

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



**EVALUACIÓN DE TRES GENOTIPOS DE TOMATE INDETERMINADO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.**

POR:

DAVID CASTILLO BALCAZAR

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL
TÍTULO DE:**

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

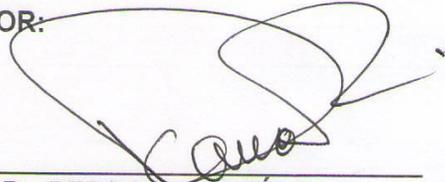
EVALUACIÓN DE TRES GENOTIPOS DE TOMATE INDETERMINADO
(*Lycopersicon esculentum* Mill.) BAJO CONDICIONES DE INVERNADERO.

TESIS DE C. DAVID CASTILLO BALCAZAR QUE SOMETE A
CONSIDERACIÓN AL COMITÉ DE ASESORES COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

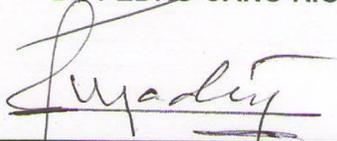
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

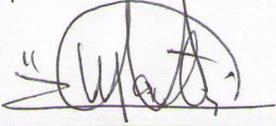
ASESOR PRINCIPAL:


Dr. PEDRO CANO RÍOS

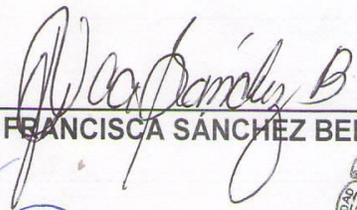
ASESOR:


Dr. EDUARDO MADERO TAMARGO

ASESOR:


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

ASESOR:


M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2012.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

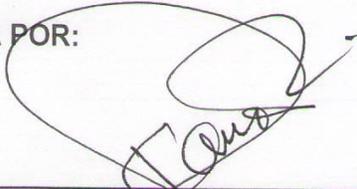
DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

TESIS DE C. DAVID CASTILLO BALCAZAR QUE SE SOMETE A
CONSIDERACIÓN AL H. JURADO EXAMINADOR COMO REQUISITO
PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

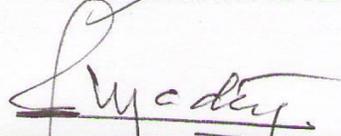
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

APROBADA POR:

PRESIDENTE:


Dr. PEDRO SANO RÍOS

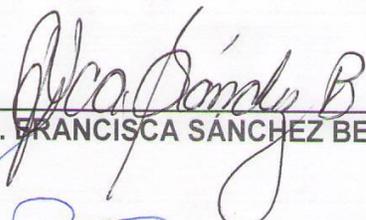
VOCAL:

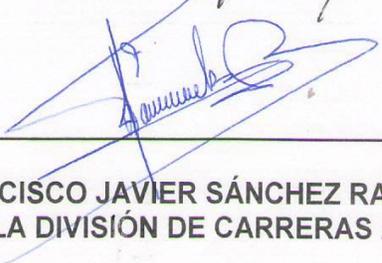

Dr. EDUARDO MADERO TAMARGO

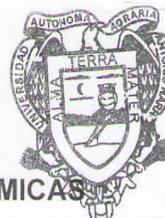
VOCAL:


M.E. VÍCTOR MARTÍNEZ CUETO

VOCAL SUPLENTE:


M.C. FRANCISCA SÁNCHEZ BERNAL


DR. FRANCISCO JAVIER SÁNCHEZ RAMOS
COORDINADOR DE LA DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS



Coordinación de la División de
Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México

Diciembre de 2012.

AGRADECIMIENTOS

A **Dios** y a mi virgencita de **Guadalupe** por haberme brindado la oportunidad de seguir estudiando pese a las complicaciones que pase y cumplir el sueño de ser Ingeniero.

A mi “Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro”, por darme la oportunidad de formarme profesionalmente durante cuatro años y medio, y ser un BUITRE de mi Alma Terra Mater.

Al Dr. Pedro Cano Ríos, por brindarme sus conocimientos, pero sobre todo por su amistad, y también por esos regaños que sirvieron para forjarme como profesionalista.

Al ME. Víctor Martínez Cueto, por su gran amistad, y permitir formar parte de su equipo de trabajo para realizar mi servicio social.

Al MC. Francisca Sánchez Bernal, por su valiosa amistad y gran cariño como persona.

Al Dr. Eduardo Madero Tamargo, por compartirme sus conocimientos y consejos para la realización de este trabajo.

Gracias a todos mis maestros por formar parte de mi carrera y darme un poco de su sabiduría.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

ARTEMIO CASTILLO MARTINEZ

CARMEN BALCAZAR CASTILLLO

Por darme la gran oportunidad de vivir y ser su hijo, por brindarme todo su Amor y gracias por haber confiado en mi durante mi carrera. Gracias por sus consejos, esfuerzos y sacrificios que hicieron por mí durante toda mi vida como estudiante, no me alcanzara la vida para poder pagar todo que hicieron por Mi.

¡GRACIAS POR SER UNOS EXELENTE PADRES!

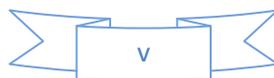
A MIS HERMANOS

Ramiro “Ra”, Seida Lucia “Sey”, y Artemio “Go ó Kano”, por su gran cariño y apoyo incondicional, ya que forman parte de mi vida. Los quiero mucho.

A MIS SOBRINOS

Edson Gael, Dayra Camila, David Arturo, Omar Raydel y Seida Zayed, por traer alegría y felicidad a toda la familia CASTILLO.

A Teresa Saavedra, por su paciencia, cariño, consejos, amor e inmenso apoyo, ya que formo una pieza importante para la realización de mi Tesis, Gracias por ser buena persona.



ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	iv
DEDICATORIAS.....	v
ÍNDICE DE CUADROS.....	x
INDICE DE APENDICE.....	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Objetivos.....	2
1.2 Hipótesis.....	2
1.3 Metas.....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1 Generalidades del tomate.....	3
2.1.1 Origen.....	3
2.2 Clasificación taxonómica.....	4
2.3 Características morfológicas.....	4
2.3.1 Determinadas.....	5
2.3.2 Indeterminadas.....	5
2.3.3 Semilla.....	5
2.3.4 Raíz.....	6
2.3.5 Tallo.....	6
2.3.6 Hoja.....	7
2.3.7 Flor.....	7
2.3.8 Fruto.....	8
2.3.9 Propiedades nutritivas.....	8

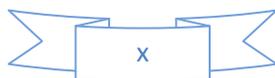
2.4 Generalidades del Invernadero.....	9
2.4.1 Principales ventajas que aportan los invernaderos.....	10
2.4.2 Principales desventajas que aportan los invernaderos.....	11
2.5 Exigencias del clima.....	11
2.5.1 Temperatura.....	11
2.5.2 Humedad relativa.....	12
2.5.3 Luminosidad.	13
2.5.4 Radiación en invernadero.....	14
2.5.5 Contenido del CO ₂ en el aire.....	14
2.6 Elección del genotipo.....	15
2.7 Labores culturales.....	16
2.7.1 Producción de plántula.....	16
2.7.2 Trasplante.....	16
2.7.3 Poda de formación.....	18
2.7.4 Poda de brotes axilares.....	18
2.7.5 Poda de hojas.....	18
2.7.6 Despunte.....	18
2.7.7 Despunte de inflorescencia y aclareo de frutos.....	19
2.7.8 Aporcado y rehundido.....	19
2.7.9 Tutorado.....	20
2.7.10 Bajado de plantas.....	20
2.7.11 Polinización.....	21
2.8 Arreglo topológico.....	22

2.9 Fertirrigación.....	22
2.9.1 Solución nutritiva.....	24
2.10 Plagas y enfermedades.....	27
2.10.1 Plagas.....	27
2.10.1.1 Mosquita blanca.....	27
2.10.1.2 Trips.....	27
2.10.1.3 Minador.....	28
2.10.1.4 Pulgón.....	28
2.10.1.5 Paratrioza.....	29
2.10.1.6 Araña roja.....	29
2.10.1.7 Acaro bronceado.....	30
2.10.2 Enfermedades.....	30
2.10.2.1 Damping off.....	30
2.10.2.2 Mildiu.....	31
2.10.2.3 Tizón temprano.....	33
2.10.2.4 Cenicilla.....	33
I MATERIALES Y MÉTODOS.....	35
3.1 Localización geográfica y Clima de la Comarca Lagunera.....	35
3.2 Localización del Experimento.....	35
3.3 Tipo y Condiciones del Invernadero.....	35
3.4 Genotipos.....	36
3.5 Sustrato.....	36
3.6 Siembra y trasplante.....	36

3.7 Diseño experimental.....	37
3.8 Manejo del cultivo.....	37
3.9 Fertirrigación.....	37
3.10 Poda.....	38
3.11 Bajado de plantas.....	39
3.12 Polinización.....	39
3.13 Control de plagas y enfermedades.....	39
3.14 Cosecha.....	40
3.15 Variables evaluadas.....	40
3.16 Análisis estadísticos.....	40
IV RESULTADOS Y DISCUSIONES.....	41
4.1 Altura de la planta.....	41
4.2 Peso de fruto.....	42
4.3 Diámetro polar.....	43
4.4 Diámetro ecuatorial.....	44
4.5 Sólidos solubles (°Brix).....	44
4.6 Espesor de pulpa.....	45
4.7 Numero de lóculos.....	46
4.8 Rendimiento.....	47
V. CONCLUSIONES.....	48
VI RESUMEN.....	49
VII. LITERATURA CITADA.....	50
VIII. APENDICE.....	56

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 2.1 Principales componentes del fruto del tomate. UAAAN-UL. 2012.....	9
Cuadro 2.2 Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas. UAAAN-UL. 2012.....	12
Cuadro 2.3 Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm). UAAAN-UL. 2012.....	24
Cuadro 2.4 Rango mínimo, óptimo y máximo de concentraciones de nutrimentos considerado varios autores. UAAAN-UL. 2012....	26
Cuadro 4.1 Ecuaciones de regresión para la variable Altura de planta en los diferentes genotipos de tomate. UAAAN-UL. 2012.....	41
Cuadro 4.2 Medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Peso de fruto. UAAAN-UL. 2012.....	43
Cuadro 4.3 Medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Diámetro polar. UAAAN-UL. 2012.....	43
Cuadro 4.4 Medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Diámetro ecuatorial. UAAAN-UL. 2012.....	44
Cuadro 4.5 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Solidos solubles. UAAAN-UL. 2012.....	45
Cuadro 4.6 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Espesor de pulpa. UAAAN-UL. 2012.....	46



Cuadro 4.7 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Numero de lóculos. UAAAN-UL. 2012.....	46
Cuadro 4.8 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Rendimiento. UAAAN-UL. 2012.....	47

ÍNDICE DE APÉNDICE

Cuadro 1. Análisis de varianza para la variable Peso del Fruto en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL. 2012.....	56
Cuadro 2. Análisis de varianza para la variable Diámetro Polar en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.....	56
Cuadro 3. Análisis de varianza para la variable Diámetro Ecuatorial en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.....	56
Cuadro 4. Análisis de varianza para la variable Solidos Solubles en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.....	57
Cuadro 5. Análisis de varianza para la variable Espesor de Pulpa en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.....	57
Cuadro 6. Análisis de varianza para la variable Número de Lóculos en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.....	57
Cuadro 7. Análisis de varianza para la variable Rendimiento en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.....	58

I. INTRODUCCIÓN.

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una de las hortalizas más importantes en el mundo, se evidencia por ser el segundo producto hortícola en el consumo mundial, con una superficie superior a los 3.6 millones de hectáreas, quedando en el primer lugar la papa (*Solanum tuberosum* L). El fruto en fresco se puede encontrar hoy en los grandes mercados consumidores en todas las épocas del año (Fonseca, 2006). En el país existen alrededor de 20 mil hectáreas bajo agricultura protegida de las cuales aproximadamente 12 mil son de invernadero y las otras 8 mil corresponden a malla sombra y macro túnel principalmente. El 50% de la superficie con agricultura protegida se concentra en cuatro estados: Sinaloa (22%), Baja California (14%), Baja California Sur (12%) y Jalisco (10%). Los principales cultivos que se producen bajo agricultura protegida son el jitomate (70%), pimiento (16%), pepino (10%), otros (4%). (SAGARPA, 2012).

