de *C. moschata* variedad Kabocha. Existió una correlación negativa para crecimiento vegetativo longitud de guía con calidad de sólidos solubles. Se concluyó que el injerto no afecta el crecimiento vegetativo, aumenta el rendimiento total, el portainjerto *C. moschata* var. Kabocha tuvo el mejor efecto en el contenido de licopeno y sólidos solubles.

PALABRAS CLAVE: Injertos, Licopeno, Espectrofotometría.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Página
Dedicatoria	I
Agradecimientos.....	II
Resumen.....	III
Índice.....	IV
Índice de cuadros	VIII
Índice de figuras	IX
I INTRODUCCIÓN	1
1.1. Objetivos	2
1.1.1. Objetivo general	2
1.1.2. Objetivos específicos.....	3
1.2. Hipótesis.....	3
II REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Generalidades de la sandía.....	4
2.1.2. Origen.....	4
2.1.3. Taxonomía y Morfología.....	4
2.1.4. Requerimientos climáticos y edáficos.....	5
2.1.5. Manejo del cultivo.....	6
2.1.5.1. Acolchado.....	6
2.1.5.2. Fertirrigación	7
2.1.5.3. Siembra y trasplante.....	8
2.1.5.4. Principales plagas y enfermedades.....	9
2.1.5.5. Composición química	10
2.1.5.6. Cosecha	10
2.2. Calabazas	11
2.2.1. Generalidades	11
2.2.2. Taxonomía y descripción botánica	12
2.2.3. Generalidades sobre su cultivo y adaptación	13
2.3. Injerto en hortalizas	14
2.3.1. Historia del injerto.....	15

2.3.2. Especies que se injertan	16
2.3.3. Injertos intraespecies e interespecies.....	16
2.3.4. Proceso de unión del injerto	16
2.3.5. Factores que influyen en la unión del injerto	17
2.3.5.1. Temperatura	17
2.3.5.2. Humedad	17
2.3.5.3. Oxígeno	17
2.3.5.4. Actividad de crecimiento del patrón.....	18
2.3.6. Incompatibilidad	18
2.3.7. Interacción patrón-variedad.....	19
2.3.8. Métodos de injerto en curcubitáceas	19
2.3.8.1. Injerto de aproximación	19
2.3.8.2. Injerto de púa	20
2.3.8.3. Injerto de empalme.....	20
2.3.8.4. Injerto de cuña.....	20
2.3.9. El injerto en sandía.....	21
2.4. Carotenoides	22
2.4.1. Clasificación de los carotenoides	22
2.4.2 Propiedades físicas y químicas de los carotenoides	23
2.4.3. Ruta biosintética de carotenos en plantas.....	23
2.4.4 Composición química del licopeno	25
2.4.5. Importancia del licopeno.....	26
2.4.6. Beneficios del licopeno.....	26
2.4.7. Fuentes de licopeno	27
2.4.8. Metabolismo del licopeno	27
2.4.9. Mecanismos de acción del licopeno	28
2.4.10. Estabilidad del licopeno.....	28
2.4.11. Métodos para el análisis de licopeno.....	29
III MATERIALES Y MÉTODOS.....	30
3.1. Localización del experimento	30
3.2. Localización de la Comarca Lagunera	30
3.3. Condiciones ambientales	30
3.4. Diseño y análisis experimental	31

3.5. Conducción del experimento	31
3.5.1. Obtención de las plántulas	31
3.5.2. Preparación del terreno	32
3.5.2.1. Preparación de las camas	32
3.5.3. Instalación del sistema de riego	32
3.5.4. Acolchado plástico.....	32
3.5.5. Trasplante	33
3.5.6. Fertilización	33
3.5.7. Riegos	33
3.5.8. Control de maleza	33
3.5.9. Polinización	33
3.5.10. Control de plagas y enfermedades.....	34
3.5.12. Cosecha	34
3.5.13. Cuantificación de licopeno.....	34
3.6. Variables evaluadas	36
3.6.1. Crecimiento vegetativo	36
3.6.1.1. Numero de hojas	36
3.6.1.2. Numero de guías	37
3.6.1.3. Longitud de guías	37
3.6.2. Incompatibilidad	37
3.6.3. Rendimiento	37
3.6.3.1. Rendimiento total.....	37
3.6.3.2. Rendimiento comercial	37
3.6.3.3. Fruto de rezaga	37
3.6.4. Calidad	38
3.6.4.1. Contenido en sólidos solubles.....	38
3.6.4.2. Espesor de la corteza.....	38
3.6.4.3. Color Interno.....	38
3.6.4.4. Contenido de licopeno.....	38
IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN	39
4.1. Crecimiento vegetativo e incompatibilidad	39
4.2. Rendimiento total	40
4.3. Calidad de fruto	42

4.3.1. Color.....	43
4.4. Correlaciones	44
V CONCLUSIONES	46
VI BIBLIOGRAFÍA	47
VII APÉNDICE	54

ÍNDICE DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Composición nutritiva de la parte comestible de sandía (100 g como base).	10
Cuadro 2. Composición nutritiva de las calabazas (<i>C. mixta</i> , 100 g como base).	11
Cuadro 3. Clasificación de los carotenoides.....	23
Cuadro 4. Tratamientos estudiados bajo injerto en sandia sobre diferentes patrones de especies de calabaza sobre la concentración de licopeno.....	32
Cuadro 5. Relación de productos químicos utilizados durante el ciclo del cultivo. ...	34
Cuadro 6. Distribución de los tratamientos con sus respectivas repeticiones del diseño experimental utilizado.	36
Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia para crecimiento vegetativo e incompatibilidad.	39
Cuadro 8. Efecto del injerto de sandia sobre diferentes patrones de especies de calabaza en el crecimiento vegetativo e incompatibilidad.	40
Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia para las variables rendimiento.	40
Cuadro 10. Influencia de los diferentes portainjertos utilizados sobre el rendimiento en ton ha ⁻¹	41
Cuadro 11. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia para las variables de calidad.....	42
Cuadro 12. Influencia de los diferentes portainjertos utilizados sobre la calidad del fruto.	42
Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable color.	43
Cuadro 14. Influencia de los diferentes patrones utilizados en sandia sobre el color del fruto.	44
Cuadro 15. Variables correlacionas de crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad en sandia injertada.	44

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Diferencias morfológicas entre diversas especies de calabazas, a través de sus hojas y pedúnculos de inserción en los frutos	13
Figura 2. Ruta de biosíntesis de carotenos en plantas.....	24
Figura 3. Estructura química del licopeno predominante en los vegetales.....	25
Figura 4.- Curva de calibración del licopeno.....	35

I INTRODUCCIÓN

La sandía es un alimento muy refrescante y ligeramente laxante a consecuencia de celulosa que contiene, se convierte en una fruta excelente para los meses de verano. En México se siembran alrededor de 48,807.28 ha. Alcanzando una producción media de 22.51 ton ha⁻¹. Del total de la producción nacional de sandía 40 por ciento se canaliza hacia Estados Unidos, 30 por ciento a Canadá y el resto al mercado nacional (SAGARPA, 2007).

En la Región Lagunera, el cultivo de sandía es una de las actividades principales, tiene importancia económica y social por la movilización del producto a los diferentes estados del país y al extranjero, de manera que genera empleos anuales estimados en un promedio de 157 jornales por hectárea (Moran *et al.*, 2005).

La prevención de diversas enfermedades cardiovasculares en el hombre, causadas por la degeneración de tejidos debida al oxígeno altamente reactivo, han llevado a la búsqueda e investigación de sustancias con alto potencial antioxidante, como el Licopeno, el cual se encuentra en tomates, toronjas rojas, sandías y pimientos rojos, y es el principal componente responsable de su característico color rojo profundo (Cardona *et al.*, 2006).

Los carotenoides son compuestos solubles en lípidos, y son los encargados de dar color a los frutos y vegetales, entre los más importantes para el organismo se tiene al licopeno, el cual además de ser un importante indicador de la calidad de los alimentos por su actividad antioxidante (Alanís *et al.*, 2005), presenta una estructura química de cadena abierta con once dobles enlaces conjugados, de estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono, (Fernández *et al.*, 2007).

La sandía es uno de los pocos alimentos ricos en licopeno, un carotenoide sin actividad de provitamina A que tiene dos veces más capacidad antioxidante que el β -

caroteno (Edwards *et al.*, 2003). Científicos han encontrado que el licopeno en la dieta se relaciona con una reducción en la incidencia de tipos de cáncer crónicos y enfermedades cardiovasculares (Perkins *et al.*, 2002).

Investigaciones sobre la biodisponibilidad del licopeno se han centrado sobre productos de tomate. Otras fuentes naturales de licopeno incluyen la guayaba, toronja roja, sin embargo su aportación de licopeno en la dieta es limitada. La concentración de licopeno en la sandía es de 4868 mg/100g 40% más alto que el del tomate 3025 mg/100g, no obstante, aún no hay datos sobre la biodisponibilidad del licopeno que contiene la sandía (Edwards *et al.*, 2003).

Por otro lado, la introducción de las cucurbitáceas injertadas en la agricultura moderna va en aumento. El principal motivo para el uso de plantas injertadas es evitar los daños que son causados por plagas y agentes patógenos del suelo. Además las plantas injertadas pueden contribuir a aumentar la tolerancia a los factores abióticos, a un uso más eficaz del agua y de nutrientes, a una mejor calidad y mayor rendimiento de las frutas (Koren, 2007).

Loria (2005), define a la injertación como un método de multiplicación que consiste en la unión de dos partes vegetales que bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura, forman un tejido de cicatrización que permite restablecer el sistema circulatorio de ambas partes.

Científicos de ARS han encontrado que la sandía además de contener más licopeno por porción que otras verduras o frutas, evaluaron que la técnica de injertar no reduce los niveles de licopeno y azúcar (Core, 2005).

1.1. Objetivos

1.1.1. Objetivo General

Evaluar el efecto del injerto en sandía sobre patrones de *Cucurbita* spp. en la concentración de licopeno.

1.1.2. Objetivos específicos

Evaluar el efecto del injerto de sandía “Jubilee” sobre patrones de *Cucurbita máxima*, *C. mixta* y *C. moschata* en la concentración de licopeno

Evaluar compatibilidad de injertar sandía “Jubilee” sobre patrones de *Cucurbita mixta*, *C. máxima* y *C. moschata*.

1.2. Hipótesis

El Injerto de sandía en calabaza no reduce los niveles de licopeno ni de azúcares.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Generalidades de la sandía

2.1.2. Origen

La sandía es una planta cuyo origen está en África tropical y subtropical. La especie se ha extendido por todo el mundo y se le cultiva en las regiones tropicales y subtropicales del planeta, sembrándose para abastecer a mercados locales e internacionales, en donde se consume como fruta fresca por su elevado porcentaje de agua, refrescos, helados y jugos. La corteza del fruto puede utilizarse como alimento de determinados animales como cerdos, patos, gallinas etc. (Salunkhe y Kadam, 2003).

2.1.3. Taxonomía y Morfología

La sandía pertenece al género *Citrullus* de la familia *Cucurbitaceae* sub-tribu *Benincasinae*. Esta familia agrupa aproximadamente 90 géneros y entre 700 a 760 especies. A la misma familia pertenecen las calabazas, guajes, melones, pepinos, luffa, y numerosas malezas. Hay cuatro especies, *Citrullus vulgaris* shard, que incluyen la sandía cultivada [renombrada como *C. lanatus* (Thunb)], *C. colocynthis*, *C. ecirrhosus* cong, *C. naudinianus* (Sond) (Maroto, 2002).

El sistema radicular es muy ramificado, con una raíz principal y raíces secundarias distribuidas dentro de los primeros 60 cm. del suelo; así mismo estas raíces laterales se extienden hasta 4 m., una temprana destrucción de la raíz al trasplante, puede ser ventajoso en obtención superior de la producción (Muñoz, 1992).

Los tallos de la planta de sandía se desarrollan en forma rastrera, alcanzando una longitud de hasta 10 m, aunque hay variedades de tipo enano (genes dw-1 y dw-2) con guías de longitud reducida y ligeramente menos ramificados. Al tener de

5-8 hojas el tallo principal emite brotaciones de segundo orden a partir de las axilas de las hojas, logrando cubrir un espacio de 4-5m². Los tallos son herbáceos, recubiertos de pilosidad que se desarrollan de forma rastrera pudiendo trepar (Pérez, 1998).

Las hojas son pecioladas, dispuestas de forma alterna en el tallo divididas en 3 a 5 lóbulos, con excepción del genotipo no-lobulado que es gobernado por el gene 'nl'; por lo general muestran un color verde rojizo, que a su vez se dividen en segmentos redondeados. La nervadura principal es sobresaliente y de ésta salen nervaduras a cada lóbulo. En la axila de cada hoja se tiene lugar a la generación de zarcillos (Pérez, 1998)

Las flores son masculinas o femeninas de color amarillo, solitarias y de polinización entomófila, aparecen a las 8 semanas después de la siembra. Las flores masculinas que son las primeras en aparecer disponen de 8 estambres. Las flores femeninas poseen estambres rudimentarios y un ovario infero veloso, aparecen en el brote principal, secundario y terciario. La aparición temprana de flor femenina o pistilada es deseable especialmente si la fertilidad en las mismas es alta ya que asegura un amarre temprano de fruto (Juárez s/f)

Según Maroto (2002), el fruto es una baya globulosa u oblonga de tamaño variable, pudiendo pesar entre 20 y 15 kg, con pulpa rozada o rojiza (a veces amarilla), muy desarrollada, en cuyo seno aparecen dispuestas las semillas, que son aplanadas y de colores variables (Blancas, negras marrones).

2.1.4. Requerimientos climáticos y edáficos

El manejo racional de los factores climáticos de forma conjunta es fundamental para el funcionamiento adecuado del cultivo, ya que todos se encuentran estrechamente relacionados y la actuación sobre uno de estos incide sobre el resto.

