

EL CULTIVO DEL TOMATE. AGROTECNIA EN EL SISTEMA DE PRODUCCIÓN A CIELO ABIERTO.

Dr. C. Ramón Liriano González¹, M. Sc. Jovana Pérez Ramos², Ing. Leandro Vázquez Díaz³

1, 2 Universidad de Matanzas, ramon.liriano@umcc.cu; jovana.perez@umcc.cu

2. Delegación Municipal Ministerio de la Agricultura. Jagüey Grande.

Resumen.

El presente trabajo tiene el objetivo de profundizar en aspectos básicos de la agrotecnia del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.), en el sistema de producción a cielo abierto. A partir de una revisión bibliográfica de diferentes autores, se exponen aspectos relacionados con el origen, importancia económica y alimenticia del cultivo del tomate, su taxonomía y descripción morfológica, la ecología, fenología del cultivo, cultivares, agrotecnia del cultivo, atenciones culturales, así como la cosecha del tomate.

Palabras claves: Agrotecnia; *Solanum lycopersicum* L.; producción.

Introducción

El mundo enfrenta en la actualidad, la mayor crisis de todos los tiempos, en el ámbito ambiental, económico-financiero y alimentario; este último motivado por el rápido crecimiento demográfico mundial y la disminución de las tierras cultivables a un ritmo acelerado, que implicará mayor escasez de alimentos.

Este incremento notable de la población mundial se prevé continúe en aumento hasta alcanzar una cifra, por encima de la cantidad actual, de mil millones para el año 2030 y más de 2,4 mil millones en 2050. Por lo tanto, se ha estimado que para suplir las demandas de alimento de la población en un futuro, las producciones deben aumentar en un 70% (Nair *et al.*, 2017).

A su vez en todo el mundo las ciudades han crecido y siguen creciendo, en el año 2005, más de la mitad de la población mundial vivía en las ciudades y para el 2030 esta cifra se habrá duplicado. La urbanización acelerada ha traído implicaciones notables en las condiciones de vida de la población, tales como: aumento de la pobreza, inseguridad alimentaria y nutricional, exclusión social y territorial, inadecuada planificación territorial y deficiente gestión ambiental en aras del desarrollo, entre otras.

El cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) se encuentra ampliamente distribuido en el mundo y representa uno de los alimentos de mayor consumo, debido a su participación tradicional en la dieta y su importante intervención en el fomento de la seguridad alimentaria (Hefferon, 2016).

El tomate según Gómez *et al.* (2010) se considera como la hortaliza que más se cultiva en el mundo seguida por el cultivo de la papa. Cada año se producen más de 100 millones de toneladas con un rendimiento promedio de 28 t.ha⁻¹.

En Cuba se potencia el cultivo de las hortalizas, con el objetivo de garantizar la demanda y el suministro de hortalizas frescas a los consumidores, en el año 2018 según la Oficina Nacional de Estadística e Información [ONEI] (2019) la producción de hortalizas fue de 2 454 018 toneladas, donde el tomate con 553 906 miles de toneladas representa el 22,57% del volumen total de producción.

Uno de los grandes desafíos para el sector agrícola en la actualidad es el incremento de los niveles de producción a fin de satisfacer las necesidades de la población y lograr la seguridad alimentaria, por lo que el dominio y correcta aplicación de las tecnologías de producción es fundamental en el logro de este objetivo.

Desarrollo

Origen, importancia económica y alimenticia del tomate.

El origen del cultivo de tomate se localiza en la región andina, desde el sur de Colombia hasta el norte de Chile. Posiblemente desde allí fue trasladada a América Central y México, donde se domesticó y ha sido por siglos parte básica de la dieta (Monardes, 2009).

Se plantea que la domesticación del tomate, al parecer, partió de los cultivares primitivos de *Solanum lycopersicum*, variedad cerasiforme desde México y Centroamérica (Peralta *et al.*, 2006); constituyendo la capacidad de esta planta a adaptarse a diversos climas y condiciones edáficas, junto a sus cualidades gustativas, las causas que propiciaron que hoy se cultiven diversas variedades (Causse *et al.*, 2000).

La producción mundial de tomate está en constante crecimiento, no solo por el aumento de las áreas cultivadas, sino también porque los agricultores aplican tecnologías que les permiten elevar los rendimientos (Díaz, 2014).

Es una especie de creciente importancia en el mundo, donde destacan China, India, Estados Unidos y Egipto, como los países de mayor superficie cultivada (FAS/USDA, 2015).

En Cuba, representa alrededor del 40% de la superficie y dentro de la producción total de hortalizas ocupa el primer lugar; además del consumo en fresco por la población, gran parte de la producción se destina al procesamiento industrial.

El tomate es una rica fuente de vitaminas A, B1, B12, B6, C y E, además es rico en minerales como fósforo, potasio, magnesio, manganeso, zinc, cobre, sodio, hierro y calcio. Tiene un importante valor nutricional ya que incluye proteínas, hidratos de carbono, fibra, ácido fólico, ácido tartárico, ácido succínico y ácido salicílico (Serrano, 2012).

Los frutos del tomate contienen compuestos antioxidantes importantes para la salud humana como los carotenoides licopeno y β -caroteno los cuales ayudan a contrarrestar los efectos dañinos de radicales libres, los cuales contribuyen en el desarrollo de enfermedades relacionadas con el estrés oxidativo, como el cáncer (Krzyzanowska *et al.*, 2010).