El tomate es el cultivo más explotado bajo condiciones de invernadero debido principalmente a su alta capacidad de producción y su alto consumo. Su producción potencial, aplicando tecnología de vanguardia para el manejo de invernaderos, podrían rebasar las $500 \text{ t ha}^{-1} \text{ año}^{-1}$ en dos ciclos esto reportado por (Muñoz, 2003). La producción de tomate en la Comarca Lagunera en 2010 alcanzó las 915.50 ha bajo cielo abierto representando el 5.38 % del total nacional, con un rendimiento promedio regional de 43.86 ton/ha con un poco más de 258,988.00 miles de pesos en valor de la producción y alrededor de 105 hectáreas bajo condiciones protegidas. La producción bajo cielo abierto se realiza durante el ciclo primavera-verano en los meses de junio a agosto, obteniéndose bajos rendimientos (SAGARPA, 2010).

1.1 Objetivo

Determinar cual es el mejor genotipo para explotarse bajo condiciones de invernadero, con base a las variables evaluadas.

1.2 Hipótesis

Los genotipos de tomate indeterminado a evaluar tienen alta capacidad de rendimiento y calidad de producción.

1.3 Metas

Evaluar la calidad y rendimiento de los genotipos de tomate indeterminado en estudio bajo condiciones de invernadero.

II. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Generalidades del tomate.

2.2 Origen.

El origen del género *Lycopersicon* se localiza en la región andina que se extiende desde el sur de Colombia al Norte de Chile, pero parece que fue en México donde se domesticó, quizá porque crecería como mala hierba entre los huertos. Durante el siglo XVI se consumían en México tomates de distintas formas y tamaños e incluso rojos y amarillos, pero por entonces ya habían sido traídos a España y servían como alimento en España e Italia. En otros países europeos solo se utilizaban en farmacia y así se mantuvieron en Alemania hasta comienzos del siglo XIX. Los españoles y portugueses difundieron el tomate a Oriente Medio y África, y de allí a otros países asiáticos, y de Europa también se difundió a Estados Unidos y Canadá (Infoagro, 2012).

La palabra Tomate proviene del náhuatl "*xitli*" (ombligo) y "*tinatlm*" (tomati o tomatera), y es el nombre común que se le ha dado a una planta herbácea de tallo voluble, largo y cubierto por numerosos pelos. Las hojas son lobuladas con los bordes dentados. Las flores pentámeras se reúnen en ramilletes laterales y son amarillas. (Pertenece a la familia de las solanáceas, que incluye al tóxico beleño y a la letal belladona), algún audaz campesino maya se percató de que el fruto era comestible.

El coordinador de la revista Science, explica que las frutas y verduras que ahora consumimos no siempre fueron comestibles para el hombre: "Originalmente los tomates podrían haberse equiparado a unas bayas silvestres actuales; la

evolución ha permitido que estos frutos adquieran las características que precisamos para su consumo” (Guzmán, 2001).

La palabra tomate proviene del náhuatl tomatl, aplicado genéricamente para plantas con frutos globosos o bayas, con muchas semillas y pulpa acuosa (Nuez, 2001).

Durante muchos años el mercado de tomate contó con una reducida gama de productos; hoy en día, este mercado se caracteriza por la continua promoción de nuevas variedades de diferente color, forma y sabor, de mejor calidad, con mayor vida de anaquel y recientemente han surgido nuevos genotipos de mayor valor nutricional y con más beneficio para la salud (Diez, 2001).

2.2 Clasificación taxonómica.

Chamarro (2001), describe la taxonomía del tomate de la siguiente manera:

Nombre común:	Jitomate o Tomate
Nombre científico:	<i>Lycopersicon esculentum</i> Mill.
Clase:	Dicotiledóneas
Orden:	Solanales (personatae)
Familia:	Solanáceae
Tribu:	Solaneae
Género:	<i>Lycopersicon</i>
Especie:	<i>esculentum</i>

2.3 Características morfológicas.

El tomate *Lycopersicon esculentum* Mill es una planta perenne de porte arbustivo que se utiliza como anual. La planta puede desarrollarse en forma

rastrera, semi erecta y el crecimiento es limitado en las variedades determinadas e ilimitado en las variedades indeterminadas, pudiendo llegar a 10 m en un año (Chamarro, 2001).

2.3.1 Determinadas.

Las plantas tienen un crecimiento limitado, puede extenderse 2 m; los segmentos del eje principal soportan un número inferior de hojas y terminan en una inflorescencia, el sistema de ramificación lateral experimenta un crecimiento limitado dando a la planta un aspecto arbustivo con simetría circular (Chamarro, 2001).

2.3.2 Indeterminadas.

Son plantas donde su crecimiento vegetativo es continuo, pudiendo llegar su tallo principal hasta más de 12 m. de largo si es manejado a un solo eje de crecimiento, las inflorescencias aparecen lateralmente en el tallo. Florecen y cuajan uniformemente. Se eliminan los brotes laterales y el tallo generalmente se enreda en torno a un hilo de soporte. Este tipo de crecimiento es el preferido para cultivarse en invernadero (FAO, 2007).

2.3.3 Semilla.

La semilla del tomate tiene una forma lenticular con unas dimensiones aproximadas de 5 x 4 x 2 mm y esta constituida por el embrión, el endospermo y la testa o cubierta seminal. El embrión, cuyo desarrollo dará lugar a la planta adulta, esta constituido, a su vez, por la yema apical, dos cotiledones, el hipocótilo y la radícula. El endospermo contiene los elementos nutritivos necesarios para el desarrollo inicial del embrión. La testa o cubierta seminal esta constituida por un

tejido duro e impermeable, recubierto de pelos, que envuelve y protege el embrión y el endospermo. (Nuez, 2001).

2.3.4 Raíz.

La función de la raíz del tomate es la absorción y transporte de nutrientes, así como el anclaje de la planta al suelo (Namesny, 2004).

El sistema radical del tomate está constituido por la raíz principal (corta y débil), raíces secundarias (numerosas y potentes) y raíces adventicias. Seccionando transversalmente la raíz principal y de fuera a dentro encontramos: epidermis, donde se ubican los pelos absorbentes especializados en tomar agua y nutrientes), cortex y cilíndrico central, donde se sitúa el xilema (conjunto de vasos especializados en el transporte de los nutrientes) (Chamarro, 2001).

En las variedades cultivadas, la raíz puede extenderse superficialmente sobre un diámetro de 1.5 m y alcanzar más de 0.5 m de profundidad. Generalmente el 70% de las raíces se localizan a menos de 20 cm de la superficie. Todas la raíces absorben agua, mientras los minerales se absorben por las raíces más próximas a la superficie (Nuez, 1995).

2.3.5 Tallo.

El tallo es el eje sobre el cual se desarrollan las hojas, flores y frutos; el diámetro puede ser de 2 a 4 cm y el porte puede ser de crecimiento determinado (tallos que alcanzan un rendimiento número de ramilletes y detienen su crecimiento) e indeterminado (tallos que no detiene su crecimiento). Ambos casos presentan un crecimiento simpódico; el tallo del tomate es inicialmente erecto, pero al crecer, y debido a su poca consistencia, queda rastrero, siendo necesario

su manejo con tutores cuando se cultiva en invernaderos. Los tallos son pubescentes en toda la superficie. En las axilas de las hojas del tallo principal surgen los tallos secundarios que son eliminados mediante podas para una buena conformación de la planta. El desbrote debe ser oportuno, sobre todo el brote inmediato al racimo, el cual surge con gran vigor. El cuello del tallo tiene la propiedad de emitir raíces cuando se pone en contacto con el suelo o con la arena, característica muy importante que se aprovecha en las labores culturales, aporcado y el rehundimiento de cultivos enarenados (Serrano, 1979; Valadéz, 1990; Berenguer, 2003).

2.3.6 Hoja.

Compuesta e imparipinnada, con foliolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de 7 a 9 y recubiertos de pelos glandulares. Las hojas se disponen de forma alternativa sobre el tallo. El mesófilo o tejido parenquimático está recubierto por una epidermis superior e inferior, ambas sin cloroplastos. La epidermis inferior presenta un alto número de estomas. Dentro del parénquima, la zona superior o zona en empalizada, es rica en cloroplastos. Los haces vasculares son prominentes, sobre todo en el envés, y constan de un nervio principal (Infoagro, 2012).

2.3.7 Flor.

Una planta tiene varias inflorescencias (6-8 en condiciones normales) normalmente formando de cuatro a diez flores cada inflorescencia. Las flores del tomate son relativamente pequeñas y constan de cinco pétalos, la corola y cáliz. El cono del estaminal representa una fusión de cinco anteras alrededor del ovario, el estilo y el estigma. El polen se suelta en el interior de la antera, asegurando así un

alto nivel de auto-polinización. Para que la polinización sea exitosa es esencial algún movimiento de polen. Bien puede hacerse por las corrientes aéreas o ser polinizado por los insectos (Plant protection, 2012).

El tomate es una de las plantas hermafrodita que presenta flores bisexuales en forma de racimo simple, en la base de la planta o ramificado en la parte superior y se polinizan principalmente por el viento (cuando está el cultivo en campo) y por abejorros del genero *Bombus sp* (en invernadero). (Berenguer 2003).

2.3.8 Fruto.

Es una baya bi o plurilocular que puede alcanzar un peso que oscila entre unos pocos miligramos y 600 gramos. Está constituido por el pericarpio el tejido placentario y las semillas. El fruto puede recolectarse separándolo por la zona de abscisión del pedicelo, como ocurre en las variedades industriales, en las que es indeseable la presencia de parte del pecíolo, o bien puede separarse por la zona peduncular de unión al fruto (Berenguer, 2003).

El fruto del tomate pertenece a los frutos simples, carnosos, indehiscentes y polispermos, y por lo tanto es una verdadera baya. Su forma, tamaño y color son variables, su superficie es lisa y esta formado por un epicarpio delgado algo resistente y brillante al exterior antes de la maduración. Su olor es aromático y característico, y el sabor agridulce (Tiscornia, 1989).

2.3.9 Propiedades nutricionales.

El tomate es un cultivo de alto valor comercial y una enorme importancia mundial, por la aceptación general del fruto en la alimentación y su utilización en

forma muy variada, además de sus excelentes cualidades organolépticas, su alto valor nutricional, contenido de vitamina C y licopeno, además se ha demostrado que esta inversamente relacionado con el desarrollo de cierto tipo de cánceres. Comparado con otros vegetales, los frutos de tomate son menos perecederos y más resistentes a daños de transporte (Casseres, 1984; Berenguer, 2003). En el cuadro 2.1 se muestran los principales componentes del fruto del tomate.

Cuadro 0.1. Principales componentes del fruto del tomate¹. UAAAN-UL. 2012.

Componentes	Peso fresco %	Componentes	Peso fresco %
Materia seca	6.50	Ácido málico	0.10
Carbohidratos totales	4.70	Ácido cítrico	0.20
Grasas	0.15	Fibra	0.50
N proteico	0.40	Vitamina C	0.02
Azúcares reductores	3.00	Potasio	0.25
Sacarosa	0.10	Sólidos solubles (°Brix)	4.50

¹Fuente: Chamarro (2001).

2.4 Generalidades del invernadero.

El invernadero es una estructura en que las partes correspondientes a las paredes y el techo están cubiertos con películas plásticas, con la finalidad de desarrollar cultivos en un ambiente controlado de temperatura y humedad. Se pueden tener construcciones simples, diseñadas por los agricultores a bajo costo, o sofisticadas, con instalaciones y equipos para un mejor control del ambiente. Los

invernaderos generalmente son utilizados para cultivos de porte alto, como tomate, pepino, pimentón, melón, flores y otros.

Los invernaderos se utilizan para asegurar la producción y calidad de los cultivos, ya que en campo abierto es muy difícil mantener los cultivos de una manera perfecta a lo largo de todo el año. El concepto de cultivos bajo invernadero representa el paso de producción extensiva de tomate a producción intensiva. Para ello, las plantas han de reunir condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo. Los controles de temperatura, humedad relativa, corrientes de aire y composición atmosférica son esenciales, como lo son, además, el control del agua y de los fertilizantes, el mantenimiento del nivel de oxígeno cerca de las raíces y la sanidad del cultivo para asegurar una calidad y una productividad óptima (FAO, 2007).

