

## Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette)

### Hydroponic substrate effects on the physicochemical and physiological attributes of tomato fruit (*Solanum lycopersicum* var. 'saladette')

DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés<sup>1†\*</sup>, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena<sup>1</sup>, LOPEZ SERRANO, Salomón<sup>2</sup> y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando<sup>3</sup>

Instituto Tecnológico Superior de Huatusco-Tecnológico Nacional de México. <sup>1</sup>Programa de Maestría en Ingeniería, <sup>2</sup>División de Ingeniería en Industrias Alimentarias, <sup>3</sup>Tesista del Programa de Ingeniería en Industrias Alimentarias Av. 25 Poniente No.100 Col. Reserva Territorial. C.P. 94100. Huatusco, Veracruz, México.

ID 1<sup>er</sup> Autor: Oscar Andrés, Del Angel-Coronel / ORC ID: 0000-0002-0848-907X, CVU CONACYT ID: 226585

ID 1<sup>er</sup> Coautor: Magdalena, Jimenez-Hernandez / ORC ID: 0000-0003-1988-5753, CVU CONACYT ID: 904566

ID 2<sup>do</sup> Coautor: Salomón, Lopez Serrano

ID 3<sup>er</sup> Coautor: Jairo Armando, Lopez Rojas

DOI: 10.35429/JTD.2019.9.3.1.12

Recibido: 10 de Enero, 2019; Aceptado 30 de Marzo, 2019

#### Resumen

Objetivos, metodología: En este trabajo se estudió el efecto del tipo de sustrato sobre los parámetros fisicoquímicos y fisiológicos de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum*) tipo saladette hidropónico. Se evaluaron 14 sustratos hidropónicos de origen mineral, orgánico y mezclas de los mismos con la finalidad de seleccionar los sustratos que puedan satisfacer las necesidades u objetivos deseados por el productor y permitiéndole al consumidor conocer un fruto con una mejor calidad reflejada por sus propiedades fisicoquímicas como son rendimiento, tamaño, color, sólidos solubles totales (°Brix), acidez titulable, firmeza, tasa de producción de etileno y CO<sub>2</sub>. Contribución: Sustratos como el tezontle, tepezil y cascarilla de café resultan favorables en el cultivo de jitomate (*Solanum lycopersicum*) tipo saladette hidropónico beneficiando algunos de sus parámetros de calidad, siendo las opciones más factibles para el productor y para el consumidor. Sustratos como el tezontle con composta, tepezil con lombricomposta, bagazo de caña con composta, cascarilla con lombricomposta y cascarilla con composta son otras opciones a considerar para el cultivo; mientras que la lombricomposta, bagazo, tepezil con lombricomposta, tepezil con composta y bagazo con lombricomposta influyen en menor magnitud sobre la en su mayoría los parámetros de calidad del fruto.

**Jitomate hidropónico, Sustratos hidropónicos, Calidad postcosecha de frutos**

#### Abstract

Objectives, methodology: In this paper we evaluate the effect of the substrate type on the physicochemical and physiological parameters of tomato fruits (*Solanum lycopersicum*) type hydroponic saladette. Fourteen hydroponic substrates of mineral origin were evaluated, and mixtures of the same with the aim of selecting substrates that can satisfy the needs or objectives desired by the producer and allowing the consumer to know a fruit with a better quality reflected by its physicochemical properties such as yield, size, colour, total soluble solids (°Brix), titrated acidity, firmness, ethylene and CO<sub>2</sub> production. Contribution: Substrates such as tezontle, tepezil and coffee husk are favorable in the cultivation of tomato (*Solanum lycopersicum*) type hydroponic saladette benefiting some of its quality parameters being the most feasible options for the producer and the consumer. Substrates such as the tezontle with compost, tepezil with vermicompost, sugarcane bagasse with compost, coffee husk with vermicompost and coffee husk with compost are other options to consider for cultivation; while the vermicompost, sugarcane bagasse, tepezil with vermicompost, tepezil with compost and sugarcane bagasse with vermicompost, were the least efficient treatments, reducing the fruit quality parameters.

**Hydroponic tomato, hydroponic substrates, Postharvest quality of fruits**

**Citación:** DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena, LOPEZ SERRANO, Salomón y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando. Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette). Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019. 3-9: 1-8

\* Correspondencia del Autor (Correo electrónico: oscardelangel.coronel@itshuatusco.edu.mx)

† Investigador contribuyendo como primer autor.