Taxonomía y descripción morfológica.

La clasificación taxonómica del tomate según la Integrated Taxonomic Information System Report (2016) es la siguiente:

Reino: Plantae

Subreino: Viridiplantae

Infrareino: Streptophyta

Superdivisión: Embryophyta

División: Tracheophyta

Subdivisión: Spermatophytina

Clase: Magnoliopsida

Superorden: Asteranae

Orden: Solanales

Familia: Solanaceae

Género: *Solanum*

Especie: *S. lycopersicum*

Solanaceae con 100 géneros y 2 500 especies a nivel mundial, es una de las familias más diversas entre las angiospermas (Martínez *et al.*, 2011; Martínez *et al.*, 2017). Su distribución geográfica es cosmopolita, se encuentran representantes en todos los continentes, con mayor grado de diversidad en las regiones tropicales y subtropicales, ausentes únicamente en las regiones árticas (Dupin *et al.*, 2017).

El sistema radical alcanza una profundidad de hasta 2 m, con una raíz pivotante y muchas raíces secundarias. Sin embargo, bajo ciertas condiciones de cultivo, se daña la raíz pivotante y la planta desarrolla un sistema radical fasciculado, en que dominan raíces adventicias y que se concentran en los primeros 30 cm del perfil (INTA, 2014; Baudoin *et al.*, 2017). El interior de la raíz presenta tres partes: epidermis, córtex y cilindro vascular. La epidermis contiene pelos que absorben el agua y los nutrientes, mientras que el córtex y

el cilindro vascular cumplen la función de transportar los nutrientes (Infoagro Systems S. L., 2016).

Tallo ligeramente anguloso, semileñoso, de grosor mediano y con tricomas (pilosidades), simples y glandulares. Eje con un grosor que oscila entre 2 a 4 cm en su base, sobre el que se van desarrollando las hojas, tallos secundarios e inflorescencias. En la parte distal se encuentra el meristemo apical, donde se inician los nuevos primordios foliares y florales (Baudoin *et al.*, 2017). Inicialmente el tallo tiene una apariencia herbácea; está compuesto de epidermis con pelos glandulares, corteza, cilindro vascular y tejido medular (Cooman *et al.*, 2009).

De acuerdo al crecimiento del tallo del tomate existen dos grupos de variedades: las de crecimiento determinado e indeterminado.

Las variedades de crecimiento determinado, tienen forma de arbusto, las ramas laterales son de crecimiento limitado y la producción se obtiene en un período relativamente corto. Esta característica es muy importante porque permite concentrar la cosecha en un período determinado según sea la necesidad del mercado (Pérez *et al.*, 2001).

Argerich *et al.* (2010) declaran que son de tipo arbustivo, de porte bajo, compactas, poseen inflorescencias apicales, la producción de fruto se concentra en un periodo relativamente corto. Las plantas crecen, florecen y fructifican en etapas bien definidas. El crecimiento del tallo principal, detiene su crecimiento como consecuencia de la formación de una inflorescencia terminal, una vez que ha producido lateralmente varios pisos de inflorescencia, la primera aparece luego de 7-12 hojas, (normalmente entre cada 1 o 2 hojas).

En las variedades de crecimiento indeterminado, el tallo producido a partir de la penúltima yema empuja a la inflorescencia terminal hacia afuera, de tal manera que el tallo lateral parece continuación del tallo principal que le dio origen. Estos cultivares son ideales para establecer plantaciones en invernadero (Pérez *et al.*, 2001).

En tal sentido Argerich *et al.* (2010) informan que las variedades de crecimiento indeterminado se caracterizan por tener un crecimiento extensivo, postrado, desordenado y sin límite. La planta produce la primera inflorescencia entre 7-12 hojas y luego, normalmente aparece una inflorescencia cada tres hojas en forma indefinida, el crecimiento vegetativo es continuo; la floración, fructificación y cosecha se extienden por períodos muy largos.

Las hojas son compuestas e imparipinnadas, con folíolos peciolados, lobulados y con borde dentado, en número de siete a nueve y recubiertos de pelos glandulares, se disponen de forma alternada sobre el tallo (Baudoin *et al.*, 2017). Generalmente son grandes, pueden

alcanzar una longitud de 50 cm con un ancho menor, recubiertas también de tricomas (Pino, 2019).

Conabio (2015) manifiesta que las hojas del tomate son alternas, de hasta 25 cm de largo, divididas en varias hojillas de diferentes tamaños que a su vez pueden estar divididas principalmente en la base, de ápice puntiagudo y con el margen aserrado a ligeramente hendido.

La flor del tomate es perfecta, consta de cinco o más sépalos, de igual número de pétalos de color amarillo dispuestos de forma helicoidal y de igual número de estambres que se alternan con los pétalos. Los estambres están soldados por las anteras y forman un cono estaminal que envuelve al gineceo y evitan la polinización cruzada. El ovario es bi o plurilocular. Las flores se agrupan en inflorescencias denominadas comúnmente como racimos. La primera flor se forma en la yema apical y las demás se disponen lateralmente por debajo de la primera, alrededor del eje principal. Las inflorescencias se desarrollan cada dos a tres hojas en las axilas (Baudoin *et al.*, 2017).