Salunkhe y Kadam (2003), mencionan que la sandía puede sembrarse en una amplia variedad de suelos. Los suelos franco arenosos y los francos con buen drenaje son los mejores para el cultivo de la sandía, aunque también podrían usarse

suelos mas pesados con drenajes adecuados o limosos. Cuando se usan suelos arenosos, deben complementarse con humus o abono. El cultivo puede resistir condiciones acidas mejor que otras *Cucurbitas*, el rango de ph óptimo es de 6.5-7.0.

La sandía es un cultivo de estaciones cálidas y no pueden resistir los climas fríos, sobre todo la helada. Es menos exigente en temperatura que el melón, siendo los cultivares triploides más exigentes que los normales, presentando además mayores problemas de germinabilidad. Cuando las diferencias de temperatura entre el día y la noche son de 20-30 °C, se originan desequilibrios en las plantas: en algunos casos se abre el cuello y los tallos y el polen producido no es viable. Si la humedad es excesiva dificulta la evaporación, si es escasa aumenta la transpiración dificultando la fotosíntesis. La humedad alta afecta el rendimiento y la calidad de las frutas además de aumentar la incidencia de enfermedades. Las semillas germinan mejor con temperaturas superiores a 20°C (Canales y Sánchez, 2003).

2.1.5. Manejo del cultivo

2.1.5.1. Acolchado

El uso de acolchados en horticultura ha tenido últimamente un gran desarrollo ya que proporciona un gran número de beneficios agronómicos.

El acolchado se define como cualquier sustancia orgánica o inorgánica aplicada a la superficie del suelo, con el propósito de modificar el microambiente justo, abajo o arriba de la superficie en beneficio de las plantas. El uso de estos materiales tiene la finalidad de conservar humedad del suelo, estabilizar la temperatura, prevenir erosión y controlar malezas (Robles, 2005).

Con esta técnica se mejora la sanidad del cultivo al proteger a las raíces, frutos y follaje del ataque de fitopatógenos e insectos. A si mismo resultados de muchos trabajos de investigación mencionan que ésta tecnología mejora la estructura del suelo conservando su fertilidad, previene la aparición de malas hierbas; debido al incremento de temperatura generado por los plásticos en la zona radicular, favorece la germinación y el rápido crecimiento de las plántulas (Ortiz, 2004).

No obstante los principales inconvenientes de la utilización de acolchados son el precio del plástico, los costos de manejo y medioambientales en el momento de su recogida, puesto que no es posible su retirada mecanizada y deja residuos plásticos en el suelo, que se trozan e incorporan con las labores. Por ello, los materiales acolchados biodegradables comienzan a ser objeto de un creciente interés (Macua *et al.*, 2005).

Catalán *et al.*, (2004), obtuvieron incremento en el rendimiento en sandía expresado en 151% al utilizar acolchados plásticos de color azul y negro junto con riego por cintilla de seis colores de plásticos que se utilizaron (verde, azul, naranja, negro, blanco y café). No obstante, Mendoza *et al.*, (2002), en trabajos realizados con distintos colores de acolchado plástico en sandía, encontraron que para la Comarca Lagunera, el color de acolchado negro puede sustituirse por cualquier otro color (Azul, naranja, verde, café, etc.) siempre y cuando cumplan con la calidad de espesor, costo óptimo y vincular estos colores con el ciclo de producción; ellos recomiendan utilizar estos colores para el ciclo primavera-verano.

En trabajos realizados en sandía por García *et al.*, (2005), encontraron que los tratamientos acolchados adelantaron la cosecha en 5, 7 y 14 días en los sistemas de producción de trasplante a inicio de guías, trasplante a dos hojas verdaderas y siembra directa respectivamente en relación a los tratamientos sin cobertura plástica en los tres sistemas de producción.

2.1.5.2. Fertirrigación

Los sistemas de riego presurizado, tales como el riego por goteo, ofrecen la ventaja de poder aplicar fertilizantes disueltos en el agua de riego, optimizando con ello tanto la aplicación del riego como la de los fertilizantes. No obstante el ahorro de agua obtenido con el uso del riego presurizado, una de las desventajas más fuertes para su adopción es la fuerte inversión económica inicial y la falta de un programa de aplicación de fertilizantes de acuerdo a las necesidades del cultivo (Martínez *et al.*, 2004).

Los fertilizantes tienen un gran efecto en el rendimiento y cuando se aplican en combinación con el agua de riego, puede encontrarse una interacción positiva

que causa un impacto mayor sobre el rendimiento y calidad del producto (Quezada *et al.*, 2007).

La fertirrigación o fertigación son los términos para describir al proceso de dosificación de fertilizantes disueltos a través de la red de distribución del sistema de riego localizado basándose en las necesidades por etapa fenológica de los cultivos. Este método es un componente de los modernos sistemas de riego a presión como; aspersión, microaspersión, pivote central, goteo, exudación, etc. Con esta técnica, se puede controlar fácilmente la parcialización, la dosis, la concentración y la relación de fertilizantes. Así mismo se optimiza la cantidad de agua de riego y fertilizantes dado que su aplicación es más localizada y disponible al sistema radical de la planta (Martínez *et al.*, 2004).

Para la fertilización en sandía puede utilizarse Urea como fuente de nitrógeno y ácido fosfórico al 50% como fuente de fósforo (P_2O_5), si en el análisis de suelo resulta una concentración que oscila en 1151 mg kg^{-1} de potasio, es conveniente no aplicar este elemento ya que según Castellanos *et al.*, (2000), a mayores concentraciones no hay respuesta por parte del cultivo y además afecta la disponibilidad de los otros elementos.

Catalán *et al.*, (2005), en la Comarca Lagunera, ocuparon las siguientes fórmulas basadas en las recomendaciones del INIFAP en trabajos realizados en sandía con y sin acolchado plástico, trasplante y siembra directa, riego por cintilla, dosis baja y alta de fertilización: $160N-80P_2O_5-00K_2O$ y $240N-120P_2O_5-00K_2O$, encontrando que la dosis baja fue superior a la alta, sin embargo para obtener estos resultados fue necesario combinar el acolchado, trasplante y riego por cintilla.

2.1.5.3. Siembra y Trasplante

La sandía se cultiva al aire libre o en invernadero. Las fechas de siembra y recolección dependen del ciclo del cultivar que se haya elegido.

La siembra de sandía con acolchado plástico y trasplante, presenta mayores valores de rendimiento y eficiencia en el uso de agua en comparación con la siembra directa, de igual manera esta combinación adelanta la cosecha hasta por 30 días.

Las ganancias en rendimiento, en eficacia en el uso del agua y en precocidad a la cosecha logrados en sandía, se atribuyen a los incrementos de la temperatura del suelo generados por la acción del acolchado y al establecimiento del cultivo mediante trasplante (Catalán *et al.*, 2005).

Mendoza *et al.*, (2002), realizaron en sandía el trasplante a doble hilera por línea regante, con una separación entre plantas de 75 cm y entre hileras de plantas a 30 cm, las líneas regantes tuvieron una separación de 5 metros, de esta manera obtuvieron un densidad poblacional de 5,333 plantas por hectárea.

Se ha observado que la sandía bajo riego y con una alta densidad de plantas se pueden alcanzar cosechas de hasta 100 ton/ha, no obstante para producir una cosecha de tal magnitud se requiere, indiscutiblemente, de programas de fertilización bien balanceados en dosis y épocas oportunas de aplicación (Chirinos, 2000).

2.1.5.4. Plagas y Enfermedades

Este cultivo comparte con los de otras cucurbitáceas la vulnerabilidad al ataque de plagas devoradoras del follaje, acción de hongos, bacterias y mosaicos que se controlan por medios biológicos, químicos o culturales.

Varias enfermedades fungicidas pueden causar daños a los cultivos de sandía. El moho polvoriento producido por *Sphaerotheca fuliginea*, es una enfermedad predominante en las regiones cálidas con poca lluvia, el marchitamiento por *Fusarium* causado por *Fusarium oxysporium* también es una enfermedad común de la sandía, el hongo *Mycosphaerella citrollina* causa la quemadura gomosa del tallo de la sandía particularmente en los climas húmedos calurosos (Salunkhe-Kadam, 2003).

2.1.5.5. Composición Química

Las sandías tienen un alto contenido en hidratos de carbono pero son sólo una fuente moderada de vitamina A y vitamina C. La mayoría de los cultivares tienen un color de carne rosa fuerte o rosa pálida con un tinte ligeramente rojizo,

conteniendo licopeno y pigmentos antociánicos. El color de la carne no tiene ninguna relación con la dulzura (Salunkhe-Kadam, 2003).

Cuadro 1.- Composición nutritiva de la parte comestible de sandía (100 g como base) (Maroto, 2002).

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Agua.....	92.6%	Sodio.....	1 mg
Proteínas.....	0.5 g	Potasio.....	100 mg
Grasas.....	0.2 g	Vitamina A.....	590 UI
Hidratos de carbono...	6.4 g	Tiamina.....	0.03 mg
Fibra.....	0.3 g	Riboflavina.....	0.03 mg
Calcio.....	7 mg	Niacina.....	0.2 mg
Fosforo.....	10 mg	Acido ascórbico.....	7 mg
*Licopeno.....	2.30-7.204 mg	Valor energético.....	26 cal.
Hierro.....	0.5 mg		

2.1.5.6. Cosecha

De acuerdo con Rojas (2005), el cultivo de la sandía tiene un ciclo vegetativo que varía de 90 a 120 días. El primer corte se realiza entre los 60 y 90 días sumando un promedio de seis cortes, con intervalos de una semana entre uno y otro cosechándose preferentemente en la tarde. Para establecer el momento de la madurez, se debe observar que el zarcillo adherente al pedúnculo se haya secado y al golpear el fruto con los nudillos de los dedos se escucha un sonido sordo o hueco. Al momento del corte se deben separar el pedúnculo con cuchillo y además, se debe evitar pisar o sacudir el tallo de las plantas.

2.2. Calabazas

2.2.1. Generalidades

Bajo esta denominación se incluyen una serie de especies y variedades botánicas pertenecientes al género *Cucurbita*, cuyo origen geográfico cabe situarlo en México, América central, y América del sur, donde junto con el maíz y judías fue una de las plantas de domesticación más antigua. Su aplicación consiste en el consumo de sus frutos maduros por parte del hombre y como alimento del ganado. Cabe mencionar que algunas calabazas (*C. ficifolia* Bouche) han sido y son utilizadas para la elaboración por fermentación de bebidas alcohólicas, otras como materia prima para la agroindustria, artesanías, decoración, ornamentales y finalmente algunos países africanos y asiáticos cocinan las hojas y flores para consumirlas como hierbas aromáticas (Espitia, 2004).

Una característica fundamental de los frutos conocidos como calabaza, es su alto grado de conservación tras la recolección y secado, que en algunos casos puede sobrepasar los seis meses, sin que se observe deterioro en ellos.

Cuadro 2.- Composición nutritiva de las calabazas (*C. mixta*, 100 g como base) (Maroto, 2002).

Componente	Contenido	Componente	Contenido
Prótidos.....	0.38g	Vitamina C.....	11 mg
Lípidos.....	-----	Calcio.....	18 mg
Glúcidos.....	1.85g	Fósforo.....	44 mg
Vitamina A.....	4.000 UI	Hierro.....	0.6 mg
Vitamina B1.....	60 mg	Valor calórico.....	9 cal
Vitamina B2.....	30 mcg		

2.2.2. Taxonomía y descripción botánica

Maroto (2002), menciona que el término calabaza suele aplicarse al grupo conocido botánicamente como calabazas de invierno y además, indica que comprende las siguientes especies:

Cucurbita máxima Duchesne: De tallos redondos, blandos, de crecimiento indefinido, poco hirsutos, hojas grandes, orbiculares, no lobuladas, cordadas en la base, flores amarillas y con el pedúnculo de inserción en el fruto, de forma cilíndrica y sin surcos. Frutos voluminosos, largos (30x20 cm), de color variable y carne anaranjada (Ikechukwu, 2004).

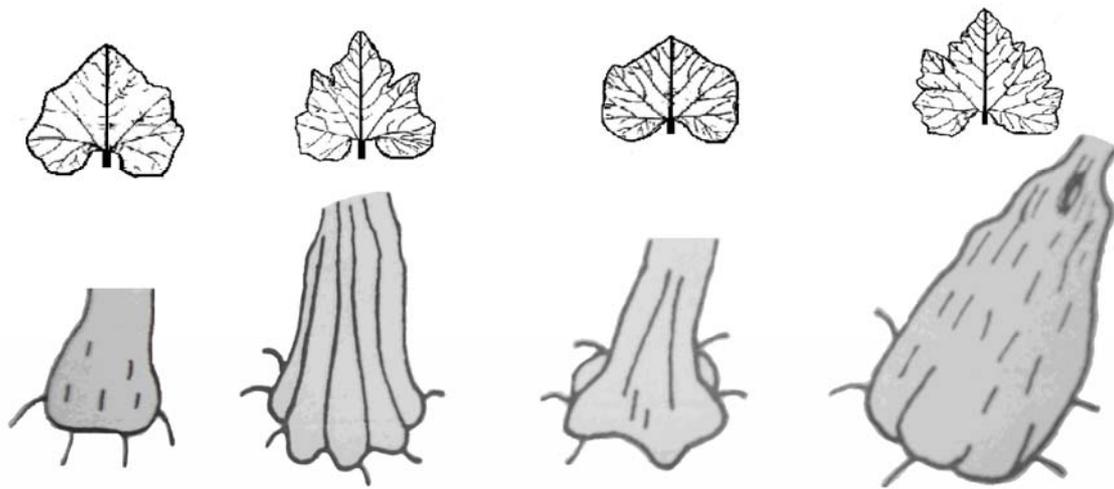
Cucurbita moschata Duchesne: De tallos angulosos, erizados, de pelos y crecimiento indefinido, hojas poco enhiestas, aterciopeladas en ocasiones, con manchas blanquecinas y poco lobuladas, pedúnculo de inserción del fruto ensanchado y con surcos. Flores amarillas de pétalos grandes y erectos. Frutos variables de color apagado, su pulpa posee el típico sabor moscado y suele ser poco dura (Boiteux, 2007).