## Introducción

El jitomate (*Solanum lycopersicum*) es una de las hortalizas más importantes en la alimentación y de mayor valor económico en el mundo por su alto volumen de mercado, altos índices de producción y por su alta demanda como uno de los principales frutos de la canasta básica al consumirse en estado fresco o como producto industrializado (Ortega et al., 2010).

En la producción de jitomate, China ocupa el primer lugar como productor con 59,514,773 millones de toneladas; India el segundo con 20,708,000 millones de toneladas y Turquía el tercero con 12,750,000 millones de toneladas mientras que México ocupa el noveno lugar con 4,243,058 millones de toneladas (SAGARPA, 2010) (SIAP, 2017).

Desde la perspectiva nutricional, el jitomate está compuesto mayoritariamente por agua e hidratos de carbono, vitamina C, vitamina E, provitamina A ( $\beta$ -caroteno), vitaminas del grupo B (B1 y B3), minerales (K y P), y licopeno; un antioxidante y pigmento que le aporta su color rojo característico (Sañudo, 2013).

Cuando el jitomate se produce en campo abierto hay factores que influyen en el desarrollo del cultivo como los cambios de temperatura, la deficiencia o exceso de agua, el exceso de plagas y los suelos mal drenados por lo cual se ha optado por ser producido en invernadero.

Al ser producido en invernadero existen diferentes técnicas para el cultivo de jitomate entre las cuales se encuentra la hidroponía, donde el sistema radicular de la planta se desarrolla sin suelo, o sea, usando agua o sustratos inertes para proporcionarle agua, minerales y oxígeno suficientes para su óptimo desarrollo (De la Rosa et al., 2015). Por tanto, el sustrato se considera como uno de los principales factores que determina el éxito o fracaso de un cultivo, por proporcionar el medio donde se desarrollan las raíces, siendo de origen mineral o de origen orgánico, sujetos a descomposición biológica de plantas, granos, árboles o subproductos (Intagri, 2009).

De acuerdo con Baldomero (2007), el sustrato se define como cualquier material natural, sólido, residual, mineral u orgánico en forma pura o mezcla que permite el anclaje del sistema radicular y tiene un papel de soporte interviniendo negativa o positivamente en el proceso de nutrición vegetal de la planta. Por tal motivo, la calidad de la planta y el fruto pueden ser afectados por el sustrato, particularmente en sus propiedades fisicoquímicas. Por otra parte, una adecuada elección del sustrato permite al productor optimizar recursos como agua, nutrientes y reducir costos de producción.

Por todo lo anterior, el presente trabajo tiene como objetivo principal evaluar las propiedades fisicoquímicas en postcosecha de frutos de jitomate cultivados en diferentes sustratos hidropónicos, con el objetivo de definir cuál es el medio hidropónico que aporte mejores resultados en la obtención del rendimiento y calidad del fruto.

## Materiales y métodos

### Ubicación y establecimiento del experimento

La fase de cultivo del experimento se realizó en un invernadero de 315 m<sup>2</sup> del Instituto Tecnológico Superior de Huatusco localizado en el municipio de Huatusco, Veracruz, México. Posterior, en la etapa cosecha, los frutos fueron transportados al laboratorio de la Unidad de Investigación y Desarrollo en Alimentos del Instituto Tecnológico de Veracruz (UNIDA-Instituto Tecnológico de Veracruz), donde se realizaron los análisis postcosecha.

### Diseño experimental y análisis estadístico de datos

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar utilizando 14 tratamientos de sustratos con cuatro repeticiones (ver tabla 1), constituyendo la unidad experimental con dos plantas a las cuales se les evaluó la variable rendimiento y diámetro polar y ecuatorial de fruto (usando el total de frutos de la unidad experimental, separados en ocho fechas de corte). Mientras que para las pruebas fisicoquímicas en laboratorio se utilizaron como unidad experimental tres frutos por tratamiento, con cuatro repeticiones; y para las pruebas fisiológicas solo se evaluó un fruto por tratamiento con sus respectivas cuatro repeticiones.

Todos los datos fueron sometidos a un análisis de varianza de un solo factor y prueba de comparación de medias de Fisher ( $P \leq 0.05$ ) con ayuda del programa estadístico de computo Minitab v.16 y Sigma Plot v.14.

