

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FRUTO DEL
TOMATE (*Lycopersicon esculentum* Mill.)**

Trabajo de título presentado a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera, como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

RODOLFO ANDRÉS BUCK BRUN

TEMUCO – CHILE
2012

**UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA
FACULTAD DE CIENCIAS AGROPECUARIAS Y FORESTALES**



**FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FRUTO DEL
TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.)**

Trabajo de título presentado a la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Forestales de la Universidad de La Frontera, como parte de los requisitos para optar al título de Ingeniero Agrónomo.

**RODOLFO ANDRÉS BUCK BRUN
PROFESOR GUIA: RODOLFO PIHAN SORIANO**

**TEMUCO – CHILE
2012**

**FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FRUTO DEL
TOMATE (*Lycopersicum esculentum* Mill.)**

PROFESOR GUÍA

: RODOLFO PIHAN SORIANO
INGENIERO AGRÓNOMO
DPTO. PRODUCCIÓN AGROPECUARIA
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

PROFESOR CONSEJERO

: ERICK SCHEUERMANN SALINAS

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
QUÍMICA
UNIVERSIDAD DE LA FRONTERA

CALIFICACIÓN PROMEDIO TESIS

:

ÍNDICE

Capítulo		Página
1	INTRODUCCIÓN	1
2	ASPECTOS GENERALES	
2.1	Origen	3
2.2	Distribución	3
2.3	Valor nutritivo	4
2.4	Clasificación taxonómica	5
3	PARÁMETROS DE CALIDAD	
3.1	Valor nutritivo	7
3.2	Color	7
3.3	Tamaño	8
3.4	Firmeza	9
3.5	Sólidos solubles	10
4	COMPOSICIÓN	
4.1	Carotenoides	12
4.2	Vitaminas	14
4.3	Azúcares	15
4.4	Ácidos orgánicos	16
5	FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FRUTO DEL TOMATE	
5.1	Factor hídrico	17
5.2	Factor lumínico	19
5.3	Suelo	20
5.4	Fertilización	23

5.4.1	Nitrógeno	23
5.4.2	Fósforo	24
5.4.3	Potasio	25
5.4.4	Calcio	26
5.4.5	Magnesio	27
5.4.6	Hierro	27
5.4.7	Micronutrientes	28
5.5	Salinidad	28
5.6	Temperatura	30
5.7	Materia orgánica	32
6	CONCLUSIÓN	34
7	RESUMEN	36
8	SUMMARY	37
9	LITERATURA CITADA	38

1. INTRODUCCIÓN

Las características organolépticas son la principal causa de aceptación del tomate especialmente para el consumo en fresco. El sabor juega un papel central en la calidad de él porque determina la aceptación del consumidor, pues si bien la decisión inicial de compra se basa en la apariencia, las adquisiciones posteriores dependerán principalmente de la evaluación del sabor que el comprador realice al consumirlo.

Su aroma estimula el apetito, es rico en vitamina A, B, C y B2, abundante en potasio y bajo en energía. A la vez esta especie es rica en antioxidantes tales como Licopeno, caroteno entre otros. Una compleja mezcla de azúcares, ácidos, aminoácidos, minerales y compuestos volátiles son los principales contribuyentes al característico sabor dulce de esta hortaliza.

En los años recientes el fenómeno de la falta de sabor del tomate ha sido una queja frecuente en supermercados, y la deficiencia de este es por razones tales como de obtener una mayor duración del producto, mejor apariencia como un color mas intenso, mayor firmeza y un calibre del fruto relativamente mas homogéneo. Dejando de lado principalmente las características asociadas a los compuestos del sabor y los factores que aumentan o disminuyen tales compuestos.

Tanto la calidad como el sabor se ven alterados por una mayor o menor cantidad de azúcares (glucosa y fructosa), aminoácidos libres (glutamato), ácidos orgánicos (ácido cítrico) y compuestos volátiles que le confieren su aroma. Estos compuestos en el fruto pueden estar en mayor o menor concentración dependiendo esencialmente de factores edafoclimáticos que alteran la composición del tomate mientras este se desarrolla en la planta.

Los efectos que causan los componentes del suelo (nutrientes, materia orgánica, salinidad), temperatura, rayos UV y riego alteran la calidad del fruto modificando según la intensidad de estos efectos los compuestos antes mencionados y otorgándole características organolépticas

únicas según cual sea el clima y el tipo de sustrato disponible, los cuales se pueden manejar para llegar al sabor ideal que el consumidor busca.

En base a los antecedentes, el objetivo general de este estudio, fue investigar antecedentes actualizados en base a investigaciones de nivel científico mundial acerca de como afectan los factores edafoclimáticos sobre la calidad del fruto del tomate de mesa. Como objetivos específicos se contemplan los siguientes:

- Definir los parámetros utilizados para medir la calidad del fruto de *Lycopersicum esculentum Mill.*
- Detallar la composición química del fruto de *Lycopersicum esculentum Mill.*
- Analizar cada factor edafoclimático y su relación con la calidad de *Lycopersicum esculentum Mill.*

2. ASPECTOS GENERALES

2.1 Origen.

El tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.), fruta nativa de América cultivada por los Aztecas y los Incas desde el año 700 A.C., fue llevada por los conquistadores desde México y Centroamérica a España, Portugal e Italia, en el siglo XVI, donde fue aceptada (Jano, 2006).

Olimpia (2000), plantea que el tomate cultivado, (*Lycopersicon esculentum* Mill.), es originario del área del Perú, Ecuador y Bolivia, en los Andes de Sudamérica. El hábitat natural de esta especie es una estrecha franja costera que se extiende desde el Ecuador (0° de latitud) hasta el norte de Chile (30° latitud sur) y entre el Pacífico y los Andes en latitudes que varían entre 0 a 2000 metros.

Fue llevado a México, país que actuó como centro de difusión de esta especie. Es aquí donde comienza el proceso de domesticación del tomate con la posterior dispersión a otras partes del globo. De este modo y con la expedición de Hernán Cortés, llega a Europa. Inicialmente se le tenía desconfianza a este nuevo tipo de fruta que comenzaba a utilizarse en el sur del continente. (Vergani, 2002).

2.2 Distribución.

El tomate pertenece a la familia de las solanáceas y es la hortaliza más extensivamente cultivada en el mundo, después de la papa, por su alta demanda para consumo en fresco y por la industria. Es fuente importante de vitaminas A y C (Villareal, 1982; Jano, 2006). A nivel mundial presenta la mayor área cultivada, el mayor consumo y el valor de esta hortaliza es superior al de cualquier otra (Escobar y Lee, 2001; Peralta y Spooner, 2007). En el año 2008, en el mundo se tenían sembradas 5.227.883 ha con una producción de 129.649.883 t (FAO, 2009).

Fue introducida en Europa en el siglo XVI. Al principio, el tomate se cultivaba solo como planta de adorno. A partir de 1900, se extendió el cultivo como alimento humano. Se cultiva en las zonas templadas y cálidas. Existen notables diferencias en cuanto a los sistemas y técnicas culturales empleadas por los horticultores (J. N M. Von Haeff, 1983). Actualmente se cultiva en casi la totalidad de los países en el mundo (Rick, 1978).

De acuerdo con las Estadísticas de Agricultura de la FAO (FAOSTAT, 2012), las regiones mundiales de producción de tomate por orden de importancia para el periodo 2010 fueron Asia, América, Europa, África y Oceanía. El cuadro 1 muestra la producción anual en toneladas métricas de cada una de estas regiones durante el periodo indicado.

Cuadro 1. Producción mundial de tomate en el periodo 2010 (toneladas métricas).

Región	Producción (ton)
África	17.351.159
América	24.468.647
Asia	87.501.664
Europa	21.800.372
Oceanía	577.663

Fuente. (FAOSAT, 2012)

2.3 Valor nutritivo.

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) es una de las hortalizas frescas más consumidas en los países industrializados del mundo. También es ampliamente utilizada por la industria alimentaria como materia prima para la producción de productos derivados tales como puré o salsa de tomate. También es la hortaliza más común en la dieta mediterránea (Leonardi, Ambrosino, Esposito, y Fogliano, 2000). La calidad de este fruto ha sido evaluada por el contenido de compuestos químicos tales como materia seca, grados Brix, acidez, azúcares simples, compuestos cítrico y otros ácidos orgánicos y volátiles (Thybo, Edelenbos, Christensen, Sørensen, & Thorup- Kristensen, 2006).

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) es un importante cultivo hortícola en el mundo pero no solo por su importancia económica, sino también por el valor nutricional de su fruto, principalmente por su excelente fuente de K y antioxidantes (Beecher, 1997).

La importancia de esta hortaliza se basa en su alto contenido de minerales y vitaminas, elementos indispensables para el desarrollo y correcto funcionamiento de los diferentes órganos humanos. Es considerado como un activador de las secreciones gástricas y un eficaz catalizador del proceso asimilativo (Gladys, 1993).

Los antioxidantes de este fruto se subdividen según su solubilidad en agua en hidrofílicos y en lipofílicos. En el tomate los carotenoides representan los compuestos lipofílicos más importantes. Estos a la vez se dividen en carotenos hidrocarbonados como el licopeno y el β -caroteno (Bramley, 2002).

2.4 Clasificación taxonómica.

La primera descripción botánica del tomate la realizó Pier Andrea Mattioli, del jardín botánico de Padua (Italia), quien publicó su herbario en 1554. Desde entonces aparece descrito en numerosos herbarios como el de Matthias de L'Obel en 1581, el de Gerard en Inglaterra en 1597 o el de Salmon en Estados Unidos, ya en 1710.

El tomate pertenece a un género *Lycopersicon*, el cual, en cuanto a número de especies, es relativamente poco importante dentro de la familia de las Solanaceae. Esta familia se divide, atendiendo a características morfológicas del embrión, en dos subfamilias: la Cestroidae y la Solanoidae. El carácter más importante de la subfamilia Solanoidae, en la que se incluyen los géneros *Lycopersicon* y *Solanum* L., es que todos sus miembros poseen una gran uniformidad en el número cromosómico ($2n=24$). Estos dos géneros se diferencian entre sí por la presencia de expansiones apicales estériles en las anteras en *Lycopersicon*, que están ausentes en *Solanum* (Taylor, 1986).

El tomate es una especie dicotiledónea, que pertenece a la familia de las Solanáceas y posee un número de cromosomas básicos ($x=12$). Es una planta que se cultiva generalmente como anual,

pero que en condiciones climáticas favorables puede desarrollarse por varios años (MAROTO, 1994).

3. PARÁMETROS DE CALIDAD

3.1 Valor nutritivo.

El valor nutritivo es quizás la consideración menos importante que determina la elección del consumidor. El principal compuesto de valor nutricional es la vitamina C, y las frutas y vegetales son la única fuente de vitamina C en la dieta de mucha gente. Sin embargo, poca gente decidiría comprar una especie de fruta particular solo porque contiene más vitamina C que otra (Kays, 1997).

Estudios poblacionales muestran que los tomates contribuyen a una dieta sana aportando vitaminas necesarias para el organismo humano, pudiéndose consumir durante todo el año gracias al cultivo en invernaderos; su valor nutritivo es mayor cuando se cultiva a campo abierto (Namesny, 2004).

3.2 Color.

Representa una medida de calidad total y en muchas ocasiones es la más importante y/o única a considerar (Nuez, 1995). El color de la epidermis es un buen indicador del estado de madurez del tomate y de la mayor parte de los productos hortícolas. Existe cartas de colores para dar objetividad a los valores de este factor que, ligado al calibre, suelen constituir índices de madurez y de calidad específicos de los importadores, cadenas comerciales, y/o de los exportadores. Así en Estados Unidos de América (EUA) se utiliza la carta del California Board desde 1975, que establece seis categorías referidas exclusivamente al color de la epidermis (Artés y Artés, 2004). En el cuadro 2 se describen algunas características sobre los estados de madurez del tomate que se pueden encontrar en los mercados, tomando como referencia el color del fruto.

El color en el tomate es debido a los carotenos. El licopeno es el principal carotenoide del tomate, comprende 83% de los pigmentos totales presentes, el resto: fitoeno, luteína, B-caroteno, neurosporeno, fitoflueno constituyen de 3 a 7% del total de carotenoides contenidos en el fruto de tomate (Thakur et al., 1996).

Cuadro 2. Cambios de color durante la maduración de tomate fresco para el mercado.

Clase	Número	Hue	Descripción
Verde maduro	1	115.0 a 109.2	Fruto bien desarrollado completamente verde; 2 a 5 días antes de completar maduración.
Verde quebrante	2	109.1 a 93.3	Primer color externo rosa o amarillo.
Pintón	3	93.2 a 78.2	Entre 10 y 30% de la superficie con color definido: verde, amarillo-pardo, rosa o rojo.
Rosa	4	78.1 a 65.0	Entre 30 a 60% de la superficie color rosa o rojo.
Rojo claro	5	64.9 a 59.3	Más de 60% color rojo-rosado o rojo.
Rojo	6	59.2 a 37.1	Más de 90% color rojo.

Fuente. Cantwell, 2006; López y Gómez, 2004; USDA, 1991.

3.3 Tamaño.

El tamaño es un criterio importante de calidad que se puede determinar fácilmente ya sea mediante la medición del diámetro de la circunferencia, la longitud, el grosor, el peso o el volumen. Existen variados estándares, dependiendo del destino del producto (Wills et al., 1999).

En el caso de los frutos de tomate, el tamaño y la calidad del mismo están genéticamente condicionados por la variedad, fisiológicamente por la actividad fotosintética de la planta, el número de semillas, posición del fruto en el racimo, posición del racimo en la planta y ambientalmente por la repercusión sobre el crecimiento del fruto de las variables de manejo con intervención directa sobre la forma del cultivo y distribución espacial de las plantas o sobre otros factores como manejo de la fertilización (Fernández et al., 2004).

3.4 Firmeza.

La firmeza de frutos de tomate es un parámetro que mide la resistencia de penetración de los tejidos del fruto. Este es un factor importante ya que la firmeza generalmente esta relacionada con la sanidad del fruto, la concentración de azúcares, el pH, el saber y el aroma del fruto, sobre todo al alcanzar la coloración de consumo. Este carácter se puede evaluar por métodos objetivos, aplicando procedimientos destructivos que miden la resistencia que ofrecen a la penetración de la pulpa, corte o compresión, pero se prefieren técnicas no destructivas que evalúan la firmeza de los frutos a la compresión (cuadro 3) (Kader et al., 1978; Riquelme, 1995).