Cucurbita mixta Pang: Tallo fuerte angular, sin asperezas, hojas anchas, cordadas, escasamente lobuladas, en ocasiones con manchas blanquecinas. Pedúnculo ancho, pero no ensanchado en la inserción del fruto. Frutos variables, de pulpa blanda o dura y generalmente de color apagado.

También pueden ser considerados como calabazas algunos cultivares de *Cucurbita pepo* L., aunque la mayor parte de la variedades comerciales constituyen los denominados calabacines (Guerra *et al.*, 2007).

Otras calabazas, aunque no pertenecientes al género *Cucurbita* son: *Lagenaria siceraria*, *Luffa cylindrica* Roem, *Sechium edule*:

Cucurbita ficifolia: Tallos vigorosos ligeramente anguloso-sulcados, armados con aguijones cortos, punzantes, hojas pecioladas, flores monoicas de color amarillo anaranjado. Los frutos son oblongos de pulpa blanca granuloso-fibroso (Lira y Rodríguez, 1999).



Cucurbita máxima *Cucurbita pepo* *Cucurbita moschata* *Cucurbita mixta*

Figura 1.- Diferencias morfológicas entre diversas especies de calabazas, a través de sus hojas y pedúnculos de inserción en los frutos (Casseres, 1971).

2.2.3. Generalidades sobre su cultivo y adaptación

Las calabazas son muy exigentes en calor (*C. máxima* y *C. mixta*); deben sembrarse una vez que haya pasado el riesgo de frío, no resisten en absoluto las bajas temperaturas. Aunque no tienen especiales exigencias en los que a suelos se refiere, pueden crecer en terrenos pobres, cascajosos. Prefieren los suelos ricos, bien esponjosos y dotados de una cierta frescura, pueden resistir la acidez hasta un $\text{pH} = 6$. (Maroto, 2002).

Cita Ayvar *et al.*, (2004), que la siembra suele hacerse de abril a junio, el terreno se prepara mediante barbecho rastreo y posteriormente el surcado. La siembra puede ser a doble hilera, .60 cm entre hileras y 2.5 m de distancia entre surcos. Se colocan de 2 a 3 semillas por mata a una distancia de .3 m hasta 2 m a 2.5 cm de profundidad. El número de frutos se incrementa cuando se utiliza una mayor densidad de población de plantas por superficie.

Según Knott (1962), la dosis de fertilización necesaria para obtener arriba de las 20 toneladas es: 110 kg de N, 28 kg de P_2O_5 , 125 kg de K_2O , 132 kg de CaO y 27 de MgO. Ayvar *et al.*, (2004), utilizaron la fórmula 180N-80P-80 K al momento de la siembra en un trabajo en calabaza pipiana.

Las plagas y enfermedades que atacan a este cultivo son: mosca blanca, araña roja, pulgones, oidio, antracnosis, traqueomicosis, en general todas aquellas plagas y enfermedades que se presentan en el resto de las cucurbitáceas.

La recolección se lleva acabo aproximadamente a los seis meses después de la siembra. Se observa que los frutos tornen a un color verde amarillento y el pedúnculo cambia de color verde a color paja (Ayvar *et al.*, 2004). De cada planta suelen obtenerse entre uno y cuatro frutos, con un peso aproximado de 15 kg según la variedad. Antes de almacenarse las calabazas suelen secarse al sol.

2.3. Injerto en hortalizas

Rivas (2001), menciona que para tener éxito en el injerto, deben primero entenderse algunos principios acerca de la anatomía de la planta; El cambium es una delgada capa de células que se encuentran entre la corteza y la madera. Las células del cambium del patrón y del injerto producen células de parénquima que se entremezclan formando un tejido de callo, es precisamente el tejido de crecimiento de la variedad y del patrón que deben estar en contacto.

El injerto es un método de multiplicación que consiste en la unión de dos partes vegetales que bajo condiciones óptimas de humedad y temperatura, forman un tejido de cicatrización que permite restablecer el sistema circulatorio de ambas partes. La parte de la planta que conserva las raíces con sus pelos radicales se denomina pie, patrón o portainjerto. La otra, que va a originar brote, hojas y racimos serán la variedad. La futura planta será el producto de la combinación de ambas partes, aprovechando las ventajas de cada una de ellas (Loria, 2005).

El fin primordial del injerto según González (2004), es la inducción de resistencia a plagas y enfermedades del suelo y salinidad, tolerancia al frío y malezas, crear formas, regular el crecimiento, incremento de vigor, absorción de nutrientes, incremento de la precocidad y calidad de la fruta, mejorar la producción de madera, y de plantas de ornato etc.

2.3.1. Historia del injerto

La producción vegetal usando plantas injertadas tuvo sus inicios en Asia. 1000 años a de J.C. Aristóteles habla ampliamente sobre ésta técnica. En el siglo XVI, en Inglaterra, era de uso general el injerto sin saber porqué debían hacerse coincidir las capas de cambium, pues no se conocía la función de este tejido (Camacho y Fernández, 2005).

En 1914 Japón inicio con las técnicas de injerto herbáceo en sandía para prevenir la fusariosis, años mas tarde Tachisi publica la técnica del injerto de púa. En 1920 en Japón y Corea se realizaron los primeros trabajos sobre injertos en vegetales utilizando como material vegetativo la sandía, calabaza, berenjena, pepino, tomates y melón, logrando en un 59% la producción con ésta práctica. Las investigaciones al respecto continuaron y para 1950 Daskaloff preconizó el procedimiento para cucurbitáceas y solanáceas. Y en 1950 se introdujo el injerto de aproximación a Japón procedente de Europa. A partir de esos años el injerto se fue extendiendo con gran difusión comercial en países como Holanda, Francia, España, Italia y otros (Sari, 2004).

En el año 1979 se iniciaron trabajos en España con sandía injertada como método de lucha contra problemas patológicos como fue el caso del hongo *Fusarium Oxisporum*. Sin embargo fue hasta 1985 con la aparición de híbridos interespecíficos comerciales procedentes de Japón, cuando se controló verdaderamente el problema y como consecuencia el cultivo de sandía en Almería empezó a extenderse de forma progresiva hasta que en 1995 alcanzó una superficie del 85 al 95% (Camacho *et al.*, 2003).

Actualmente el injerto es una de las tecnologías agrícolas importantes en la práctica de la horticultura, en la propagación y mejoramiento de árboles frutales, hortalizas y flores y es uno de los métodos y técnicas valorables en la investigación científica básica (González, 2004).

2.3.2. Especies que se injertan

Para que el injerto tenga éxito debe haber afinidad botánica entre las especies, es decir, deben coincidir los tejidos próximos a la capa de cambium que produce callo. El injerto está limitado, en las angiospermas, a las dicotiledóneas y, en las gimnospermas, a las coníferas. Ambas tienen una capa de cambium vascular que se extiende entre el xilema y el floema. En las monocotiledóneas el injerto es más difícil, aunque hay casos de uniones en varias especies de gramíneas (Camacho Y Fernández, 2005).

Entre las especies hortícola, sólo se injertan las solanáceas (tomate, pimiento, berenjena) y cucurbitáceas (melón, sandía y pepino). Su buena aptitud para el injerto parece estar unida a la extensión del cambium (Camacho y Fernández, 2005).

2.3.3. Injertos intraespecies e interespecies

La eliminación de agentes patógenos del suelo puede lograrse mediante injertos de vástagos susceptibles dentro de rizomas resistentes de la misma especie (injertos intraespecie) o en un cercano miembro de la misma familia botánica (injertos interespecie). El injerto intraespecie es usado principalmente para evitar el daño causado por los agentes patógenos de la enfermedad de marchitez, tales como *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis*, para el cual existen genes de resistencia en ciertas variedades de melones (Koren, 2007).

2.3.4. Proceso de unión del injerto

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. 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 (Cebolla y Miguel, 2005).

2.3.5. Factores que influyen en la unión del injerto

La unión patrón está influenciada por diversos factores de los cuales los más importantes se mencionan a continuación:

2.3.5.1. Temperatura

La temperatura influye fuertemente sobre la división celular y consecuentemente, sobre la formación de tejido de callo y la diferenciación de nuevos haces vasculares. Con temperaturas bajas o altas, los procesos se ralentizan o paralizan (Cebolla y Miguel, 2005)

2.3.5.2. Humedad

Las células de parénquima que forman el tejido del callo son de pared delgada y muy sensible a la deshidratación, si se exponen al aire. Los contenidos de humedad del aire menores al punto de saturación, inhiben la formación de callo y aumentan la tasa de desecación de las células cuando disminuye la humedad. La presencia de una película de agua sobre la superficie de encallecimiento es más estimulante para la cicatrización que mantener al 100% la humedad relativa. Los tejidos cortados para la unión del injerto, deben mantenerse, por algún medio, en condiciones de humedad elevada, pues en caso contrario, las probabilidades de una buena unión se reducen (Cebolla y Miguel, 2005).

2.3.5.3. Oxígeno.

Para la producción de tejido de callo es necesaria la presencia de oxígeno en la unión del injerto. La división y crecimiento de las células van acompañadas de una respiración elevada. Para algunas plantas puede bastar una tasa de oxígeno menor que la presente en el aire, pero para otras es conveniente que la ligadura del injerto permita el acceso del oxígeno a la zona de la unión (Acosta, 2005).

2.3.5.4. Actividad de crecimiento del patrón

La actividad cambial se debe a un estímulo de auxinas y giberelinas producidas en las yemas de crecimiento, por lo que si se observa hiperactividad o hipoactividad, debe dejarse algún órgano por encima del injerto que actúe de tirasavias (Acosta, 2005).

2.3.6. Incompatibilidad

La capacidad de dos plantas diferentes de unirse y desarrollarse satisfactoriamente como una planta compuesta es lo que se llama compatibilidad (Boutherin y Bron, 1994).

No hay ninguna regla para predecir el resultado de un injerto, la diferencia entre injerto compatible e incompatible no está bien definida, ya que esto depende mucho de la afinidad botánica entre especies de plantas. Hay especies que tienen una relación estrecha y se unen con facilidad y otras incapaces de unirse (cebolla y Miguel, 2005).

Entre el injerto y el portainjerto debe existir compatibilidad o afinidad que permita su prendimiento, que está supeditado a numerosos factores, en especial a la analogía anatómica y fisiológica de ambas partes (Loria, 2005).

La incompatibilidad suele manifestarse con algunos de los siguientes síntomas: alto porcentaje de inexactitudes en el injerto, amarillez del follaje, defoliación y falta de crecimiento, muerte prematura de la planta, diferencias marcadas en la tasa de crecimiento entre patrón y variedad, desarrollo excesivo de la unión, arriba o debajo de ella, y ruptura en la unión del injerto; sin embargo, la aparición, de forma aislada, de uno o varios de los síntomas antes mencionados no significa necesariamente que la unión sea incompatible, ya que estos síntomas pueden ser también una consecuencia de condiciones ambientales desfavorables, presencia de enfermedades o malas técnicas de injertación (Hartmann y Kester, 1988).

2.3.7. Interacción patrón-variedad

Como el injerto es un compuesto de dos plantas diferentes, la interacción puede conferir otros efectos beneficiosos o negativos además de aquéllos relacionados a los agentes patógenos del suelo.

Numerosos estudios han demostrado la complejidad de las interrelaciones de los factores patrón-variedad. Las alteraciones en el metabolismo de las plantas ocasionadas por las interacciones de los factores intervinientes, tienen efectos sobre el rendimiento (Arroyo *et al.*, 2003).

Se sabe que el contenido de azúcares en fruto de durazno está afectado por el portainjerto. Un pie vigoroso favorece la rápida hidrólisis del almidón en azúcares solubles a la salida del reposo invernal, y su disponibilidad durante los primeros estadios del crecimiento del fruto (Arroyo *et al.*, 2006).

2.3.8. Métodos de injerto en curcubitáceas

En cucurbitáceas, los métodos de injerto mayor utilizados son:

2.3.8.1. Injerto de aproximación (Cebolla y Miguel, 2005).

Es el más difundido, en él se hacen coincidir una lengüeta del hipocotilo del patrón con otra similar de la variedad, de manera que los cortes se superpongan. Se injerta cuando la variedad y el patrón tienen la primera hoja bien desarrollada y está apareciendo la segunda. Se hace una incisión en el portainjerto, comenzando justo bajo los cotiledones en el lado opuesto a la primera hoja, hasta el centro del tallo y hacia abajo, de 1-1,5 cm de longitud. Después se hace una incisión en la variedad comenzando 2 cm por debajo de la primera hoja verdadera, hacia arriba y hasta el centro del tallo. Ensamblar las dos plantas y ligar con banda de plomo o papel de estaño y plantarlas en una maceta. 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 suelo.

2.3.8.2. Injerto de púa (Cebolla y Miguel, 2005).

En este método, una púa de la variedad, la plantita cortada en bisel por debajo de los cotiledones, 1.5 cm aproximadamente, se incrusta en un corte vertical efectuado entre los cotiledones del patrón. Injertar cuando aparece la primera hoja verdadera en el injerto.

2.3.8.3. Injerto de empalme (Camacho y Fernández, 2005).

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. Mantener el tubo unos 12 días, hasta que se produzca la cicatrización del injerto, conservando las plantas en ambiente adecuado para que se produzca la soldadura. Posterior a esto, cortar y retirar el tubo de plástico.