2.4.1 Principales ventajas que aportan los invernaderos.

- Protección contra condiciones climáticas extremas.
- Producción fuera de época.
- Mejor calidad y rendimiento.
- Precocidad.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Preservación de la estructura del suelo.
- Siembra de materiales seleccionados.
- Disminución en la utilización de plaguicidas.
- Mejor control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año. (FAO, 2007).

2.4.1 Principales desventajas que aportan los invernaderos.

- Alta inversión inicial.
- Alto costo de operación.
- Requiere personal especializado, de experiencia práctica y conocimientos teóricos.
- Supervisión permanente. (FAO, 2007).

2.5 Exigencias del clima.

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 éstos incide sobre los demás. Según Castilla (2001) y Sade (1998) los principales factores climáticos para el manejo óptimo de un invernadero son los siguientes:

2.5.1 Temperatura.

La temperatura óptima para el desarrollo de los cultivos oscila entre los 20 y 30 °C durante el día y entre los 13 y 16 °C durante la noche; a temperaturas superiores de los 30 a 35 °C, las plantas se ven afectadas notablemente, deteniendo así su crecimiento y desarrollo. A temperaturas inferiores de entre 10 y 15 °C, se originan problemas de desarrollo y germinación. Mientras que a temperaturas superiores a los 25 °C e inferiores a 12 °C, la fecundación es defectuosa o nula. La maduración del fruto está ligada a la temperatura en lo que refiere tanto a precocidad como a coloración, de manera que valores cercanos a los 10 °C así como superiores a los 30 °C originan tonalidades amarillentas (Sade, 1998). (Cuadro 2.2).

Cuadro 2.2. Relación de las temperaturas en los diferentes estados de desarrollo de las plantas¹. UAAAN-UL. 2012.

Estado de desarrollo	T. mínima (°C)	T, optima (°C)	T. máxima (°C)
Germinación	11	16-29	34
Crecimiento	18	21-24	32
Cuajado de frutos durante el día	18	23-26	32
Cuajado de frutos durante la noche	10	14-17	22
Producción del pigmento rojo (licopeno)	10	20-24	30
Producción de pigmento amarillo (β caroteno)	10	21-23	40
Temperatura del suelo	12	20-24	25

¹ Fuente: FAO, 2007.

2.5.2 Humedad relativa.

La humedad relativa óptima oscila entre un 60 % y un 80 %. Humedades relativas muy elevadas favorecen el desarrollo de enfermedades aéreas y el agrietamiento del fruto y dificultan la fecundación, debido a que el polen se compacta, abortando parte de las flores. El rajado del fruto igualmente puede tener su origen en un exceso de humedad edáfica o riego abundante tras un período de estrés hídrico. También una humedad relativa baja dificulta la fijación del polen al estigma de la flor (Infoagro, 2012).

Burgueño (2001), menciona que cuando la humedad relativa esta en exceso hay menor desarrollo vegetativo porque disminuye la transpiración debido al cierre de estomas, se presenta aborto floral, y cuando es deficiente la humedad existe una deshidratación de los tejidos, fecundación deficiente, aumentan las

enfermedades y existe una condensación de humedad provocando el goteo. Siendo así que la humedad relativa óptima ambiental para el desarrollo del cultivo de tomate oscile 60 y 80 % como máximo.

2.5.3 Luminosidad.

La luz solar es un pre-requisito para el crecimiento de la planta. El crecimiento es producido por el proceso de fotosíntesis, el cual se da sólo cuando la luz es absorbida por la clorofila (pigmento verde) en las partes verdes de la planta mayormente ubicadas en las hojas. El tomate es un cultivo que no lo afecta el fotoperíodo o largo del día, sus necesidades de luz oscilan entre las 8 y 16 horas; aunque requiere buena iluminación. Los días soleados y sin interferencia de nubes, estimulan el crecimiento y desarrollo normal del cultivo. Por lo que esperaríamos que en nuestro medio, no se tengan muchos problemas de desarrollo de flores y cuaje de frutos por falta de luz.

En la práctica se ha observado que los distanciamientos de siembra pueden afectar el desarrollo de las primeras flores por falta de luz, principalmente en aquellas variedades que tienden a producir mucha ramificación o crecimiento de chupones laterales (Ej. Sheriff), lo cual impide que la luz penetre hasta donde se lleva a cabo el desarrollo de los primeros racimos florales, afectando el cuaje y crecimiento de los frutos. Esta desventaja se puede solucionar haciendo podas de los chupones que crecen por debajo de los primeros racimos florales, o dando más distanciamiento entre plantas. (Corpeño, 2004).

2.5.4 Radiación en invernadero.

La intensidad de la radiación, el fotoperiodo y la nubosidad son los factores naturales que determinan la radiación diaria. Sin embargo, la orientación del invernadero, la forma de la techumbre y la pendiente de la cubierta pueden modificar la luminosidad en su interior, además de la influencia que pueden tener los materiales de cubierta elegidos (Bouzo y Garinglio, 2002)

La radiación solar en parte es absorbida por el suelo y la planta dentro del invernadero, siendo convertida en energía térmica e irradiada o disipada por convección, conducción y transpiración. La radiación solar dentro del invernadero es menor que en el exterior debido a la reflexión y absorción del material de cerramiento, la transmisibilidad varía a lo largo del año, al ángulo de incidencia de los rayos y a la acumulación de polvo en la cubierta de los invernaderos (López et al., 1996).

2.5.5 Contenido del CO₂ en el aire.

En condiciones de invernadero, el aire generalmente está más seco y en algunos casos la circulación no es correcta, a si que las plantas en invernaderos requieren más de CO₂; de manera que a medida que se incrementa la luz, también se incrementa la demanda de CO₂. Al recibir el CO₂ en una cantidad extra, las plantas responden sorprendentemente rápido en beneficio de la cosecha. La recomendación de CO₂ en el uso invernadero va de 800 a 1000 ppm en el ambiente (Samperio, 1999).

El CO₂ es el factor de producción que más limitaciones impone en los invernaderos. Es posible añadirlo gratuitamente a las plantas a partir del humo del calentador. Pero desafortunadamente, las necesidades de la planta de CO₂ y los

periodos en que necesita la calefacción no son los mismos. Una hectárea de invernadero tiene alrededor de 40 000 m³ de aire, es decir 14 m³ o 27 kg de CO₂, por una hora de fotosíntesis a 350 w.m⁻², sin ventilación. El enriquecer con CO₂ cuando la luz es insuficiente no debe de realizarse porque no se aprovecharía. En el verano, el aporte de CO₂ es mayor, dado que la luz es más intensa, pero, como es necesario airear permanentemente, se deberá utilizar un porcentaje bajo de CO₂, para evitar perdidas. Se deben inyectar de 70 a 100 kg de CO₂ por hora por hectárea de invernadero (Ferreira, 2002).

2.6 Elección del genotipo.

Principales criterios de elección (Infoagro, 2012):

- Características de la variedad comercial: vigor de la planta, características del fruto, resistencias a enfermedades y/o plagas.
- Mercado de destino.
- Estructura de invernadero.
- Tolerancia factores de clima y salinidad.

El tomate es una hortaliza que ha alcanzado una variedad de tipos muy extensa. Uno de los mayores atractivos del producto frente al consumidor es la diversidad. Las preferencias por un tipo determinado son muy variados y esto es en función al país, uso, tipo de población al que se destinan (Diez, 2001).

En un país como México, el 80% de la producción de tomate se destina al consumo nacional y principalmente los tomates son de tipo saladette. Por otro lado el tomate destinado para exportación son de tipo “bola” o tipo “Beff” (grandes y carnosos) son los que demanda el consumidor norteamericano (Muñoz, 2003).

2.7 Labores culturales.

2.7.1 Producción de plántulas.

Hoy día, el alto costo de la semilla (híbridos) ha generalizado el uso de charolas germinadoras con 200 cavidades prensados de turba, bolsas de plástico rellenas de sustrato para trasplantar con cepellón, que cuentan con instalaciones adecuadas ya sea con cámaras de germinación o invernadero (Castilla, 1999).

Se utilizan charolas de polietileno, esterilizadas previamente con productos como Previcur N, llenando las cavidades con turba (peat most) que es un material inerte, colocando en cada una de las cavidades las semillas de tomate a una profundidad de 2 a 3 milímetros, se cubren con el mismo material. La temperatura debe mantenerse elevada a unos 32° C, los riegos por microaspersión, se efectúan de una a dos veces diarias, según la demanda evaporativa y la fertirrigación (a partir de los 15 días de la siembra) se basa en equilibrio tipo 1/1/1 de N/P₂O₅/K₂O, evitando los excesos para no enternecer la planta. Con ese mismo fin pueden emplearse retardadores de crecimiento (derivados de cobré o similares). La práctica de endurecer la planta es útil para aclimatar las plantitas progresivamente al cambio de condiciones ambientales, especialmente si se destinan a cultivos al aire libre (Castilla, 2001).

2.7.2 Trasplante.

Se seleccionan las plantas sanas y vigorosas cuya altura alcanzan en el semillero de 10 a 15 cm. y su tallo tiene más de 0.5 cm. de diámetro se considera que ya están listas para el trasplante, esto ocurre aproximadamente entre los 22-27 días después de la siembra.

Existen algunas consideraciones que deberán tomarse en cuenta antes del trasplante, estas son:

- Al momento del trasplante, el suelo deberá tener la humedad necesaria para que la planta no se deshidrate y pueda recuperarse mas fácilmente; si la siembra es en época seca, deberá realizarse un riego pesado con 3 días de anticipación y un riego durante el trasplante para permitir el pegue de la misma y evitar que la solución arrancadora quemé.
- Se deberá seleccionar, en cuanto sea práctico, las horas más frescas del día, es decir, las primeras horas de la mañana y las últimas de la tarde. Aunque con plantines producidos en bandeja se puede realizar a cualquier hora del día, siempre y cuando el suelo y el pilón estén bien mojados.
- El tomate debe venir del vivero con la aplicación de un fungicida biológico (Tricoderma sp. al sustrato) y un insecticida sistémico como Confidor o Actara que lo proteja de una infección de virus. Esta aplicación es indispensable hacerla por lo menos 4 días antes del trasplante para que el producto tenga tiempo de trabajar desde el pilón.
- Es necesario hacer un endurecimiento de las plántulas, reduciendo el riego 2 días antes del trasplante.
- Las plántulas deberán regarse antes del trasplante.

Consideraciones durante el trasplante:

- Las plántulas deberán mantenerse húmedas y bajo sombra para minimizar la deshidratación, además deben protegerse contra insectos chupadores. (Corpeño 2004).

2.7.3 Poda de formación.

Es una práctica imprescindible para las variedades de crecimiento indeterminado. Se realiza a los 15-20 días del trasplante con la aparición de los primeros tallos laterales, que serán eliminados, al igual que las hojas más viejas, mejorando así la aireación del cuello y facilitando la realización del aporcado. Así mismo se determinará el número de brazos (tallos) a dejar por planta. Son frecuentes las podas a 1 o 2 brazos, aunque en tomates de tipo Cherry suelen dejarse 3 y hasta 4 tallos. (Infoagro, 2012).

2.7.4 Poda de brotes axilares o destallado.

Es una práctica esencial a lo largo de todo el ciclo y consiste en la eliminación de los brotes o chupones que salgan de las axilas de las hojas del tallo, esto evita pérdidas de nutrientes, excesos de follaje y nos ofrece frutos de máximo calibre y excelente calidad. En las variedades de crecimiento indeterminado durante la poda hay que tener cuidado de no cortar el brote apical que contiene el punto de crecimiento. (Nuño, 2007).

2.7.5 Poda de hojas o deshojado.

Es recomendable tanto en las hojas senescentes, con objeto de facilitar la aireación y mejorar el color de los frutos, como en hojas enfermas, que deben sacarse inmediatamente del invernadero, eliminando así la fuente de inóculo. (Infoagro, 2012).