Cuadro 3. Mediciones realizadas con un analizador computarizado de textura, por compresión del fruto en el ecuador con una probeta cilíndrica de 25 mm de diámetro, con distancia de 5 mm. 1 Newton= 9.81 Kg-fuerza.

Clase	Descripción basada sobre la presión con los dedos de la mano	Newtons-Fuerza
Muy firme	Frutos que toleran la presión alta	>25
Firme	Frutos que toleran una presión regular	15-25
Moderadamente firme	Frutos que toleran una presión regular con menor esfuerzo	15-18
Moderadamente suave	--	12-15
Suave	Frutos que toleran una presión ligera	8-12
Muy suave	Frutos que toleran una presión muy ligera	<8

Fuente. Cantwell et al, 2006

La firmeza de los frutos de tomate es uno de los componentes importantes para el procesamiento y empaqueo de frutos frescos. Es afectada de manera importante por diversos factores

ambientales como la nutrición y exceso de nitratos, la interacción entre la cantidad de agua y el contenido de calcio en el fruto (Taylor *et al.*, 2002).

La reducción de la firmeza en los frutos de tomate es una consecuencia de la actividad de la enzima poligalacturonasa sobre las pectinas y paredes celulares, ocasionando cambios en los tejidos que provocan el ablandamiento del fruto. Esta enzima aparece progresivamente en el proceso de maduración mientras que en los frutos verdes no existe (Riquelme, 1995; González *et al.*, 2004). La firmeza también se ve afectada por la transpiración, la cual ocasiona que éste pierda agua y al no tener una fuente de suministro (planta madre) pierde turgencia y firmeza (Arias *et al.*, 2000; Villarreal *et al.*, 2002).

Cuando se considera la nutrición como la responsable de la firmeza, se tiene que las plantas de tomate que reciben fertilización con nitrato de calcio, tienden a tener frutos más firmes que las fertilizadas con sulfato de calcio (Taylor *et al.*, 2002). Otros investigadores, han concluido que la salinidad provoca la disminución significativa de la firmeza del fruto de tomate; por ejemplo, el exceso de nitrato de amonio altera las atribuciones físicas del fruto fresco por el estrés inducido por el sodio y por las altas concentraciones de nitratos y amonio (Flores *et al.*, 2003).

3.5 Sólidos solubles.

El contenido de sólidos solubles de frutos del tomate es un parámetro que presenta gran variación en función del cultivar, nutrición de la planta, conductividad eléctrica de la disolución nutritiva, estrés hídrico, factores ambientales (alta densidad de luz, fotoperiodos largos y tiempo seco en cosecha) y genéticos (fruto pequeño, hábito determinado), etc. (Nuez, 1995; Pérez-Alfocea *et al.*, 1997; González *et al.*, 2004).

En diversas variedades de fruto de tomate el contenido de sólidos solubles se sitúa entre 4.5 y 5.5 °Brix (Nuez, 1995). Es bien conocido que cuando la solución nutritiva es de elevada salinidad, aunque el rendimiento productivo del cultivo de tomate es menor, la calidad aumenta. Esto viene definido entre otros factores porque el contenido en sólidos solubles del tomate aumenta cuando

se utiliza salinidades altas (Pérez-Alfocea *et al.*, 1997; Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; González *et al.*, 2004).

4. COMPOSICIÓN

4.1 Carotenoides.

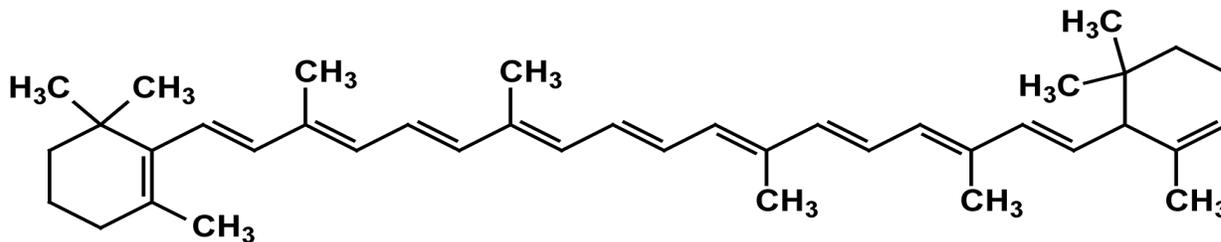
Los carotenoides son el grupo más extenso de pigmentos en la naturaleza. Están presentes en todos los organismos fotosintéticos y son responsables de la mayor parte del color amarillo hasta el rojo de frutas y de flores. Los colores característicos de muchos pájaros, insectos e invertebrados marinos son atribuidos a la presencia de estos pigmentos (Fraser y Bramley, 2004). Los principales carotenoides, presentes en especies vegetales se presentan en el cuadro 4.

Cuadro4. Contenido de carotenoides de hojas verdes, vegetales, frutas, raíces y semillas.

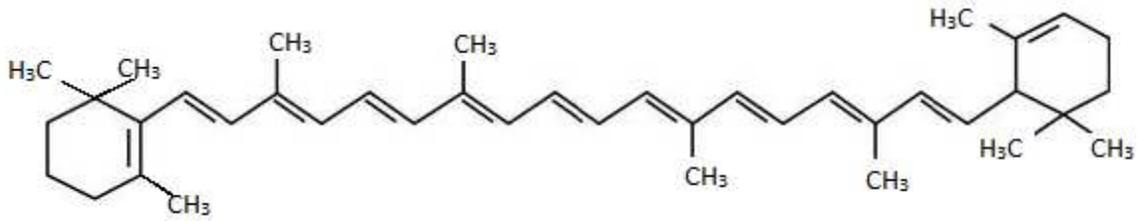
Especies	Licopeno	Luteína	α -caroteno	β -caroteno	Total
Espinaca	0	59,6	0	40,2	99,9
Zanahoria	0	2,8	361	108	145,9
Pimiento	0	50,3	167	41,6	275,4
Sandia	61	0	0	0	61,0
Tomate	29,3	79	0	4,3	34,5

Fuente. Fraser y Bramley, (2004).

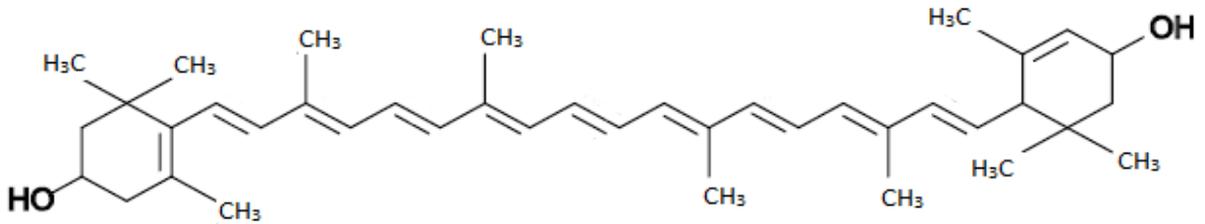
During y Harrison (2005), describen que el color rojo del tomate se debe al licopeno, que está presente en niveles hasta un 90% de los carotenoides totales. Un grupo de otros carotenoides incluyen el β -caroteno, α -caroteno, luteína, zeaxantina y cryptoxantina de estructuras químicas similares, se observan en la Figura 1.



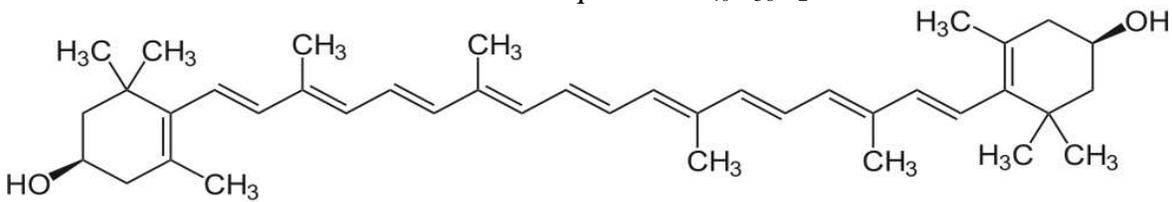
beta-caroteno
Fórmula química: C₄₀H₅₆



Alfa-caroteno
 Fórmula química: $C_{40}H_{56}$



Luteína
 Fórmula química: $C_{40}H_{56}O_2$



Zeaxantina
 Fórmula química: $C_{40}H_{56}O_2$

Figura 1. Estructura química de los carotenoides.
 Adaptado: IUPAC.

El licopeno es el carotenoide que se encuentra en mayor cantidad en el fruto del tomate, es un poderoso antioxidante que ha recibido mucha atención porque dietas ricas en licopeno han disminuido significativamente las enfermedades como el cáncer, del corazón y enfermedades relacionadas con la edad (Bramley, 2000; Clinton, 1998; Heber and Lu, 2002; Rao and Agarwal, 1998).

Bramley (2000), describe que dentro del tomate se acumula esta molécula en mayor concentración en la etapa de maduración, dando una pigmentación roja característica. En cambio, se encuentra solamente en mínimas cantidades en tejidos fotosintéticos de coloración verde

(López y Gómez, 2004). En tomates y sus derivados, encontramos la fuente dietética principal de este carotenoide. Otras fuentes incluyen la sandía, albaricoques, guayaba rosada y papaya (Giovannucci, 2002).

El contenido de licopeno en tomates frescos puede variar en cantidad, no más de 18 mg/100 g PT (peso fresco de tomate), pero la mayoría de los valores para los tomates rojos típicos están entre 5 y 8 mg/100 g PT (Dumas *et al.*, 2003). Es importante destacar que más de un 85% del licopeno que se consume está basado en tomate y sus productos, destacando también otras fuentes de licopeno (Figura 2), (Rao y Rao, 2007).

El contenido de compuestos biológicamente activos en tomates, es influenciado fuertemente por el grado de madurez (Figura 2). El contenido de licopeno en tomates en la etapa de madurez (rojo) es más de 117 veces mayor que la fruta verde (Dumas *et al.*, 2003).

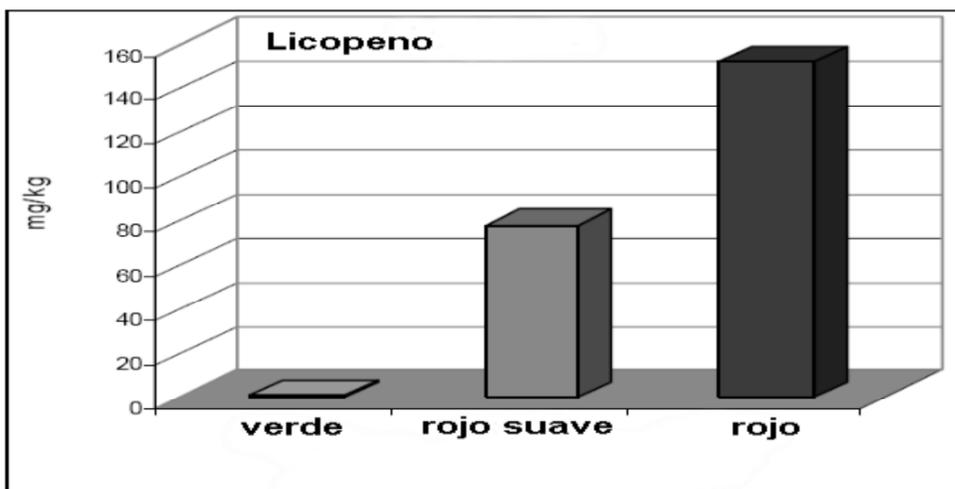


Figura 2. Contenido licopeno en estados de madurez.

Fuente. (Rao y Rao, 2007).

4.2 Vitaminas.

El tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) es una planta herbácea, perenne y su fruto, un alimento primordial en la dieta básica de la población, por ser fuente de sustancias antioxidantes, vitaminas y minerales (Guzmán, 2004; Nuez *et al.*, 2001).

El ácido ascórbico (vitamina C) y el contenido de potasio son importantes para el valor nutricional en el tomate y tienen efectos beneficiosos sobre la salud humana (Franceschi et al. 1994). Debido a la gran solubilidad de la vitamina C, existe la posibilidad que se produzcan importantes pérdidas por lixiviación, durante el corte o daños físicos de la superficie del fruto en disoluciones acuosas, adicionalmente, el estado de madurez y las características edafoclimáticas de la zona de cultivo puede afectar el contenido de vitamina C en la fruta (Arthey y Ashurst, 1996; Fennema, 2000). Badui (2006), señala que la vitamina C es lábil e inestable, además es muy sensible a la oxidación cuando la reacción está catalizada por iones metálicos como el Cu^{+2} y Fe^{+3} . Asimismo, el calor y la luz aceleran el proceso.

4.3 Azúcares.

La percepción del sabor en el tomate está influenciada por muchos factores, uno de los componentes más importantes es básicamente por azúcares y ácidos (Kader et al, 1977;. Malundo et al, 1995.; Stevens et al, 1977a).

Los azúcares de *Lycopersicon esculentum* Mill. en su mayoría son compuestos de glucosa y fructosa, con trazos de sacarosa (Davies y Hobson, 1981, Stevens, 1972). Según Petro-Turza (1987) demostraron que el sabor dulce del tomate era atribuido a la reducción de azúcares. La fructosa y la glucosa se encuentran en cantidades casi iguales en el fruto del tomate y la fructosa se encuentra en un nivel más alto, mientras que la sacarosa no suele superar los 0,1% (Davies y Hobson, 1981; Davies y Kempton, 1975; Petro-Turza, 1987). También se ha demostrado que la fructosa es dos veces tan dulce como la glucosa (Biester, 1925;. Stevens et al, 1977a).

Los consumidores a menudo se quejan del sabor de los tomates frescos del mercado (Bruhn et al., 1991). De hecho, la mayoría de los esfuerzos de mejoramiento se han centrado a otras características como el rendimiento, resistencia a las enfermedades, y a rasgos que influyen en la vida posterior a la cosecha y al manejo de la fruta. La mayoría de los cultivares comerciales de tomates frescos del mercado tienen un bajo nivel de azúcares totales con sólidos solubles que van de 4 a 5% (Kavanagh y McGlasson, 1983; McGlasson et al, .1983). Según Malundo et al. (1995) encontró que al aumentar el nivel de azúcar en los frutos de tomate mejora la intensidad del aroma y una mayor aceptabilidad dentro del mercado.