2.3.8.4. Injerto de cuña (Camacho y Fernández, 2005).

En principio es como el de perforación lateral. Se decapita el brote del patrón y se hace un corte en el lado opuesto a la primera hoja de 1.5 cm hacia abajo, desde la epidermis hasta la mitad del tallo. Se corta la variedad unos 2 cm por debajo de los cotiledones eliminando la corteza a uno o ambos lados. Se introduce la púa en el patrón y se sujeta con pinza. Mantener la humedad relativa en 85-90% y la temperatura en 25-35° C.

Previo a la realización de estos métodos, se debe sembrar la variedad y el patrón en bandejas con sustrato a temperaturas de entre 20 y 30°C respectivamente. En el caso del injerto de aproximación adelantar la siembra de la variedad de 5 a 7 días; para el injerto de empalme, se preparan plantas como todas, pero con el patrón plantado en maceta o bandeja definitiva (Camacho y Fernández, 2005).

2.3.9. El injerto en sandía

La utilización del sistema de injerto es una de las características de la producción de hortalizas en Japón. Las especies de *Cucurbita* (*Cucurbita moschata* Ducht) y *Lagenaria* como pie de injerto en sandías comenzaron alrededor de 1930, para limitar la difusión de la enfermedad provocada por *Fusarium* (Lee, 1994).

En Japón hay numerosas referencias que datan del injerto de sandía sobre *Lagenaria siceraria*. También se han testado otros portainjertos, especies, variedades o híbridos de *Cucurbita*: *C. pepo*, *C. máxima* y *C. ficifolia* (Marukawa, 1979).

En el año de 1979 en Almería, España, se iniciaron trabajos con sandía injertada como método de lucha contra problemas patológicos causados por el hongo *Fusarium Oxisporum*, f.sp. *niveum*, pero fue hasta 1985 con la aparición de híbridos interespecíficos comerciales japoneses, cuando se controló verdaderamente la fusariosis y como consecuencia el cultivo de sandía injertada empezó a extenderse de forma progresiva hasta que en 1995, alcanzó una superficie del 85% (Camacho *et al.*, 2003).

En México se han realizado trabajos con injertos en sandía sobre patrones de especies de calabaza como alternativa para el control de fusariosis, encontrando que el injerto es un sistema eficaz frente a los métodos de desinfección química del suelo sin que se vean afectados negativamente los rendimientos productivos y la calidad de los frutos (Pérez *et al.*, 2007).

Huitron y Camacho (2008), realizaron en el estado de Colima durante ciclo primavera-verano 2008, experimentos con melón y sandía injertada como alternativa al uso del bromuro de metilo, utilizando como patrones híbridos de *Cucurbita moschata* y *máxima*. Encontraron que el injerto de melón y sandía aumenta la producción sin afectar la calidad del fruto, además de que la densidad de plantas en sandía injertada puede reducirse del 50 al 60% sin que disminuya la producción.

2.4. Carotenoides

Schoefs (2002), define a los carotenoides como compuestos que proporcionan un color intenso amarillo, naranja o rojo a numerosos alimentos de origen vegetal, de los cuales actualmente han sido aislados y caracterizados más de 600. Son compuestos pertenecientes al grupo de los isoprenoides o terpenoides todos ellos originarios de un precursor común, una molécula llamada isopreno.

Estos compuestos, reconocidos por sus propiedades antioxidantes desde hace tiempo, según Alarcón *et al.*, (2001), son de interés creciente en relación al cáncer en humanos debido a sus efectos en la regulación de crecimiento celular, la modulación de la expresión de los genes, y, posiblemente, la respuesta inmune.

En los vegetales sirven como protectores contra la foto oxidación en células y tejidos, como pigmentos accesorios y como determinantes estructurales de los complejos pigmento-proteína en los plastidios (Bartley, 1995).

2.4.1. Clasificación de los carotenoides

Según Alarcón *et al.*, (2001), los carotenoides se clasifican en dos clases: carotenos y xantofilas. Los carotenos solo contienen carbono e hidrógeno (por ejemplo el β -caroteno, el licopeno, etc.), mientras que las xantofilas contienen además oxígeno (por ejemplo la luteína). Considerando los elementos químicos presentes en sus moléculas, los carotenoides a su vez se dividen en dos grandes grupos: provitamínicos y no provitamínicos (Cuadro 3)

El licopeno es el caroteno no provitamínico más sobresaliente, ya que posee propiedades antioxidantes, mucho más potentes que el β -caroteno, y actúa protegiendo las células del estrés oxidativo producido por la acción de los radicales libres (Alanís *et al.*, 2005),

Cuadro 3.- Clasificación de los carotenoides.

CAROTENOIDES	CAROTENOS	PROVITAMINICOS	Alfa-caroteno Beta-caroteno Gama-caroteno
		NO PROVITAMINICOS	Licopeno Fitoeno Fitoflueno
	XANTOFILAS	PROVITAMINICOS	Beta-criptoxantina
		NO PROVITAMINICOS	Luteina Zeaxantina Cantaxantina Equinenona

2.4.2 Propiedades físicas y químicas de los carotenoides

Debido a su naturaleza, los carotenoides son solubles en lípidos y solventes no polares, y su grado de solubilidad dependerá de los grupos sustituyentes de la molécula ($-OH$, $-C=O$, etc.), propiedad que se utiliza para los procesos de extracción purificación y cuantificación de los mismos (Duran y Moreno, 2000).

Los carotenos son muy solubles en éter de petróleo y hexano, mientras que las xantofilas se disuelven mejor en metanol o etanol. En general, los carotenoides presentan las siguientes propiedades: insolubilidad en agua, unión con superficies hidrofóbicas, absorción lumínica, atenuación del nivel energético de los singletes de oxígeno, bloqueo de las reacciones mediadas por radicales libres, y ser fácilmente isomerizables y oxidables. (Begoña *et al.*, 2001).

2.4.3. Ruta biosintética de carotenos en plantas

La biosíntesis de carotenos tiene un origen evolutivo muy antiguo, evidencia de ello es su síntesis en bacterias con fotosíntesis anaerobia y aerobia al igual que en eubacterias que no realizan fotosíntesis. En plantas los carotenos son sintetizados y almacenados en los plastidios, existiendo evidencia substancial de la participación de las membranas plastídicas en su biosíntesis (Fraser y Bramley, 2004).

La ruta biosintética que envuelve la formación de los carotenoides fue elucidada entre 1950 y 1960 usando aproximaciones bioquímicas clásicas, con inhibidores específicos y mutantes bloqueando ciertos pasos en la ruta (Figura 2). El isopreno en su forma reactiva, isopentenil pirofosfato (IPP), se condensa con su propio isomero, dimetilalil pirofosfato (DMAPP) para producir inicialmente el geranil pirofosfato (GPP), posteriormente el farnesil pirofosfato (FPP), y finalmente el geranilgeranil pirofosfato (GGPP) (Cunningham, 2002).

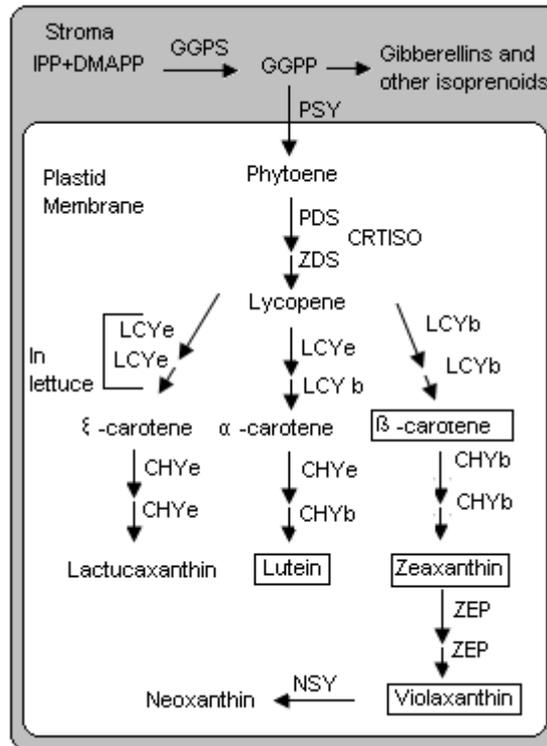


Figura 2.- Ruta de biosíntesis de carotenos en plantas. Abreviaciones de los genes de importancia en los en el estudio: **GPS** Geranil fitoeno sintasa, **PSY** fitoeno sintasa, **PDS** fitoeno desaturasa, **ZDS** z-caroteno desaturasa, **CRTISO** caroteno isomerasa, **LCYb** licopeno B-ciclasa, **CRTISO** caroteno isomerasa (Cunningham, 2002).

El GPP es el precursor intermediario de los carotenoides y está ubicado en el estroma. De este punto en adelante toda la ruta metabólica pasa del estroma a la membrana plastídica. La primera reacción específica de la ruta biosíntesis de carotenos es la condensación cabeza-cabeza de dos moléculas de trans de GGPP para formar fitoeno. El fitoeno posteriormente sufre cuatro reacciones de desaturación hasta formar el licopeno. Los carotenos en el aparato fotosintético de las plantas son componentes bicíclicos. En esta reacción de ciclización sobre el

licopeno, son formados dos tipos de anillos, los anillos beta y los anillos con alfa caroteno (Cunningham, 2002).

2.4.4. Composición química del licopeno

La estructura química de los carotenoides es un factor determinante de sus propiedades físicas, reactividad química y de sus funciones biológicas.

Según Cardona *et al.*, (2006), el Licopeno es uno de los primeros carotenoides que aparecen en la síntesis de este tipo de compuestos, constituyendo la base molecular para la síntesis de los restantes carotenoide.

López *et al.*, (2001), mencionan que la fórmula molecular del licopeno (C₄₀H₅₆, PM = 536.88) fue determinada por primera vez por Willstatter y Escher en 1910, los cuales presentaron el licopeno como un isómero de los carotenos.

Estudios realizados posteriormente describieron la estructura química general del mismo (Figura 3), como un compuesto hidrocarbonado alifático, soluble en grasas y en lípidos.

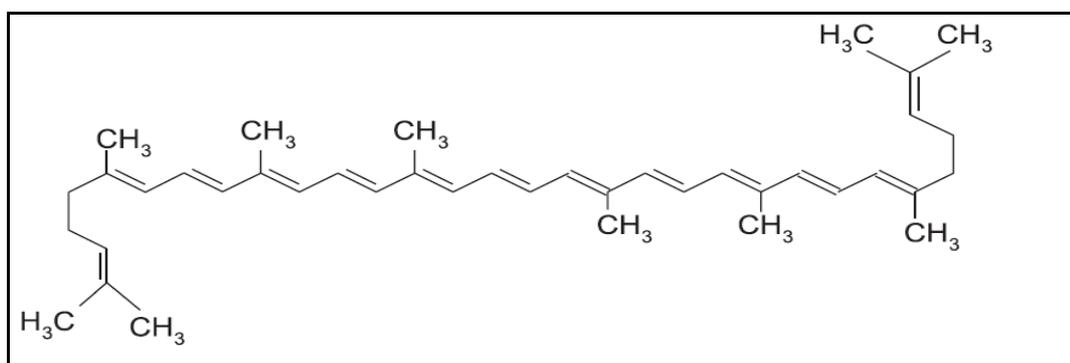


Figura 3. Estructura química del licopeno predominante en los vegetales (Anónimo, 2003).

Su estructura molecular, en general, es la de un hidrocarburo de cadena abierta, de estructura sencilla con una cadena alifática formada por cuarenta átomos de carbono unidos por enlaces dobles conjugados (once dobles enlaces conjugados en total), constituyéndose en la cadena más larga de todos los carotenoides conocidos; esta configuración es responsable de su capacidad para anular la acción de los radicales libres, es decir éste se absorbe mejor a través de las grasas y

aceites por su liposolubilidad y se encuentra presente en el organismo humano tanto en la sangre como en tejidos (Fernández *et al.*, 2007).

2.4.5. Importancia del licopeno

Se ha acumulado bastante evidencia científica que demuestra la utilidad del licopeno en la prevención de enfermedades crónicas como el cáncer y enfermedades cardiovasculares. Los niveles de licopeno en el plasma y en los tejidos son inversamente proporcionales con el riesgo de padecer enfermedades crónicas. El potencial antioxidante del licopeno es el principal responsable de los efectos benéficos, estudios recientes mencionan que el licopeno inhibe una enzima esencial involucrada en la síntesis del colesterol sugiriendo una actividad hipolipemiente (Ramírez, 2008).

El licopeno se considera como un potente antioxidante. Puede atrapar radicales libres de oxígeno y reducir la mutagénesis. En concentraciones fisiológicas puede inhibir el crecimiento de células cancerígenas interfiriendo con los factores de crecimiento, con los receptores celulares y con toda la cascada de señalización celular que poseen las células cancerígenas, específicamente se ha observado mayor actividad en las células de la próstata (Ramírez, 2008).

2.4.6. Beneficios del licopeno

Estudios epidemiológicos sugieren que el consumo de licopeno tiene un efecto beneficioso sobre la salud humana, reduciendo la incidencia de las patologías cancerosas. Investigadores revelan que el consumo de licopeno reduce la posibilidad de desarrollar cáncer en la próstata, ayudan a reducir los niveles de colesterol en forma de lipoproteína de baja densidad que tienen incidencia en enfermedades cardiovasculares (Giovannucci *et al.*, 2002).