El fruto de tomate es una baya compuesta de varios lóculos, consistente de semillas dentro de un pericarpio carnoso desarrollado de un ovario. Su forma puede ser redondeada, achatada o en forma de pera y su superficie lisa o asurcada; están compuestos de carne (paredes del pericarpio carnoso desarrollado de un ovario). Una variedad comercial contiene alrededor de 150 a 300 semillas por fruto (Monardes, 2009). El fruto es carnoso, jugoso, globoso o alargado, de color rojo al madurar (Conabio, 2015).

El color más generalizado es el rojo y la forma globosa o redondeada en los tomates para consumo en fresco, y alargada en los destinados a la industria. Está constituido por el pericarpio, el tejido placentario y las semillas unidas a la placenta y contenidas en una masa gelatinosa, más o menos densa, que constituyen el contenido locular (Pino, 2019).

La semilla es de diferentes tonalidades en su color, desde el grisáceo, hasta el color paja de forma oval aplastada; tamaño entre 3 a 5 mm de diámetro y 2,5 mm de longitud, y cubierta de vellosidades. El peso de 1 000 semillas es de aproximadamente 2,4 g (Monardes, 2009). Las semillas son numerosas, más o menos circulares, aplanadas y amarillas (Conabio, 2015).

Las semillas según Pino (2019) son redondeadas, ligeramente reniformes, generalmente abundantes, de 50 a 200 por fruto, pubescentes. Mantienen el poder germinativo durante tres a cuatro años. Un gramo de semilla puede contener entre 300 y 400 semillas, dependiendo de la variedad.

Ecología del cultivo del tomate.

La temperatura promedio óptima para el cultivo se encuentra entre 21-24 °C (Wahid *et al.*, 2007) en dependencia de la etapa de desarrollo de la planta y las temperaturas sólo unos pocos grados por encima del rango óptimo pueden reducir la producción de frutos y la formación de semillas (Peet, 2009). Temperaturas diurnas promedio superiores a 32 °C y temperaturas nocturnas promedio mayores de 21 °C disminuyen la producción de tomate (Comlekcioglu y Soyly, 2010). Al igual que en otros cultivos, en el tomate los órganos reproductivos son generalmente más sensibles al calor que los órganos vegetativos (Bita *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2012).

Las altas temperaturas causan serios daños en las estructuras reproductivas, lo que trae como consecuencia la deficiencia en el cuajado de los frutos y la disminución de la producción (Comlekcioglu *et al.*, 2010; Kamel, *et al.*, 2010; Bita *et al.*, 2011).de ahí que este constituya uno de los factores más importantes que inciden en la baja producción de tomate en ambientes tropicales (Comlekcioglu y Soyly, 2010; Abdelmageed y Gruda, 2012).

La temperatura de desarrollo oscila entre 20 a 30 °C durante el día y entre 13 y 17 °C durante la noche (Ortiz, 2014).

Las temperaturas superiores a los 35 °C impactan negativamente sobre el desarrollo de los óvulos fecundados y, por lo tanto, afectan el crecimiento de los frutos; las temperaturas son especialmente críticas durante el período de floración, ya que por encima de los 25 °C o por debajo de 12 °C la fecundación no se produce. Durante la fructificación las temperaturas inciden sobre el desarrollo de los frutos, acelerándose la maduración a medida que se incrementan las temperaturas (Castro *et al.*, 2014).

El tomate necesita de condiciones de muy buena luminosidad, de lo contrario los procesos de crecimiento, desarrollo, floración, polinización, como también la maduración de los frutos pueden verse negativamente afectados. El factor que más afecta el desarrollo vegetativo, es la iluminación diaria total. El valor mínimo, para floración, así como para el cuajado, se sitúa entorno a los 990,63 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de radiación total diaria. Valores reducidos de luminosidad pueden incidir de forma negativa sobre los procesos tanto de la floración, como de la fecundación, así como el desarrollo vegetativo de la planta (Castro *et al.*, 2014).

La humedad relativa óptima para el desarrollo del tomate varía entre un 60% y un 80%, con humedades superiores al 80% se incrementa la incidencia de enfermedades en la parte aérea de la planta y puede determinar el agrietamiento de los frutos o dificultades en la polinización ya que el polen se apelmaza (Castro *et al.*, 2014).

Fenología del cultivo.

La fenología del cultivo comprende las etapas que forman su ciclo de vida. Dependiendo de la etapa fenológica de la planta, así son sus demandas nutricionales, necesidades hídricas, susceptibilidad o resistencia a insectos y enfermedades.

Huerres y Caraballo (1996) definen cuatro fases de crecimiento y desarrollo de la planta de tomate:

- De la germinación de la semilla a inicio de la floración.
- De la floración a la fructificación.
- De la fructificación a la maduración del fruto.
- Maduración del fruto a la cosecha.

Estas fases tienen una duración diferente en plantas de crecimiento determinante e indeterminante, siendo en estas últimas de mayor duración, en las cuales se produce un crecimiento inicial foliar, alrededor de las dos o tres semanas del trasplante, se inicia la ramificación y floración; a partir de este momento, el crecimiento de hojas y flores es continuo y alterno en cada rama, teniendo siempre las plantas hojas nuevas y viejas, flores, frutos en crecimiento y otros maduros.