4.3 Ácidos orgánicos.

Existe una correlación lineal y negativa entre el pH y el contenido de ácidos en el fruto de tomate, ésta puede observarse al analizar los ácidos constituyentes de varios tipos de tomate y tejidos del fruto (Rezende et al., 2000). Durante la maduración, los ácidos orgánicos son respirados o convertidos en azúcares. Los ácidos pueden ser considerados como una reserva energética más del fruto de tomate siendo por consiguiente de esperar que su contenido decline en el periodo de actividad metabólica máxima durante el curso de la maduración (Willis et al., 1999).

El parámetro más importante para la calidad organoléptica de los frutos del tomate es el sabor, producido principalmente por una combinación de ácidos orgánicos, que determinan los sabores dulces y amargos respectivamente, y por lo tanto estas concentraciones de sabores pueden afectar significativamente la aceptabilidad de los consumidores (Salles, Nicklaus y Septier, 2003). Los ácidos orgánicos en el fruto del tomate consisten principalmente en ácido cítrico y málico con un rango de 0.3-0.6% (Helyes, 1999).

Por lo tanto, para un mejor sabor del fruto del tomate, una alta concentración de azúcar es necesaria, junto con un contenido de ácidos orgánicos relativamente altos. Una baja concentración de azúcares con un alto nivel de ácidos provoca acidez en los tomates mientras que un alto nivel de azúcares y un bajo contenido de ácidos un suave sabor dulce, por el contrario, un bajo contenido de estos dos factores da como resultado un sabor insípido (Cuartero y Fernandez-Muñoz, 1999).

Al igual que muchos frutos, los tomates acumulan ácidos orgánicos durante el crecimiento para el uso de estos como sustratos respiratorios durante la maduración. La pérdida de acidez es un aspecto de la calidad del tomate. El pH está influenciado por los ácidos orgánicos. (Powers, 1976). El ácido cítrico es el ácido predominante en el tomate, a la vez el ácido málico está presente también como constituyente principal y también otros ácidos se encuentran en cantidades menores (Ulrich, 1970).

5. FACTORES EDAFOCLIMÁTICOS QUE AFECTAN LA CALIDAD DEL FRUTO DEL TOMATE

5.1 Factor hídrico.

En el tomate, así como en otros cultivos, el tamaño de la fruta es el factor clave que determina el rendimiento. Esto es porque los mecanismos de regulación del crecimiento y desarrollo de los fruto es un tema de investigación para muchos autores (Andrews y Adams, 2002). A la vez el rendimiento del cultivo es el resultado de muchos procesos morfo-fisiológicos y bioquímicos en función a los factores ambientales y genéticos (Kulkarni y Deshpande, 2006). El manejo del riego, y su monitoreo, constituye una de las técnicas más efectivas para obtener rendimientos óptimos, en cuanto a la cantidad y calidad de producto requeridas por el mercado (McCarthy, 1998; Van Leeuwen et al., 2003)

El crecimiento del fruto del tomate sigue una curva sigmoidea y los frutos maduros contienen alrededor de 95% de agua en la madurez. La mayor parte del peso de la fruta se acumula durante el período de crecimiento rápido que se inicia aproximadamente dos semanas después de la anthesis y dura alrededor de 3-5 semanas (Ho y Hewitt, 1986). En el tomate, alrededor del 80-85% del agua es importada por el tejido floemático (Ho et al, 1987;.. Guichard et al, 2005). El requerimiento diario de agua para el tomate en diferentes sistemas de cultivo varía de 0,89 a 2,31 L planta-1 día-1 (Tiwari, 2003). El riego por goteo se aplica con un 75% de evapotranspiración del cultivo (ETc), la cual fue la cantidad óptima de riego para un clima húmedo con el fin de maximizar el rendimiento del tomate (Harmanto et al., 2005).

Bajo el esquema de producción, el manejo del agua es de vital importancia en la producción intensiva de este cultivo, debido a que cumple una serie de funciones básicas en la vida de las plantas, constituyendo hasta en un 95% de su peso fresco (Castilla, 2005). La aplicación deficiente ó en exceso produce efectos negativos en la calidad y rendimiento del cultivo. Con la falta de agua, la planta sufre condiciones de estrés hídrico por ejemplo cuando el potencial de agua foliar baja a valores -9 bar, se desencadena la síntesis de ácido absícico (ABA). Esta hormona detiene el crecimiento del ápice terminal de las yemas laterales y con ello hay mayor

disponibilidad de fotoasimilados para el crecimiento radicular lo cual ocasiona que la planta aumente la proporción de raíces con respecto a la parte aérea. Se debe tener en cuenta que ABA es una sustancia que induce el cierre de los estomas, lo cual produce una baja del flujo de CO₂ y con ello cae la fotosíntesis. Las hojas maduras pierden su capacidad del control estomático y en cambio producen un achaparramiento de las mismas para interceptar menos radiación y con eso atenuar los efectos de estrés hídrico. Por otro lado el mismo investigador menciona que la caída de flores en tomate es estimulada por el estrés hídrico, asociado a otros factores como temperatura extrema (altas o bajas), falta de viento, luminosidad escasa y exceso de nitrógeno (Pilatti, 1997).

Según lo reportado por Nuez (1995), quien encontró que el exceso de agua más allá de los valores de la ET real en la fase final del cultivo, aumentó la predisposición del fruto a enfermedades, debido a los golpes sufridos durante la recolección y transporte, incrementando el porcentaje de frutos podridos. Además, este mismo autor indicó que la partidura ("cracking") que se produce por un aumento de la presión de turgor de las células de los frutos, es originada fundamentalmente por el exceso de agua aplicada en el riego durante la cosecha. También, Peet y Willits (1995) indicaron que el aumento excesivo de agua en el perfil del suelo aumentaría significativamente la presión de turgor en los frutos favoreciendo la incidencia de este desorden. Similares resultados fueron obtenidos por Maroto et al. (1995), quienes encontraron que dosis crecientes de agua (50, 100 y 150% de ET_{real}) aumentaron la presencia de partidura en tomate cultivado bajo invernadero, sin embargo a medida que se disminuyó el agua aplicada la cantidad de frutos afectados por pudrición apical aumentó. Sanders et al. (1989) y Adams (1990), encontraron que restricciones de agua a plantas de tomate reducen el contenido de agua en frutos, pero incrementan el contenido de sólidos solubles (Nuez, 1995), azúcar, ácido y potasio. Asimismo, en relación a la presión de pulpa, Hedge y Srinivas (1990) encontraron un aumento significativo de ésta al disminuir el agua aplicada a un cultivo de tomates.

Un síntoma asociado a la falta de agua durante el desarrollo del fruto es la presencia de frutos huecos (frutos con la placenta separada de la pared) aunque también puede ser provocada por polinización deficiente (Álvarez y col., 2005). Un efecto ocasionado por la fluctuación de

contenidos de agua en la planta son los desordenes fisiológicos donde sobresalen el rajado del fruto y la pudrición apical. Las causas pueden estar dadas por riegos poco frecuentes, con las consiguientes fluctuaciones en el potencial hídrico, o bien responder a un aumento en la presión radical; es decir, la absorción activa de agua que al no ser eliminada durante la noche por transpiración (sólo por gutación) tiene ese efecto, así como por la alta humedad ambiental (Pilatti, 1997; Kitano y col., 1999; Gil y Miranda, 2000; Saure, 2001).

5.2 Factor lumínico.

La luminosidad puede incidir de forma negativa sobre los procesos de la floración, y fecundación, así como en el desarrollo vegetativo de la planta. Cuando la primera inflorescencia se desarrolla en una planta de tomate joven, un suministro bajo de asimilados causado ya sea por una baja intensidad de luz (Kinet (1977) o alta densidad de plantas (Russell y Morris, 1982), induce aborto de la inflorescencia o de algunas flores, así también puede afectar el crecimiento de los brotes y las raíces (Cooper, 1964). Una buena luminosidad es importante porque se obtienen colores intensos, pared delgada del pericarpio y alto contenido de sólidos solubles. Por ello las zonas productoras deben tener de 1.000 a 1.500 horas luz al año. Los vientos secos y calientes inducen la abscisión de las flores (Sawhney, 1988 y He et al., 1999).

Del mismo modo, la luz juega un papel importante en el desarrollo del fruto del tomate. Cuando la intensidad lumínica es mayor la tasa de fotosintética aumenta provocando mayor producción de productos fotoasimilados. El contenido de carbohidratos en el fruto puede incrementarse si se mejora la fuente que contribuye a su producción. Los niveles de azúcares solubles favorecen la concentración de sólidos solubles totales, y para incrementar estos últimos, es necesario modificar la arquitectura de la planta mediante el control genético del hábito de crecimiento (gen sp), podas e intensidad de luz (Shaffer *et al.*, 1999). La acumulación de almidón en la etapa temprana de desarrollo del fruto es temporal y la cantidad de almidón acumulado solamente cuenta para una pequeña porción de la materia seca final del fruto (Ho *et al.*, 1983). Sin embargo, la cantidad máxima de almidón en el fruto verde esta positivamente relacionada al contenido de sólidos solubles en frutos maduros entre un número de cultivares de tomate (Dinar y Stevens, 1981). La tasa de acumulación de almidón cambia en paralelo con la tasa de acumulación de

materia seca, así como con las actividades de sólidos solubles y de la adenosin difosfato (ADP) glucosa pirofosforilasa (Robinson *et al.*, 1988). El desdoblamiento de sacarosa por sólidos solubles es un prerrequisito para la síntesis de almidón por ADP-glucosa pirofosforilasa y la acumulación neta de almidón es regulada por estas dos enzimas. Aparentemente, la actividad de ADP-glucosa pirofosforilasa puede estimularse por la luz y el aumento en la acumulación de almidón (Guan y Janes, 1991b). Esto sugiere que el mayor peso del fruto cuando es expuesto a luz debe a la capacidad extra para acumular almidón más que a un incremento de fotosíntesis en fruto (Guan y Janes, 1991a). Los diferentes espectros de luz pueden desempeñar diferentes funciones en el tomate. La luz roja beneficia la acumulación de licopeno pero disminuye el contenido de vitamina C. Tratamientos con luz azul aumentaron el contenido de vitamina C y proteínas solubles en el fruto del tomate. Tratamientos con sombreadores pueden retrasaron el desarrollo de la flor de esta hortaliza (Zhao y Chang, 2008).

Por otro lado, específicamente en el epicarpio, informes indican que mientras mas fuerte es la radiación solar, bloquea la acumulación de licopeno, resultando zonas decoloradas, comúnmente conocidas como "escaldaduras". Aunque poco se ha estudiado, se sabe que escaldaduras que aparecen en la madurez de los frutos del tomate en forma de anillos de color amarillo anaranjado rodean la zona de abscisión y en consecuencia reducen la síntesis de licopeno y la oxidación de β -caroteno se ve aumentada. (Dumas y Dadomo, 2003; Adegroye, 1983). La síntesis de los pigmentos en el fruto del tomate está estrechamente relacionada con el proceso de maduración. El licopeno a nivel del fruto del tomate se determina por el potencial genético de la variedad y las condiciones ambientales tales como la temperatura y principalmente la luz. (Dumas et al., 2003).

5.3 Suelo.

El término de suelo se aplica a todo material sólido, natural, de síntesis o residual, mineral u orgánico que permite el anclaje del sistema radicular, desempeñando por tanto, un papel de soporte para la planta (Abad et al., 2005; Abad et al., 2004; Terés, 2001). El sustrato puede intervenir o no en el proceso de nutrición mineral de la planta, por lo que se pueden clasificar como químicamente activos (turbas, cortezas de pino, etc.) o químicamente inertes (perlita, lana de roca, roca volcánica, etc.) (Cadahía, 2005; Urrestarazu, 2004; Terés, 2001; Pastor, 1999).

El suelo es un sistema de tres fracciones cada una con una función propia: la fracción sólida asegura el mantenimiento mecánico del sistema radicular y la estabilidad de la planta, la fracción líquida aporta a la planta el agua y, por interacción con la fracción sólida, los nutrientes necesarios. Por último, la fracción gaseosa asegura las transferencias de oxígeno y CO₂ del entorno radicular (Lemaire et al., 2005). Esto hace que resulte necesario conocer las propiedades físicas, físico-químicas, químicas y biológicas de los sustratos, pues condicionan en mayor medida los cultivos en contenedor y determinan posteriormente su manejo.

El sustrato de cultivo está constituido por un material poroso, en el que se desarrolla el sistema radicular de la planta, y del que ésta toma el agua y los nutrientes que necesita para su desarrollo y el oxígeno necesario para el funcionamiento correcto del sistema radicular. Para Michelot; citado por Masaguer y Cruz, 2007, el soporte del cultivo (suelo o sustrato) cumple cuatro funciones:

a) Asegura el anclaje mecánico de la planta; b) Constituye la reserva hídrica de la que las raíces toman el agua para cubrir las necesidades de la planta; c) Las raíces son órganos aerobios. El sustrato debe proporcionar el oxígeno que necesitan para su correcto funcionamiento y d) Debe asegurar la nutrición mineral de la planta.

La disminución en la productividad de los cultivos ha sido atribuida generalmente al deterioro de la fertilidad química del suelo (Ali, 1998), dejando relegada la importancia de la fertilidad física (Acharya et al., 1998) debido a que el concepto de fertilidad es enfocado más a la presencia de nutrientes en el suelo, aunque su disponibilidad es una función del ambiente físico del mismo. Este ambiente influye en la naturaleza de las reacciones químicas y biológicas necesarias para el óptimo desarrollo de las plantas (Sharma et al., 2003). Por su parte, Mejía (1975) afirma que directa o indirectamente, la proporción, composición y estructura de las diferentes fracciones como arena, limo y arcilla que integran el suelo, determinan gran parte de sus características químicas y físicas, y por tanto, su fertilidad.