2.7.6 Despunte.

Los materiales de crecimiento indeterminado tienen una yema vegetativa en la parte apical del tallo principal que permite el crecimiento continuo de la planta, por lo que el sistema de tutores no permite la conducción de la planta a más de

diez racimos. Por tanto es necesario eliminar la yema apical y dejar dos o tres hojas arriba del último racimo floral (Pérez y Castro, 1999, citados por Bautista y Alvarado, 2006).

2.7.7 Despunte de inflorescencia y aclareo de frutos.

Ambas prácticas están adquiriendo cierta importancia desde hace unos años, con la introducción del tomate en racimo, y se realizan con el fin de homogeneizar y aumentar el tamaño de los frutos restantes, así como su calidad. De forma general podemos distinguir dos tipos de aclareo: el aclareo sistemático es una intervención que tiene lugar sobre los racimos, dejando un número de frutos fijo, eliminando los frutos inmaduros mal posicionados. El aclareo selectivo tiene lugar sobre frutos que reúnen determinadas condiciones independientemente de su posición en el racimo; como pueden ser: frutos dañados por insectos, deformes y aquellos que tienen un reducido calibre. (Infoagro, 2012).

2.7.8 Aporcado y rehundido.

Práctica que se realiza en suelos enarenados tras la poda de formación, con el fin de favorecer la formación de un mayor número de raíces, y que consiste en cubrir la parte inferior de la planta con arena. El aporcado de plantas lleva como finalidad evitar el encharcamiento en la zona del cuello. (Infoagro, 2012). Se recomienda hacerlo a los 15 o 25 días después del trasplante, para favorecer el desarrollo de raíces en el tallo. Se aprovecha para eliminar malezas y a la vez para incorporar fertilizantes; al mismo tiempo proporciona una mayor fijeza a la planta. Debe realizarse con precaución, para no causar daño a las raíces dar paso a las enfermedades. Además con esta labor se incentiva a la planta a generar raíces adventicias. (Corpeño, 2004).

2.7.9 Tutorado.

Es una práctica imprescindible para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y sobre todo los frutos toquen el suelo, mejorando así la aireación general de la planta y favoreciendo el aprovechamiento de la radiación y la realización de las labores culturales (destallado, recolección, etc.). Todo ello repercutirá en la producción final, calidad del fruto y control de las enfermedades. La sujeción suele realizarse con hilo de polipropileno (rafia) preferiblemente color negra para no atraer insectos con las de color, sujeto de una extremo a la zona basal de la planta (liado, anudado o sujeto mediante anillos) y de otro a un alambre situado a determinada altura por encima de la planta (1,8-2,4 m sobre el suelo). Conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillos, hasta que la planta alcance el alambre. (Infoagro, 2012).

2.7.10 Bajado de plantas.

Johnson y Rock (1995) citado por Rodríguez (2002), indican que conforme la planta va creciendo se va liando o sujetando al hilo tutor mediante anillos, hasta que la planta alcance el alambre; a partir de este momento existen tres opciones:

- Bajar la planta descolgando el hilo lo cual conlleva un costo adicional de mano de obra.
- Dejar que la planta crezca cayendo por su propia gravedad.
- Dejar que la planta vaya creciendo horizontalmente sobre los alambres de emparrillado.

Pilatti y Bouso (2000). Mencionan que el bajado debe realizarse cuando las plantas alcanzan una altura que ya no permite un adecuado manejo del cultivo, sin

embargo, este descenso de las plantas puede afectar la intercepción de radiación solar por el dosel y consecuentemente al rendimiento del cultivo.

2.7.11 Polinización.

Los tomates son polinizados normalmente por el viento cuando crecen al aire libre; en condiciones de invernadero la polinización se puede llevar a cabo con vibrador de mano; esto se hace varias veces, durante varios días para asegurar la polinización, de otra manera también se puede realizar con un bat y moviendo las rafias con las que se guían. La polinización biológica ha tomado relevancia, y consiste en liberar polinizadores desde la cuarta semana después del trasplante. La especie comercial que se utiliza son abejorros (*Bombus terrestris*), a una densidad de población de cuatro colonias por hectárea. (Gil y Miranda, 2000, citados por Bautista y Alvarado, 2006).

La polinización deberá efectuarse mientras que las flores están en estado receptivo, lo cual se conoce porque los pétalos se doblan hacia abajo. La plantas deberán polinizarse al menos cada dos días, puesto que las flores permanecen receptivas unas 48 horas, efectuando esta operación entre las 11:00 am y las 15:00 pm en días soleados, esto para obtener mejores resultados. (Rodríguez et al, 1997).

La óptima temperatura para la polinización es de 21 °C a 28 °C. La humedad óptima relativa es del 70%. Cuando la humedad relativa esta por encima del 80%, los granos de polen se aglomeran y no se dispersan bien. Con humedad relativa inferior a 60% por periodos extendidos, el estigma se puede secar de tal forma que los granos de polen no se pegaran al mismo. (Zaidan y Avidan, 1997).

2.8 Arreglo topológico.

El marco de plantación se establece en función del porte de la planta, que a su vez dependerá del genotipo comercial a establecer. El más frecuentemente empleado es de 1.5 m entre líneas y 0.5 m entre plantas, aunque cuando se trata de plantas de porte medio es común aumentar la densidad de plantación a dos plantas por metro cuadrado con marcos de 1 m x 0.5 m. Cuando se tutoran las plantas, las líneas deben ser “pareadas” para poder pasar las plantas de una línea a otra formando una cadena sin fin, dejando los pasillos amplios.

La población recomendada es de 25 000 plantas por hectárea para variedades determinadas durante la época seca y 22 000 plantas en época de lluvias, debido a que cada planta produce aproximadamente de 3.61 a 4.52 Kg de tomate. La población recomendada para variedades indeterminadas es de 28 000 plantas por hectárea, ya que cada planta produce de 5.42 a 6.78 Kg de tomate. (Zaidan y Avidan, 1997).

2.9 Fertirrigación.

En los cultivos protegidos de tomate el aporte de agua y gran parte de los nutrientes se realiza de forma generalizada mediante riego por goteo y va ser función del estado fenológico de la planta así como del ambiente en que ésta se desarrolla (tipo de suelo, condiciones climáticas, calidad del agua de riego, etc.). (Infoagro, 2012).

En condiciones de invernadero de alta intensidad lumínica y acompañada de altas temperaturas, el porcentaje de evaporación de las plantas se incrementa grandemente y como resultado la absorción del agua aumenta significativamente. Por lo tanto la frecuencia de los ciclos tiene que ser suficiente para impedir

cualquier déficit de agua en las plantas que provoquen un estrés hídrico con lamentables consecuencias. La duración de cualquier ciclo de riego tiene que ser suficiente para proporcionar un adecuado filtrado del medio, para que se puedan evacuar los elementos excesivos a través del sustrato; de no ser así se formarían niveles de sal que causarían un retraso en el crecimiento e incluso una toxicidad en las plantas y su posterior muerte (Lomelí, 1999).

En términos generales, el intervalo de riego debe ser de 3 a 5 veces por día (según el tipo de sustrato) en las primeras dos semanas después de la plantación. La frecuencia de riego irá en aumento con el desarrollo de las plantas, y alcanzará el nivel de 5-10 veces por día durante el máximo consumo. La lámina diaria será dividida durante el día junto con la nutrición. (Zaidan y Avidan 1997). Cuadro 2.3. Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm). (Zaidan y Avidan, 1997).

El valor de pH de las aguas de riego está muy condicionado por su composición iónica y, más concretamente, por la concentración de carbonatos y bicarbonatos. En la gama de valores de pH comprendida entre 6 y 6.5 la mayor parte de los elementos nutritivos están más fácilmente disponibles para el cultivo. En aguas carbonatadas los valores de pH están por encima de 7 y en estos casos es necesario neutralizar los carbonatos, añadiendo ácidos comerciales, generalmente ácido fosfórico, sulfúrico o nítrico. En otros casos, y en ausencia de bicarbonatos, el valor de pH puede quedarse demasiado ácido y en este otro caso habrá que añadir algún producto alcalinizante como por ejemplo hidróxido de potasio. (Moreno, 2002).

Ejemplos de fertilizantes altamente solubles apropiados para su uso en fertirriego son: nitrato de amonio, cloruro de potasio, nitrato de potasio, urea, monofosfato de amonio, monofosfato de potasio, etc. En sistemas intensivos como invernaderos y/o sustratos artificiales, la solución nutritiva debe incluir calcio, magnesio y micronutrientes (Fe, Zn, Mn, Cu, B, Mo). El hierro debe ser suministrado como quelato porque las sales de hierro, como por ejemplo, sulfato de hierro, son muy inestables en solución y el hierro precipita fácilmente. En caso de aguas duras, se debe tomar en cuenta el contenido de Ca y Mg en el agua de riego (Imas, 1999).

Cuadro 2.3. Concentración de nutrientes en el agua de riego (gotero) (ppm)¹.

UAAAN-UL. 2012.

Estado de la planta	N	P	K	Ca	Mg
Plantación y establecimiento	100 – 120	40 – 50	150 – 160	100 – 120	40 – 50
Floración y cuajado	150 – 180	40 – 50	200 – 220	100 – 120	40 – 50
Inicio de maduración y cosecha	80 – 200	40 – 50	230 – 250	100 – 120	40 – 50
Época calurosa (Verano)	130 - 150	35 - 40	200 - 220	100 - 120	40 – 50

¹Fuente: Zaidan y Avidan, 1997.

2.9.1 Solución nutritiva.

La solución nutritiva es el conjunto de elementos nutritivos requerido por las plantas, disueltos en agua. En los sistemas hidropónicos a excepción del carbono,

oxígeno e hidrógeno, todos los elementos esenciales son suministrados a través de soluciones nutritivas y en forma asimilables por las raíces de las plantas, por lo que se considera un prerrequisito la solubilidad de los iones esenciales en el agua. Se debe ajustar el pH de la solución de acuerdo a la necesidad de la especie a cultivar (Sánchez y Escalante, 2001).

Las principales fuentes de cada uno de los elementos nutrientes que forman parte de la solución nutritiva para la hidroponía son:

El nitrógeno, es absorbido por las plantas en forma de nitrato (NO_3^-) y en forma de amonio (NH_4^+) soluble en agua. Las fuentes principales son: nitrato de potasio (KNO_3), de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), de sodio (NaNO_3), de amonio (NH_4NO_3), sulfato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$), fosfato mono amónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), fosfato di amónico ($(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$), urea ($(\text{NH}_2)_2\text{CO}$) y fosfo-nitrato de amonio ($(\text{NH}_4)_2\text{NO}_3\text{H}_2\text{PO}_4$).

El fósforo es asimilado por las plantas como ion fosfato (PO_4^{3-}). Las fuentes empleadas son: superfosfato de calcio simple y triple ($\text{CaH}_4(\text{PO}_4)_2\text{H}_2\text{O}$), fosfato de amonio, fosfato monoamónico ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$), fosforo diamónico, ácido fosfórico (H_3PO_4).

Para el Potasio las fuentes principales son: nitrato de potasio (KNO_3), sulfato de potasio (K_2SO_4) y cloruro de potasio (KCl).

Las principales fuentes de calcio son: nitrato de calcio ($\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$), superfosfato (simple y triple), sulfato de calcio (yeso) ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$), cloruro de calcio ($\text{CaCl}_2\cdot 6\text{H}_2\text{O}$).

El azufre es utilizado por las plantas en forma de sulfato (SO_4), se encuentra en: sulfato de amonio y de potasio, superfosfato, sulfato de magnesio (sal de Epson ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$)), que proporciona el magnesio necesario.

El boro, zinc, manganeso, cobre, hierro, molibdeno, entre otros son necesarios en dosis muy pequeñas, además pueden reaccionar con sales en el agua y su nivel en exceso puede ser tóxico. Las fuentes empleadas son: bórax ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) y ácido bórico (H_3BO_3) para el boro, el quelato de zinc y las mezclas de zinc con nitrógeno como fuente del zinc, el sulfato ($\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$), cloruro ($\text{MnCl}_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$) y quelatos de manganeso para el manganeso, el sulfato y cloruro de cobre para el cobre, el sulfato ferroso ($\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$), cloruro férrico ($\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$) y quelatos para el hierro. También hay fertilizantes comerciales que incluyen estos microelementos como el Peters S.T.E.A.M (Soluble Trace Element Mix) (Contreras, 2006).