En las determinantes, el inicio de la ramificación y floración ocurre a los 15 días después del trasplante, la fructificación a los 30 días y la cosecha comienza a los 70 días aproximadamente y se realizan entre tres y cuatro recogidas como promedio.

Al respecto Pérez *et al.* (2001) plantean tres etapas durante el ciclo de vida de la planta de tomate:

➤ Inicial

Comienza con la germinación de la semilla. Se caracteriza por el rápido aumento en la materia seca, la planta invierte su energía en la síntesis de nuevos tejidos de absorción y fotosíntesis.

➤ Vegetativa

Esta etapa se inicia a partir de los 21 días después de la germinación y dura entre 25 a 30 días antes de la floración. Requiere de mayores cantidades de nutrientes para satisfacer las necesidades de las hojas y ramas en crecimiento y expansión.

➤ Reproductiva

Se inicia a partir de la fructificación, dura entre 30 o 40 días, y se caracteriza porque el crecimiento de la planta se detiene y los frutos extraen los nutrientes necesarios para su crecimiento y maduración.

Cultivares.

El listado de cultivares utilizados en el cultivo a pleno campo del tomate, en el país varía sistemáticamente y actualmente tiene en cuenta, no sólo a genotipos introducidos que han demostrado su adaptación, sino a aquéllos provenientes de programas nacionales de mejoramiento, los cuales han ido en aumento a través de los últimos años (Gómez *et al.*, 2010).

Las características generales de algunos de los cultivares de tomate utilizados en el sistema de producción a cielo abierto se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Características cultivares de tomate en el sistema de producción a cielo abierto (Gómez *et al.*, 2010).

Nombre	Origen	Adaptación al clima	Forma del fruto	Tamaño del fruto	Cobertura del follaje
Consumo fresco (crecimiento determinado)					
Vyta	Cuba	Húmedo caliente	Redondo	Mediano	Buena
Amalia	Cuba	Húmedo caliente	Redondo aplastado	Mediano	Buena
Mariela	Cuba	Húmedo caliente	Redondo aplastado	Grande	Buena
Lignon	Cuba	Húmedo caliente	Redondo aplastado	Mediano	Buena
HC 38-80	Cuba	Húmedo caliente	Redondo	Grande	Buena
HC 25-80	Cuba	Húmedo caliente	Redondo	Mediano	Buena
INIFAT-28	Cuba	Húmedo caliente	Redondo aplastado	Grande	Buena
Procesamiento industrial (crecimiento determinado)					
Rilia	Cuba	Húmedo caliente	Redondo aplastado	Mediano	Buena
M-82	Israel	General	Cilíndrico	Pequeño	Buena
HA 3331 F ₁	Israel	General	Alargado	Pequeño	Buena

Agrotecnia del cultivo.

Métodos de propagación.

Se recomiendan dos métodos de propagación: la siembra directa y el trasplante este último requiere de la producción previa de plántulas a raíz desnuda o preferiblemente en cepellones, a partir de una semilla de calidad certificada. El trasplante de las plántulas a raíz desnuda puede ser a la mota, al dedo o con coa (Gómez *et al.*, 2010).

Producción plantines de tomate.

En la producción de tomate uno de los mayores retos es disponer de plántulas con calidades (sanas y vigorosas) al momento del trasplante a fin de garantizar el futuro de la cosecha, para lo cual es imprescindible establecer los semilleros.

La producción de plantines en Cuba se realiza en los semilleros tradicionales y últimamente se ha extendido el empleo de cepellones.

León y Ravelo (2005) definen semillero al lugar especial, (canteros) donde son depositadas las semillas de ciertas especies de plantas, para que germinen y alcancen las plántulas su primer estadio, posteriormente serán trasladadas al lugar donde se desarrollarán durante su vida útil.

En los semilleros, las semillas y las plántulas reciben cuidados especiales, los cuales no se pueden dar o sería muy difícil, si la siembra se realiza en grandes extensiones de tierra, pues sería económicamente muy costoso y problemático técnicamente, aunque esto último es válido para ciertas especies de plantas. La siembra en grandes extensiones se ha practicado con varios cultivos y ha dado resultado, es indiscutible que el semillero permite darle al cultivo la atención y poder tener un control sobre las plantas allí establecidas en todo momento, lo que garantiza su éxito (León y Ravelo, 2005).

Los semilleros, según su forma de construcción, dimensiones y objetivos pueden ser: tradicionales, tecnificados, controlados, en bandejas flotantes y casa de cultivo (León y Ravelo, 2005).

La producción de plántulas de tomate según Gómez *et al.* (2010) puede ser sobre el suelo, arena y con sustratos.

El uso de la casa de cultivo en la producción de plántulas, que se puede considerar en forma intensiva, se emplea en las condiciones de Cuba, debido a que esta instalación permite muchas ventajas y el control de varios factores que sería imposible en condiciones naturales, especialmente en los semilleros tempranos y tardíos, dentro de estas casa se

preparan los canteros con todos sus requerimientos y se producen las plántulas de óptima calidad (León y Ravelo, 2005).