De las partículas minerales del suelo, la fracción arcilla se caracteriza por su alta actividad química, principalmente porque es de naturaleza anfótera, que le confiere capacidad para atraer

tanto cationes como aniones, aunque es más importante por su alta capacidad de retener e intercambiar cationes (Mejía, 1975). Además es un agente cementante que favorece la formación de agregados en el suelo (Bullinger-Weber et al., 2006). Brown (1977) afirma que la influencia que ejercen las arcillas dependiendo de su composición mineralógica y la proporción en que ella interviene en los suelos incluye la velocidad de infiltración, el drenaje interno y la capacidad de retención de humedad, siendo más difícil el movimiento del agua y el aire en el suelo cuando el contenido de arcilla es mayor, pero la retención de agua y nutrientes es mayor (Brady, 2004). El tomate puede ser cultivado en un amplio rango de tipos de suelos (Kinet y Peet, 1997). Sin embargo, el suelo ideal para este cultivo debe ser bien drenado pero a la vez capaz de retener humedad. La aireación es uno de los factores físicos más importantes que puede limitar el desarrollo de los sistemas radiculares de las plantas, el crecimiento y la producción de los cultivos (Czyz y Tomaszewska, 1994). Según Escobar y Lee (2001), el tomate necesita de suelos bien aireados, con alta capacidad de almacenamiento de agua útil y con un buen nivel de fertilidad. Aunque bajo condiciones de invernadero se puede cultivar en una gran variedad de suelos, se prefiere aquellos de texturas francas con altos contenidos de materia orgánica. Adicionalmente, es necesario que se tenga buen drenaje, debido a que las raíces de las plantas de tomate no toleran excesos de agua.

Cuando en el suelo domina la fracción arcilla, en la porosidad total del suelo hay más cantidad de microporos que cuando domina la fracción arena. En este caso existe una gran cantidad de macroporos en el espacio poroso. Lo anterior se comprende claramente, si se piensa que entre las microscópicas partículas de arcilla los espacios son pequeños. En cuanto a la magnitud de la porosidad total, es mayor cuando en la textura dominan las fracciones finas que cuando dominan las gruesas, por lo que los suelos arcillosos poseen más porosidad total que los arenosos (Brady, 2004). Sin embargo, los microporos son los encargados de almacenar agua mientras que los macroporos están más implicados con el crecimiento radicular, por lo cual, suelos con predominio de arcilla afectan de forma negativa el sistema radicular (Brady, 2004) y por ende la producción (Czyz y Tomaszewska, 1994), pues las raíces de muchos cultivos necesitan un buen suministro de oxígeno para satisfacer los requerimientos de agua y nutrientes que necesita el resto de la planta (Meek et al., 1983). A pesar de esto, con contenidos de arcilla de 1 a 50% no se ve

afectado negativamente el rendimiento del cultivo de tomate. El tamaño del fruto de tomate está determinado por el número de células (Bohner y Bangerth, 1988; Ho, 1992), es así, que el contenido de 10% de arcilla posiblemente garantiza una disponibilidad adecuada de agua, oxígeno y nutrientes, que a la vez favorece una mayor división celular, por lo cual, la cantidad de tomate calidad extra fue considerablemente mayor. Además Surya et al. (2006) encontraron mayor altura y área foliar en plantas de tomate a medida que aumentó la disponibilidad de oxígeno en suelos arcillosos. Y se corrobora el hecho de que la respiración de raíces es favorecida por el incremento en la aireación del suelo (Bhattarai et al., 2004).

5.4 Fertilización.

La nutrición es un proceso complejo que implica 16 nutrientes esenciales, así como muchos otros elementos químicos que están beneficiando o perjudicando al metabolismo de la planta. Además, la respuesta de un cultivo, con un determinado nivel de nutrientes puede variar por factores tales como el cultivar, prácticas culturales, el sustrato y condiciones ambientales. El suministro óptimo de nutrientes en la planta es el objetivo principal dentro de los programas de fertilización de un cultivo, ya que una falta o exceso de nutrientes puede afectar tanto el rendimiento como la calidad del fruto a la cosecha. (Bryson y Barker 2002).

El cultivo del tomate en la actualidad exige el dominio y/o manejo de un alto nivel tecnológico, así como el conocimiento de aspectos inherentes al crecimiento y desarrollo de la planta, especialmente durante la formación de frutos. Esta fase es dependiente en alto grado de la aplicación adecuada de macro y micronutrientes, la cual debe basarse en una estimación de los requerimientos, considerando la relación entre la absorción de nutrientes por el cultivo, el análisis de suelo y el análisis de tejido (Adams, 1986).

5.4.1 Nitrógeno. Según Krusekopf y otros (2002), encontraron que no hubo mejoramiento en rendimiento o calidad del fruto con tasas de aplicación de N mayores a 140 Kg/ha. El cultivo obtiene el remanente de su requerimiento de N desde el suelo, ya sea NO₃-N residual y N orgánico, que es mineralizado durante la temporada. Debido a que el tomate es un cultivo con moderada profundidad de raíces, es poco común encontrar pérdidas de NO₃-N por lixiviación

durante la temporada, excepto en suelos arenosos donde se aplica un exceso de riego. Altos niveles de N en el suelo, promueven un excesivo crecimiento vegetativo que puede retrasar la conformación y madurez de los frutos del tomate, reduciendo así la producción (Kaniszewki, 1990). El nitrógeno es móvil en la planta, lo que resulta en hojas inferiores de color amarillo si existen deficiencias. El exceso de este nutriente en una planta da como resultado un crecimiento succulento, de un color verde intenso y una baja producción de frutos. También puede causar crecimiento débil en la planta, especialmente a altas temperaturas (Flynn, 2002).

Una revisión general de Mozafar (1993) informó que a mayor aplicación de fertilizantes nitrogenados demostró un bajo contenido de ácido ascórbico en el fruto. También hay informes que indican que altas aplicaciones de nitrógeno a menudo disminuyeron la concentración de vitamina C al provocar un efecto indirecto de sombreado aumentado por causa de un mayor desarrollo del follaje de la planta favorecida por la alta disponibilidad de este nutriente. Mientras tanto, deficiencias de nitrógeno pueden resultar en un retraso del crecimiento y disminuir el número de frutos y su tamaño, a la vez niveles altos de N estimulan un crecimiento vegetativo excesivo que puede retrasar la maduración del fruto (Sainju, Dris y Singh, 2003). Un aumento de la concentración de nitrógeno en el tomate por encima del nivel considerado como óptimo para la producción puede reducir la calidad de la fruta por la disminución del contenido de azúcar (Davies y Winsor 1967). Como informó Parisi et al. (2006), una fuente de nitrógeno alta (250 kg ha) Dificultan algunas características importantes de la calidad del fruto, tales como pH, sólidos solubles, contenido de glucosa y fructosa, así como la proporción entre azúcares reductores y sólidos totales. La fertilización de nitrógeno en forma de $\text{NH}_4\text{-N}$ puede mejorar la calidad de la fruta la aumentando el contenido de azúcares y ácidos orgánicos (Flores et al. 2003). Según Heeb et al. (2005b), el suministro de nitrógeno, tal como amonio ó N orgánico, da como resultado un fruto de sabor superior y de mayor calidad.

5.4.2 Fósforo. Con respecto al fósforo, la variación del suministro de este nutriente en el suelo de los cultivos de tomate, no influyen de forma significativa tanto como en los sólidos solubles, pH, o las características de color de las frutas (Oke et al. 2005). Cultivares e híbridos modernos de tomates tienen altas tasas de crecimiento y por lo tanto dependen de suministros adecuados de

fósforo para su óptimo desarrollo y altos rendimientos. De acuerdo con Groot et al. (2002), tasas relativas de crecimiento de esta hortaliza se incrementan considerablemente al aumentar la concentración de P en la planta. Resultados recientes de investigaciones indican que al aplicar fertilización foliar fosforada en invernaderos la concentración de K, P, Mg y Fe en las hojas se ve aumentada de forma considerable, además se acelera la maduración del fruto y tanto el rendimiento como la calidad comercial son mayores (Chapagain y Wiesman 2004). Bajo condiciones de deficiencia severa de fósforo, la concentración de N de la hoja se suprime, debido a que disminuyen los niveles de citoquininas en estas (de Groot et al. 2002)

5.4.3 Potasio. Los requisitos de potasio en tomate son extraordinariamente altos debido al rápido crecimiento de la planta en combinación con la gran carga frutal que presenta esta especie (Chapagain y Wiesman 2004). Para hacer frente a los altos requisitos de K, el tomate ha evolucionado eficientemente desarrollando mecanismos para la adquisición de potasio en condiciones de baja disponibilidad en la zona de la raíz (Chen y Gabelman 2000). Estos mecanismos se rigen por los genes expresados sólo en condiciones de niveles extremadamente bajos de este macro elemento en la zona de la raíz, y que son inducidas por una raíz-localizadora que emite una señal cuando existe este mineral en el medio circundante (Wang et al 2002).

Bien se sabe, que un suministro adecuado de potasio aumenta la acidez titulable de los frutos del tomate (Davies y Winsor 1967; Adams et al. 1978; Davies y Hobson, 1981), lo que mejora considerablemente la calidad sensorial de esta hortaliza. Los bajos niveles de suministro de potasio en las plantas de tomate cultivadas sin suelo están asociados con trastornos de maduración (Adams 2002). Como se informó por Hartz et al. (2005), una fertilización óptima con potasio mejora el color del fruto, mientras que al mismo tiempo la reducción incide en trastornos del color del fruto. Sin embargo el aporte de K del suelo afecta la uniformidad del color del fruto; el desorden llamado “hombro amarillo” (YS, el cual el tejido alrededor de la inserción del tallo permanece amarillo después que el fruto ha madurado), está directamente relacionado con la fertilidad del K (Hartz et al., 1999). Hartz et al., 2005, sugieren que la respuesta de rendimiento del tomate a fertilizaciones con K, pueden ser logradas en campos con K extractable de 300 mg/kg, o donde el K represente menor al 3% de los cationes de intercambio del suelo.

5.4.4 Calcio. Investigaciones recientes han revelado que un nivel bajo de calcio en la zona de la raíz raramente es un factor limitante para el crecimiento vegetativo del tomate (del Amor y Marcelis 2006). Sin embargo, este nutriente en el tomate requiere una atención especial ya que está íntimamente involucrado en la ocurrencia del trastorno fisiológico conocido como la pudrición apical del tomate, que puede disminuir considerablemente la calidad del fruto y la aceptación en el mercado (Ho et al 1993;. Grattan y Grieve 1999). La pudrición apical del tomate es causada por una deficiencia local de Ca en la parte distal de la fruta, lo que resulta en una perturbación de la estructura del tejido en esa zona (Adams 2002). Varios factores, incluyendo el cultivo, la concentraciones externas de Ca, NH₄-N, K y Mg, o sal, estrés hídrico, disponibilidad de oxígeno en la zona radicular, la humedad relativa del aire y la temperatura del aire, puede agravar o atenuar la aparición de este trastorno fisiológico (Saure 2001; Navarro et al. 2005).

Además, un aumento del suministro de calcio puede reducir la incidencia de grietas en la superficie del fruto, otro desorden fisiológico que conduce a un deterioro de localización de la fruta (Lichter et al. 2002). Este defecto aparece como una rugosidad de la superficie que se desarrolla principalmente en el área del hombro de la fruta, que afecta la calidad cosmética del fruto y restringe severamente la capacidad de almacenamiento del tomate (Huang y Snapp 2004a).



Figura 3. Desorden fisiológico causado por pudrición apical en tomates (deficiencia de calcio).

5.4.5 Magnesio. El magnesio no participa directamente en la calidad del fruto de tomate, aunque bajo condiciones graves de deficiencia el tamaño y apariencia general de la fruta puede verse afectada. Sin embargo, un aumento de la fuente de Mg por encima del nivel recomendado, aunque no es tóxico para las plantas, puede aumentar de manera considerable la incidencia de pudrición apical en tomates, si este no va acompañado de un aumento en el suministro de calcio (Hao y Papadopoulos 2004).

5.4.6 Hierro. La deficiencia de hierro es el problema nutricional más frecuente que enfrentan la mayoría de las plantas cultivadas cuando el nivel de pH en la zona de la raíz es demasiado alto. Sin embargo, el tomate no parece estar susceptible a la deficiencia de hierro en condiciones de pH moderadamente alto (6-7) en la zona de la raíz (Islam et al 1980.; Akl et al. 2003). Sin embargo, la aplicación de nitrógeno en forma de amonio puede reducir los síntomas de clorosis en el tomate, especialmente en cultivos sin suelo (Sonneveld 2002). El uso de quelatos de hierro ya sea a través de riego o por fertilización foliar es otro medio eficaz de prevenir o curar incluso una deficiencia de hierro (Fernández Ebert y 2005; He et al. 2005). De acuerdo con Sánchez et al. (2005), la combinación de Fe-EDDHA con compuestos orgánicos tales como sustancias húmicas comerciales o mezclas de aminoácidos pueden mejorar aún más la absorción de Fe. La

deficiencia de este nutriente en tomate se caracteriza por una drástica reducción del contenido de clorofila en las hojas (Dasgan et al. 2003).

5.4.7 Micronutrientes. Con respecto a los micro elementos la calidad de la fruta del tomate se ve afectada principalmente por el boro, mientras que el resto de los micronutrientes pueden deteriorar la calidad del fruto sólo cuando las plantas presentan síntomas graves de deficiencia, que dan como resultado un desequilibrio global del metabolismo de esta. Según Huang y Snapp (2004a), un inadecuado suministro de boro da como resultado un aumento en la incidencia del desorden fisiológico de la partidura del hombro de tomate, al rociar el follaje de la planta con B se reduce el porcentaje de frutos afectados con este trastorno. Además, una fuente de boro baja reduce la firmeza de los frutos provocando graves problemas a la post cosecha (Smit y Combrink 2004).