No.	Tratamiento
1	Tezontle
2	Tepezil
3	Lombricomposta
4	Composta
5	Bagazo
6	Cascarilla de café
7	Tezontle y Lombricomposta
8	Tezontle y Composta
9	Tepezil y Lombricomposta
10	Tepezil y Composta
11	Bagazo y Lombricomposta
12	Bagazo y Composta
13	Cascarilla y Lombricomposta
14	Cascarilla y Composta

**Tabla 1** Tratamientos de sustratos hidropónicos

El fruto utilizado fue jitomate tipo 'saladette' en estado de madurez de consumo, donde más del 90% de la superficie del fruto se presenta en color rojo.

### VARIABLES EVALUADAS

#### Pruebas físicas

- Rendimiento:** Fue determinado utilizando una báscula digital Torrey® con capacidad de 40 kg de acuerdo al corte habitual de los frutos, reportando los resultados en kg/planta.
- Medición del diámetro ecuatorial y polar del fruto:** Se utilizó un calibrador vernier digital con la unidad de medida en milímetros tomando las dimensiones de ancho y alto.
- Medición del color en cascara:** La medición fue realizada con un colorímetro MiniScan™ XE Plus, con tipo de fuente iluminante estandarizada D65. Se tomaron los valores de  $L^*$ ,  $a^*$  y  $b^*$  en las zona basal, media y proximal del fruto; con los valores se calculó el ángulo de tono o matiz ( $^{\circ}Hue$ ) y la saturación o intensidad del color (croma) con las siguientes formulas:  $^{\circ}Hue = \tan^{-1} b^*/a^*$  y  $Croma = (a^{*2} + b^{*2})^{1/2}$ .

Mientras que la luminosidad se obtuvo directamente con el colorímetro, (McGuire, 1992; MiniScan™ XE Plus, 1998). Los resultados se exhiben como el cálculo de la intensidad de luz ( $L = \% \text{ de luz reflejada}$ ; donde 100% es completamente blanco y 0% es completamente negro),  $a^*$  representa la intensidad del color verde o rojo y  $b^*$  la intensidad del color azul o amarillos.

- Resistencia de la cascara a la penetración:** La medición se realizó en la zona ecuatorial y transversal del fruto con un texturometro digital marca Guss FTA GS 25 aplicando una fuerza de compresión con una punta cónica de cinco milímetros de diámetro obteniendo tres lecturas en kg·F; se multiplico este valor por 9.807 para obtener el resultado de esta variable en Newtons (N).

#### Pruebas químicas

- Valor de pH:** Se determinó por medición directa en el jugo de la pupa del fruto empleando un potenciometro THERMO-ORION® modelo 5 STAR equipado con un electrodo de combinación de vidrio.
- Acidez titulable:** Se midió con titulaciones potenciométricas con NaOH al 0.1 N usando fenolftaleína como indicador en 1 gr de jugo colocándose en matraces de vidrio de 250 ml, más 50 ml de agua destilada y 3 gotas de fenolftaleína. La cantidad gastada se promedió con el duplicado y se usó una fórmula para calcular el porcentaje de acidez expresado como mili equivalentes de ácido. Cítrico anhidro (AOAC, 1990). Los resultados fueron reportados como porcentaje de ácido cítrico.

$$\% \text{ AT} = \left[ \frac{(mL \text{ g de NaOH})(N \text{ del NaOH})(0.006404)}{1 \text{ gr de jugo}} \right]$$

- Sólidos solubles totales:** Se determinó mediante un refractómetro ABBE® digital (LEICA MARK II) expresando el resultado en  $^{\circ}Brix$  como equivalente del contenido de sólidos solubles totales utilizando el jugo extraído de la pulpa del fruto.

## Pruebas fisiológicas

- a) Tasa de producción de etileno y CO<sub>2</sub>: Se determinó por cromatografía de gases de acuerdo con el método estático (Salveit y Yang, 1987). Se utilizó un cromatógrafo de gases Agilent modelo 7820A con columna Poraplot Q (#serie USF480715B, USA) de 15 m de largo con un diámetro de 0.32 mm con un flujo de 7 mL/min. Sus condiciones de operación fueron 100 °C en el horno, 150 °C en el inyector y 250 °C en el detector de ionización de flama (FID) y en el detector de conductividad térmica (TCD), usando como gas acarreador nitrógeno (N<sub>2</sub>) y para ignición de flama hidrogeno (H<sub>2</sub>) y aire comprimido.