Casanova *et al.* (2018) afirman que la producción protegida de plántulas hortícolas en cepellones ofrece mayores rendimientos que las realizadas a raíz desnuda. La tecnología tiene varias fases: preparación del sustrato, formación del soporte, siembra, riego, germinación, crecimiento de plántulas y manejo de conductividad eléctrica (CE). La germinación de las semillas es una fase crítica que requiere de observación y cuidado. Cuando las primeras semillas comiencen a germinar, desmontar las bandejas y colocarlas en la casa de posturas. Si las bandejas permanecen después de este momento montadas una encima de otras, las plántulas se alargan en busca de luz, produciéndose un daño irreversible.

Las plántulas estarán listas para el trasplante en dependencia de la variedad, época del año, características de la instalación y prácticas de manejo empleadas.

Previo al trasplante se debe provocar un endurecimiento de las plántulas a través del manejo del riego. El día anterior al trasplante aplicar un riego para propiciar humedad de tempero en el cepellón, que facilite su extracción.

Las características y ciclo vegetativo a lograr en plántulas de tomate según Casanova *et al.* (2018) se presentan en la tabla 2.

Tabla 2. Características y ciclo vegetativo a lograr en plántulas de tomate.

Especie	Altura de la plántula (cm)	Número de hojas	Grosor del tallo (mm)	Ciclo (días)
Tomate	12 - 14	3 - 4	2,5 - 3,0	30 - 35

Las actividades de producción de plántulas deben ser supervisadas en todas las etapas del proceso, con el objetivo de entregar a los agricultores plántulas con alta calidad (Pinheiro *et al.*, 2017).

Períodos de plantación.

La definición de los períodos de plantación del cultivo del tomate en Cuba, tiene una gran importancia práctica y económica. Deben tomarse en cuenta, las características de suelo y clima de cada localidad y el destino de la producción, consumo fresco e industria. Existen cuatro periodos de plantación del tomate a cielo abierto en nuestro país: temprano (agosto 21 a octubre 20); normal u óptimo (octubre 21 a diciembre 20); medio tardío (diciembre 21 a enero 20) y tardío (enero 21 a febrero 20). Las plantaciones, con destino a la industria deben establecerse desde finales del período temprano y durante el período óptimo del cultivo (Gómez *et al.*, 2010).

Distancia de siembra o plantación.

La distancia de siembra o plantación a emplear (Tabla 3) en el cultivo del tomate, se decidirá atendiendo a:

- Hábito de crecimiento de los cultivares.
- Destino de la producción, consumo fresco o industria.
- Tipo y fertilidad del suelo empleado.
- Período de siembra o plantación.
- Sistema de producción a emplear.

Tabla 3. Distancia de plantación recomendada según tipo de cultivar (Gómez *et al.* 2010).

Habito de crecimiento	Cultivar	Distancia de plantación (m)
Compacto	Vyta	1,40 x 0,20 - 0,25
Intermedio	HC 38-80	1,40 x 0,25 - 0,30
Abierto	ARO 8479 F ₁	1,40 x 0,35

Atenciones culturales.

Las plantaciones deben mantenerse libres de malezas durante su período vegetativo, para ello se realizarán labores de cultivo y limpieza. La capa superficial del suelo debe mantenerse bien suelta, sobre todo si el suelo en cuestión forma costra.

El primer aporque a la plantación, se efectuará antes de los siete días posteriores al trasplante. Esta actividad, se complementa con una labor manual de cultivo, dirigida a la hilera de plantación.

El resto de las labores consiste, en cultivo entre hileras cada 12-14 días, aporque y conformación del cantero, las que se realizan antes del cierre del campo. Cada una de las labores, mecanizadas o con tracción animal, deben ir acompañadas de una labor de cultivo manual en la hilera de plantación. Después del cierre del campo, si fuera necesario, se hará una labor de arranque manual de malezas. El control de malezas, combina medios químicos y mecánicos. Los herbicidas Treflan 48% CE (Trifluralin 1,5 a 2 L.ha⁻¹), de producto comercial, en pre trasplante incorporado al suelo y Sencor 70% (Metribuzin 0,75 kg.ha⁻¹) de producto comercial en post emergencia, para el control de malezas de hojas anchas, son dos de los herbicidas utilizados en sistemas intensivos de producción (Gómez *et al.*, 2010).

Fertilización.

Se recomienda la aplicación de materia orgánica a razón de $30 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, preferiblemente cachaza o estiércol vacuno, bien descompuestos y certificados, el abono orgánico se depositará en el fondo del surco (Gómez *et al.*, 2010).

Luna *et al.* (2015) al estudiar los abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.) llegaron a la conclusión que el uso de vermicompost estimuló las variables altura de la planta con 114,64 cm, número de frutos con 4,08 frutos, diámetro de los frutos con 7,96 mm y el peso de los frutos con 226,50 g.

El fertilizante de fórmula completa, se aplica a razón de $1,0 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$, de tres a cuatro días antes del trasplante, debiendo quedar a unos 10 cm de profundidad y completamente tapado, la labor se realiza de forma manual, mecanizada o con tracción animal. Después del trasplante (25-30 días), se aplica nitrógeno adicional a razón de $0,50 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ de urea o nitrato de amonio. Detrás de cada aplicación de fertilizantes, debe regarse.

En las condiciones de Cuba, una tonelada de frutos de tomate extrae $2,28 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de N, $0,90 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 y $5,6 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de K_2O , en época óptima de producción (Gómez *et al.*, 2010).