5.5 Salinidad.

En muchas áreas del mundo dedicadas a la agricultura la obtención de buenos rendimientos, así como también el poder cultivar una amplia variedad de especies, cada vez está teniendo más restricciones debido a la salinización de los suelos. Se estima que sobre 800 millones de hectáreas en el planeta están afectadas por sales, de estas 397 millones lo son por problemas de salinidad y 434 millones por condiciones asociadas a sodicidad (Munns, 2005; FAO, 2000). Varias son las causas vinculadas a estos procesos de salinización, entre las cuales es posible citar un excesivo empleo de fertilizantes, uso de agua de mala calidad por el exceso de sales, mal drenaje y tala de vegetación arbórea (Tanwar, 2003). El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cuando se cultiva en suelos salinos no se encuentra ajeno a una disminución de los rendimientos, puesto que es una especie glicófita, medianamente sensible a las sales y que presenta un umbral respecto al contenido total de sales, cuantificadas en el extracto de saturación del suelo y expresadas como conductividad eléctrica (CEs) de 2,5 dS/m (Chinnusamy et al., 2005). A nivel mundial, es una hortaliza importante; el año 2002 se produjeron en el mundo 120.684.961,8 toneladas, participando Chile con 1.341.268,5 toneladas (USDA, 2003). El cultivo del tomate en áreas con problemas de salinidad provoca en las plantas un sinnúmero de efectos fisiológicos, morfológicos y bioquímicos, tales como disminución de la fotosíntesis (Singh y

Chatrath, 2001), un menor peso de los frutos (Del Rosario et al., 1990; Pérez-Alfocea et al., 1996) y cambios cuantitativos y cualitativos en la síntesis de proteínas por cambios en la expresión de genes a causa de la salinidad, entre otros (Singh y Chatrath, 2001). Al examinar los efectos de las sales en la germinación como en los órganos de las plantas de tomates, la gran mayoría son adversos, pocos presentan un carácter positivo. A nivel de germinación, a medida que aumenta la concentración de sales en el medio, el porcentaje de germinación disminuye y el periodo en que este proceso se lleva a cabo se prolonga (Cuartero y Fernández-Muñoz, 1999; El-Habbasha et al., 1996; Singer-SM, 1994; Foolad y Lin, 1997). Estas respuestas se observan tanto en la especie cultivada como en las silvestres. A pesar de la poca variabilidad genética que se le atribuye al tomate cultivado (Nuez, 2001) se han detectado algunos cultivares con mayor tolerancia, como el cv Edkawy. En los tomates silvestres, de gran interés para el mejoramiento genético de la especie cultivada, en las especies *Lycopersicon chilense*, *L. peruvianum*, *L. pennellii*, *L. cheesmanii* y *L. pimpinellifolium* también se han detectado accesiones con tolerancia a salinidad (Rick, 1982).

A nivel de raíces, las sales alteran la absorción de agua afectando el crecimiento de estos órganos; también actúan produciendo efectos tóxicos. La magnitud de las respuestas de las plantas se encuentra estrechamente relacionada a la concentración de las sales, a la duración del estrés a que están expuestas y a la especie o cultivar que se trate. La parte aérea de las plantas de tomates igualmente es afectada por la salinidad: las plantas alcanzan una menor altura, las hojas se presentan en menor número y a la vez manifiestan una disminución en su densidad estomática en la cara adaxial (Romero, 2001), presentan clorosis y necrosis principalmente en los bordes de las hojas. El área foliar también disminuye (Romero, 2001; Al-Karaki, 2000). Los frutos se afectan adversamente en su rendimiento (Pérez-Alfocea, 1996; Grainferberg et al., 2000; Faiz-SMA et al., 1994), pero positivamente en cuanto a algunos atributos organolépticos y/o de interés para la agroindustria, puesto que presentan un mayor contenido de compuestos solubles, sólidos totales, acidez titulable y carotenoides.

Las concentraciones de sal en la zona de la raíz es un factor crucial para la calidad de la fruta. Existe un consenso general de que un aumento moderado de la salinidad en el entorno de las

raíces mejora la calidad del fruto del tomate (Auerswald et al, 1999;. Savvas 2001; Kraus et al. 2006).

Al regar las plantas de tomate con aguas salobres se ha observado que algunos atributos inherentes a la calidad de los frutos mejora, por cuanto éstos presentan un mayor contenido de sólidos solubles (Del Amor et al., 2001; Fernández-García et al., 2004; Serio et al., 2004; Satti-SME y López, 1994), sólidos totales, acidez total (Guichard et al., 2001), carotenoides y licopeno (Maggio et al., 2001). Estudios sobre la respuesta de las plantas al estrés osmótico (Nichols-MA et al., 1995) muestran que a mayores niveles de estrés se mejora la calidad de los frutos, por cuanto el índice refractométrico ($^{\circ}$ Brix) registrado en éstos fue superior a los controles. Cuando se evaluaron por un grupo de panelistas, éstos fueron capaces de detectar aquellos frutos obtenidos de las plantas sometidas a mayores estreses, los que fueron calificados positivamente por su mejor gusto. En experiencias similares con tomates Cherry cv Gardeners Delight regados con soluciones con conductividades eléctricas de 3, 5 y 8 dS/m y sometidos a una evaluación sensorial para el gusto, un panel numeroso de jueces prefirieron los tomates tratados con una CE de 5 dS/m en el agua de riego (Gough-C y Hobson, 1990).

Los frutos de tomates constituyen una fuente valiosa de carotenoides, en los cuales destaca el licopeno, poderoso antioxidante natural que se ha reconocido como beneficioso para prevenir enfermedades y patologías cardiovasculares. Investigaciones referentes a este pigmento en las cuales se sometieron plantas de tomates (híbrido H601) a tratamientos con aguas salinizadas detectaron que las concentraciones de carotenoides totales y licopeno se incrementaban gradualmente desde los niveles más bajos de CE 0,5 dS/m hasta los 4,4 dS/m (aproximadamente 0,25% NaCl w/v), sobre este valor de conductividad comenzaba a decrecer su concentración (Maggio et al., 2001).

5.6 Temperatura.

Se ha prestado mucha atención a la influencia del medio ambiente en el crecimiento de los frutos en cultivos de tomate, y se ha definido una óptima temperatura y régimen de luz para la producción de esta hortaliza (Pearce et al, 1993; Adams et al, 2001; Adams y Valdés, 2002). Un

estrés causado por altas temperaturas afecta de forma considerable el funcionamiento de la fotosíntesis. Este proceso es uno de los más sensibles dentro de la fisiología de las plantas y puede ser completamente inhibido por un estrés térmico (Berry y Bjorkman, 1980; Camejo et al., 2005). Asociado con la reducción de la fotosíntesis bajo altas temperaturas, la producción de fotosintatos inevitablemente disminuye. El eficiente metabolismo de carbohidratos y de cadenas de carbono como fuente de energía son la base de las estrategias de supervivencia de las plantas sometidas a influencia del medio ambiente incluyendo las altas temperaturas (Krzysztof y Gabriela, 2007).

El rango óptimo de temperaturas durante el día para el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate ha sido informado entre 25 a 30 ° C, con un límite superior de 35 ° C (Zhang, 2010). El porcentaje de materia seca no se ve muy afectada por la temperatura (Heuvelink, 1995a). Sin embargo, fluctuaciones de la temperatura pueden afectar el rendimiento de la cosecha especialmente por factores relacionados al desarrollo de la maduración (Hurd y Graves, 1985). La temperatura no solo afecta el tiempo de maduración del fruto sino también tiene efectos en la tasa de crecimiento de este. Pearce et al. (1993a) encontraron que a corto plazo (registros tomados a intervalos de 20 min durante varios días) la expansión de los frutos de tomate fueron estrechamente relacionadas con la temperatura.

Según estudios la temperatura a menudo aumenta la tasa de crecimiento del fruto, pero el mayor efecto se concentra en una aceleración de la madurez del tomate dando como resultado un peso promedio de la producción de tomate mucho menor (Hurd y Graves, 1985; Sawhney y Polowick, 1985). Un aumento de la temperatura efectivamente produce una tasa de crecimiento mayor en el tomate, pero se compensa con un período más corto de crecimiento, de modo que el peso del fruto puede estar afectado significativamente (Ho, 1996;. Adams et al, 2001). Cabe aclarar que el tamaño de fruto no depende únicamente del número, debido a que cuando hay temperaturas altas (mayores de 38 ° C) puede ocurrir una mala o nula fecundación y por lo tanto los que tienen una mala fecundación no tienen una gran cantidad de semillas, en consecuencia se obtienen frutos pequeños y mal formados. Debido a que el polen muere principalmente por deshidratación al haber alta temperatura y baja humedad relativa (Pérez y Castro, 1999). El color del tomate se

desarrolla en condiciones óptimas entre 12 °C – 21°C; temperaturas más bajas de 10 °C y mayores de 30° C inhiben su maduración así como el desarrollo de Licopeno (Janeck, 2001).

5.7 Materia orgánica.

El cultivo de tomate en condiciones de sustrato es capaz de producir frutos de excelente calidad además de cumplir con los estándares de inocuidad alimentaria. Por otra parte, en años recientes, la demanda de productos desarrollados orgánicamente se ha incrementado, debido a que los abonos orgánicos permiten como medios de crecimiento mejorar las características cualitativas de los vegetales consumidos por el hombre (Tourat, 2000). Entre los sistemas de producción orgánica bajo condiciones controladas, la producción de hortalizas con aplicación de enmiendas orgánicas, es una práctica que se ha extendido a escala mundial, por la mínima contaminación del ambiente que conlleva y los resultados satisfactorios que se han encontrado; lo anterior ha revitalizado la idea del reciclaje eficiente de los desechos orgánicos de la actividad agropecuaria, así como el uso de los abonos orgánicos, de tal manera que se reduzca al mínimo imprescindible el uso de los fertilizantes sintéticos como vía de nutrición de las plantas. Recientemente, uno de los abonos orgánicos que ha estado siendo fuertemente impulsado es la aplicación del té de compost ya que representa una alternativa en el control de enfermedades de plantas hortícolas a escala comercial (NOSB, 2004). Se ha demostrado que el té de compost aplicado al follaje ayuda a suprimir cierto tipo de enfermedades (Al-Dahmani et al., 2003; Hoitink yChanga, 2004; Kannangara et al., 2006; USDA, 2006). Sin embargo, existe poca información en el manejo del té de compost en la nutrición de cultivos.

Los tomates producidos orgánicamente tienden a concentraciones altas de vitamina C, licopeno y bajas concentraciones de nitratos (Worthington, 2001). Además, otros resultados señalan que los productos orgánicos contienen menor concentración de plaguicidas que los convencionales (Chen, 2005). Por otro lado, se señala que las aplicaciones de sustancias húmicas de composts incrementan el rendimiento, reducen la proporción de NO₃/NH₄⁺ en el tejido de las hojas y en los frutos se reduce la concentración de nitratos (Siminis et al., 1998). Los composts contienen considerables cantidades de nutrimentos que pueden suplementar la nutrición de plantas (Raviv, 1998; Raviv et al., 2004; Raviv et al., 2005). Scheuerell yMahaffee (2002) mencionan que las

aplicaciones de enmiendas orgánicas, provocan diversos efectos: incrementan los organismos benéficos, reducen los patógenos del suelo, incrementan la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico y la retención de humedad mejorando la calidad del suelo. Una mayor concentración de sales, trae consigo mayor acumulación de sólidos solubles (Mitchell et al., 1991).

6. CONCLUSION

La bibliografía en general indica que el tomate de mesa es nativo de América, y fue distribuido desde este continente por los conquistadores desde México y Centroamérica a España, Portugal e Italia, en el siglo XVI y es aquí donde comienza el proceso de domesticación de esta hortaliza con la posterior dispersión a otras partes del globo. Es la especie hortícola más extensivamente cultivada en el mundo, después de la papa, por su alta demanda para consumo en fresco y por la industria. Las regiones mundiales de producción de tomate por orden de importancia para el periodo 1996-2000 fueron Asia, Europa, Norte y Centroamérica, África y Oceanía.

Es una de las hortalizas más consumidas de forma fresca en los países industrializados del mundo y a la vez su uso es amplio como materia prima para la elaboración de puré o salsa de tomate. En materia nutricional su importancia se basa esencialmente por su alto contenido de minerales, vitaminas y antioxidantes. Según la literatura el licopeno es un antioxidante que ha recibido mucha atención porque dietas ricas disminuyen significativamente las enfermedades como el cáncer, del corazón y enfermedades relacionadas con la edad.

Los factores, principalmente edafoclimáticos que afectan la calidad del fruto del tomate son variados y desarrollan distintos efectos sobre la fisiología de la planta y a la vez de su producción. Los niveles óptimos son muy difíciles de controlar especialmente si el desarrollo del cultivo es a la interperie pero al contrario si se desarrolla bajo condiciones de invernadero el manejo de estos factores es más controlable. El manejo del agua, y su monitoreo, constituye una de las técnicas más efectivas para obtener rendimientos óptimos, en cuanto a la cantidad y calidad de producto requeridas por el mercado. Bajos niveles hídricos pueden producir un estrés en la planta que va a inducir a la síntesis de ácido absícico, el crecimiento aéreo se detiene y por ende los fotoasimilados son destinados esencialmente a la zona radicular. Otro efecto radica en un cierre estomático por la síntesis de ABA inhibiendo el proceso de fotosíntesis y por ende se detiene la producción de fotoasimilados destinados al llenado de frutos. Del mismo modo, la luz

juega un papel importante en el desarrollo del fruto del tomate. Cuando la intensidad lumínica es mayor la tasa de fotosintética aumenta provocando mayor producción de productos fotoasimilados. El contenido de carbohidratos en el fruto puede incrementarse si se mejora la fuente que contribuye a su producción. El factor suelo también cumple un rol importante dentro de la calidad del fruto de esta hortaliza, ya que además de proporcionar un anclaje a la planta es el sitio donde se encuentra un porcentaje de agua, un porcentaje de oxígeno y un porcentaje sólido que varía según el tipo de sustrato y sus propiedades tanto físicas como químicas.

La nutrición de la planta es el objetivo principal dentro de los programas de fertilización de un cultivo, ya que una falta o exceso de nutrientes puede afectar tanto el rendimiento como la calidad del fruto a la cosecha. Cada nutriente en especial tiene un efecto en la calidad del fruto al presentarse en bajos o altos niveles en el suelo. Las concentraciones de sales cuando se cultiva en suelos salinos no se encuentran ajenas a una disminución de los rendimientos, puesto que es una especie glicófito, medianamente sensible a las sales y que produce un efecto de un menor tamaño y peso del fruto bajo estas condiciones pero que aun así tiene efectos positivos en relación a las cualidades organolépticas, tales como una mayor proporción de compuestos solubles, sólidos totales, acidez titulable y carotenoides. Según la literatura la temperatura óptima para el crecimiento y desarrollo de plantas de tomate fue informada entre 25 a 30 ° C, con un límite superior de 35 ° C. Fluctuaciones de temperaturas provocan una aceleración de la madurez del tomate dando como resultado un peso promedio de la producción de tomate mucho menor.