2.4.7. Fuentes de licopeno

Los carotenoides son sintetizados por organismos fotosintéticos. De entre los alimentos habituales de la dieta humana, si es variada. Los que contribuyen en mayor proporción a la ingesta de carotenoides son las frutas y hortalizas que aportan

el 95% de los carotenoides que ingerimos. En el reino animal están presentes en cantidades significativas en moluscos, crustáceos, peces, hígado, lácteos, huevos, etc. (Begoña *et al.*, 2001)

El cuerpo humano no es capaz de sintetizar licopeno, por lo que su aporte es a través de la dieta. Existen fuentes naturales de licopeno como el tomate consumido en fresco o procesado (purés o pastas, salsas etc.), junto con la sandía, toronja, guayaba roja, papaya, aunque también está presente en el pomelo rojo y cerezas (Olmedilla, 1999).

El 85 % de la ingesta de licopeno proviene del consumo de tomates y productos derivados y su contenido difiere entre las preparaciones y presentaciones del tomate, así como de unas variedades a otras y con las técnicas de cultivos. Es así como el mayor contenido de licopeno se encuentra en la pasta (García y Barrett, 2005).

Méndez y Hernández (2006), estudiaron que el problema más grande que tiene la ingesta de licopeno está en cómo consumirlo. El licopeno está más biodisponible cuando se somete a cocción (pasta de tomate), así es cuando mejor hace su efecto, cumpliendo sus propiedades como antioxidante y anticancerígeno.

2.4.8. Metabolismo del licopeno.

Los carotenoides ingeridos incluido el licopeno son incorporados a las micelas lipídicas en el intestino humano, estos posteriormente son absorbidos por difusión pasiva. Estos son incorporados a los quilomicrones y liberados en el sistema linfático para ser transportados al hígado. Los carotenoides son transportados por lipoproteínas en el plasma para ser distribuidos a los diferentes órganos. Estudios comprueban que la absorción de licopeno es más eficiente a bajas dosis, lo que sugiere consumir alimentos como la pasta de tomate que tiene concentrado todo el licopeno (Gartner *et al.*, 1997).

2.4.9. Mecanismos de acción del licopeno

La mayoría de los efectos benéficos que tiene el licopeno para la salud humana han sido descritos por su papel protector frente al estrés oxidativo. Recientes estudios han encontrado que el licopeno protege a los linfocitos contra los radicales de NO₂ que inducen daño en las membranas y muerte celular. El licopeno que está presente en la piel se destruye cuando hay exposición de los rayos ultravioleta, el papel de este es proteger la piel frente a la exposición al sol aun más que el mismo β-caroteno (Ramirez, 2008).

Los carotenoides tienen la habilidad de inducir la comunicación intercelular entre las uniones estrechas de las células, esto sugiere su papel en la modulación del cáncer. Así mismo el licopeno también ha demostrado comportarse como un agente hipolipemiante y este efecto se da gracias a que es capaz de inhibir la enzima limitante en la síntesis del colesterol 3-hidroxi-3metil glutaril coenzima A (HMGCoA). También se ha sugerido la actividad de modular los efectos en el metabolismo de algunos fármacos en el hígado (Fuhramn *et al.*, 1997).

2.4.10. Estabilidad del licopeno

La degradación de los carotenoides se debe fundamentalmente a las reacciones de oxidación y se presentan generalmente durante el secado de frutas y vegetales (Meléndez *et al.*, 2004).

Begoña *et al.*, (2001), mencionan que la estabilidad del licopeno depende de diversos factores, entre los que destaca el oxígeno, en cuya presencia las reacciones más frecuentes son la isomerización y la fragmentación. En presencia de oxígeno, se produce una degradación oxidativa, y ésta depende de la presión parcial de oxígeno, actividad del agua y temperatura.

El tratamiento térmico aumenta la cantidad de carotenoides cuantificada en un alimento, lo que posiblemente se deba a una mayor facilidad en la extracción y/o pérdidas de humedad, compuestos volátiles y sólidos solubles no siempre tenidas en cuenta. Asimismo, el tratamiento térmico mejora la conservación, inactiva enzimas y degrada significativamente algunos carotenoides (epoxi-carotenoides) aunque

provoca la ruptura de estructuras del alimento, lo que conlleva un aumento de la biodisponibilidad (Begoña *et al.*, 2001)

2.4.11. Métodos para el análisis de licopeno

Las técnicas espectrofotométrica y HPLC, son normalmente empleadas para el análisis de licopeno encontrado en los diversos alimentos (García *et al.*, 2005).

La espectrofotometría resulta ser uno de los métodos mas rápidos y baratos para la extracción del licopeno. El HPLC es demasiado caro y lento para este mismo propósito, aunque también posee ventajas, tales como: la separación, identificación, purificación, y cuantificación de varios compuestos, además se obtiene también un grado importante de pureza del soluto y de rendimiento, que es la cantidad de compuesto producida por tiempo de unidad (Espitia 2006)

III MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Localización del experimento

El presente trabajo se desarrolló durante el ciclo agrícola primavera-verano 2008 en el campo experimental de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) Unidad Laguna, localizada en Periférico y Carretera a Santa Fe, Torreón, Coahuila, México.

3.2. Localización de la Comarca Lagunera

La Región Lagunera, la cual tiene una extensión territorial de 500,000 ha, se localiza en la parte central de la porción norte de los Estados Unidos Mexicanos. Se encuentra ubicada entre los meridianos 102°22' y 104°47' W de Greenwich longitud Oeste, y los paralelos 24° 22' y 26° 23' latitud norte. La altura media sobre el nivel mar es de 1,139 m. Cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas, así como las áreas urbanas. La Comarca Lagunera está situada en la parte suroeste del estado de Coahuila y noreste del estado de Durango (Ramírez, 1974).

3.3. Condiciones ambientales

El clima de la región, corresponde a BW(h)hw(e)), que se caracteriza por ser muy seco o desértico, semicálido con lluvias en verano, invierno fresco, temperatura media anual entre 18 y 22 °C y la del mes más frío menor de 18 °C, con una precipitación media de 250 mm y una evaporación potencial del orden de 2,500 mm anuales, es decir, diez veces mayor a la precipitación pluvial. Los vientos predominantes circulan en dirección sur con velocidad de 27 a 44 Km/h; La frecuencia anual de heladas es de 0 a 20 días y granizadas de 0 a 1 días, ubicados en los meses de diciembre a febrero (Cháirez y Palerm, 2004).

3.4. Diseño y análisis experimental

Para el estudio se utilizó un diseño experimental de bloques al azar. Se manejaron cuatro tratamientos con tres repeticiones. Los datos resultantes fueron sometidos a análisis de varianza con el programa estadístico SAS versión 1998. Las pruebas de comparación múltiple de medias se realizaron con la prueba tukey, en caso de ser necesario mediante diferencia mínima significativa (DMS) al 0.05.

3.5. Conducción del experimento

3.5.1. Obtención de las plántulas

Bajo condiciones de invernadero, las semillas de la variedad se sembraron en bandejas de 280 cavidades, 07 días después se sembraron los diferentes portainjertos previamente pregerminadas en charolas de 280 alveolos adaptadas a 70 cavidades según Camacho y Fernández (2005), conteniendo sustrato peat most para ambas siembras. Se utilizaron como portainjertos las variedades: kabocha (*C. moschata*), Thai Rai Kaw Tok (*C. máxima*), importadas de Brasil y *C. mixta*, calabaza criolla originaria del estado de Veracruz: como injerto se utilizó la variedad de sandía Jubilee (Cuadro 4).

Se injertó cuando la variedad y el patrón tenían la primera hoja bien desarrollada y estaba apareciendo la segunda. Se realizó el injerto utilizando la técnica (Cebolla y Miguel 2005), ya probada anteriormente en cucurbitáceas que es el de aproximación. Las plántulas injertadas permanecieron a una temperatura que oscilaba en los 25 °C con ligeros riegos frecuentes, para esto, fueron colocadas cerca de la pared húmeda del invernadero. Durante el proceso de unión, las dos plantas conservaron sus raíces, una vez establecida la conexión se cortaron los tallos de las variedades. Antes del trasplante fueron trasladadas del invernadero a un área sombreada para su aclimatación.

Cuadro 4. Tratamientos estudiados bajo injerto en sandía sobre diferentes patrones de especies de calabaza sobre la concentración de licopeno.

Tratamientos	Variedad	Portainjerto
4	Jubilee	<i>C. mixta</i> var. Criolla
3	Jubilee	<i>C. máxima</i> var. Thai Rai Kaw Tok
2	Jubilee	<i>C. moschata</i> var. Kabocha
1	Jubilee	Testigo (sin injertar)

3.5.2. Preparación del terreno

Consistió en un barbecho seguido del paso de la rastra con la intención de generar en el suelo las condiciones físicas adecuadas de flujo de agua y aire para el buen desarrollo del sistema radicular de las plantas.

3.5.2.1. Preparación de las camas

El levantamiento de camas se realizó mediante una bordeadora a un ancho de 4 metros.

3.5.3. Instalación del sistema de riego

Consistió en la colocación de la cintilla de riego sobre la superficie de la cama para abastecer de agua suficiente a las plantas. Una vez instalado el sistema se conectaron a una manguera de plástico que a su vez estaba conectada a la toma de agua de la línea principal.

3.5.4. Acolchado plástico

Se realizó la colocación del plástico sobre la superficie de la cama. Esta actividad se realizó de forma manual, por lo tanto, al momento del acolchado se fue cubriendo con tierra ambas laterales del plástico, posteriormente se perforó la película plástica a una distancia de 1 m.

3.5.5. Trasplante

El trasplante se realizó el día 05 de mayo de 2008 después de un riego de presiembra de 24 horas. La distancia de plantación fue de un metro con una separación entre hileras de 4 m teniéndose una densidad de plantación de 120 plantas en el área experimental.

3.5.6. Fertilización

La fertilización se aplicó en 16 fracciones. Las primeras 7 que fue hasta el inicio de floración, se aplicaron cada 6 días, el resto de la fertilización fue a cada 4 días en forma de solución disuelta en el agua de riego, la dosis de fertilización aplicada fue: 179N, 164P₂O₅, 330K₂O, 147CaO y 67MgO.

3.5.7. Riegos

El sistema de riego utilizado fue por cintilla. Al igual que la fertilización se realizaron 16 riegos en total, los primeros 7 que fue hasta el inicio de la floración fueron cada 6 días con 11 hrs, de riego, el resto se aplicó cada 4 días regando 6 hrs. El calendario de riego y fertilización se determinó de acuerdo al programa especial Haifa NutriNet, el cual es un programa innovador diseñado para planificar esquemas de riego basado sobre la base de datos de nutrición de cultivos, riego, suelos y clima.

3.5.8. Control de maleza

Se realizó de forma manual en el momento en que emergieron las malezas en el orificio del plástico. Las malas hierbas que se presentaron en los pasillos se controlaron con azadón a lo largo del ciclo del cultivo.

3.5.9. Polinización

Se colocó una caja de abejas a unos metros de la parcela experimental. La introducción de las abejas se realizó al inicio de la floración.

3.5.10. Control de plagas y enfermedades

Durante el ciclo del cultivo se presentaron problemas de pudrición en los primeros 15 días DDT, insectos chupadores como la mosquita blanca, gusano del fruto. En la etapa de fructificación se presentaron problemas de antracnosis y secadera tardía. Las plagas y enfermedades antes mencionadas se controlaron aplicando productos fungicidas e insecticidas y acaricidas descritas en el Cuadro 5.

Cuadro 5. Relación de productos químicos utilizados durante el ciclo del cultivo.

Productos	Acción	Dosis (1.5 ha)**	Aplicación
Actara 25 wg	Insecticida	33.6 gr.	26 y 31DDT*
Biozyme*TF	Regulador de crecimiento	50.1 ml	32 DDT
Tecto 60	Fungicida	43 gr.	44 DDT
Karate	Insecticida	70 ml	67 DDT
Fionex mz 400	Fungicida	450 ml	69 DDT
Biodie	insecticida y acaricida	150 ml	74 DDT
Agrimy Cu	Funguicida	15 gr.	87 DDT
Master Soil	Mejorador de suelo	1.5 L	87 DDT
Biostick	Adherente	150 ml	44 DDT

*DDT= después del trasplante; ** área de la parcela experimental.

3.5.12. Cosecha

Para iniciar la cosecha fue necesario utilizar una persona especializada, el cual fue a valorar la huerta una semana antes de iniciar el corte. Las características que determinan la madurez son: zarcillo seco, al golpearlo con los nudillos de los dedos los frutos producen un sonido sordo, hueco y la mancha clara basal se torna amarilla (Rojas, 2005).

3.5.13. Cuantificación de licopeno

Los reactivos que se utilizaron para la extracción de licopeno fueron: Buffer, mezcla Hexano-acetona (3:2) y acetona (Arias *et al.*, 2000). Se realizó un extracto de tejido en 5 puntos de la parte central del fruto. Se mezcló con una solución

acuosa (buffer fosfatos a pH 7) en una proporción 1:1, asumiendo que 1g de tejido corresponde a 1ml de tejido. De esta mezcla, se vertieron 2ml en los tubos de plástico. Seguidamente se añadió a los tubos el disolvente orgánico compuesto por la mezcla de hexano: acetona (3:2), en una proporción 1:2 y se agitó fuertemente para que los pigmentos se separaran de las membranas y se disolvieran (Espitia, 2006).

A continuación se centrifugó a 5000 r.p.m. durante 5 minutos para la separación de la fase acuosa (mas densa) y la fase orgánica (menos densa, y por tanto aparece en la parte superior) (Espitia, 2006).

Con las fases separadas, y con la ayuda de la pipeta Pasteur, se tomó la fase orgánica y se pasó a otro tubo. Por último mediante un espectrofotómetro, se realizaron las medidas de absorbancia a 502 nm. Con el valor obtenido se obtuvo la concentración de licopeno en el tejido en mg/g de tejido: por cada 320 unidades de absorbancia a 502 nm, la equivalencia es de 1mg/ml de licopeno en solución (Itaciara *et al.*, 2003).

Para la obtención de los resultados se utilizó la curva de calibración de licopeno (Figura 4).