## Resultados y discusión

### Pruebas físicas

#### Rendimiento

No se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) entre el rendimiento obtenido de los frutos de cada sustrato tal y como se muestra en la tabla 2, donde se presenta el rendimiento total (kg/planta) de la cosecha de frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico.

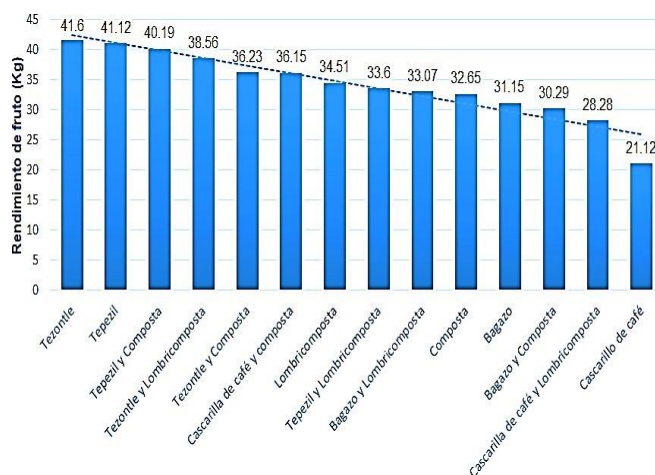
Tratamiento	Kg/planta
Tezontle	5.201 <sup>a</sup>
Tepezil	5.141 <sup>a</sup>
Lombricomposta	4.314 <sup>a</sup>
Composta	4.082 <sup>a</sup>
Bagazo	3.894 <sup>a</sup>
Cascarilla de café	3.395 <sup>b</sup>
Tezontle y Lombricomposta	4.821 <sup>a</sup>
Tezontle y Composta	4.529 <sup>a</sup>
Tepezil y Lombricomposta	5.302 <sup>a</sup>
Tepezil y Composta	5.024 <sup>a</sup>
Bagazo y Lombricomposta	4.135 <sup>a</sup>
Bagazo y Composta	3.787 <sup>a</sup>
Cascarilla y Lombricomposta	3.535 <sup>a</sup>
Cascarilla y Composta	4.520 <sup>a</sup>

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ )

**Tabla 2** Rendimiento total (kg/planta) de la cosecha de frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

El tratamiento bajo tepezil con lombricomposta, así como tezontle mostraron una tendencia a presentar los mayores valores promedio de rendimiento del fruto (5.302 y 5.201 kg/planta) respectivamente mientras que el tratamiento bajo la cascarilla de café presentó el menor valor promedio (3.395 kg/planta).

El rendimiento es afectado por el número de frutos por planta, el tamaño, el peso medio o peso total de los frutos; los cuales son criterios cuantitativos de la calidad. Los componentes que afectan el rendimiento involucran procesos fisiológicos relacionados con el crecimiento vegetativo y reproductivo, los cuales se relacionan con la fuente-demanda en diferentes fases del ciclo de vida de la planta (Baldomero, 2007). Los resultados obtenidos del rendimiento total de la cosecha de frutos de jitomate de cada uno de los sustratos hidropónicos evaluados, se muestran en la Figura 1.



**Figura 1** Rendimiento total de la cosecha de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

De acuerdo a la figura se observó que los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron el mayor rendimiento con 41.607 kg en total y los frutos bajo la cascarilla de café con 21.128 kg en total, el tratamiento con el menor rendimiento. Para determinar el rendimiento se debe hacer referencia al peso, ya que el rendimiento depende del peso que presenta el fruto. Para el productor, el peso le permite conocer los mejores rendimientos dependiendo del sustrato hidropónico elegido mientras que para el consumidor, el peso que presenta el fruto le permite ser o no aceptado, considerándolo así como un fruto de buena o mala calidad (Ortega, 2010).

El rendimiento puede ser afectado por el periodo de cosecha, control de riegos, la variedad del fruto o de la planta, la cual se puede presentar en variedades de crecimiento determinado y el estrés hídrico antes del corte (5-6 semanas), el cual tiene un efecto negativo sobre el peso y el color de fruto (Zarate, 2007).