7. RESUMEN

El presente estudio se realizó con el objeto de investigar antecedentes actualizados en base a investigaciones de nivel científico mundial acerca del efecto que causan los factores edafoclimáticos en la calidad del fruto del tomate de mesa. Tales factores contribuyen de forma directa en parámetros como el tamaño, peso y contenido de nutrientes de esta especie.

En la literatura actual, un alto número de investigadores han demostrado, que factores como el agua, la luz, el suelo, la fertilización, la salinidad, la temperatura del ambiente y la materia orgánica provocan cambios tanto físicos como químicos en la composición del fruto del tomate, produciendo efectos tales como mayor o menor tamaño y peso del fruto, contenido de vitaminas, minerales, carotenoides, azúcares y ácidos orgánicos. Estos últimos son los más influyentes en relación a las cualidades organolépticas aumentando o disminuyendo su aceptación en el mercado según sea la proporción en que se encuentra dentro del fruto.

En la actualidad existe una nueva perspectiva en relación al consumo de frutas y hortalizas, y el tomate es un claro ejemplo donde el consumidor a través del tiempo ha comenzado a darle mayor importancia a la apariencia, el sabor y al valor nutritivo, especialmente asociado a la composición de antioxidantes en el fruto. Evidencias de carácter investigativo demuestran que el efecto del agua, bajo el esquema de producción, es de vital importancia en la producción intensiva de este cultivo, debido a que cumple funciones básicas en la vida de las plantas, constituyendo hasta en un 95% del peso fresco del fruto. El factor relacionado con la intensidad lumínica provoca una mayor producción de fotoasimilados aumentando la acumulación de carbohidratos en la planta. A la vez el efecto causado por los nutrientes en el tomate influye de variadas formas en la calidad, ya que cada elemento en forma individual provoca distintos cambios tanto en el aspecto físico como químico del fruto. La influencia de las fluctuaciones de temperatura en el cultivo también puede variar el comportamiento en el crecimiento y madurez del fruto, acelerando esta última en casos de altas temperaturas dando como resultado frutos con un peso promedio menor.

8. SUMMARY

The present study was produced with the object of investigating actualized antecedents based on world scientific level investigations about the effect that cause the edafoclimatic factors in the quality of the fruit of the table tomato. Such factors contribute directly in parameters such as; size, weight and nutrient contents in this specie.

In current literature, there is a high amount of researchers that had demonstrated, that factors such as; water, light, soil, fertilization, salinity, ambient temperature and organic matter cause as much as physical and chemical changes in the composition of the fruit of the tomato, producing effects such as; more or less size and weight of the fruit, content of vitamins, minerals, carotenoids, sugars and organic acids. These last ones are the most influential in relation to the organoleptic qualities increasing or decreasing its acceptance in the market, according to the proportion that is found inside of the fruit.

Nowadays it exists a new perspective in relation to the consumption of fruits and vegetables, and tomato is a clear example in which the consumer through time has started to give higher importance to the appearance, flavor and nutritive value, specially associated to the composition of antioxidants in the fruit, investigative character evidences demonstrate that the effect of the water, under the production diagram, is highly important in the intensive production of this cultivation, owing to the fact that it carries out basic functions in the life of the plants, constituting up to 95% of the fresh weight of the fruit. The factor related to the luminal intensity causes a bigger production of photo assimilation increasing the accumulation of carbohydrates in the plant. By the same time the effects caused by the nutrients in the tomato influence in the variety of quality forms, meaning that each element in an individual form causes different changes as much as in the physical aspect as in the chemistry of the fruit. The influence of the fluctuations of temperature in the cultivation can also vary the behavior in growing and ripeness of the fruit, accelerating the last one in cases of high temperatures giving as a result, fruits with lower than average weight.

9. LITERATURA CITADA

- **Abad B.M, P. Noguera M. y C. Camón B.** 2004. Los sustratos en los cultivos sin suelo. In: Tratado de Cultivo Sin Suelo. Urrestarazu G.M. 3a edición. Mundi Prensa. Madrid, España pp. 113-158.
- **Abad, M., P. Noguera y C. Camón.** 2005. Sustratos para el cultivo sin suelo y fertirrigación. In: Fertirrigación cultivos hortícola y ornamentales. C. Cadahía (coord). 3ra ed. Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 299-352.
- **Acharya, C.L.; S.K. Bishnoi y H.S. Yaduvanshi.** 1998. Effect of longterm application of fertilizers, and organic and inorganic amendmets under continuous cropping on soil physical and chemical properties in an Alfisol. Indian J. Agric. Sci. 58, 509-516.
- **Adams P.** (2002) Nutritional control in hydroponics. In: Savvas D, Passam HC (Eds) Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals, Embryo Publications, Athens, Greece, pp 211-261.
- **Adams P, Davies JN, Winsor GW** (1978) Effects of nitrogen, potassium and magnesium on the quality and chemical composition of tomatoes grown in peat. Journal of Horticultural Science 53, 115-122.
- **Adams SR, Cockshull KE, Cave CRJ.** 2001. Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. Annals of Botany 88: 869–877.
- **Adams, P.** 1986. Mineral nutrition. In: Atherthon, J. G. and Rudich (Eds). The tomato crop. Chapman and Hall. 909 p.
- **AdamsSR, Valde'sVM.** 2002. The effect of periods of high temperature and manipulating fruit load on the pattern of tomato yields. Journal of Horticultural Science 77: 461–466.
- **Adegoroye AS and Jolliffe PA,** Initiation and control of sunscaldinjury of tomato fruit. J Am Soc Hort Sci 108:23–28 (1983).
- **Al-Dahmani, J. H., P. A. Abbasi, S. A. Miller, and H. A. J. Hoitink.** 2003. Suppression of bacterial spot of tomato with foliar sprays of compost extracts under greenhouse and field conditions. Plant Dis. 87: 913-919.
- **Ali, M.M.** 1998. Degradation of paddy soils during the period 1967–95 in Bangladesh. Ph.D. thesis. Faculty of Life and Environment Sciences, Shimane University, Matsue 690, Japan.

- **AL-KARAKI, G. N.** 2000. Growth, sodium, and potassium uptake and translocation in salt stressed tomato. *J-plant-nutr.* Monticello, N.Y. Marcel Dekker Inc. 23 (3): 369-379.
- **Álvarez, Z. R., Cortés J.J.M., Félix V.P., Martínez, C.J.L., Montoya C.L., Morales C.A. y Ortiz, E.J.E.** 2005. Manejo integrado de cultivos en invernaderos y casa sombra en el sur de Sonora. Memoria. Día del Agricultor 2005. Publicación especial No. 12.p. 56-59.
- **Andrews J, Adams SR, Burton KS and Evered CE.**2002. Subcellular localization of peroxidase in tomato fruit skin and the possible implications for the regulation of fruit growth. *Journal of Experimental Botany*; 53:2185-2191.
- **ARIAS, R.; LEE, T. C.; SPECCA, D.; JANES, H.** 2000. Quality comparison of hydroponic tomatoes (*Lycopersicon esculentum*) ripened on and off vine. *Journal of Food Science* 65(3):545-548. Robinson, N. L; J. D. Hewitt and A. B. Bennett. 1988. Sink metabolism in tomato fruit. In: Developmental changes in carbohydrate metabolizing enzymes. *Plant Physiol.* 87:727-730.
- **Artés C., F.; Artés H., F.** 2004. Tratamientos Posrecolección del tomate Fresco. In: Tomates: Producción y Cultivo. A. Namesny (ed.). Ediciones de horticultura, S. L. Barcelona, España. Pp. 109-120.
- **Arthey, D. y P. Asthurst.** 1996. Procesado de frutas. Editorial Acribia. S.A.Zaragoza, España, 21-41p.
- **Auerswald H, Schwarz D, Kornelson C, Krumbein A, Brückner B** (1999) Sensory analysis, sugar and acid content of tomato at different EC values of the nutrient solution. *Scientia Horticulturae* 82, 227-242.
- **Badui, S.** 2006. Química de los alimentos. Cuarta Edición. Editorial Pearson México. 251, 259-260p
- **Beecher, G.R.** 1997. Nutrient content of tomatoes and tomato products. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 218:98-100.
- **Berry J, Bjorkman O** (1980). Photosynthetic response and adaptation to temperature in higher plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.*, 31: 491-543.
- **Bhattarai, S.P.; L. Pendergast y D.J. Midmore.** 2006. Root aeration improves yield and water use efficiency of tomato in heavy clay and saline soils. *Scientia Hort.* 108, 278-288.
- **Biester, A.M.,** 1925. Carbohydrate studies. I. Relative sweetness of pure sugars. *Am. J. Physiol.* 73: 387-400.

- **Bohener, J. y F. Bangert.** 1988. Effects of fruit set sequence and defoliation on cell number, cell size and hormone levels of tomato fruits (*Lycopersicon esculentum* Mill.) within a truss. *Plant Growth Reg.* 7, 141-155.
- **Brady, N.C.** 2004. *The nature and properties of soils.* 9th ed. Collier, Mac Millan Publishers, New York, NY.
- **Bramley, P.** 2000. Is lycopene beneficial to human health? *Phytochemistry*.54 233±236.
- **Bramley, P.M.** 2002. Regulation of carotenoids formation during tomato fruit ripening and development. *J. Exp.Bot.*53:2107-2113.
- **Brown, K.W.** 1977. Shrinking and swelling of clay, clay strength, and other properties of clay soils and soils. pp. 689-705. En: Dixon, J.B. y S.B. Weed (eds.). *Minerals in soil environments.* SSSA, Madison, WI.
- **Bruhn, C.M., Feldman, N., Garlitz, C., Harwood, J., Ivans, E., Marshall, M., Riley, A., Thurber, D., and Williamson, E.,** 1991. Consumer perceptions of quality: apricots, cantaloupes, peaches, pears, strawberries, and tomatoes. *J. Food Qual.* 14: 187-195.
- **Bryson GM, Barker AV.** 2002 Determination of optimal fertilizer concentration range for tomatoes grown in peat-based medium. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 33, 759-777.
- **Bullinger-Weber, G.; L. René-Claire y G. Jean-Michel.** 2006. Influence of some physicochemical and biological parameters on soil structure formation in alluvial soils. *Eur. J. Soil Biol.* 1-14.
- **Cadahía, C.** 2005. *Fertirrigación. Cultivos hortícolas, frutales y ornamentales.* 3ª ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 681 pp. Agrónomos, Departamento de Producción Vegetal, Fitotecnia.
- **Camejo D, Pedro R, Angeles M.** 2005. High temperature effects on photosynthetic activity of two tomato cultivars with different heat susceptibility. *J. Plant Physiol.*, 162: 281-289.
- **Cantwell, M.; Stoddard, S.; Lestrangle, M.; Mickler, J.; Mullen, R.; Nie, X.; Gutierrez, E.; Ermen, H.; Argueta, G.** 2006. Report to the California tomato commission. *Tomato Variety Trials: Postharvest Evaluations for 2005.* UCCE Fresh Market Statewide Report 2005. Postharvest. 14p.
- **Castilla, N.** 2005. *Invernaderos de plástico tecnología y manejo.* Ediciones Mundi-Prensa Madrid. Barcelona. España. P.273.

- **Chapagain BP, Wiesman Z.** 2004. Effect of potassium magnesium chloride in the fertigation solution as partial source of potassium on growth, yield and quality of greenhouse tomato. *Scientia Horticulturae* 99, 279-288.
- **Chen J, Gabelman WH.** 2000. Morphological and physiological characteristics of tomato roots associated with potassium-acquisition efficiency. *Scientia Horticulturae* 83, 213-225.
- **Chen, C. M.** 2005. Organic fruit and vegetables: potential health benefits and risks. *Nutrition Noteworthy* 7 (1) article 2. <http://repositories.cdlib.org/uclabiolchem/nutritionnoteworthy/vol7/iss1/art2>. (Consulta: febrero 20, 2005).
- **CHINNUSAMY, VISWANATHAN; JAGENDORF, ANDRÉ; ZHU, JIAN-KANG.** 2005. Understanding and improving salt tolerance in plants. *Crop Science*. 45: 437-448.
- **Clinton, S.K.** 1998. Lycopene: Chemistry, biology, and implications for human health and disease. *Nutr. Rev.* 56:35-51.
- **Cooper, A. J.** 1964. A study of the development of the first inflorescence of glasshouse tomatoes. *J. Hort. Sci.* 39: 92-97.
- **Cuartero J and Fernandez-Muñoz R.** 1999 Tomato and salinity. *Sci Hort*78:83–125.
- **CUARTERO J.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ R.** 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulture*.78: 83-125.
- **CUARTERO, J.; FERNÁNDEZ-MUÑOZ, R.** 1999. Tomato and salinity. *Scientia Horticulturae* 78: 83-125.
- **Czyży, E. y J. Tomaszewska.** 1994. Compaction of a Sandy soil as related to root system and aerial parts development and yields of spring barley. En: *Proc. 13Th Conf. ISTRO, Aalborg (Denmark)* 24(29), 695-698.
- **Dasgan HY, Ozturk L, Abak K, Cakmak I.**2003. Activities of iron-containing enzymes in leaves of two tomato genotypes differing in their resistance to Fe chlorosis. *Journal of Plant Nutrition* 26, 1997-2007.
- **Davies JN, Hobson GE.** 1981. The constituents of tomato fruit: the influence of environment, nutrition and genotype. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 15, 205-280.