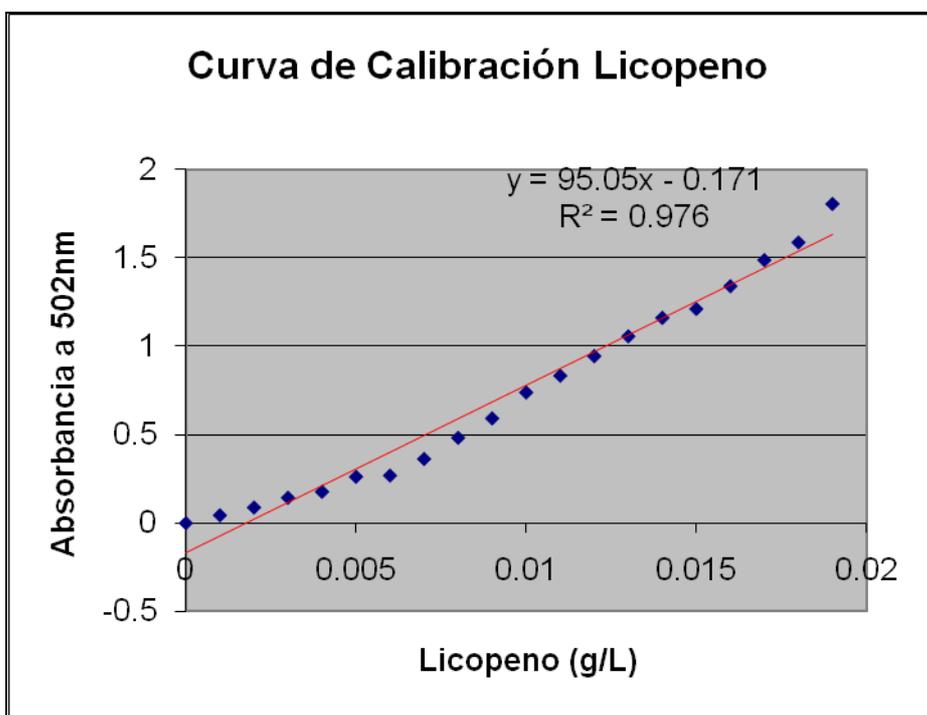
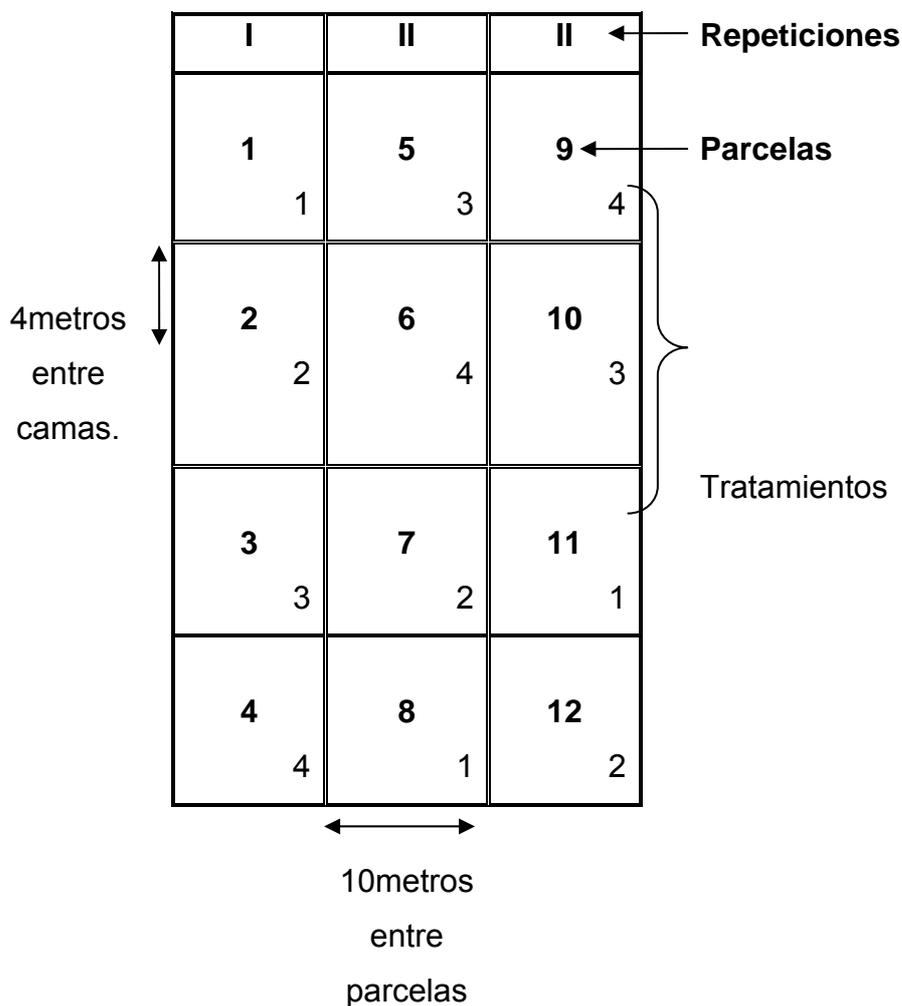


Figura 4. Curva de calibración de Licopeno.

Cuadro 6. Distribución de los tratamientos con sus respectivas repeticiones del diseño experimental utilizado.



I, II, III=N° de repeticiones

1, 2,...12=N° de parcelas

1, 2, 3, 4=N° de tratamientos

3.6. Variables evaluadas

3.6.1. Crecimiento vegetativo

3.6.1.1. Número de hojas

Esta actividad se realizó 20 DDT, se tomó una muestra por cada tratamiento.

3.6.1.2. Longitud de guías

La longitud de guías se midió con una cinta métrica, se tomo una muestra por cada tratamiento, esta actividad se realizó junto con las variables anteriores.

3.6.2. Incompatibilidad

La compatibilidad se evaluó en términos de la supervivencia de las plantas injertadas, bajo el concepto de que ésta se debe a un eficiente transporte de nutrientes entre el patrón y el injerto y que por lo tanto hubo una adecuada reconexión vascular entre ambas partes. (Miguel, 1997).

3.6.3. Rendimiento

3.6.3.1. Rendimiento total

Esta variable se midió por cada corte, los datos se tomaron inicialmente por planta y después por parcelas. Con una báscula con base se fueron pesando cada uno de los frutos (Kg. ha^{-1}) unos en laboratorio y el resto en campo.

3.6.3.2. Rendimiento comercial

Se refiere al rendimiento en ton/ha y al número de frutos por hectárea que se produce en cada uno de los tratamientos en la clasificación comercial.

3.6.3.3. Fruto de rezaga

Se refiere al rendimiento en ton/ha y al número de frutos por hectárea que se produce en cada uno de los tratamientos en la clasificación de rezaga.

3.6.4. Calidad

La calidad es el grado de excelencia o superioridad en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente. Los criterios para determinar la calidad de un producto son: uniformidad, madurez y ausencia de defectos color, sabor,

aroma, viscosidad, al igual que calidad industrial, nutritiva, calidad de exportación y calidad comestible.

3.6.4.1. Contenido en sólidos solubles

El contenido en sólidos solubles se midió mediante un refractómetro manual marca Atago 0-32 °brix. En la parte de toma de lectura del aparato se colocó extracto de la pulpa, el cual indicó la cantidad de grados brix del fruto evaluado.

3.6.4.2. Espesor de la corteza

Se obtuvo midiendo una de las mitades del fruto con un Vernier (mm).

3.6.4.3. Color Interno

Se utilizó un colorímetro Minolta modelo CR 300. Se trabajó en espacio de color $L^* a^* b^*$. Se registraron los tres valores de $L^* a^* b^*$ provenientes de 3 puntos al azar del ecuador del fruto.

3.6.4.4. Contenido de licopeno.

La extracción de licopeno se realizó por solventes orgánicos, las lecturas de absorbancia se midieron con un espectrofotómetro marca Génesis UV 10 y el cálculo de licopeno se realizó a través de la fórmula de la curva de calibración expresado en g/L (Espitia, 2006).

IV RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Crecimiento vegetativo e incompatibilidad.

El análisis de varianza realizado para número de hojas y longitud de guías a 28 días después del trasplante (Cuadro 7), no se encontró diferencia significativa entre tratamientos para NH y LG, excepto para el factor I que presentó diferencias estadísticas altamente significativas ($p < .01$) con un coeficiente de variación de 15.38 %.

Cuadro 7. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia para crecimiento vegetativo e incompatibilidad.

F.V	NH	LG	I
	28 DDT	28 DDT	
Tratamientos	453.19ns	791.55ns	25.86**
CV (%)	24.31	17.44	15.35

** Altamente significativo al nivel de probabilidad 0.01 respectivamente; ns= no significativo.
CV= Coeficiente de Variación; DDT= días después del trasplante. NH = Numero de hojas, LG = Longitud de guías, I = Incompatibilidad

En el Cuadro 8 se presentan las comparaciones de medias de NH, LG y C, se observa que las medias de los tratamientos en NH y LG fueron estadísticamente iguales para los tres portainjertos y el testigo, sin embargo fue el patrón de *C. mixta* que obtuvo los valores más altos 86.3 y 114.0 para NH y LG respectivamente. En incompatibilidad (I) el portainjerto de *C. moschata* var. Kabocha fue la que mostró mayor número de plantas vivas y por lo tanto mayor compatibilidad con el injerto de sandía, estadísticamente fue igual al testigo. El portainjerto de *C. máxima* presentó los valores más bajos de compatibilidad

Los resultados obtenidos en crecimiento vegetativo a excepción de incompatibilidad coinciden con los encontrados por Yetisir y Sari (2003), en donde estudiaron el efecto de diferentes portainjertos en el crecimiento, rendimiento y calidad en sandía y encontraron que las plantas injertadas mostraron más hojas por

planta en relación al testigo. En su estudio, los patrones *C. máxima* y *moschata* no mostraron la mejor tasa de supervivencia en relación a los otros portainjertos.

Cuadro 8. Efecto del injerto de sandía variedad Jubilee sobre diferentes patrones de especies de calabaza en el crecimiento vegetativo e incompatibilidad.

Portainjerto	NH	LG	I
	28 DDT	28 DDT	
<i>C. mixta</i> var. Criolla	86.3a	114.0a	7 ^a
<i>C. máxima</i> var. Thai Rai Kaw Tok	75.7a	107.3a	3 b
<i>C. moschata</i> var. Kabocha	58.7a	80.0a	9 ^a
Testigo (sin injertar)	64.3a	86.7a	10 ^a

*Letras iguales significan que estadísticamente no hay diferencias entre tratamientos (Tukey, 0.05); I= Incompatibilidad; DDT= Días después del trasplante. NH = Numero de hojas, LG = Longitud de guías, I= Incompatibilidad

Las diferencias observadas en la supervivencia de los injertos en el presente trabajo pudieron deberse a la ausencia de uniformidad en el tamaño del tallo del injerto y patrón, si ambos tuviesen diámetros similares facilitarían su unión y la formación del sistema vascular entre las dos partes (Cebolla y Miguel, 2005). Los síntomas de incompatibilidad entre patrón-variedad observados en este trabajo tales como abultamientos, disminución de crecimiento y enrollamiento de hojas coinciden con lo reportado por Camacho *et al.* (2003).

4.2. Rendimiento total

Al realizar el anova para las variables rendimiento total, comercial y rezaga (ton ha^{-1}), se observaron diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) entre tratamientos (Cuadro 9).

Cuadro 9. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia para las variables rendimiento.

F.V	RT	RC	Re
Tratamientos	295.731**	396.428**	149.943**
CV (%)	6.841	13.031	29.895

** Altamente significativo al nivel de probabilidad de 0.01 respectivamente.

CV= Coeficiente de Variación; RT= rendimiento comercial; RC= rendimiento comercial; Re=rezaga

En rendimiento total (Cuadro 10), los mejores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos *C. máxima* var. Thai Rai Kaw Tok y Testigo, presentando rendimientos medios de 53.30 y 47.73 ton ha^{-1} respectivamente, siendo

estadísticamente iguales, el valor más bajo se obtuvo en el injerto de sandía sobre *C. moschata* var. Kabocha y *C. mixta* var. Criolla con 35.36 y 32.44 ton ha⁻¹ respectivamente sin diferencias estadísticas entre ellas.

Cuadro 10. Influencia de los diferentes portainjertos utilizados en sandía variedad Jubilee en el rendimiento en ton ha⁻¹.

Injerto/patrón	RT	RC	Re
<i>C. mixta</i> var. Criolla	32.44 b	21.06 c	11.38a b
<i>C. máxima</i> var. Thai Rai Kaw Tok	53.30a	33.64 b	19.66a
<i>C. moschata</i> var. Kabocha	35.36 b	21.16 c	14.20a
Testigo (sin injertar)	47.73a	45.01a	2.72 b

*Letras iguales significan que estadísticamente no hay diferencias entre tratamientos (Tukey, 0.05). RT= rendimiento total; RC= rendimiento comercial; Re=rezaga.

En el rendimiento comercial, se encontró que el testigo fue mejor respecto al resto de los tratamientos con rendimiento de 45.01 ton ha⁻¹, seguido por *C. máxima* var. Thai Rai Kaw Tok con 33.64 ton ha⁻¹ (Cuadro 10). Los tratamientos Jubilee/Kabocha y Jubilee/Calabaza criolla se comportaron estadísticamente iguales, siendo éste último el de menor rendimiento comercial con 21.059 ton/ha de los tratamientos evaluados.

La influencia del injerto de sandía sobre diferentes patrones de especies de calabaza en los rendimientos de frutos considerados como rezaga, muestra que existe un valor alto para esta variable, el cual no se considera deseable, lo mejor es que no presente rezaga, éstos valores se muestran en el Cuadro 10, donde se observó que los más altos correspondieron a *C. máxima* var. Thai Rai Kaw Tok y *C. moschata* var. Kabocha con 19.66 y 14.20 ton ha⁻¹ respectivamente, mientras que el resto de los tratamientos fueron estadísticamente iguales, y el tratamiento que presentó el valor mas bajo fue el testigo con 2.72 ton.