#### Medición del diámetro ecuatorial y polar del fruto

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) tanto en el diámetro ecuatorial como en el diámetro polar del fruto tal y como se muestra en la tabla 3 donde se presenta el diámetro ecuatorial (cm) y diámetro polar (cm) de los frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado. De acuerdo con estos resultados, los frutos del tratamiento bajo la cascarilla con composta presentaron el mayor diámetro polar (6.79 cm) mientras que los frutos del tratamiento bajo el tezontle con composta presentaron el menor diámetro polar (6.13 cm).

En el diámetro ecuatorial, los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron el mayor diámetro ecuatorial (5.23 cm) mientras que los frutos del tratamiento bajo tezontle con composta presentaron el menor diámetro ecuatorial.

Tratamiento	Diámetro ecuatorial (cm)	Diámetro polar (cm)
Tezontle	5.23 <sup>a</sup>	6.57 <sup>abc</sup>
Tepezil	5.12 <sup>a</sup>	6.68 <sup>abc</sup>
Lombricomposta	4.81 <sup>bcd</sup>	6.38 <sup>cde</sup>
Composta	4.72 <sup>d</sup>	6.47 <sup>bcd</sup>
Bagazo	5.07 <sup>ab</sup>	6.77 <sup>ab</sup>
Cascarilla de café	4.76 <sup>cd</sup>	6.50 <sup>abcd</sup>
Tezontle y Lombricomposta	5.11 <sup>ab</sup>	6.44 <sup>cd</sup>
Tezontle y Composta	4.67 <sup>d</sup>	6.13 <sup>e</sup>
Tepezil y Lombricomposta	5.04 <sup>abc</sup>	6.22 <sup>de</sup>
Tepezil y Composta	4.81 <sup>bcd</sup>	6.44 <sup>cd</sup>
Bagazo y Lombricomposta	4.94 <sup>abcd</sup>	6.42 <sup>cde</sup>
Bagazo y Composta	4.76 <sup>cd</sup>	6.58 <sup>abc</sup>
Cascarilla y Lombricomposta	5.05 <sup>abc</sup>	6.67 <sup>abc</sup>
Cascarilla y Composta	4.97 <sup>abcd</sup>	6.79 <sup>a</sup>

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 3** Diámetro polar (cm) y diámetro (cm) de frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico

El tamaño del jitomate es determinado en base al diámetro ecuatorial que presenta, ya que es la primera apreciación al momento de consumir el fruto (Muñoz, 2010).

El tamaño del jitomate es afectado por factores fisiológicos como la maduración, despunte, poda de plantas, defoliación o por factores genéticos, donde su tamaño es variable debido a la variedad o al híbrido alcanzando diámetros de 3 a 16 cm. El tamaño del fruto puede ser afectado además por la temperatura, la actividad fotosintética, el porcentaje de humedad, el CO<sub>2</sub> y la radiación (Casierra et al., 2010).

El jitomate tipo saladette se clasifica en categorías de tamaño chico, mediano, grande y extra grande; El tamaño chico comprende valores aproximados en un diámetro ecuatorial de 2.5 cm y un diámetro polar de 3.4 cm, el mediano comprende valores aproximados de 3.5 cm en el diámetro ecuatorial y 4.4 cm en el diámetro polar, el grande comprende valores aproximados de 4.5 cm en el diámetro ecuatorial y 5.4 cm en el diámetro polar y el extra grande valores aproximados de 5.5 cm en el diámetro ecuatorial y 5.9 cm en el diámetro polar (Gamboa, 2013).

Los frutos de la mayoría de los sustratos evaluados presentaron tamaños de categoría grande y extra grande, lo cual los posiciona como frutos de primera y segunda calidad.

El tamaño del jitomate puede aumentar debido a la absorción mejorada de nutrientes que presenta el tipo de sustrato, la cual actúa en altas concentraciones interfiriendo en el ciclo biológico que experimenta la planta afectando posteriormente la calidad fisiológica del fruto, además de la adecuada retención de agua o humedad (Alarcón et al., 2018).