Cuadro 2.4. Rangos mínimo, óptimo y máximo de concentraciones de nutrientes considerando varios autores¹. UAAAN-UL. 2012.

NUTRIMENTO	CONCENTRACIÓN (mg/L)			
	Mínima	Óptima (rango)	Máxima	Recomendable (INCAPA, 1999)
Nitrógeno	140	200-400	900	200
Fósforo	30	60-90	100	60
Potasio	150	200-400	600	250
Calcio	120	200-400	600	250
Magnesio	25	50-75	100	50
Azufre	100	150-300	1000	200
Hierro	0.5	1-5	10	3
Manganeso	0.3	0.5-2	15	1
Boro	0.3	0.5-1	5	0.5
Cobre	0.05	0.1-1	5	0.1
Zinc	0.05	1-5	5	0.1
Cloro	1	1-5	350	no añadir
Molibdeno	0.001	0.001-0.002	0.01	no añadir

¹Fuente: Sánchez, 1999.

De acuerdo a Sánchez (1999) las principales conclusiones experimentales y comerciales obtenidas hasta el momento coinciden en que, diferentes concentraciones proporcionan óptimos rendimientos y calidad, si cada nutrimento se sitúa en cierto rango de concentración, situación a la que se ha adoptado como base del paquete tecnológico del tomate contempla las concentraciones de elementos nutritivos que se enuncian la ultima columna del Cuadro 2.4.

2.10 Plagas y enfermedades.

2.10.1 Plagas.

2.10.1.1 Mosquita blanca (*Bemisia tabaci*).

Es el mayor problema dentro de los invernaderos, su ciclo biológico se conforma de huevecillo, ninfa, pupa y adulto se completa en 30 días. Los adultos son de 1.5 mm. de longitud y tienen alas polvorientas de color blanco, los apéndices tienen un tinte amarillento, se alimenta en el envés de las hojas y ovipositando en un patrón circular, ponen hasta 300 huevecillos durante su vida. Los adultos y ninfas se alimentan succionando la savia de la planta produciendo amarillamiento y marchites de las hojas y frutos, además de transmitir enfermedades por virus. Control químico se aplica productos piretroides como Cipermetrin, sistémicos como Confidor y Endosulfan para control de adultos. (Nuño, 2007).

2.10.1.2 Trips (*Frankliniella occidentalis*).

Los adultos son alargados de 1.2 mm. con dos pares de alas plumosas replegadas sobre el dorso, de color amarillento-ocre con manchas oscuras en la parte superior del abdomen, presentan un aparato rascador-chupador por lo que los daños se dan en la epidermis de los frutos. Los huevos son reniformes, de

color blanco hialino insertados dentro de los tegidos vegetales, las larvas tienen dos estadios con coloración amarillo pálido. Las ninfas son inmóviles con presentación de esbozos alares que desarrollarán de adultos. Control químico para reducir poblaciones a niveles lo más bajo posible utilizar Cyren, Ortec, Spintor. (Nuño, 2007).

2.10.1.3 Minador de la hoja (*Liriomyza trifolii*).

Es una plaga de clima cálido, el minador atraviesa por 6 estadios de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Tiene un ciclo de vida de 18 días. Los adultos son mosquitas brillantes de 2mm de largo, color amarillo, tórax negro y ojos rojos. Insertan los huevos en las hojas y las larvas se alimentan entre el haz y envés, lo que crea una mina u horadación sinuosa. Las larvas originan galerías o minas en las hojas. La pupación es mayormente en el suelo. Control.- utilización de insecticidas sistémicos como Confidor, Lannate. (Nuño, 2007).

2.10.1.4 Pulgón (*Aphis gossypii*).

Son las especies de pulgón más comunes y abundantes en los invernaderos. Presentan polimorfismo, con hembras aladas y ápteras de reproducción vivípara. Las formas ápteras del primero presentan sifones negros en el cuerpo verde o amarillento, mientras que las de *Myzus* son completamente verdes (en ocasiones pardas o rosadas). Forman colonias y se distribuyen en focos que se dispersan, principalmente en primavera y otoño, mediante las hembras aladas. Control químico.- utilización de insecticidas sistémicos como Cipermetrin, Endosulfan, Diazinon, Carbofurano. (Nuño, 2007).

2.10.1.5 Paratrioza (*Bactericera cockerelli*).

El adulto mide 2.75 x 0.8 mm. incluyendo alas, recién emergido es de color verde translucido las siguientes 24 horas cambia a gris, con rallas de color blanco. Los machos viven de 25 a 64 días y las hembras desde 35 hasta 169 días. Este insecto ha cobrado gran importancia en diversas hortalizas entre las que se encuentran el jitomate, tomate, chile, papa, entre otras. Las plantas infestadas presentan secreciones serosas a manera de sal, por lo que a esta plaga se le conoce como salerillo. Las hembras fijan los huevecillos en el envés (principalmente márgenes) de las hojas jóvenes mediante un pedicelo; estos son ovales y de color anaranjado-amarillento. Una vez que emergen las ninfas pasan por cinco instares, los cuales presentan características distintivas, éstas son poco móviles, por lo cual tienden a formar agregados cerca de las nervaduras de las hojas. Control químico.- Al tener de 3 a 5 ninfas por planta se presentan síntomas iniciales de amarillamiento y mayores de 15 ninfas por planta producen síntomas severos. El producto mas eficaz hasta el momento es Oberon de Bayer, sistémico de contacto, i.a. Spiromesifen. (Nuño, 2007).

2.10.1.6 Araña roja (*Tetranychus urticae*).

Son ácaros polípagos que se encuentran ampliamente distribuidos en las zonas tomateras del país. El huevo es esférico, de color blanquecino al inicio, va cambiando a amarillento en el momento de la eclosión. La larva es redondeada, con tres pares de patas. Las ninfas son parecidas a los adultos, con cuatro pares de patas, de color amarillento. Los jóvenes adultos son de color amarillo verdoso y con manchas oscuras en el dorso. A medida que envejecen, los machos tienen forma ovoide. Los primeros síntomas de su daño se desarrollan en el envés de

las hojas más jóvenes donde se nutre con los estiletes bucales haciendo que se vacíen el contenido celular, causando decoloraciones, la aparición de puntuaciones cloróticas o manchas amarillentas. Con mayores poblaciones se produce desecación o incluso defoliación. Los ataques más graves se producen en los primeros estados fenológicos. Las temperaturas elevadas y la escasa humedad relativa favorecen el desarrollo de la plaga. Control químico.- En invernadero usualmente se emplean: dicofol, tetradifon, clorfenson, propargil, azufre, empleados también mezclados entre si. (Alpi y Tongnoni, 1999).

2.10.1.7 Ácaro del bronceado (*Aculops lycopersici*).

Es una plaga exclusiva del tomate. Síntomas: Bronceado o herrumbre primero en el tallo y posteriormente en las hojas e incluso frutos. Evoluciona de forma ascendente desde la parte basal de la planta. Aparece por focos y se dispersa de forma mecánica favorecida por las altas temperaturas y baja humedad ambiental. Para alimentarse, con su estilete inyecta saliva y absorbe el contenido de la célula. Al principio los órganos afectados toman un aspecto verde aceitoso, luego las células vacías, llenan de aire, proporcionan tonos plateados que adquieren tonos bronceados antes de acartonarse y desecarse, los frutos afectados precozmente ven reducido su desarrollo y la superficie se cubre de una especie de roña de color marrón resquebrajándose el tejido epidérmico suberificado. Cuando las plantas infestadas se tocan entre sí el ácaro pasa de una a otra planta (Lacasa y Contreras, 1999).

2.10.2 Enfermedades.

2.10.2.1 Damping off (*secadera de plántula*). ((*Rhizoctonia solani* (Lév.) *Pythium* spp. Y *Fusarium* spp.)). El ahogamiento es común en jitomate en climas templados

y tropicales en todo el mundo. La enfermedad afecta semillas y plántulas en semilleros y almácigos de diversos cultivos. Se consideran dos tipos de síntomas, a causa de la pudrición de la semilla, donde es común encontrar a *Pythium* sp. y *Rhizoctonia solani*. Pueden encontrarse semillas que emergen pero las plantas no emergen del suelo (ahogamiento preemergente); el segundo tipo ocurre cuando las plántulas recién emergidas del suelo se marchitan rápido debido a la pudrición de los tejidos del cuello de la raíz y presentan un estrangulamiento en esta zona (*Rhizoctonia solani*) y, en ocasiones se observa una coloración negra arriba del cuello. *Pythium* spp., así como *Rhizoctonia* spp., tienen amplia gama de hospedantes y son patógenos con origen en el suelo. Sobreviven en el campo, en otros hospedantes, incluyendo malezas, puede dispersarse en suelo contaminado o en el agua de riego. El exceso de fertilizantes nitrogenados favorece la infección. Como manejo, el suelo debe tratarse, lo cual puede ser a través de la pasteurización con vapor, manteniendo la temperatura de 71 °C por 30 min. Las charolas de re-húso deben tratarse también con agua caliente o vapor, a la misma temperatura y por el mismo tiempo o con una solución de hipoclorito de sodio al 10% por 30 minutos, etc. (Bautista y Alvarado, 2006).

2.10.2.2 Mildiu del tomate o tizón tardío (*Phytophthora infestans*).

El mildiú es una enfermedad enormemente destructiva que afecta al tomate y a la papa. El mildiú es causado por el omiceto *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary. Se encuentra distribuido en todo el mundo y cuando no se controla oportunamente llega a ocasionar la pérdida total del cultivo. Los síntomas en el jitomate se presentan como manchas pardas irregulares y si las condiciones ambientales son húmedas, en los márgenes de la lesión en el envés se observa

un algodoncillo blanco grisáceo. A medida que la infección avanza, la mancha ennegrece. Varias manchas se unen para formar otras grandes que cubren casi toda la hoja, la cual luego muere. Cuando los tallos son infectados se pudren y mueren. El patógeno también puede afectar el pedúnculo de los frutos de jitomate y a los frutos, ocasionando manchas irregulares de color no homogéneo. La lluvia y el viento diseminan los esporangios y en consecuencia la enfermedad puede invadir toda una plantación en pocos días cuando existan condiciones favorables para el patógeno. Los esporangios se forman a humedades relativas entre 91 y 100% y temperaturas de 3 a 26 °C, con un óptimo de 18 a 22°C.

Para el manejo de este patógeno se recomienda sembrar plántulas de jitomate sanas o desinfectadas o emplear planta certificada, destruir residuos y hospedantes silvestres, practicar la rotación de cultivos, utilizar menor densidad de población, destruir plantas voluntarias y sembrar variedades tolerantes. Al sembrar variedades susceptibles, es necesario seguir un calendario de aspersiones preventivas con fungicidas de contacto como Mancozeb, Clorotanol, etc. De los fungicidas curativos o sistémicos se recomienda el Ridomil Bravo, Ridomil Cobre, etc. (Stevenson, 2001).

2.10.2.3 Tizón temprano. (*Alternaria solani* (Ell. & Mart.) L.R. Jones & Grout). En el mundo está ampliamente distribuida y se ha encontrado en varias regiones productoras de jitomate en México. La enfermedad se presenta en hojas, tallos y frutos. Aparece en cualquier época de desarrollo del cultivo. Las hojas atacadas se tornan amarillas y se caen. En tallos y ramas, se presentan lesiones ovales o circulares oscuras alargadas y también con anillos concéntricos, que en ocasiones los circundan, lo que debilita las ramas y, por el peso de los frutos las llega a

romper. En los frutos aparecen lesiones ovales o circulares oscuras y hundidas, con anillos concéntricos, generalmente en el pedúnculo; además, cuando envejecen, producen un polvillo negro que corresponde a la fructificaciones del hongo.

En cuanto a su manejo se recomienda el uso de variedades tolerantes y a través de aspersiones de productos químicos (fungicidas) como: Captofol, Captan, Clorotalonil y Mancozeb, en forma preventiva. Las aplicaciones se realizan un poco antes de la fructificación y después a intervalos de 7 a 10 días. La rotación de cultivos por un periodo de 3 años reduce la cantidad de inóculo; también es conveniente eliminar los residuos de cosecha. (Sanchez, 2001).