Ozlem *et al.*, (2007), evaluaron el injerto de sandía sobre patrones, híbridos comerciales de *C. máxima*, *C. moschata* y *Lagenaria Sicerarea*, su efecto en el crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad. Los mejores rendimientos se obtuvieron sobre los patrones *C. máxima*, *C. moschata*. Resultados que coinciden a los observados en el presente trabajo.

4.3. Calidad de fruto

En la calidad en términos de sólidos solubles (SS) y contenido de licopeno (L) el anova detectó diferencias significativas ($p < .05$), mientras que para el espesor de la corteza las diferencias significativas fueron inexistentes (Cuadro 11).

Cuadro 11. Cuadrados medios del análisis de varianza y significancia para las variables de calidad.

F.V.	SS	L	EC
Tratamientos	3.11*	0.000032*	.0763ns
CV (%)	9.62	22.49	16.17

* Significativo al nivel de probabilidad 0.05 respectivamente; ns=no significativo; CV= Coeficiente de Variación; EC= espesor de la corteza.

Por la comparación de medias (Cuadro 12), se encontró que el injerto de sandía sobre el portainjerto *C. moschata* var. Kabocha tuvo influencia sobre las variables estudiadas al presentar los valores más altos, 10 °brix, 0.0129 (gL⁻¹) y 1.8cm para SS, L y EC respectivamente, el valor de SS es estadísticamente igual al *C. máxima* var. Thai Rai Kaw Tok y Testigo, en la variable L el portainjerto *C. moschata* var. Kabocha es estadísticamente igual al portainjerto de calabaza criolla y superior al resto de los tratamientos sujetos a experimentación. La variable licopeno (L) se incrementó utilizando el portainjerto *C. moschata* var. Kabocha, esto es deseable en la calidad del fruto por propiedades anticancerígenas.

Cuadro 12. Influencia de los diferentes portainjertos utilizados sobre la calidad del fruto.

Injerto/Patrón	SS°Brix	L (gL ⁻¹)	EC (cm)
<i>C. mixta</i> var. Criolla	7.6 b	0.0111a b	1.8a
<i>C. máxima</i> var. Thai Rai Kaw Tok	8.5a b	0.0047 c	1.5a
<i>C. moschata</i> var. Kabocha	10.0a	0.0129a	1.8a
Testigo (sin injertar)	8.8a b	0.0056 b c	1.7a

*Letras iguales significan que estadísticamente no hay diferencias entre tratamientos (LSD, 0.05); SS = Sólidos Solubles, L = Licopeno, EC= espesor de la corteza;

Los valores más bajos para licopeno corresponden al injerto de sandía sobre *C. máxima* var. Thai Rai Kaw Tok con 0.0047 g/L

Los resultados que se reportan en el presente trabajo coinciden con lo obtenido por Ozlem *et al.*, (2007), donde encontraron la mayor concentración de sólidos solubles al injertar sandía sobre *C. moschata*. Sin embargo éste mismo fue inferior en relación al resto de los portainjertos en estudio realizado por Yetisir y Sari (2003). Además, el rango de °brix en los tratamientos estudiados son considerados frutos de buena calidad de acuerdo a lo citado por Morán *et al.*, (2005), que reportan un rango entre 8.5 a 11.5 °brix, excepto para el tratamiento calabaza criolla.

La relación de los resultados obtenidos en el presente estudio en contenido de licopeno con otros trabajos es poca, debido a que se han utilizado diferentes variedades de sandía y principalmente las lecturas de absorbancia son diferentes.

Davis *et al.*, (2007), determinaron un método para estimar la concentración de carotenoides totales en 6 variedades de sandía utilizando hexano para la extracción y las lecturas de absorbancia fueron a 450 nm. Pérez *et al.*, (2007), no encontraron diferencias significativas entre tratamientos para espesor de corteza en trabajo realizado en injerto como alternativa a fusariosis en cultivo de sandía.

Se ha reportado que el injerto puede tener efectos adversos en la calidad de la fruta y principalmente se debe a los portainjertos que se utilizan (Ozlem *et al.*, (2007).

4.3.1. Color

Para la variable color espacio L* a* b* el anova no presentó diferencias estadísticas apreciables entre tratamientos (Cuadro 13).

Cuadro 13. Cuadrados medios del análisis de varianza para la variable color.

F.V.	L*	a*	b*
Tratamientos	2.48ns	3.09ns	6.04ns
CV %	7.44	14.09	11.0

* CV= Coeficiente de Variación; ns=no significativo; L*= define claridad; a*= valor rojo/verde; b*= valor amarillo/azul.

Cuadro 14. Influencia de los diferentes patrones utilizados en sandía sobre el color del fruto.

Injerto/Patrón	L*	a*	b*
Jubilee/Calabaza criolla	46.05a	20.01a	10.22a
Jubilee/Thai Rai Kaw Tok	48.18a	19.27a	9.30a
Jubilee/Kabocha	47.63a	19.87a	11.76a
Testigo (*)	47.08a	17.79a	12.42a

* Letras iguales indican que no hay diferencias estadísticas entre tratamientos; L*= define claridad; a*= valor rojo/verde; b*= valor amarillo/azul.

Los resultados obtenidos sobre color se asemejan a los encontrados por Pérez *et al.*, (2007), quienes realizando un estudio con sandía injertada no encontraron diferencias significativas en los diferentes patrones utilizados.

4.4. Correlaciones

En el Cuadro 15 se muestra la correlación de las variables de crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad.

Cuadro 15. Variables correlacionas de crecimiento vegetativo, rendimiento y calidad en sandía injertada.

Variables correlacionadas	NH	LG	EC	GB	RT	RC
NH						
LG	0.734**					
EC	-0.046	0.070				
GB	-0.534	-0.625*	-0.120			
RT	-0.392	-0.055	-0.493	-0.056		
RC	-0.352	-0.161	-0.481	0.021	0.772**	
Re	-0.030	0.177	0.098	-0.109	0.118	-0.538

* ** Significativo y altamente significativo a los niveles de probabilidad .05 y .01 respectivamente; ns= no significativo; NH= numero de hojas; LG= longitud de guías; EC= espesor de la corteza; GB= grados brix; RT= rendimiento total; RC= rendimiento comercial; Re= rezaga

El número de hojas se correlacionó positivamente con longitud de guías al igual que el rendimiento total con el rendimiento comercial, éste último se debe a que el rendimiento comercial se obtuvo por diferencia entre el rendimiento total y rezaga.

La correlación negativa fue para la longitud de guías con los grados brix. Esto significa que es importante buscar portainjertos que desarrollen longitud de guías cortas.

V CONCLUSIONES

El crecimiento vegetativo en sandía en número de hojas y longitud de guías fue estadísticamente igual en las tres especies utilizadas como Portainjerto, *C. mixta*, *C. máxima* y *C. moschata*.

La mayor compatibilidad entre patrón-variedad expresado en supervivencia de plantas fue para *C. moschata* variedad Kabocha y la de menor compatibilidad fue para *C. máxima* variedad Thai Rai Kaw Tok.

El mayor rendimiento total de sandía fue al injertarla utilizando el portainjerto *C. máxima* variedad Thai Rai Kaw Tok con 53.30 ton ha⁻¹.

El mayor contenido de licopeno y sólidos solubles en sandía lo presentó el portainjerto de *C. moschata* variedad Kabocha.

Existió una correlación negativa para característica vegetativa longitud de guía con calidad de sólidos solubles.

VI BIBLIOGRAFÍA

- Acosta, M.A. 2005.** La técnica del injerto en plantas hortícolas. Extra. 63 p.
- Alarcón, C.O.; F.M. Ramírez.; C. Yáñez; F. López. 2001.** Niveles Séricos de β -Carotenos y de Ácido Úrico en Pacientes con Cáncer. Rev. Fac. Far. 42
- Alanís, M.G.; M.G. Candelas; M. Bautista; F. Del Río y C. García. 2005.** Contenido de licopeno en jugo de tomate secado por aspersion. Rev. Mex. Ing. Quím. 4: 299-307
- Anónimo. 2003.** Lycopene. Monograph. Alt. Med. Rev. 8: 336-3342
- Arias, R.T.; C. Lee; D. Specca and H. Janes. 2000.** Quality comparison of hydroponic tomatoes (*lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. J. Food Sci. 65: 547
- Arroyo, L.E.; R.E. Murray y G.H. Valentini. 2006.** Evaluación de los efectos de distintos portainjertos sobre la calidad de los frutos de dos variedades de duraznero cultivadas en el nordeste de la provincia de buenos aires (argentina). Ria. 35: 71-89
- Arroyo, L.E.; R.E. Murray y G.H. Valentini. 2003.** Evaluación de los efectos de distintos portainjertos sobre características productivas de dos variedades de melocotón. Itea. 99: 2
- Ayvar, S.S.; A.B. mena; D.M. Cortés; R.J.A. Duran y M.J.G. de Luna. 2004.** Rendimiento de la calabaza pipiana en respuesta a la poda y la densidad de población. Rev.Fit. Mex. 27: 67-72
- Bartley, S.P. 1995.** Plant carotenoids: Pigments for photoprotection, visual attraction and human health. The plant cell. 7: 1027-1038
- Begoña, O.A.; L.F. Granado y N.I. Blanco. 2001.** Carotenoides y salud humana. Fund. Esp. Nutr. Madrid.
- Boiteux, S.L.; M.E. Fonseca; J.F. López; M.M. Lana; J.L. Mendoca; B.F.J. Reifschneider y A. Reis. 2007.** 'Brasileirinha': cultivar de abóbora (*Cucurbita moschata*) de frutos bicolors con valor ornamental e aptidão para consumo verde. Horticultura Brasileira. 25: 103-106.

- Boutherin, D. y Bron, G. 1994.** Multiplicación de plantas hortícolas. Acribia Zaragoza España.
- Camacho, F.F.; P.M, Díaz; y R.M. Huitron. R. 2003.** Efecto de diversos portainjertos sobre la producción ya calidad de sandía trípode cv. Reina de corazones. Departamento de producción vegetal. Universidad de Almería.
- Camacho, F.F. y R.E. Fernández. 2005.** Influencia de patrones utilizados en el cultivo de sandía bajo plástico sobre la producción, precocidad y calidad del fruto en Almería. Caja Rural de Almería España.
- Canales, C.R. y B.J. Sánchez. 2003.** Cadena agroalimentaria de sandía. Caracterización de los eslabones de la cadena e identificación de los problemas y demandas tecnológicas. INIFAP.
- Catalán, F.E.; I.A. Inzunza; M.S. Mendoza; M.R. Moran; C.I. Sánchez y C.M. Villa. 2005.** Respuesta de la sandía al acolchado plástico, fertilización, siembra directa y trasplante. Rev. Fit. Méx. **28:** 351-357
- Cardona, E.M.; L.A. Ríos y G.V. Restrepo. 2006.** Extracción del carotenoide licopeno del tomate chonto (*lycopersicum esculentum*). Rev. Fac. Quím Farm. **2:**44-53
- Casseres, E. 1971.** Producción de hortalizas. Sucesores Herrero Hermanos. México.
- Castellanos, J. Z.; J.X. Uballe; B.A. Aguilar. 2000.** Manual de interpretación de análisis de suelos y aguas. 2da edición colección INCAPA. México, DF. 226
- Cebolla, V. y A. Miguel. 2005.** Unión del injerto. Instituto Valenciano de investigaciones Agrarias (IVIA). Moncada Valencia. **9:**
- Cháirez, A.C. y V.J. Palerm. 2004.** El *entarquinamiento*: el caso de la Comarca Lagunera. Colegio de postgraduados. En Boletín Arch. Hist. del Agua. 85-97
- Chirinos, U. H. 2000.** Fertilización de melón (*Cucumis melon*) y de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb). Bol. Lab. A&L de México.
- Core, J. 2005.** Grafting watermelon onto squash or gourd rootstock makes firmer, healthier fruit. Agr. Res.
- Cunningham F. 2002.** Regulation of carotenoid synthesis and accumulation in plants. Pur. Appl. Chem. **7:** 1409-1417
- Davis, A.R.; J. Collins; W.W. Fish; Y. Tadmor; C.L. Webber; III and P. Perkins-Veazie. 2007.** Rapid method for total carotenoid detection in canary yellow-fleshed watermelon. J. Food Sci. **72:** 319-323