#### Medición de color en cascara y pulpa

En los atributos de color se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en el °Hue (tono o matiz), croma (intensidad o saturación del color) pero no en luminosidad tal y como se muestra en la tabla 4 que presenta las diferencias de color externo en frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	°Hue	Croma	% de Luminosidad
Tezontle	40.75 <sup>a</sup>	48.46 <sup>a</sup>	41.62 <sup>a</sup>
Tepezil	40.19 <sup>a</sup>	48.34 <sup>ab</sup>	40.8 <sup>abc</sup>
Lombricomposta	39.53 <sup>abc</sup>	45.77 <sup>cd</sup>	39.83 <sup>bcd</sup>
Composta	40.2 <sup>a</sup>	47.13 <sup>abc</sup>	40.34 <sup>abcd</sup>
Bagazo	38.33 <sup>bc</sup>	47.45 <sup>abc</sup>	40.95 <sup>abc</sup>
Cascarilla de café	38.25 <sup>bc</sup>	46.38 <sup>bc</sup>	39.09 <sup>d</sup>
Tezontle y Lombricomposta	40.15 <sup>a</sup>	48.09 <sup>ab</sup>	40.65 <sup>abcd</sup>
Tezontle y Composta	38.39 <sup>bc</sup>	46.94 <sup>abc</sup>	39.78 <sup>cd</sup>
Tepezil y Lombricomposta	40.28 <sup>a</sup>	47.25 <sup>abc</sup>	40.21 <sup>abcd</sup>
Tepezil y Composta	39.42 <sup>abc</sup>	47.97 <sup>ab</sup>	39.99 <sup>bcd</sup>
Bagazo y Lombricomposta	39.86 <sup>ab</sup>	46.4 <sup>bc</sup>	40.45 <sup>abcd</sup>
Bagazo y Composta	38.14 <sup>c</sup>	46.4 <sup>bc</sup>	40.45 <sup>abcd</sup>
Cascarilla y Lombricomposta	39.45 <sup>abc</sup>	48.02 <sup>ab</sup>	40.3 <sup>abcd</sup>
Cascarilla y Composta	40.37 <sup>a</sup>	44.27 <sup>d</sup>	40.63 <sup>abcd</sup>

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ )

**Tabla 4** Diferencias de color externo en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

Los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron el mayor tono con 40.75 °Hue mientras que los frutos del tratamiento bajo cascarilla con composta presentaron el menor tono con 38.14 °Hue.

El atributo de color °Hue conocido como tono, tinte, matiz es identificado en el jitomate bajo el color rojo-amarillo o verde amarillo; dicho atributo tiende a disminuir a medida que el fruto va madurando y cuando es almacenado pasa de una coloración verde-amarillenta a una coloración naranja (Gould citado por Baldomero, 2007).

Cuando más bajo es el valor de °hue, más rojo es el fruto; si el fruto presenta un valor de 115 °hue, el color de jitomate es verde sazón siendo el valor más alto mientras que si presenta un valor de 37 °hue entonces presenta un color rojo o sobre maduro (Cantwell & Kasmire, 2007).

Los frutos de seis tratamientos presentaron valores menores a 41.3 °hue, siendo frutos con color rojo listo para consumo mientras que los frutos de ocho tratamientos con valores mayores a 37 °hue fueron frutos con color rojo oscuro.

Los frutos del tratamiento bajo tezontle con 40.75 °hue presentando un valor menor a 41.3 °hue siendo frutos con color rojo listo para consumo mientras que los frutos del tratamiento bajo cascarilla con composta con 38.14 °hue con un valor mayor a 37 °hue fueron frutos con color rojo oscuro.

Los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron la mayor intensidad con 48.46 y los frutos del tratamiento bajo la cascarilla con composta presentaron la menor intensidad con 44.27.

Croma indica que tan puro e intenso es el color de un fruto en una escala de 0 a 100; donde este último valor expresa la mayor pureza (Patrón et al., 2012). En los resultados de la variación de croma, los frutos de la mayoría de los tratamientos presentaron valores entre 48 y 46, considerándolos como frutos con una pureza intermedia mientras que los frutos de los tratamientos con valores entre 45 y 44 son considerados como frutos con poca pureza, los frutos con valores cercanos a un valor de 50 expresan una pureza intermedia, por el contrario de los frutos con valores entre 44-45.

Croma no es un indicador adecuado de madurez del jitomate debido a que es una expresión de pureza para un color específico y que en el caso de este fruto, se presenta simultáneamente tanto en la degradación de clorofila como en síntesis de compuestos carotenoides. Los frutos del tratamiento bajo tezontle presentaron la luminosidad más alta con 41.62 % mientras de los frutos del tratamiento bajo cascarilla de café con 39.09 % presentaron la luminosidad más baja.