2.10.2.4 Cenicilla. (*Leveillula taurica* G. Arnaud; *Oidiopsis simula* Scalia). La cenicilla es un problema serio en regiones de cultivo calientes áridas y semiáridas. Los primeros síntomas son lesiones que van de color verde claro a amarillo brillante, en el haz de las hojas. Finalmente aparece una leve esporulación polvorienta en el envés de la hoja. Las plantas afectadas se pueden defoliar, lo que tiene como resultado cosechas reducidas, frutos de menor tamaño y quemaduras de sol. En general, las cenicillas son hongos de hospedantes específicos, pero *O. simula* tiene un amplio intervalo de hospedantes. Típicamente, los patógenos que provocan las cenicillas no crecen dentro de la planta pero emiten austerios dentro de la misma, mientras que el micelio crece sobre la superficie.

Para su manejo se debe mantener limpio alrededor del campo de cultivo, ya que *O. simula* tiene amplio intervalo de hospedantes, lo que implica la eliminación de residuos y un manejo de maleza efectivo. En áreas donde las pérdidas son

severas, se requiere de un manejo a través del uso de fungicidas registrados, como; azufre coloidal, azufre micronizado, azufre mojable, azufre molido, azufre sublimado, bupirimato, ciproconazol, dinocap etc. El éxito del uso de estos químicos depende de la detección oportuna de la enfermedad; también es necesario un buen cubrimiento en las aplicaciones. Una herramienta que puede optimizar el número de aplicaciones es el trampero de conidios. (Bautista y Alvarado, 2006).

III MATERIALES Y METODOS

3.1 Localización geográfica y clima de la comarca lagunera

La Comarca Lagunera se encuentra comprendida entre los paralelos 24° 10' y 26° 45' de latitud norte y los meridianos 101° 40' y 104° 45' de longitud oeste de Greenwich, con una altura sobre el nivel del mar de 1 100 metros. La región cuenta con una extensión montañosa y una superficie plana donde se localizan las áreas agrícolas. El clima de verano va desde semi-calido a cálido-seco y en invierno desde semi-frío a frío, mientras que los meses de lluvias son de mediados de junio a mediados de octubre (Santibáñez, 1992).

La precipitación promedio es de 220mm anuales, situación que limita la practica de una agricultura de temporal. Las heladas ocurren de noviembre a marzo, teniéndose un periodo libre de heladas de abril a octubre; la humedad varia en el año, en primavera tiene un valor promedio de 30.1%, en otoño de 49.3% y finalmente en invierno un 43.1% (CENID-RASPA, 2000).

3.2 Localización del Experimento

El experimento se estableció en las instalaciones de LOMBRI-HUMUS, localizado en la carretera paso del águila a la concha, en el municipio de Torreón, Coahuila.

3.3 Tipo y Condiciones del Invernadero

El experimento se realizo bajo un invernadero cenital, con un área de 1000m², estructura totalmente metálica, cubierto por plástico (polietileno), y malla antiafidos en ventilación lateral y cenital. El sistema de riego fue por goteo y dicho sistema se programaba. Para el drenaje de los lixiviados de las macetas, el

invernadero cuenta con grava en el centro donde coinciden dos hileras de macetas.

3.4 Genotipos

Se evaluaron tres genotipos de tomate de crecimiento indeterminado, estos genotipos fueron: DONATELO, SAHEL Y VENGADOR dichos híbridos son de empresa AHERN INTERNATIONAL DE MEXICO, S.A. DE C.V., la cual los caracteriza de la siguiente manera:

DONATELO. Variedad muy precoz y de muy buena larga vida. Buen cierre pistilar para su calibre. Fruta de forma globosa y firme.

SAHEL. Variedad de tomate saladette. Ofrece alto rendimiento, fruto de buena calidad, brillo y firmeza a lo largo de la temporada. Ideal para el mercado nacional y de exportación. Fruto extra grande a grande y maduración de ciclo medio. Alta resistencia: VI, 2, Fol-1,2, TMV, Ss y For; con resistencia intermedia a N. Ha prosperado muy bien en el Norte Centro de México, se puede adaptar bien a otras regiones, es muy tolerante al calor.

VENGADOR. Planta vigorosa que ofrece altos rendimientos, fruta firme de color rojo intenso, “hombros” suaves, y tamaño grande, excelente paquete de resistencia a enfermedades.

3.5 Sustrato

Para realizar este trabajo de investigación se utilizó un sustrato que se obtuvo de la mezcla de lombricomposta 50% y arena 50%.

3.6 Siembra y trasplante

La siembra se realizó el día 5 de diciembre del 2010, en charolas germinadoras de 200 cavidades, usando Peat Most, posteriormente se realizó el

trasplante el 18 de Enero del 2011. Se utilizaron bolsas de polietileno negro de 20 litros de capacidad y se acomodaron a 30 cm entre planta y planta a doble hilera, estas a 1.80 m entre pasillos, con una superficie de 3.7 plantas por m². Para la realización del trasplante se humedeció completa y previamente un día antes cada maceta, colocándose una planta por maceta a una profundidad aproximada de 15 cm.

3.7 Diseño experimental

Se utilizo un diseño experimental completamente al Azar con 3 Tratamientos y 20 repeticiones.

3.8 Manejo del cultivo

Las plantas fueron guiadas a un solo tallo eliminando los brotes axilares, ésta practica se realizó de abajo hacia arriba, para no perder la guía principal, sé procedió a tutorar con hilo (rafia) de color negro, sosteniendo la planta con rafia cuando alcanzó una altura de 30 a 35 cm para mantener la planta erguida y evitar que las hojas y frutos toquen el suelo, de esta manera prevenir problemas de enfermedades. Conforme fue creciendo la planta se enredó en el tutor (rafia), esta labor se realizaba cada semana.

3.9 Fertirrigación

Para el manejo del riego la máxima cantidad de agua aplicada fue de 2 litros por planta a crecimiento máximo, distribuidas en tres riegos por día en el sistema de fertirrigación, los niveles de concentración de las soluciones nutritivas para cada etapa se fueron incremento sucesivamente, conforme lo requiriendo la planta, en la etapa de fructificación se incrementó el porcentaje de Calcio para reducir el daño por pudrición apical. Para evitar la acumulación de sales se

hicieron prácticas de lavado de macetas, en cantidades de 3 lavados en total durante el desarrollo del cultivo.

3.10 Poda

Poda de axilares. La finalidad de esta poda fue mantener la planta a un solo tallo, eliminando los brotes axilares cuando tenían de 2 a 4 cm. o en el estado más tierno posible para evitar daños a la planta. La finalidad es evitar competencia con el tallo principal.

Poda de hojas senescentes. Esta labor se realizó para evitar que estas hojas se vuelvan parásitas, ya que en este estado dejan de producir fotosintatos. En esta poda se eliminaron las hojas que quedaban por debajo del racimo, con la finalidad de tener una aireación y mejor captación de luz, para tener un fruto de calidad. La práctica se realizó de abajo hacia arriba en producción a lo largo del ciclo.

Poda de frutos o aclareos. Se realizó con tijeras de poda, eliminando frutos excedentes o frutos dañados en cada racimo, dejando de esta manera los primeros cinco frutos en el primer racimo y los cuatro primeros en los racimos siguientes.

Poda de yema apical. Esta se realizó cuando la planta completaba sus primeros once racimos, pues de esta manera estaba planteado el experimento; esta actividad varió en tiempo entre tratamientos y entre genotipos, e incluso entre macetas de un mismo genotipo.

3.11 Bajado de plantas

La finalidad de bajar la planta fue para facilitar la toma de datos, polinización y cosecha, y por otro lado evitar que la planta se encuentre en la zona de máxima acumulación de calor dentro del invernadero (zona alta). Se bajaron todas las plantas en una misma dirección por cuestiones de estética, pero sobre todo para tenerlas plenamente identificadas a cada una.

3.12 Polinización

Cuando inicio la etapa de floración se procedió a la polinización con un ventilador manual, el cual se paso en cada inflorescencia por un lapso de 3 segundos, esto se hacia cada tercer día para tener un mayor amarre de frutos. Procurando siempre realizarla al medio día, ya que e esa hora coinciden luminosidad, temperatura y humedad relativa los más optimo posible para que el polen esté disponible y sobre todo viable.

Al ver que era muy lenta la realización de esta labor, se procedió a pegar suavemente la espaldera con un palo de madera, donde estaba tutorado la planta de tomate. Esto fue más práctico y rápido.

3.13 Control de Plagas y Enfermedades

Con la finalidad de muestrear, prevenir y controlar se establecieron trampas amarillas en los pasillos del invernadero, también se llevaron a cabo inspecciones para detectar e identificar organismos que estuviesen dañando a la planta.

La enfermedad que se presentó con mayor incidencia fue Fusarium, seguida con muy poca presencia de Alternaría y Cenicilla. El Fusarium ocasiono la muerte de algunas plantas disminuyendo el número total de éstas, viéndose más afectado el tratamiento Donatello. En cuanto a las plagas se tuvo presencia de

Mosquita blanca, cabe mencionar que en el caso de las plagas el problema se agudizó en la etapa final del ciclo, es decir, cuando las plantas se encontraban ya en producción de los últimos racimos.

3.14 Cosecha

La cosecha se realizó dos veces por semana, cuando el fruto presentó un color rosado o rojo promedio de entre el 30% pero no más del 60%, ya que son los requeridos de clasificación por el patrón de color utilizada por United States Department of Agriculture (USDA, 1975).

3.15 Variables evaluadas

En el experimento las variables evaluadas fueron altura, calidad del fruto y rendimiento en Ton/ha. La calidad fue obtenida al medir el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso, grados Brix, espesor de pulpa y número de lóculos por fruto, empleando para ello vernier, refractómetro, báscula de precisión, regla milimétrica y tabla de colores de la Real Sociedad de Horticultura de Londres.

3.16 Análisis estadístico

Para el presente estudio se realizó un análisis de varianza, considerando cada una de las características evaluadas, cuando se encontraron diferencias significativas se realizó una comparación entre medias utilizando la diferencia mínima significativa (DMS) al 5%. Los análisis de varianza se llevaron a cabo mediante el paquete estadístico *Statistical Analysis System* (SAS) versión 9.1. Para altura, solamente se realizó la comparación entre genotipos a nivel de ecuaciones de regresión.

IV RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1 Altura de la planta

Se determinaron las ecuaciones de regresión para cada uno de los genotipos (Cuadro 4.1), en donde se observa que a los 60 días el genotipo Sahel desarrollo 139.4 cm de altura, obteniendo 464 cm como altura final; siendo este el mejor. Sin embargo el genotipo Donatelo fue el que obtuvo menor altura con 385 cm.

Aguilar (2003) evaluando tomate de crecimiento indeterminado en invernadero plástico sin calefacción ni sistema de control de temperatura reporta una altura promedio de 249.3 cm, esta variable fue superada fácilmente por los resultados obtenidos en este trabajo.

Cuadro 4.1. Ecuaciones de regresión para la variable Altura de planta en los diferentes genotipos de tomate. UAAAN-UL. 2012.

Genotipos	Ecuación de regresión	r ²	Altura a 60 días	Altura final
Donatelo	$y=2.8147x - 35.407$	0.97	133.4	385
Sahel	$y=3.3718x - 62.888$	0.98	139.4	464
Vengador	$y=2.7465x - 46.058$	0.97	118.7	438

*días después del trasplante = x; y= Altura.