- Duran, M.G. y A.J. Moreno. 2000.** Evaluación de algunas mezclas de solventes en la extracción de carotenoides del pericarpio de tamarillo (*Cyphomandra Betacea Sendt*). Cien. Tec Aliment. **3**: 34-38
- Edwards, A.J.; B.T. Vinyard; E.R. Wiley; E.D. Brown; J.K. Collins; V.P. Perkins; R.A. Baker and B.A. Clevidence. 2003.** Consumption of watermelon juice increases plasma concentrations of lycopene and β -Carotene in Humans. American Soc. for Nut. Sci.
- Espitia, H.P. 2006.** Cuantificación de licopeno a partir de tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill) de desecho. [CD]Tesis. Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Espitia, M. 2004.** Estimación y análisis de parámetros genéticos en cruzamientos dialélicos de zapallo (*Cucurbita moschata* Duch. Exp Poir). Tesis. Doctoral. Universidad Nacional de Colombia, Palmira.
- Fernández, C.; A. Pitre; M.J. LLobregat e Y. Rondón. 2007.** Evaluación del Contenido de Licopeno en Pastas de Tomate Comerciales. Inf.Tec. **18** : 31-38
- Fuhramn, B.; A. Elis; M. Aviram. 1997.** Hypocholesterolemic effect of lycopene and p-carotene is related to suppression of cholesterol synthesis and augmentation of LDL receptor activity in macrophage. Bioch. Biop. Res Com, **23**:658-62
- Fraser D. y Bramley P. 2004.** The biosynthesis and nutritional uses of cartotenoids. Prog. Lip. Res. **43**: 228-265
- Garcia, E. y M.D. Barrett. 2005.** Assessing lycopene content in California processing tomatoes. Food Proc. **30**:56–70.
- García, P.N; A.N. Núñez; M.G. Medina; L.R. Miranda; G.A. Rodríguez y L.D. Hernández López. 2005.** Efecto sobre el Contenido de Licopeno de Tomate (*Lycopersicon esculentum* Var. Girona) Sembrado en Invernadero bajo Diferentes Sistemas de Cultivo con y sin Injerto. VII congreso de ciencia de los alimentos. Guanajuato Gto. p340
- Gartner, C.; W. Stahl y H. Sies. 1997.** Lycopene is more bioavailable from tomato paste than from fresh tomatoes. Am J Clin Nutr; **66**:116-22.
- Guerra, S.J.M.; G.A. Mena y A.S. Roldán. 2007.** Calidad del calabacín en cultivo de invernadero mediante polinización con abejorros. Actas de Horticultura. Sociedad Española de Ciencias Hortícolas, **48**: 254-255

- Giovannucci, E.; E.B. Rimm; M.J. Stampfer y W.C. Willett. 2002.** A prospective study of tomato products, lycopene and prostate cancer risk. *J. Nat. Canc. Inst.* **94**: 391-398
- González, G.J. 2004.** Catequizas y compatibilidad en homoinjertos de *Calocarpum Sapota* (Jacq.) y heteroinjertos de *Calocarpum Sapota/Achras Sapota* L. en dos etapas fenológicas. Tesis doctorado. Universidad de Colima. Tecoman, Colima México.
- Hartmann, H. y Kester, D. 1988.** Propagación de plantas, principios y métodos. 2ª ed. México D.F. Continental. 760
- Huitron, R.M. y Camacho F.F. 2008.** El injerto de melon y sandien colima como alternativa al uso del bromuro de metilo. Segunda megaconvencion internacional en sistemas de producción y fitosanidad de hortalizas. Mazatlán, Sinaloa, México.
- Ikechukwu, O.A. and B.C. ndukwu. 2004.** The value of morpho-anatomical features in the systematics of *Cucurbita* L. (*Cucurbitaceae*) species in Nigeria. *Afr J. Biot*, **3**: 541-546
- Itaciara I.; A. Nunes y Z. Mercadante . 2003.** Obtenção de cristais de licopeno a partir de descarte de tomate1. *Ciên. Tec. Aliment., campinas*, **24**: 440-447,
- Juárez, G.B. S/a.** Programa de mejoramiento genético de sandía en seminis. State Highway.16
- Knott, J.E. 1962.** Handbook for vegetable growers. Nueva York-Londres-Sidney.
- Koren, A. 2007.** Introducción de las *Cucurbitas* injertadas en la agricultura moderna la experiencia Israelí. *Zer. Ged.* **07**: 13
- Lee, J. 1994.** Cultivation of grafted vegetables i. current status, grafting methods, and benefits. *Hort Sci.* **29**:235-239.
- Lira, R.S. y A.I. Rodríguez. 1999.** *Cucurbitaceae* A.L. Juss. En: Flora del Valle de Tehuacán-Cuicatlán. Fascículo 22. Universidad Nacional Autónoma de México. México, D.F.
- Loría, Q.C. 2005.** El injerto: alternativa de propagación vegetativa en el cultivo de la uva (*Vitis Vinifera*) en costa rica. *Agr. Trop.* **35**: 101-106
- López, G.; C. Martínez; V.I. Martínez; M.J. Periago y G. Ros. 2001.** Propiedades químicas, biológicas y valor nutritivo del 51 licopeno. *An. Vet.* **17**: 51-66}

- Macua, J.I.; I. Lahoz; S. Calvillo; J. Garnica; A. Santos y E. Díaz. 2005.** Utilización de acolchados plásticos en tomate y pimiento. Nav. Agr. 5
- Maroto, B.J.V. 2002.** Horticultura herbácea especial. Ediciones mundi-prensa. 5ta. edición. España. 553-570
- Martínez, G.M.; C.C. Jasso y A.R. Córdova. 2004.** Efecto de la aplicación de niveles de fertilización y del acolchado plástico en el rendimiento de chile guajillo vr-91. Primera Convención Mundial del Chile
- Marukawa, S. 1979.** Studies on varieties of *Cucurbita* spp. as rootstocks for *Cucurbitaceous* vegetables, with special reference to their grafting compatibility. Exp. Stat. Sp. 5.
- Meléndez, A.J.; I.M. Vicario, y F. Heredia. 2004.** Estabilidad de los pigmentos carotenoides en los alimentos. [En línea] Archivos latinoamericanos de nutrición, **54**: www.alanrevista.org
- Méndez, R.M. y U.H. Hernández. 2006.** Contenido de licopeno en productos Mexicanos elaborados con jitomate. IV Congreso Internacional de Ingeniería Bioquímica Morelia, Michoacán, México.
- Mendoza, S.M.; M.R. Santiago; C.T. Potisek; R.C. Trejo; I.C. Sánchez; E.S. Santamarina; M.B. Sepúlveda. 2002.** Efecto del color del acolchado y nivel de agua aplicado sobre el rendimiento y absorción de nutrientes en sandía (*Citrullus Lanatus* Thunb) bajo riego por goteo cinta. Rev. Chap. **3**: 25-34
- Miguel, A. 1997.** Injerto de hortalizas. Serie de divulgación técnica. Coselleria de agricultura, pesca y alimentación. Generalitat Valenciana.
- Moran, M.R.; D.L. Moreno; C.I. Sánchez; H.G. García; L.A. Román; B.M. Sepúlveda. 2005.** interacción agua-nutrientes en tres sistemas de producción en sandía *Citrullus lanatus*; (thunb.) con riego por cintilla y acolchado plástico. Rev. Chap. **4**: 21-28
- Muñoz, M.J. 1992.** Introducción y evaluación de nuevos genotipos de sandía (*Citrullus Lanatus* (Thunb) Mansf) bajo condiciones de la comarca lagunera. Tesis licenciatura. UAAAN-UL. México.
- Olmedilla, B. 1999.** Licopeno: Fuentes dietéticas y biodisponibilidad en los humanos. Iber. Act. Tec. **424**: 535-540.

- Ortiz, R.B. 2004.** Efectos de cubiertas inertes sobre el control de malezas y crecimiento vegetativo del cerezo dulce (*Prunus avium* L.), bajo la modalidad de producción orgánica en el Secano Interior de la Comuna de Lumaco, IX Región de La Araucanía. Tesis licenciatura. Universidad Católica de Temuco, Chile.
- Ozlem, A.; N. Ozdemir and Y.Gunen. 2007.** Effect of grafting on watermelon plant growth yield and quality. *J. Agron.* **6**: 362-365
- Perkins, V.P.; J.K. Collins and S.D. Pair. 2002.** Watermelon packs a powerful lycopene punch. *Agricultural Research. USDA-ARS*
- Pérez, L.M. 1998.** Evaluación del consumo de agua en sandía (*Citrullus Lanatus*) híbrido Yellow Cutie, bajo condiciones de siembra directa, trasplante, acolchado e injertación, sobre el patrón (*Cucurbita ficifolia*). Tesis licenciatura. UAAAN Saltillo, Coahuila, México.
- Pérez, G.A.; L.R. Rueda; R.R. Vázquez; Reyes M.J.; C.M. Marín; R.A. Murguía. 2007.** Alternativa a fusariosis en cultivo de sandía (*Citrullus lanatus* Thunb). VI congreso internacional de ciencias ambientales. Chihuahua.
- Quezada, C.; I. Vidal; L. Lemus y H. Sánchez. 2007.** Efecto de la fertilización nitrogenada sobre rendimiento y calidad de fruta en frambueso (*Rubus Idaeus* L.) bajo dos programas de fertirrigación. *Suelo Nutr. Veg.* **7**: 1-15
- Ramírez, C.J. 1974.** Características generales de las series de suelos en la región lagunera Coahuila y Durango. *Sec. Rec. Hidr.* **17**: 62
- Ramírez, B. 2008.** El papel del licopeno como potente antioxidante y su relación con la disminución de los lípidos plasmáticos. *El portal de la salud.*
- Rivas, D. 2001.** Torres. Injerto de árboles. Chapingo
- Robles, T.R.; J.S. Rodríguez y J.S. Martínez. 2005.** Desarrollo vegetativo de melón (*cucumis melo* L.) establecido por trasplante, con guiado vertical y acolchado plástico en la comarca lagunera. *Rev. Chap.* **4**: 15-20
- Rojas, Á.M. 2005.** Sandía (*Citrullus vulgaris*) mínimamente procesada conservada en atmósferas modificadas. Tesis maestría. Inst. Tec. de Mérida.
- SAGARPA. 2008.** Anuario estadístico de la producción agrícola. Disponible en: <http://www.sagarpa.gob.mx/subagri/info/da/pa/boletin/040806/07.pdf>
[Consultada el 27-10-08]
- Salunkhe, D.K. y S.S. Kadam. 2003.** Tratado de ciencia y tecnología de las hortalizas. Editorial Acribia. España. p. 206-283

- Sari, N.H. 2004.** Effect of hypocotyl morphology on survival rate and growth of watermelon seedlings grafted on rootstocks with different emergence performance at various temperatures. *Turk J Agr.* **28**: 231-327
- Schoefs, B. 2002.** Chlorophyll and carotenoid analysis in food products. Properties of the pigments and methods of analysis. *Tren. Food Sci. Tech.* **13**: 361–371.
- Yetisir, H. and N. Sari. 2003.** Effect of different rootstock on plant growth, yield and quality of watermelon. *Aus. J. Exp. Agr.* **43**: 1269-1274

VII APÉNDICE

6.1. Crecimiento vegetativo e incompatibilidad

Datos de número de hojas tomadas el 03 de junio de 2008.

Tratamiento	Repetición	Número de hojas
1	1	62
	2	47
	3	84
2	1	74
	2	59
	3	43
3	1	67
	2	75
	3	85
4	1	105
	2	86
	3	68

Datos tomados de longitud de guías el 03 de junio de 2008 y número de plantas muertas a los 30 días después del trasplante.

Tratamiento	Repetición	Incompatibilidad	Longitud de guías
1	1	10	105
	2	10	95
	3	10	60
2	1	10	75
	2	10	95
	3	9	70
3	1	2	95
	2	6	105
	3	3	122
4	1	6	125
	2	7	122
	3	8	95

6.2. Rendimiento

Datos de rendimiento total, rendimiento comercial y rezaga provenientes de tres cortes realizados 29 de julio, 05 de agosto, 10 de agosto de 2008.

Tratamiento	Repetición	Rendimiento Ton ha ⁻¹		
		RT	RC	Re
1	1	44.000	41.275	2.725
	2	47.950	45.200	2.750
	3	51.255	48.555	2.700
2	1	35.365	22.065	13.300
	2	38.660	23.550	15.110
	3	32.070	17.865	14.205
3	1	54.313	28.063	26.250
	2	52.284	32.623	19.660
	3	53.298	40.228	13.070
4	1	29.855	19.355	10.500
	2	35.030	23.880	11.150
	3	32.443	19.943	12.500

* RT= rendimiento total; RC= rendimiento comercial; Re= rezaga.

6.3. Calidad de fruto

Datos de espesor de la corteza y concentración sólidos solubles (°Brix) tomados el 29 de julio de 2008.

Tratamiento	Repetición	Espesor de la corteza (mm)	Grados brix
1	1	20.0	9.4
	2	10.5	8.8
	3	10.5	8.4
2	1	20.0	9.8
	2	10.5	9.6
	3	20.0	10.8
3	1	20.0	2.0
	2	10.5	9.6
	3	10.0	9.0
4	1	20.0	7.0
	2	20.0	7.8
	3	10.5	8.0

Datos de contenido de licopeno por triplicado en g/L tomados 15 de agosto de 2008.

Tratamiento	Repetición	Licopeno $x=(y+0.1717)/95.05$				
		R1	R2	R3	Prom.	g/L
1*	1*	0.370	0.356	0.362	0.3630	0.00563
1	2	0.352	0.303	0.317	0.3240	0.00522
1	3	0.389	0.410	0.407	0.4020	0.00604
2*	1*	1.053	1.056	1.062	1.0572	0.01293
2	2	0.911	0.914	0.922	0.9157	0.01144
2	3	1.195	1.198	1.203	1.1987	0.01442
3	1	0.466	0.419	0.427	0.4373	0.00641
3*	2*	0.303	0.272	0.268	0.2805	0.00476
3	3	0.139	0.124	0.108	0.1237	0.00311
4*	1*	0.890	0.901	0.866	0.8857	0.01112
4	2	0.976	0.975	0.924	0.9583	0.01189
4	3	0.804	0.827	0.808	0.8130	0.01036

* Bloques eliminados debido al coeficiente de variación muy alto.

Promedio de datos del análisis de color en el espacio L* a* b* por triplicado tomadas 15 de agosto de 2008.

Tratamiento	Repetición	colores		
		L*	a*	b*
1	1	44.717	20.690	10.390
	2	45.753	18.310	14.020
	3	50.770	14.380	12.853
2	1	42.250	19.673	11.570
	2	50.107	20.027	12.590
	3	50.550	19.927	11.123
3	1	51.263	18.493	8.893
	2	47.193	20.230	10.010
	3	46.093	19.107	9.020
4	1	46.740	22.057	10.793
	2	46.410	15.670	9.073
	3	45.007	22.313	10.797