- **Davies JN, Winsor GW.** 1967. Effect of nitrogen, phosphorus, potassium, magnesium and liming on the composition of tomato fruit. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 18, 459-466 Davis JM, Sanders DC, Nelson PV, Lengnick.
- **Davies, J.N., and Hobson, G.E.,** 1981. The constituents of tomato fruit-The influence of environment, nutrition, and genotype.CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition 15: 205-280.
- **De Groot CC, Marcelis LFM, van den Boogaard R, Lambers H.** 2002. Interactive effects of nitrogen and irradiance on growth and partitioning of dry mass and nitrogen in young tomato plants. *Functional Plant Biology* 29, 1319-1328.
- **Del Amor FM, Marcelis LFM.** 2006. Differential effect of transpiration and Ca supply on growth and Ca concentration of tomato plants. *Scientia Horticulturae* 111, 17-23.
- **DEL AMOR, F. M.; MARTÍNEZ, V.; CERDA, A.** 2001. Salt tolerance of tomato plants as affected by stage of plant development. *HortScience*. 36 (7):1260-1263.
- **DEL ROSARIO, D. A.; SUMAGUE, A. C.; ROXAS, V. P.; BAUTISTA, T. S.** 1990. Response of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) to salt stress. *The Philippine agriculturist*. 73 (2): 193-198.
- **Dinar, M. and M. A. Stevens.** 1981. The relationship between starch accumulation and soluble solids content of tomato fruit. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 106: 415-418.
- **Dumas Y, Dadomo M, Di Lucca G and Grolier P.** 2003. Effects of environmental factors and agricultural techniques on antioxidant content of tomatoes. *J Sci Food Agric* 83:369–382.
- **During, A., Harrison, E.** 2005. *Food Res. Int.* 38-1001.
- **EL-HABBASHA-KM; SHAHEEN-AM; RIZK-FA.** 1996. Germination of some tomato cultivars as affected by salinity stress condition. *Egyptian-Journal-of-Horticulture*. 23 (2): 179-190.
- **Escobar, H. y R. Lee.** 2001. Producción de tomate bajo invernadero. Cuadernos CIIA, Fundación Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano, Chía, Colombia.
- **FAIZ-SMA; ULLAH-SM; HUSSAIN-AKMA; KAMALATMM; ARDUS-SATTAR.** 1994. Yield, mineral contents and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*) under salt stress in a saline soil. *Current-Agriculture*. 18 (1-2): 9-12.
- **FAO.** 2000. Global network on integrated soil management for sustainable use of salt-affected soils. Rome, Italy: FAO Land and Plant Nutrition Management.

- **FAO.** 2007. Faostat. Área cosechada, producción y rendimiento de tomate. En: <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor;consulta:septiembre de 2009>.
- **Fernandez R., E. J.; Camacho, F.; Ricárdes S.,m M.** 2004. El cultivo Del Tomate. In: Tomates: Producción y Cultivo. A. Namesny (ed.). Ediciones de horticultura, S. L. Barcelona, España. Pp. 22-45.
- **Fernández V, Ebert G.** 2005. Foliar iron fertilization: A critical review. *Journal of Plant Nutrition* 28, 2113-2124.
- **FERNÁNDEZ-GARCÍA, N.; MARTÍNEZ,V.; CERDA, A.; CARVAJAL, M.** 2004. Fruit quality of grafted tomato plants grown under saline conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology.* 79 (6): 995-1001.
- **Flores P, Navarro JM, Carvajal M, Cerdá A, Martínez V.** 2003. Tomato yield and quality as affected by nitrogen source and salinity. *Agronomie* 23, 249-256.
- **Flynn, R.,** 2002-Plant Nutrition and Fertilizers, New Mexico Extension Master Garden Manual-Second Edition, 12.
- **FOOLAD, M.R.; LIN, G.Y.** 1997. Genetic potential for salt tolerance during germination in *Lycopersicon* species. *HortScience.* 32 (2): 296-300.
- **Fraser, P., Bramley, P.** 2004. The biosynthesis and nutritional uses of carotenoids.*Progress in Lipid Research* 43 228–265.
- **Gil, V.I. y Miranda V.I.** 2000. Producción de tomate rojo en hidroponía bajo invernadero. Manual de manejo. Serie de publicaciones AGRIBOT. Universidad Autónoma de Chapingo. Chapingo, México. 63p.
- **Giovannucci, E.** 2002. A review of epidemiologic studies of tomatoes, lycopene, and prostate cáncer. *Experimental Biology and Medicine,* 227, 852–859.
- **Gladys F. Santacruz;** 1993. Compendio de Agronomía. Editorial Pueblo y Educación. La Habana. Cuba. 656 pp.
- **GONZÁLEZ C., A.; SALAS S., M. C.; URRESTARAZU G, M.** 2004. Producción y Calidad en el Cultivo de Tomate Cherry. In: Tratado de cultivo sin suelo.
- **GOUGH-C; HOBSON-GE.** 1990. A comparison of the productivity, quality, shelf-life characteristics and consumer reaction to the crop from cherry tomato plants grown at different levels of salinity. *Journal-of-Horticultural-Science.* 65: (4) 431-439.

- **GRAINFERBERG-A; GIUSTINIANI-L; BARSANTI-L; BOTRINI-L.** 2000. Effect of salt-stress on tomato fruit quality. *Colture-Protette*. 29 (6): 71-80.
- **Grattan SR, Grieve CM.** 1999. Salinity-mineral relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78, 127-157.
- **Guan, H. P. and H. W. Janes.** 1991a. Light regulation of sink metabolism in tomato fruit. I. Growth and accumulation. *Plant Physiol.* 96:916-921.
- **Guan, H. P. and H. W. Janes.** 1991b. Light regulation of sink metabolism in tomato fruit. II. Carbohydrate metabolizing enzymes. *Plant Physiol.* 96:922-927.
- **Guichard S, Gary C, Leonardi C, Bertin N.** 2005. Analysis of growth and water relations of tomato fruits in relation to air vapor pressure deficit and plant fruit load. *Journal of Plant Growth Regulation*; 24:201-213.
- **GUICHARD, SORAYA; BERTIN, NADIA; LEONARDI, CHERUBINO; GARY, CHRISTIAN.** 2001. Tomato fruit quality in relation to water and carbon fluxes. *Agronomie*. 21: 385-392.
- **Guzmán J.** 2004. El cultivo del tomate. Quinta Edición. Caracas, Venezuela. Espasande, S.R.L. Editores. 4-30p.
- **Hao X, Papadopoulos AP.** 2004. Effects of calcium and magnesium on plant growth, biomass partitioning, and fruit yield of winter greenhouse tomato. *HortScience* 39, 512-515.
- **Harmanto, V. M., Salokhea, M. S. and Babelb, H. J.** 2005. Water Requirement of Drip Irrigated Tomatoes Grown in Greenhouse in Tropical Environment. *Agric. Water Manage.*, 71: 225–242.
- **Hartz TK, Johnson PR, Francis DM, Miyao EM.** 2005. Processing tomato yield and fruit quality improved with potassium fertigation. *HortScience* 40, 1862-1867.
- **Hartz, T.K., E.M. Miyao, R. J. Mullen, M.D. Cahn, J.G. Valencia and K.L. Brittan.** 1999. Potassium requirements for maximum yield and fruit quality of processing tomato. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 124:199-204.
- **He ZL, Yang XE, Stoffella PJ.** 2005. Trace elements in agroecosystems and impacts on the environment. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 19, 125-140.

- **He, Y. Q., J. Yang, C. G. Xu, Z. G. Zhang and Q. Zhang.** 1999. Genetic bases of instability of male-sterility and fertility reversibility in photoperiod-sensitive genic male-sterile rice. *Theor. Appl. Gen.* 99: 683–693.
- **Heber, D. and Q-Y. Lu.** 2002. Overview of mechanism of action of lycopene. *Expt. Biol. Med.* 227:920-923.
- **Hedge, D., and K. Srinivas.** 1990. Effect of irrigation and nitrogen fertilization on yield, nutrient uptake, and water use of tomato. *Gartenbauwissenschaft* 55:173-177.
- **Heeb A, Lundegårdh B, Ericsson T, Savage GP.** 2005. Nitrogen form affects yield and taste of tomatoes. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 85, 1405-1414.
- **Helyes, L., Varga, Gy., Pék, Z., Dimény, J.** (1999). The simultaneous effect of variety, irrigation and weather on tomato yield. *Acta Hort.* 487: 499-505.
- **Heuvelink E.** 1995. Effect of temperature on biomass allocation in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Physiologia Plantarum* 94: 447-452.
- **Ho LC, Belda R, Brown M, Andrews J, Adams P.** 1993. Uptake and transport of calcium and the possible causes of blossom-end rot in tomato. *Journal of Experimental Botany* 44, 509-518.
- **Ho LC, Grange RI, Picken AJ.** 1987. An analysis of the accumulation of water and dry matter in tomato fruit. *Plant, Cell and Environment*; 10:157-162.
- **Ho LC, Hewitt JD.** 1986. Fruit development. In: Atherton JG, Rudich J, editors. *The tomato crop*. UK: Chapman and Hall; p. 201-240.
- **Ho LC.** 1996. Tomato. In: Zamki E, Shaffer AA, eds. *Photoassimilate distribution in plant and crops*. New York: Marcel Dekker, 709–728.
- **Hoitink, H. A. J. and C.M. Changa.** 2004. Production and utilization guidelines for disease suppressive composts. *Acta Hort.* 635: 87-92.
- **Huang J-S, Snapp SS.** 2004. The effect of boron, calcium, and surface moisture on shoulder check, a quality defect in fresh-market tomato. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 129, 599-607.
- **Hurd RG, Graves CJ.** 1985. Some effects of air and root temperatures on the yield and quality of glasshouse tomatoes. *Journal of Horticultural Science* 60: 359-371.
- **Islam AKMS, Edwards DG, Asher CJ.** 1980. PH optima for crop growth. Results of a flowing solution culture experiment with six species. *Plant and Soil* 54, 339-357.

- **J. N. M. Von Haeff.** 1983. Manuales para Educación Agropecuaria, Área: Producción Vegetal (16), 1ª Edición, Editorial Trillas, D.F., México: 9-53.
- **JANO, F.** 2006. Cultivo y producción de tomate. Ediciones RIPALME. Lima, Perú. 136 pp.
- **Kader, A. A.; Morris, L. L.; Chen, P.** 1978. Evaluation of two objective methods and a subjective rating scale for measuring tomato fruit firmness. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 103: 70-73.
- **Kader, A.A., Stevens, M.A., Albright-Holton, M., Morris L.L., and Agazi, M.,** 1977. Effect of fruit ripeness when picked on flavor and composition in fresh market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 102: 724-731.
- **Kaniszewki, S. and Elkner, K.,** 1990- Effect of nitrogen fertilization and irrigation on yield and fruit quality of two stated tomato cultivars. *Hort. Abstract*, p. 406.
- **Kannangara, T., T. Forget, and B. Dang.** 2006. Effects of aeration, molasses, kelp, compost type, and carrot juice on the growth of *Escherichia coli* in compost teas. *Compost Sci. Util.* 14: 40-47.
- **Kavanagh, E.E., and McGlasson, W.B.,** 1983. Determination of sensory quality in fresh market tomatoes. *CSIRO Fd. Res. Q.* 43: 81-89.
- **Kays, J. S.** 1997. Postharvest physiology of perishable plant products. Exon Press. Athens, Georgia. 531 p.
- **Kinet, J.M. y M.M. Peet.** 1997. Tomato. pp. 259-294. En: Wien, H.C. (ed.). *The physiology of vegetable crops.* CAB International, Wallingford, CT.
- **Kitano, M., Araki T., Yoshida S., and Eguchi T.** 1999. Dependence of calcium uptake on water absorption and respiration in roots of tomato plants (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Biotronics.* 28:121-130.
- **Krauss S, Schnitzler WH, Grassmann J, Voitke M.** 2006. The influence of different electrical conductivity values in a simplified recirculating soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54, 441-448.
- **Krusekopf, H.H., J.P. Mitchell, T.K. Hartz, D.M. May, E.M. Miyao and M.D. Cahn.** 2002. Pre-sidedress soil nitrate testing identifies processing tomato fields not requiring sidedress N fertilizer. *Hort Science* 37: 520-525.

- **Krzysztof S, Gabriela L.** 2007. Changes in carbohydrate metabolism in fine roots of the native European black poplar (*Populus nigra* L.) in a heavy-metal-polluted environment. *Sci. Total Environ*, 373: 157-65.
- **Kulkarni M, Deshpande U.** 2006. Comparative Studies in Stem Anatomy and Morphology in Relation to Drought Resistance in Tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Am. J. Plant Physiol*; 1:82-88.
- **Lemaire, F., et al.** 2005. Cultivos en macetas y contenedores. Principios agronómicos y aplicaciones. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 210 pp.
- **Leonardi, C., Ambrosino, P., Esposito, F., & Fogliano, V.** 2000. Antioxidative activity and carotenoid and tomatine contents in different typologies of fresh consumption tomatoes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, 4723–4727.
- **Lichter A, Dvir O, Fallik E, Cohen S, Golan R, Shemer Z, Sagi M.** 2002. Cracking of cherry tomatoes in solution. *Postharvest Biology and Technology* 26, 305-312.
- **Lopez, A., Gomez, P.** 2004. Comparison of color index for tomato ripening. *Horticultura Brasileira*, v.22, n.3, p. 534-537.
- **MAGGIO, A.; FOGLIANO, V.; AMBROSINO, P.; RITIENI, A.; DE PASCALE, S.** 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 76 (4): 447-453.
- **Mahmud, I., and Kramer, H.H.,** 1951. Segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. *Agron. J.* 44: 605-608.
- **Malundo, T.M.M., Shewfelt, R.L., and Scott, J.W.,** 1995. Flavor quality of fresh market tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as affected by sugar and acid levels. *Postharv. Biol. Technol.* 6: 103-110.
- **Maroto, J., S. López, A. Bardisi, B. Pascual, and J. Alagarda.** 1995. Influence of irrigation dosage and its form of application on cracking response in cherry tomato fruits. *Acta Hortic.* 379:181-185.
- **MAROTO, J.V.** 1994. *Horticultura herbácea especial.* Cuarta edición. Madrid, Mundi-Prensa. 611 p.
- **Masaguer y Cruz,** 2007. Avances en sustratos para cultivos hortícolas: caracterización y manejo. 4ª Curso Intenacional de Actualizacion en Horticultura Protegida. Universidad Politécnica de Madrid (España). 44 p.