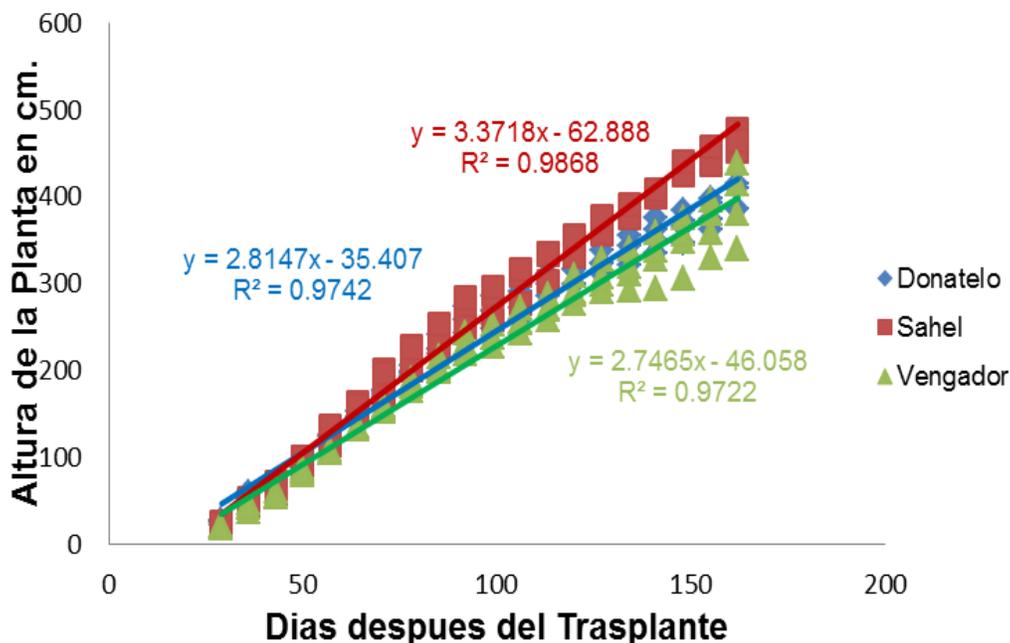


Figura 4.1. Gráficos que representan el comportamiento de la variable altura de la planta en los genotipos de tomate. UAAAN-UL. 2012.

4.2 Peso de fruto

El análisis de varianza para esta variable no encontramos diferencia significativa entre genotipos (Cuadro 1A). El peso medio fue de 111.133 g. Resaltando que el genotipo Donatelo presentó mayor peso con 113.15 gr. (Cuadro 4.2).

Los resultados en esta variable superan por los de Motis *et al.* (1998) quienes reportan que el peso promedio de los frutos de tomate rojo de hábito indeterminado es de 82.50 a 139.38 gr/fruto.

Los resultados obtenidos coinciden con los que reporta Estrada (1993) quien evaluando seis genotipos de tomate reporta un promedio de 100 y 120 gr/fruto.

Cuadro 4.2 Medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Peso de fruto. UAAAN-UL. 2012.

GENOTIPOS	Peso de fruto (g)
Donatelo	113.15
Sahel	112.61
Vengador	106.75
CV.	25.71
Media	111.33

*Genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%.

4.3 Diámetro polar

En esta variable el análisis de varianza no presento diferencia significativa (Cuadro 2A). Mostro una media de 6.37 cm. (cuadro 4.3).

El genotipo que presento un mayor diámetro polar fue Vengador con 6.57 cm.

Es necesario resaltar que los valores obtenidos en los tres genotipos, resultaron superiores a los valores obtenidos por Cano y Márquez (2003), quienes obtuvieron valores promedio de 6.0 y 5.6 cm para el diámetro polar de los frutos.

Cuadro 4.3. Medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Diámetro polar. UAAAN-UL. 2012.

GENOTIPOS	Diámetro polar (cm)
Vengador	6.57
Donatelo	6.39
Sahel	6.21
CV.	16.42
Media	6.37

*Genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%.

4.4 Diámetro ecuatorial

Para esta variable el análisis de varianza no presento diferencia significativa (Cuadro 3A). Resaltando un diámetro mayor con 6.06 cm el genotipo Donatelo (Cuadro 4.4). Mostrando una media de 5.68 cm.

Los resultados obtenidos superan a los reportados por Hernández (2003) con una media de 5.0 cm. Y no superan a los obtenidos por Rodríguez (2005) quien reporta 7.8 cm.

Cuadro 4.4 Medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Diámetro ecuatorial. UAAAN-UL. 2012.

GENOTIPOS	Diámetro ecuatorial (cm)
Donatelo	6.06
Sahel	5.58
Vengador	5.22
CV.	66.38
Media	5.68

*Genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%.

4.5 Sólidos solubles (°Brix)

Para esta variable el análisis de varianza presento diferencia altamente significativa entre genotipos (Cuadro 4A). El análisis mostró una media de 4.4 °Brix. Resaltando el genotipo Vengador con 4.60 de solidos solubles, siendo el mayor y el de menor Sahel con 4.10.

En la comparación de medias se observa que el genotipo Vengador es igual estadísticamente al genotipo Donatelo pero diferente al genotipo Sahel (Cuadro 4.5).

Los resultados obtenidos son similares a los citados por Márquez y Cano (2004) que reportan valores de 4.3 y 4.7 °Brix.

Sin embargo en este caso no supera los solidos solubles citados por Diez (1995) quien afirma que en tomate destinado para procesado y fresco, el contenido de solidos solubles se sitúan entre 4.5 y 5.5 °Brix.

Cuadro 4.5 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Solidos solubles. UAAAN-UL. 2012.

GENOTIPOS	Solidos solubles (°Brix)
Vengador	4.60 A
Donatelo	4.56 A
Sahel	4.10 B
CV.	8.22
Media	4.41

*Genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%.

4.6 Espesor de pulpa

En esta variable el análisis de varianza presento diferencia significativa entre genotipos (Cuadro 5A). El genotipo Donatelo presento un mayor espesor de pulpa con 0.97 cm. En la comparación de medias se observa que el genotipo Donatelo es igual estadísticamente al genotipo Sahel pero diferente al genotipo Vengador (Cuadro 4.6).

Estos resultados están por debajo de los obtenidos por Gómez (2003) evaluando variedades de tomate en invernadero, dado que reporta un espesor de pulpa de 0.86 a 0.87 cm.

Cuadro 4.6 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Espesor de pulpa. UAAAN-UL. 2012.

GENOTIPOS	Espesor de pulpa en cm
Donatelo	0.97 A
Sahel	0.80 AB
Vengador	0.72 B
CV.	80.76
Media	0.85

*Genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%.

4.7 Número de lóculos

Para esta variable el análisis de varianza presento diferencia altamente significativa entre genotipos. (Cuadro 6A). De esta manera se determina que el genotipo Vengador es igual estadísticamente al genotipo Sahel pero diferente al genotipo Donatelo (Cuadro 4.7). En la comparación de medias se observa una media de 3.07 lóculos.

Estos resultados están por debajo de los obtenidos por Cano y Márquez (2003), quienes realizaron un estudio evaluando vermicomposta en tomate, obteniendo un valor promedio de 5.95 lóculos.

Cuadro 4.7 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Número de lóculos. UAAAN-UL. 2012.

GENOTIPOS	Número de lóculos
Vengador	3.38 A
Sahel	3.27 A
Donatelo	2.69 B
CV.	24.60
Media	3.07

*Genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%.

4.8 Rendimiento

Para esta variable el análisis de varianza presento diferencia altamente significativa entre genotipos. (Cuadro 7A). Con una media de 118.50 ton/ha. El genotipo con mayor producción en toneladas por hectárea fue Sahel con 144.44. De esta manera se determina que el genotipo Sahel es igual estadísticamente al genotipo Donatelo pero diferente al genotipo Vengador (Cuadro 4.8).

Fonseca (1999) menciona que para ser redituable se debe producir 15 kg/m² y los resultados obtenidos en este experimento están por debajo de lo citado por el autor ya que obtuvimos un rendimiento promedio de 11.85 kg/m².

Cuadro 4.8 Comparación de medias de los diferentes genotipos de tomate para la variable Rendimiento. UAAAN-UL. 2012.

GENOTIPOS	Rendimiento (Ton/Ha)
Sahel	144.44 A
Donatelo	128.79 A
Vengador	82.27 B
CV.	24.35
Media	118.50

*Genotipos con la misma letra son estadísticamente iguales, DMS al 5%.

V CONCLUSIONES

Al evaluar las variables del experimento se determinó que para peso, diámetro polar y diámetro ecuatorial no hubo significancia entre los genotipos Donatelo, Sahel y Vengador.

Con respecto a las variables °Brix y Número de lóculos mediante el análisis de varianza se observó que ambos presentaron una alta significancia entre genotipos; en la primer variable el genotipo Vengador dio un resultado de 4.60°Brix, mientras que Sahel obtuvo un valor mas bajo de 4.10°Brix, sin embargo el número de lóculos el genotipo Vengador en la comparación de medias sobresale con un resultado de 3.38, en cambio el genotipo Donatelo arrojó un resultado bajo de 2.69.

En la variable espesor de pulpa mostró significancia entre los genotipos evaluados, en el caso del genotipo Donatelo se obtuvo un resultado medio de 0.93 cm y por debajo de este valor se encuentra el genotipo Vengador con 0.72 cm.

De acuerdo a los resultados obtenidos del experimento, se determina que el genotipo Donatelo es el que mejor se comportó en todas las variables bajo condiciones de invernadero ya que alcanzó un rendimiento total de 128.79 ton/ha, un peso medio de 113.15 g, y 4.56° Brix. Esto permite poder ingresar al mercado con un rango de 4.5 y 5.5°Brix y un peso de 110 a 160 g.

VI RESUMEN

El tomate es el cultivo mas explotado bajo condiciones de invernadero debido principalmente a su alta capacidad de producción y su alto consumo. En los últimos años se ha incrementado su producción bajo condiciones de invernadero.

Para convencer al consumidor de la excelencia del tomate comercializado, debemos garantizar la calidad del producto; sin embargo la calidad debe definirse en función del uso al que va a ser destinado pero sobre todo depende de las técnicas de cultivo y de la variedad utilizada.

Durante el periodo de Diciembre- Julio de 2011 se estableció un experimento bajo condiciones de invernadero en las instalaciones de LOMBRI-HUMUS, localizado en la carretera paso del águila a la concha, en el municipio de Torreón, Coahuila, con el fin de evaluar los genotipos Donatelo, Sahel, Vengador y posteriormente determinar el mejor en cuanto a rendimiento y calidad.

El diseño experimental fue completamente al azar con tres tratamientos y veinte repeticiones. Los resultados para la variable peso, diámetro polar y diámetro ecuatorial no hubo significancia entre genotipos, para espesor de pulpa hubo significancia, con respecto a °Brix, número de lóculos y rendimiento presentaron alta significancia entre tratamientos.

Palabras clave: Híbridos, Agricultura Protegida, Genotipos, Rendimiento, Calidad de fruto.

VII LITERATURA CITADA

- Aguilar, C. P. 2003. Rendimiento y calidad de dos híbridos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) bajo condiciones de invernadero. Tesis de Licenciatura. UAAAN-UL, Torreón, Coahuila, México. p 46.
- Alpi, A. y F. Tognoni. 1999. Cultivo en invernadero. 3ª ed. ediciones Mundi-Prensa Madrid., México Pp. 76-77.
- Anónimo (2010), El cultivo del tomate. Infoagro.com. (En línea) (México). <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. Fecha de consulta: [26/09/12].
- Bautista, N. y Alvarado, J. 2006. Producción de jitomate en invernadero. Colegio de posgraduados. Texcoco Edo. de México. Pp. 3-16, 103-233.
- Berenguer, J. J. 2003. Manejo del cultivo de tomate en invernadero. En: curso internacional de producción de hortalizas en invernadero. Editores. Castellanos, J. Z.; Muñoz, R. J. J. Celaya, Guanajuato, México. Pp. 147-174
- Bouzo, C. A. y F. Garinglio N. 2002. Invernaderos. Aspectos generales a tener en cuenta. Universidad Nacional de Litoral. Facultad de Ciencias Agrarias. Cultivos intensivos. Esperanza, Santa Fe, Argentina.
- Burgueño, C. H. 2001. Técnicas de producción de solanáceas en invernadero, Diapositivas 102-104. En: Memorias del 1^{er} Simposio Nacional de Técnicas Modernas en Producción de Tomate, Papa y otras Solanaceas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.
- Cano- Ríos, P. y Márquez H.C.2003. Producción orgánica de tomate bajo invernadero. Campo experimental de la laguna, Km 17.5 carretera torreón-matamoros, Apdo. postal No. 247, CP 27000, Torreón, Coah., México. Pp: 1-7.
- Casseres E. 1984. Producción de hortalizas. Tercera edición. Instituto interamericano de Cooperación para la Agricultura. San José, Costa Rica. Pp. 71-105.
- Castilla P. N. 1999. Manejo del cultivo intensivo con suelo. Pp. 191-211. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. México.