Riego.

Para obtener altos y estables rendimientos en tomate, es necesario garantizar un suministro de agua en correspondencia con las exigencias hídricas de las plantas en sus diferentes fases de desarrollo (Gómez *et al.*, 2010). Dicho objetivo se puede lograr con el conocimiento del consumo de agua del cultivo o evapotranspiración (ET). Las investigaciones desarrolladas en Cuba, al respecto, han demostrado que la ET total del tomate oscila entre 300 y 400 mm, con valores diarios máximos de 4-5 mm y mínimos de 1,0 - 1,5 mm. Los valores máximos se manifiestan en la fase de floración-fructificación, lo cual representa el 45 - 48% de la demanda hídrica total, con un nivel de humedad en el suelo de 80 - 85% de la capacidad de campo, durante todo el ciclo vegetativo, se logran producciones rentables para lo cual, es necesario programar de 10 a 15 riegos (sin considerar el “mine”).

Con el objetivo de garantizar, que las plántulas se establezcan adecuadamente, es conveniente efectuar un riego (vivo) al día siguiente del trasplante, con dosis de $200 - 250 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ y otro riego a los 2 - 4 días siguientes (en trasplante a raíz desnuda) con dosis de $150 - 200 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, en dependencia del tipo de suelo. En el caso, del trasplante en cepellones, posterior al riego, que se efectúa después del trasplante, es conveniente manejar la humedad del suelo que propicie un arraigue profundo de las plántulas. A partir de este momento, se programa el riego según la fase de desarrollo del cultivo y tipo de suelo. Las técnicas de riego más utilizadas, son las de gravedad y aspersión, sea portátil o por medio de máquinas (Gómez *et al.*, 2010).

Cosecha.

La cosecha del tomate puede ser manual o mecanizada. En general los frutos destinados a la industria se cosechan mecánicamente y los de consumo fresco preferentemente a mano, lo que implica mayor cantidad de mano de obra con mayores costos (Jaramillo *et al.*, 2007). Para realizar la cosecha mecánica se requiere de cultivares adaptados para ella y que presenten uniformidad en la producción y maduración.

La cosecha manual del tomate es generalmente escalonada en la planta y se realiza en varias etapas, según el período de producción de las plantas. Al cosechar se debe considerar el estado de madurez y el destino que se le dará al producto; y en otros casos se determina por el tamaño y la coloración del fruto (Gómez *et al.*, 2010).

Se ha demostrado científicamente, que durante la maduración se producen cambios o alteraciones en la composición química de los frutos, que determinan sus propiedades organolépticas como: textura, aroma, sabor y color (Baldwin *et al.*, 2008; Klee y Tieman, 2013).

De acuerdo a Casierra y Aguilar (2008) el estado de madurez al momento de cosecha del tomate está directamente relacionado con aspectos, tales como:

- La forma del consumo de la hortaliza (fresco o procesado).
- La composición química interna de los frutos.
- La frecuencia de cosecha de los frutos.

Conclusiones

Se presenta una revisión del estado del arte, que refleja las experiencias de diversos autores sobre la agrotecnia del cultivo del tomate en el sistema de producción a cielo abierto, en el cual se recomiendan dos métodos de propagación: la siembra directa y el trasplante, cuatro periodos de plantación: temprano (agosto 21 a octubre 20); normal u óptimo (octubre 21 a diciembre 20); medio tardío (diciembre 21 a enero 20) y tardío (enero 21 a febrero 20) y una distancia de plantación de 1,40 m de camellón x 0,20-0,35 m de narigón según tipo de cultivar. De igual forma refieren el control de malezas, aporque, fertilización y riego como atenciones culturales, así como que la cosecha puede ser manual o mecanizada a partir del estado de madurez y el destino del producto.

Referencias bibliográficas

ABDELMAGEED, A. H. A. Y GRUDA, N. Influence of heat shock pretreatment on growth and development of tomatoes under controlled heat stress conditions. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, no. 1 vol. 81, 2012, pp. 26-28.

ARGERICH, C.; TROILO, L.; RODRÍGUEZ, M.; IZQUIERDO, J.; STRASSERA, M. E.; BALCAZA, L.; DAL SANTO, S.; MIRANDA, O.; RIVERO, M. L.; GONZÁLEZ, G. Y IRIBARREM, M. F. Manual de buenas prácticas agrícolas en la cadena de tomate. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Buenos Aires, Argentina. 2010. 264 p.

BALDWIN, E. A.; GOODNER, K. Y PLOTTO, A. Interaction of volatiles, sugars, and acids on perception of tomato aroma and flavor descriptors. *Journal of Food Science*, vol. 73, 2008, pp. 294-307.

BAUDOIN, A.; CARVAJAL, M. A.; ACHU, O.; VILELA, M.; CORRALES, R.; VACA, R. Y MIRALLES, F. Manual Técnico de Producción de Tomate con Enfoque de Buenas Prácticas Agrícolas. Ministerio de Desarrollo Rural y Tierras. La Paz, Bolivia. 2017. p. 14-15.

BITA, C. E.; ZENONI, S.; VRIEZEN, W. H.; MARIANI, C.; PEZZOTTI, M. Y GERATS, T. Temperature stress differentially modulates transcription in meiotic anthers of heat-tolerant and heat-sensitive tomato plants. *BMC Genomics*, vol. 12, 2011, pp. 384-401.