- **MCCARTHY, M. G.** 1998. Irrigation management to improve winegrape quality – nearly 10 years on. *The Australian grapegrower and Winemaker*, Annual Technical Issue: p. 65–71.
- **McGlasson, W.B., Sumeghy, J.B., Morris, L.L., McBride, R.L., Best, D.J., and Tigchelaar, E.C.,** 1983. Yield and evaluation of F1 tomato hybrids incorporating the nonripening nor gene. *Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb.* 23: 106-112.
- **Meek, B.D., C.F. Ehlig; L.H. Stolzy y L.E. Graham.** 1983. Furrow and trickle irrigation: effects on soil oxygen and ethylene and tomato yield. *Soil Sci. Soc. Amer. J.* 47, 631-635.
- **Mejia, C.L.** 1975. Characteristics of a common soil toposequence of the Llanos orientales of Colombia. Tesis de maestría. Department of Soil Science, North Carolina State University, Raleigh, NC.
- **Mitchell, J. P., C. Shennan, S.R. Grattan, and D.M. May.** 1991. Tomato fruit yield and quality under water deficit and salinity. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 116: 215-221.
- **Mozafar A.,** 1993. Nitrogen fertilizers and the amount of vitamins in plants: a review. *Journal of Plant Nutrition* V. 16 (12): 2479-2506.
- **MUNNS, RANA; GOYAL, SHAM S.; PASSIOURA, JOHN.** 2005. Salinity stress and its mitigation. University of California, Davis. 19 p.
- **Namesny, A.** 2004. Tomates: producción y comercio. Ediciones de Horticultura. Barcelona. 253p.
- **Navarro JM, Flores P, Carvajal M, Martínez V.** 2005. Changes in quality and yield of tomato fruit with ammonium, bicarbonate and calcium fertilisation under saline conditions. *Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 80, 351-357.
- **NICHOLS-MA; FADALLAN-EF; FISHER-KJ; MORGANLM; GERASOPOULOS-D (ED.); OLYMPIOS-CH (ED.); PASSAM-H.** 1995. The effect of osmotic stress on the yield and quality of tomatoes. *Acta-Horticulturae.* 379: 105-111.
- **NOSB (National Organic Standards Board).** 2004. Compost tea task force Report. the Agricultural Marketing Service/USDA <http://www.ams.usda.gov/nosb/meetings/CompostTeaTaskForceFinalReport.pdf>. (Consulta: febrero 15, 2006).
- **NUEZ FERNANDO.** 2001. El cultivo del tomate. Ed. Mundi- Prensa. 793 p.
- **Nuez, F. 1995.** El cultivo del tomate. 793 p. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, España.

- **Oke M, Ahn T, Schofield A, Paliyath G.** 2005. Effects of phosphorus fertilizer supplementation on processing quality and functional food ingredients in tomato. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 53, 1531-1538.
- **Parisi M, Giordano I, Pantangelo A, D'Onofrio B, Villari G.** 2006. Effects of different levels of nitrogen fertilization on yield and fruit quality in processing tomato. *Acta Horticulturae* 700, 129-132.
- **Pastor, J. N.** 1999. "Utilizacion de sustratos en viveros". *Terra*, vol. 17, n° 3, p. 231- 235.
- **Pearce BD, Grange RI, Hardwick K.** 1993. The growth of young tomato fruit. I. Effects of temperature and irradiance on fruit grown in controlled environments. *Journal of Horticultural Science* 68: 111.
- **Peet, M.M., and D.H. Willits.** 1995. Role of excess water in tomato fruit cracking. *HortScience* 30:65-68.
- **Peralta, I.E. y D.M. Spooner.** 2007. History, origin and early cultivation of tomato (*Solanaceae*). pp. 1-27. En: Razdan, M.K. y A.K. Mattoo. (eds.). *Genetic Improvement of Solanaceous Crops*. Vol. 2. Science Publishers, Enfield, UK.
- **PÉREZ-ALFOCEA, F.; BALIBREA, E.; BOLARÍN, M. C.; CUARTERO, J.** 1997. Efecto de la salinidad sobre el rendimiento y la calidad del fruto en *Lycopersicon esculentum*, *L. pimpinellifolium* y en sus híbridos interespecíficos. *Acta Horti.* 2: 243-248.
- **PÉREZ-ALFOCEA-F; BALIBREA-ME; SANTA-CRUZ-A; ESTAN-MT.** 1996. Agronomical and physiological characterization of salinity tolerance in a commercial tomato hybrid. *Plant-and-Soil.* 180 (2): 251-257.
- **Petro-Turza, M.,** 1987. Flavor of tomato and tomato products. *Food Rev. Int.* 2: 309-351.
- **Pilatti, R.A.** 1997. *Cultivos bajo invernadero Tomate, Pimiento, Frutilla y Apio.* Centro de publicaciones Universidad Nacional del Litoral. Santa Fe, Argentina.
- **Powers, J.J.** 1976. Effect of acidification of canned tomatoes on quality and shelf-life. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 7:371-396.
- **Rao, A.V., Rao, L.** 2007. Carotenoids and human health. *Pharmacological Research* 55 207–216.
- **Rao, A.V. and S. Agarwal.** 1998. Bioavailability and in vivo antioxidant properties of lycopene from tomato products and their possible role in the prevention of cancer. *Nutr. Cancer* 31:199-203.

- **Raviv, M.** 1998. Horticultural uses of composted material. *Acta Hort.* 469: 225-234.
- **Raviv, M. O., J. Katan, Y. Hadar, A. Yogev, S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna.** 2005. High- nitrogen compost as a medium for organic container grow crops. *Bioresour Technol.* 96: 419-427.
- **Raviv, M., S. Medina, A. Krasnovsky, and H. Ziadna.** 2004. Organic matter and nitrogen conservation in manure compost of organic agriculture. *Compost Sci. Util.* 12: 6-10.
- **Rezende F., P. C.; Arruda S., R.; Luiz F., F.** 2000. Fruit size, mineral composition and quality of trickle-irrigated tomatoes as affected by potassium rates. *Pesq. Agropec. Bras.* 35: 21-25.
- **Rick, C. M.** 1978. El tomate. *Investigación y Ciencia.* N. ° 25: 45-55.
- **RICK, C. M.** 1982. The potential of exotic germplasm for tomato improvement. *Plant improvement and somatic cell genetics.* p. 1-28.
- **Riquelme, F.** 1995. Poscosecha. In: *El cCultivo del tomate.* Nuez, F. (ed) Edit Mundi Prensa. Madrid, España. 793 p.
- **ROMERO-ARANDA, R.; SORIA, T.; CUARTERO, J.** 2001. Tomato plant-water uptake and plant-water relationships under saline growth conditions. *Plant Science.* 160: 265-272.
- **Russell, C.R. y D. A. Morris.** 1982. Invertase activity, soluble carbohydrate and inflorescence development in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mili.) *Ann. Bot.* 49:89-98.
- **Sainju M., Dris R., Singh B.** 2003. Mineral nutrition of tomato, *Food, Agriculture & Environment* 1(2):176-183.
- **Salles C, Nicklaus S and Septier C.** 2003. Determination and gustatory properties of taste-active compounds in tomato juice. *Food Chem* 81:395–402.
- **Sanders, D., T. Howell, M. Hile, L. Hodges, D. Meek, and C. Phene.** 1989. Yield and quality of processing tomatoes in response to irrigation rate and schedule. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.* 114:904-908.
- **SATTI-SME; LÓPEZ, M.** 1994. Effect of increasing potassium levels for alleviating sodium chloride stress on the growth and yield of tomato. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 25 (15-16): 2807-2823.

- **Saure MC.** 2001. Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)- a calcium- or a stress-related disorder? *Scientia Horticulturae* 90, 193-208.
- **Saure, M.C.** 2001. Review: Blossom-end rot of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) A calcium or a stress related disorder. *Sci. Hort.* 90:193-208.
- **Savvas D.** 2001. Nutritional Management of Vegetables and Ornamental Plants in Hydroponics. In: Dris R, Niskanen R, Jain SM (Eds) *Crop Management and Postharvest Handling of Horticultural Products. Volume I: Quality Management*, Science Publishers, Enfield, NH, USA, pp 37-87.
- **Sawhney VK, Polowick PL.** 1985. Fruit development in tomato: the role of temperature. *Canadian Journal of Botany* 63: 1031-1034.
- **Sawhney, V. K.** 1983. Temperature control of male sterility in a tomato mutant. *J. Hered.* 74: 51-54.
- **Scheuerell, S. J. and W. F. Mahaffee.** 2002. Compost tea: principles and prospects for plant disease control. *Comp. Sci. util.* 10: 313-338.
- **SERIO, FRANCESCO; DE GARA, LAURA; CARETTO, SOFÍA; LEO LUCÍA; SANTAMARÍA, PIETRO.** 2004. Influence of an increased NaCl concentration on yield and quality of cherry tomato grown in posidona (*Posidonia oceanica* (L) Delile). 14: 1885-1890.
- **Shaffer A., A.; M. Petreikov; D. Miron; M. Fogelman; M. Spiegelman; Z. Bnei-Moshe y S. Shen.** 1999. Modification of carbohydrate content in developing tomato fruit. *HortScience* 34(6): 1024-1026.
- **Sharma, P.K.; J.K. Ladha; T.S. Verma; R.M. Bhagat y A.T. Padre.** 2003. Rice-wheat productivity and nutrient status in a lantana- (*Lantana* spp.) amended soil. *Biol. Fertil. Soils* 37(2), 108-114.
- **Siminis, C., M. Loulakis, M. Kefakis, T. Manios, and V. Manios.** 1998. Humic substances from compost affect nutrient accumulation and fruit yield in tomato. *Acta Hortic.* 469: 353-358.
- **SINGER-SM.** 1994. Germination responses of some tomato genotypes as affected by salinity and temperature stress. *Egyptian-Journal-of-Horticulture.* 21 (1): 47-64.
- **SINGH, K. N.; CHATRATH, R.** 2001. Breeding for adaptation to environmental factors. Chapter 8. *Salinity Tolerance.* 170 p.

- **Smit JN, Combrink NJJ.** 2004. The effect of boron levels in nutrient solutions on fruit production and quality of greenhouse tomatoes. *South African Journal of Plant and Soil* 21, 188-191.
- **Sonneveld C.** 2002. Composition of nutrient solution. In: Savvas D, Passam HC (Eds) *Hydroponic Production of Vegetables and Ornamentals*, Embryo Publications, Athens, Greece, pp 179-210.
- **Stevens, M.A., Kader, A.A., Albright-Holton, M.** 1977. Intercultivar variation in composition of locular and pericarp portions of fresh market tomatoes. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 102,689-692.
- **Surya, P.; L. Pendergast y D.J. Midmore.** 2006. Root aeration improves yield and water use efficiency of tomato in heavy clay and saline soils. *Scientia Hort.* 108, 278-288.
- **TANWAR, B. S.** 2003. Saline water management for irrigation. International Commission on irrigation and drainage. New Delhi, India. 140 p.
- **Taylor I.B.** 1986. Biosystematics of the tomato. En: *The tomato crop: a scientific basis for improvement*, pp 1-34. Atherton J.G. y Rudich J. eds. Chapman and Hall, Londres.
- **TAYLOR, M. D.; LOCASCIO, S. J.; ALLIGOOD, M. R.** 2002. Incidence of blossom-end rot and fruit firmness of tomato affected by irrigation quantity and calcium source. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 115: 211-214.
- **Terés, V.** 2001. Relaciones aire-agua en sustratos de cultivo como base para el control del riego. Metodología de laboratorio y modelización. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid, Escuela Técnica Superior de Ingenieros.
- **Thakur, B. R.; Singh, R. K.; Nelson, P. E.** 1996. Quality attributes of processed tomato products. *Food Reviews International* 12: 275-401.
- **Thybo, A. K., Edelenbos, M., Christensen, L. P., Sørensen, J. N., & Thorup-Kristensen, K.** 2006. Effect of organic growing systems on sensory quality and chemical composition of tomatoes. *LWT-Food Science and Technology*, 39, 835–843.
- **Tiwari, G. N.** 2003. *Greenhouse Technology for Controlled Environment*. Narosa Publishing House, New Delhi, PP. 67–77.
- **Tourat, A. P.** 2000. Time for compost tea in the northwest. *BioCycle* 41: 74-77.
- **Ulrich, R.** 1970. Organic acids, p. 89-118. In: A.C. Hulme (ed.). *The biochemistry of fruits and their products*. vol. I. Academic, London.

- **Urrestarazu G., M.** (coord.) 3ª. Edición. Editorial Mundi-Prensa. Madrid, España. pp. 703-748.
- **Urrestarazu. M.** 2004. Tratado de cultivo sin suelo. 3a ed. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa. 914 p.
- **USDA (United State Department of Agriculture).** 2006. Biology and control of foliar and fruit diseases of horticultural crops. In: http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=406928. (Consulta: noviembre 15, 2005).
- **USDA. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE. E.R.S.** 2003. Economic Research Service. U.S. Tomato Statistics (92010). Mar.
- **VAN LEEUWEN, C.; TRÉGOAT, O.; CHONÉ, X.; JAECK, M. E.; RABUSSEAU, S.; AUDILLERE, J. P.** 2003. Le suivi du régime hydrique de la vigne et son incidence sur la maturation du raisin. Bulletin de l'O.I. V. p. 369–379.
- **Vergani, R.** 2002. Lycopersicum esculentum: Una breve historia del tomate. Horticultura, 1-9.
- **Villareal, F.** 1982. Tomates. Trad. Edilberto Camacho. IICA serie de investigación y desarrollo, (6) 184.
- **VILLARREAL R., M.; GARCÍA E., R. S.; OSUNA E., T.; ARMENTA B., A. D.** 2002. Efecto de dosis y fuente de nitrógeno en rendimiento y calidad postcosecha de tomate en fertirriego. Terra 20: 311-320.
- **Wang YH, Garvin DF, Kochian LV.** 2002. Rapid induction of regulatory and transporter genes in response to phosphorus, potassium, and iron deficiencies in tomato roots. Evidence for cross talk and root/rhizosphere-mediated signals. Plant Physiology 130, 1361-1370.
- **Willis, R. H. H.; Lee, T. H.; McGlasson, W. B.; Hall, E. G.; Graham, D.** 1999. Introducción a la fisiología y manipulación de frutas, hortalizas y plantas ornamentales. Edit. Acribia. Zaragoza, España. 240p.
- **Y. Zhao, Z.H. Cheng, H.W. Meng.** 2008. Effect of fruit bagging with different spectra bags on the growth and quality of tomato in spring–summer season, Chinese Journal of Eco-Agriculture 16 (6) 1398–1402.
- **Zhang FM.** 2010. In: Protected Horticulture. Publication by Agricultural University Press, China, pp. 30-231.