- Castilla P. N. 2001. Manejo del cultivo intensivo con suelo. pp. 191-225. En: F. Nuez (Ed). El cultivo del tomate. Ediciones Mundi-Prensa. México.
- CENID-RASPA. 2000. Datos climatológicos históricos de 1975 al 2000. Centro Nacional de investigaciones, Relación Agua-Suelo-Planta-Atmósfera, Gómez Palacio, Dgo. Méx.
- Chamarro, L. J. 2001. Anatomía y Fisiología de la planta, Pp. 43-87. En: F. Nuez (Ed) El cultivo del tomate. Editorial Mandí-Prensa-México.
- Contreras, M. E. 2006. Manejo de la nutrición en cultivos hidropónicos. Memorias (cd). Curso teórico-practico "Producción de Cultivos en Sistemas Protegidos en el Trópico Húmedo". Villahermosa, Tabasco, México.
- Corpeño, B. 2004. Manual del cultivo de tomate. En línea: http://www.fintrac.com/docs/elsalvador/Manual_del_Cutivo_de_Tomate_WEB.pdf. Fecha de consulta: [01/10/2012].
- Diez, J. M. 2001. Tipos varietales. Pp. 93-129 En: Nuez (Ed) El cultivo del tomate. Editorial Mundi-Prensa. México D.F.
- Estrada, G.S. (1993) evaluación en invernadero de sei genotipos de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) considerando rendimiento y calidad a través de cortes y fertilización foliar. Tesis, Buenavista, Saltillo Coahuila, México.
- FAO, 2007. Producción de tomate bajo condiciones de invernadero. En línea: <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/010/a1374s/a1374s02.pdf>. Fecha de consulta: [27/09/2012].
- Ferreira, C. C. 2002. El CO₂ elemento indispensable para la producción de vegetales. Asociación interregional de investigación y Experimentación Hortícola. <http://www.ediho.es/horticom/tem-aut/flores/co2.html>.
- Fonseca, A. E. 2006. Producción de tomate en invernadero. In: Cuarto simposio Internacional de producción de cultivos en invernadero. E. Olivares S (Ed). UANL. Facultad de Agronomía. Monterrey, N.L. México. Pp: 1-8.
- Fonseca, E. 1999. Costos de la producción hidropónica de tomate. Guadalajara Jalisco, México. Pp. 399-408.
- Gómez, L.F 2003 Comparación de dos genotipos de tomate en mezclas de vermicomposta- arena bajo condiciones de invernadero en la comarca

- lagunera. Tesis de licenciatura. UAAAN UL. Torreón Coahuila, México. Pp. 63-64.
- Guzmán, Angélica Guzmán López Beatriz, 2001. <http://redescolar.ilce.edu.mx/redescolar/publicaciones/publicaciones/biosfera/flora/tomate/tomate.htm>ngelica Guzmán López. Fecha de consulta: [30/09/1012].
- Hernández, O. J. y Miranda V. I. 2003. Hidroponía. UACH. Área de Agronomía. Serie de publicaciones ACRIBOT. No. 2. Texcoco, México. Pp 1y 23.
- Imas, P. 1999. Manejo de Nutrientes por Fertirriego en Sistemas Frutihortícolas. Pp. IPI. International Potash Institute, presentado en el XXII Congreso Argentino de Horticultura-International Potash Institute, Coordination India. c/o DSW, Potash House, P. O. Box 75, Beer Sheva, 84100, Israel. E-mail: patricia@dsw.co.il
- Infoagro, 2012. El cultivo del tomate (1ª PARTE). En <http://www.infoagro.com/hortalizas/tomate.htm>. Fecha de consulta: [27/09/1012].
- Johnson, H. Jr. y C. R. Rock. 1975. Extension Vegetable Specialist, University of California, Riverside. greenhouse tomatoes production. Division of Agricultural Sciences Printed December 1975.
- Lacasa, A. y J. Contreras. 1999. Las plagas, pp. 387-463. *En*: F. Nuez (Ed.) El Cultivo del Tomate. Editorial Mundi-Prensa, México.
- Lomelí, Z. H. 1999. Agricultura. Hidroponía, ventajas y beneficios comerciales. Edición numero 60. Ocotlán, Jalisco, México.
- López, J. M. Dorais; N. Tremblay y A. Gosselin.1996. Effects of varyng sulfate concentrations and vapor pression deficits (vpd) on greenhouse tomato fruit quality and foliar mineral and amino acid components. Horticultural Research Center, Plant Science Departament, Laval University, Sainte-foy, QC, G1K, 7P4. Canadá.
- Márquez H C, P Cano Rios (2004) Producción de tomate orgánico bajo invernadero, *En*: 2do. Simposium Internacional de Producción de Cultivos en Invernadero.Ch C Leal, J AG Garza (Ed) del 20 y 21 de mayo 2004 en

- Monterrey Nuevo León, fundación UANL y facultad de agronomía de UANL.
Pp. 1-11.
- Moreno, I. T. 2002. Cultivo de hortalizas sin suelo. Instituto Nacional de Empleo, centro de formación profesional ocupacional de horticultura. C/Remata s/n – CP.04407/. Almería, España. Telefax: (34) 950244833. morenote@wanadoo.es
- Motis, J.T., Kemble, J. M. Dangler, and J.E.Brow. 1998. Tomato Fruit Yield Response to nitrogen source and percentage of Drip-or Band- Applied Nitrogen Associated with Leaf Potassium Concentration.Pp. 1103-1112. Journal of Plant Nutrition.
- Muñoz, R. J. de J. 2003. El cultivo de tomate en invernadero. Manual de Producción Hortícola en Invernadero INCAPA. México. Pp. 229-230.
- Namesny, A. 2004, Tomates producción y comercio, Ediciones de Horticultura Barcelona España, Pp. 11-157.
- Nuez, F. 1995. El cultivo del tomate, Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona España, Pp. 15-766.
- Nuez, F. 2001. El cultivo del jitomate, Ediciones Mundi-Prensa, Barcelona España.
- Nuño, M. R. 2007. Manual de producción de tomate rojo bajo condiciones de invernadero para el valle de Mexicali, baja california. En línea: <http://www.sfa.gob.mx/DESCARGAS/TomateInvernaderoMXL.pdf>. Fecha de consulta: [02/10/2012].
- Pérez, M. y Castro, B. 1999. Guía para la producción intensiva de jitomate en invernadero. Boletín de divulgación 3. Departamento de Fitotecnia, U. A. Chapingo. Chapingo, México.
- Pilatti, R.A. y Bouso C.A. 2000. Efecto del bajado de plantas sobre la producción de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivado en invernadero Invest. Agr. Prod. Prot. Veg. Vol. 15 (1-2).
- Plant protection 2012. Todo sobre el tomate. En http://www.plantprotection.hu/modulok/spanyol/tomato/morf01_tom.htm. Fecha de consulta: [27/09/2012].

- Rodríguez, D. N; P. Cano R., E. Favela Ch., A. Moreno R., (2005). Evaluación de sustratos en la producción orgánica en tomate bajo condiciones de invernadero. (En). XI Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de Ciencias Hortícolas. Chihuahua, Chihuahua., México. 27 al 29 de septiembre del 2005.
- Rodríguez, R. R.; Tabares, R. J. y J. Medina S. 1997. Cultivo moderno del tomate. Segunda edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. Pp. 65-81.
- Sade, A. 1998; Cultivos bajo condiciones forzadas. Nociones Generales. Rejovot, Israel. p.143.
- SAGARPA, 2010. Secretaria de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentación. 2002 <http://www.cea.sagar.gob.mx/diagro/analisis/entomate.html-6k> análisis agropecuario del tomate.
- SAGARPA, 2012. Agricultura Protegida. En <http://www.sagarpa.gob.mx/agricultura/Paginas/Agricultura-Protegida2012.aspx>. Fecha de consulta: [25/09/2012].
- Samperio, R. G. 1999. Hidroponía básica. El cultivo fácil y rentable de plantas sin tierra. Pp. 35, 38 y 45.
- Sánchez, C. M. 2001. Manejo De enfermedades del tomate. *In*: Curso del INCAPA "Manejo integrado de plagas y enfermedades en tomate, chile y papa". Guadalajara, Jalisco, México. Pp 22-39.
- Sánchez, del C. F. 1999. Paquete tecnológico alternativo para la producción comercial de tomate en invernaderos. Pp. 243. En: Castellanos, J. Z.; Guerra, O, F.; Guzmán, P. M. (Eds.) Ingeniería, manejo y operación de invernaderos para la producción intensiva de hortalizas. Instituto de capacitación para la productividad agrícola, S. C. México. Guadalajara, Jalisco. México.
- Sánchez, F. y Escalante, E. R. 2001. Hidroponía principios y métodos de cultivos. Tercera edición. U. A. Chapingo. Chapingo, México. pp. 119-151
- Santibáñez, E. 1992. La Comarca Lagunera, Ensayo Monográfico. Tipográfica Reza S.A. Torreón Coahuila México. Pag. 14.

- Serrano, C. Z. 1979. Cultivo de hortalizas en invernaderos. Editorial Aedos. Imprenta Juvenil S.A. Barcelona, España.
- Stevenson R. W. 2001 Enfermedades Infecciosas. Pp. 17-18. En: Plagas y Enfermedades del Tomate. The American Phytopathological Society (Ed.) Ediciones Mundi-Prensa. México.
- Tiscornia J. R. 1989. Hortalizas de fruto. Tomate, pimiento, pepino y otras. Editorial Albatros, Buenos Aires Argentina. Pp 7-9
- Zaidan, O. y A. Avidan. 1997. CINDACO. Curso Internacional de Hortalizas. Shefayim, Israel.

VIII APÉNDICE

Cuadro 1A. Análisis de varianza para la variable Peso del Fruto en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.

Fuente de Variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
---------------------	----	----	----	---------	--------

Genotipo	2	2124.2243	1062.1122	1.30	0.2751NS
Error	291	238446.3640	819.4033		
Total	293	240570.5883			
CV. 25.71183					

**Altamente significativo, *Significativo y NS no significativo.

Cuadro 2A. Análisis de varianza para la variable Diámetro Polar en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Genotipo	2	5.8525050	2.9262525	2.67	0.0712NS
Error	291	319.3208283	1.0973224		
Total	293	325.1733333			
C.V. 16.42880					

**Altamente significativo, *Significativo y NS no significativo.

Cuadro 3A. Análisis de varianza para la variable Diámetro Ecuatorial en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Genotipo	2	33.541983	16.770992	1.18	0.3094NS
Error	291	4143.719139	14.239585		
Total	293	4177.261122			
C.V. 66.38066					

**Altamente significativo, *Significativo y NS no significativo.

Cuadro 4A. Análisis de varianza para la variable Solidos Solubles en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
---------------------	----	----	----	---------	--------

Genotipo	2	15.21332756	7.60666378	57.73	<0.0001**
Error	291	38.34082210	0.13175540		
Total	293	53.55414966			
C.V. 8.221610					

**Altamente significativo, *Significativo y NS no significativo.

Cuadro 5A. Análisis de varianza para la variable Espesor de Pulpa en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Genotipo	2	3.0606815	1.5303408	3.23	0.0411*
Error	291	138.0121416	0.4742685		
Total	293	141.0728231			
C.V. 80.76164					

**Altamente significativo, *Significativo y NS no significativo.

Cuadro 6A. Análisis de varianza para la variable Número de Lóculos en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.

Fuente de variación	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
Genotipo	2	27.7390701	13.8695351	24.22	<.0001**
Error	291	166.6146714	0.5725590		
Total	293	194.3537415			
C.V. 24.60872					

**Altamente significativo, *Significativo y NS no significativo.

Cuadro 7 A. Análisis de varianza para la variable Rendimiento en los genotipos de tomate estudiados. UAAAN-UL 2012.

Fuente de	GL	SC	CM	F-Valor	Pr > F
-----------	----	----	----	---------	--------

Variación					
Genotipo	2	41824.31556	20912.15778	25.10	<.0001**
Error	57	47498.67405	833.31007		
Total	59	89322.98961			

CV. 24.35944

**Altamente significativo, *Significativo y NS no significativo.