Los frutos de diez tratamientos incluyendo al tezontle, presentaron valores cercanos o menores a 41.8 %, ubicando al jitomate en la sexta categoría de acuerdo al color que presenta siendo el rojo, donde más del 90% de la superficie no es verde. El color del estado de desarrollo que presenta el fruto de acuerdo a este valor es un color rojo claro (light red) o rojo listo para consumo y los frutos restantes con valores mayores o menores a 39.6 % incluyendo a la cascarilla de café presentaron un color rojo oscuro o sobremaduro, ubicados de igual manera que los frutos anteriores con un color rojo (red) de acuerdo a su estado de desarrollo.

La luminosidad puede ser afectada por tres factores: el tiempo de conservación, el estado de maduración y temperatura.

#### Resistencia de la cascara a la penetración

Se encontraron diferencias altamente significativas ( $P \leq 0.001$ ) en la firmeza de los frutos de los sustratos tal y como se muestra en la tabla 5 se muestra la resistencia de la cascara a la penetración de los frutos de jitomate con relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	Firmeza (Newtons)
Tezontle	25.091 <sup>bcd</sup>
Tepezil	22.639 <sup>de</sup>
Lombricomposta	25.848 <sup>abcd</sup>
Composta	22.401 <sup>de</sup>
Bagazo	26.772 <sup>abc</sup>
Cascarilla de café	23.678 <sup>cde</sup>
Tezontle y Lombricomposta	27.359 <sup>ab</sup>
Tezontle y Composta	23.708 <sup>cde</sup>
Tepezil y Lombricomposta	20.243 <sup>e</sup>
Tepezil y Composta	25.037 <sup>bcd</sup>
Bagazo y Lombricomposta	22.382 <sup>de</sup>
Bagazo y Composta	28.692 <sup>a</sup>
Cascarilla y Lombricomposta	22.749 <sup>de</sup>
Cascarilla y Composta	23.541 <sup>cde</sup>

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 5** Resistencia de la cascara a la penetración (N) en frutos de jitomate en al relación al tipo de sustrato hidropónico

En los resultados se observa que los frutos de tratamiento bajo bagazo con composta registraron la mayor firmeza (28.692 N) mientras que los frutos del tratamiento bajo tepezil con lombricomposta registraron la menor firmeza (20.243 N).

La firmeza del jitomate depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto (Hernández, 2013).

La firmeza que presenta el jitomate está relacionada además con el grado de madurez y puede estar influenciada por el clima, la variedad del fruto y las condiciones de cultivo (Carrari et al., Ruedas citado por Alarcón 2013).

El jitomate en base a la firmeza que presenta es clasificado en varias categorías desde muy firme a blando; un fruto muy firme presenta una firmeza de 30 a 50 N, un fruto firme 20 a 30 N, un fruto moderadamente firme 15 a 20 N, un fruto moderadamente blando 10 a 15 N y un fruto blando 10 N. (Rivero et al., 2013).

Los frutos de la mayoría de los tratamientos generalmente presentaron una firmeza con valores de 20 a 30 N, considerándolos como frutos firmes.

En los frutos con valores con menores firmezas, Navarro et al., (2012) señalan que algunos de los factores que afectan firmeza del fruto es la transpiración, la cual ocasiona pérdida de agua y escasa fuente de suministro (planta madre), por lo cual el fruto pierde turgencia y firmeza, indicando además que otros factores por los que no hay una adecuada firmeza es por la falta de riego provocando el escaso contenido de nutrientes y retención de los mismos presentes en el sustrato.

La firmeza es afectada por la salinidad que puede estar presentada en el sustrato; la cual debido a una mayor actividad de las enzimas encargadas de la degradación de la pared celular como por el aumento del pH causan el bloqueo del calcio disponible para las plantas, siendo este elemento indispensable en la firmeza del fruto (Lara citado por San Martín et al., 2012).

La pérdida de firmeza es causada por la celulasa, pectinesterasa y poligacturonasa, siendo la última la que mejor se correlaciona con el ablandamiento ya que su concentración se incrementa con su maduración.