CASANOVA, A. S.; HERNÁNDEZ, J. C.; ABREU, R.; ALMÁNDOZ, J.; ANZARDO, J. C.; ARANGUREN, D.; BARROSO, K.; BERNAL, B. G.; BRITO, R.; CASANUEVA, K.; DEPESTRE, T., FERNÁNDEZ, E.; GANDARILLA, H. M.; GÓMEZ, O.; GONZÁLEZ, G.; GONZÁLEZ, F. M.; HERNÁNDEZ, M. I.; HERNÁNDEZ, M.; IGARZA, A.; MARRERO, A.; MARTÍNEZ, Y.; MORENO, V.; PÉREZ, E.; PONCE, L.; PUPO, F. R.; RODRÍGUEZ, S. R.; RODRÍGUEZ, M. G. Y SALGADO, J. M. Manual para la producción protegida de hortalizas. 3^{ra} edición. Instituto de Investigaciones Hortícolas Liliana Dimitrova. Grupo Empresarial Agrícola. Edición Liliana. La Habana, Cuba. 2018. p. 32-61.

CASIERRA, F. Y AGUILAR, O. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. *Agronomía Colombiana*, no. 2 vol. 26, 2008, pp. 300-307.

CASTRO, J. D.; GÓMEZ, J. G. Y RIVERA, J. G. Automatización de un invernadero de plántulas de tomate rojo. *Ciencia e Ingeniería*, no. 2 vol. 1, 2014, pp. 1-20.

CAUSSE, M.; LECMTE, L.; BAFFERT, N.; OUFFE, P. Y HOSPITAL, F. Marker – Assisted Selection for the transfer of QTLs controlling fruit quality traits into tomato Elite lines. ISHS. Acta Horticultura 546. International Symposium on Molecular Markers for characterizing genotypes and Identifying Cultivars in Horticulture. 2000.

COMLEKCIOGLU, N.; SIMSEK, O.; BONCUK, M. Y AKA, K. Y. Genetic characterization of heat tolerant tomato (*Solanum lycopersicon* L.) genotypes by SRAP and RAPD markers. Genetics and molecular research: GMR, no. 4 vol. 9, 2010, pp. 2263-2274.

COMLEKCIOGLU, N. Y SOYLU, K. M. Determination of high temperature tolerance via screening of flower and fruit formation in tomato. Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences, no. 2 vol. 20, 2010, pp. 123-130.

CONABIO. Descripción Botánica 2015 [en línea]. [fecha de consulta: 23 marzo 2020]. Disponible en: <http://www.conabio.gob.mx/malezasdemexico/solanaceae/lycopersicon-esculentum/fichas/ficha.htm>.

COOMAN, A.; DE VIS, R.; ESCOBAR, H.; FUENTES, L. S.; GONZÁLEZ, M.; LEE, R.; MEDINA, A.; UBAQUE, H.; WYCKHUYS, K.; BOJACÁ, C. R.; PULIDO, S.; NIÑO, N. E.; FLÓREZ, L. E.; ESPINOSA, L.; MONSALVE, O. Y SALAMANCA, C. Manual de producción de tomate bajo invernadero. Segunda Edición. Universidad de Bogotá Jorge Tadeo Lozano. Bogotá, Colombia. 2009. 180 p.

DÍAZ, V. Perfil comercial tomate. Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación, Guatemala. 2014. 11 p.

DUPIN, J.; MARZKE, N.; SÄRKINEN, T.; KNAPP, S.; OLMSTEAD, R.; BOHS, L. Y SMITH, S. Bayesian estimation of the global biogeographical history of the Solanaceae. Journal of biogeography. vol. 44, 2017, pp. 887-889

FAS/USDA. Base de Datos on Line 2015 [en línea]. [fecha de consulta: 9 abril 2020]. Disponible en: <http://www.fas.usda.gov/data>.

GÓMEZ, O.; CASANOVA, A. S.; CARDOZA, H.; PIÑEIRO, F.; HERNÁNDEZ, J. C.; MURGUIDO, C. A.; LEÓN, M. Y HERNÁNDEZ, A. Guía técnica para la producción del cultivo del tomate. 2^{da} edición. Biblioteca ACTAF. La Habana, Cuba. 2010. 57 p.

HEFFERON, K. L. Can biofortified crops help attain food security? Current Molecular Biology Reports, vol. 2, 2016, pp. 180-185.

HUERRES, C. Y CARABALLO, N. Horticultura. Editorial Pueblo y Educación. La Habana, Cuba. 1996. p. 1 - 34.

INFOAGRO SYSTEMS S. L. El cultivo de tomate: Parte I 2016 [en línea]. [fecha de consulta: 23 marzo 2020]. Disponible en: http://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_del_tomate_parte_i.asp

INTA (Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria). Guía Manejo Integrado de Plagas. Cultivo de tomate. Managua, Nicaragua. 2014. 66 p.

INTEGRATED TAXONOMIC INFORMATION SYSTEM REPORT. Page: *Solanum Lycopersicum* 2016 [en línea]. [fecha de consulta: 11 mayo 2020]. Disponible en: https://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=521671#null

JARAMILLO, J.; RODRÍGUEZ, V.; GUZMÁN, M.; ZAPATA, M. Y RENGIFO, T. Buenas Prácticas Agrícolas en la Producción de tomate bajo condiciones protegidas. Manual Técnico. Tampillo, México. 2007. 122 p.

KAMEL, M. A.; SOLIMAN, S. S.; MANDOUR, A. E. Y AHMED, M. S. Genetic evaluation and molecular markers for heat tolerance in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of American Science, no. 12 vol. 6, 2010, pp. 364–374.

KLEE, H. J. Y TIEMAN, D. M. Genetic Challenges of flavor improvent in tomato. Trends in Genetics, no. 4 vol. 29, 2013, pp. 257-262.

KRZYZANOWSKA, J., CZUBACKA A. Y OLESZEK W. Dietary phytochemicals and human health. Bio-Farms for Nutraceuticals: Funcional food and safety control by biosensors. Chapter 7. 2010. p. 75-97.

LEÓN, P. Y RAVELO, R. Fitotecnia General. Aplicada a las Condiciones Tropicales. Facultad de Agronomía. Universidad Agraria de La Habana. La Habana, Cuba. 2005. p. 144-157.

LI, Z.; PALMER, W. M.; MARTIN, A. P.; WANG, R.; RAINSFORD, F.; JIN, Y.; PATRICK, J. W.; YANG, Y. Y RUAN, Y. L. High invertase activity in tomato reproductive organs correlates with enhanced sucrose import into, and heat tolerance of, young fruit. Journal of Experimental Botany, no. 3 vol. 63, 2012, pp. 1155-1166.

LUNA, R. A.; REYES, J. J.; LÓPEZ, R. J.; REYES, M.; MURILLO, G.; SAMANIEGO, C.; ESPINOZA, A.; ULLOA, C. Y TRAVÉZ, R. Abonos orgánicos y su efecto en el crecimiento y desarrollo del cultivo del tomate (*Solanum lycopersicum* L.). Centro Agrícola, no. 4 vol. 42, 2015, pp. 67-74.

MARTÍNEZ, M.; RODRÍGUEZ, A.; VARGAS, O. Y CHIANG F. Catálogo nomenclatural de las Solanaceae de México. Universidad Autónoma de Querétaro. Informe Final SNIB-CONABIO. Proyecto HS004. México, D.F. 2011. 39 p.

MARTÍNEZ, M.; VARGAS, O.; RODRÍGUEZ, A.; CHIANG, F. Y OCEGUEDA, S. Solanaceae family in México. Botanical Sciences, no. 1 vol. 95, 2017, pp. 131-145.

MONARDES, H. Características botánicas. Manual del cultivo de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Nodo Hortícola, VI Región. Facultad de Ciencias Agronómicas, Universidad de Chile y Innova Chile Corfo. Santiago de Chile, Chile. 2009. 60 p.

NAIR, S. S.; GOPALAKRISHNAN, P.; UMESH, S.; AKSHAYA, S. Y ABHILASHA, V. G. Evaluation of Abiotic Stress Induced Physiological and Biochemical Changes in *Trigonella Foenum-Graecum*. Journal of Biotechnology and Biochemistry, no. 1 vol. 3, 2017, pp. 89-97.

ONEI (Oficina Nacional de Estadística e Información). Anuario Estadístico de Cuba 2018. Capítulo 9. Agricultura, Ganadería, Silvicultura y Pesca. La Habana, Cuba. 2019. 31 p.

ORTIZ, I. C. Efecto de la topología en el rendimiento, calidad y rentabilidad del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) en un sistema de producción bajo invernadero 2014 [en línea]. [fecha de consulta: 9 abril 2020]. Disponible en: <http://ri.uaq.mx/handle/123456789/1273>

PEET, M. M. Physiological disorders in tomato fruit development?. Acta Horticulturae, no. 821, 2009, pp. 151-160.

PERALTA, I. E.; KNAPP, S. Y SPOONER, D. M. Nomenclature for wild and cultivated tomatoes. Genetics Cooperative Report, vol. 56, 2006, pp. 6-12.

PÉREZ, J.; HURTADO, G.; APARICIO, V.; ARGUETA, Q. Y LARÍN, M. A. Guía Técnica Cultivo del Tomate. Centro Nacional de Tecnología Agropecuaria y Forestal (CENTA). El Salvador. 2001. 48 p.

PINHEIRO, D. T.; CAVALCANTE DA COSTA, L.; FONTES, G.; GAMA, V.; FERREIRA, M.; TEIXEIRA, F.; TEIXEIRA, T. Y BARROS, V. Aspectos tecnológicos e qualitativos da produção de sementes de tomate. Espacios, no. 44 vol. 38, 2017, pp. 10-23.

PINO, M. Guía didáctica: cultivo y manejo del cultivo de tomate fresco. Facultad Ciencias Agrarias y Forestales. Universidad Nacional de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 2019. 21 p.

SERRANO, C. Beneficios del tomate en la dieta 2012 [en línea]. [fecha de consulta: 10 febrero 2020]. Disponible en: <http://www.hitsbook.com/blog>.

WAHID, A.; GELANI, S.; ASHRAF, M. Y FOOLAD, M. R. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany*, no. 3 vol. 61, 2007, pp. 199-223.