#### Pruebas químicas

##### Valor de pH

No se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) con respecto al pH en función al tipo de sustrato evaluado tal y como se muestra en la tabla 6 donde se presenta la variación de pH de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	pH
Tezontle	4.2783 <sup>a</sup>
Tepezil	4.2767 <sup>a</sup>
Lombricomposta	4.2425 <sup>a</sup>
Composta	4.2633 <sup>a</sup>
Bagazo	4.2208 <sup>a</sup>
Cascarilla de café	4.2992 <sup>a</sup>
Tezontle y Lombricomposta	4.2200 <sup>a</sup>
Tezontle y Composta	4.0767 <sup>b</sup>
Tepezil y Lombricomposta	4.1745 <sup>ab</sup>
Tepezil y Composta	4.2250 <sup>a</sup>
Bagazo y Lombricomposta	4.2008 <sup>ab</sup>
Bagazo y Composta	4.1950 <sup>ab</sup>
Cascarilla y Lombricomposta	4.1683 <sup>ab</sup>
Cascarilla y Composta	4.2267 <sup>a</sup>

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 6** Variación de pH en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

Los frutos del tratamiento bajo la cascarilla de café presentaron el mayor pH promedio con 4.2992 por el contrario del tratamiento bajo el tezontle con composta con 4.0767. El pH del jugo de la mayoría de los frutos de los sustratos presentaron un valor situado en 4 considerado aceptable, ya que el pH debe situarse entre 4 y 4.8 (Alarcón, 2014).

El pH del fruto aumenta con la maduración y con el tiempo de almacenamiento; un fruto fresco presenta un pH de 4.17 a 4.59 y un fruto utilizado en el área industrial presenta un pH de 4.4. El pH aumenta al crecer el fruto siendo más bajo en los estados iniciales de desarrollo y afectado por el estado de maduración.

El incremento del pH en el fruto varias veces se debe a que los ácidos de reserva presentes en las vacuolas de las células del fruto son transformados por la propia célula a azúcares, los cuales son utilizados para la respiración ocasionando una disminución de acidez y un aumento en el pH del fruto (Baldomero, 2007).

En los sustratos evaluados, el uso del tezontle para el cultivo de jitomate es una opción factible ya que presenta un resultado aceptable en el pH el fruto; al igual que el tepezil, composta y cascarilla de café por el contrario del tezontle combinado con la composta; ya que los frutos bajo estos sustratos presentan un valor de pH no muy favorable.

## Acidez titulable

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ) en los frutos de los sustratos. En la tabla 7 se presenta la variación de la acidez titulable de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico evaluado.

Tratamiento	Acidez titulable (% de ácido cítrico)
Tezontle	0.10933 <sup>c</sup>
Tepezil	0.13600 <sup>ab</sup>
Lombricomposta	0.13333 <sup>ab</sup>
Composta	0.12533 <sup>bc</sup>
Bagazo	0.13333 <sup>ab</sup>
Cascarilla de café	0.12800 <sup>bc</sup>
Tezontle y Lombricomposta	0.13600 <sup>ab</sup>
Tezontle y Composta	0.12267 <sup>bc</sup>
Tepezil y Lombricomposta	0.13673 <sup>ab</sup>
Tepezil y Composta	0.12800 <sup>bc</sup>
Bagazo y Lombricomposta	0.13333 <sup>ab</sup>
Bagazo y Composta	0.13067 <sup>b</sup>
Cascarilla y Lombricomposta	0.15200 <sup>a</sup>
Cascarilla y Composta	0.12533 <sup>bc</sup>

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ ).

**Tabla 7** Variación de la acidez titulable en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

En los resultados se observa que los frutos del tratamiento bajo la cascarilla con composta registraron el mayor porcentaje de acidez (0.15200 %) por el contrario de los frutos bajo el tezontle (0.10933%) con el menor porcentaje.

La acidez es una característica sensorial relacionada con los cambios que sufren las frutas durante la maduración y senescencia siendo considerada como un índice de cosecha para varias especies (Baldomero, 2007).

El jitomate presenta un valor de acidez situado generalmente entre 0.25% a 0.35%, el cual es calculado como porcentaje de ácido cítrico. En el jitomate saladette, el valor de acidez que presenta es de 0.24 0.32% (Hernández, (2013).

Los resultados de los frutos de los sustratos hidropónicos no mostraron valores similares a los reportados anteriormente.



La disminución de acidez que experimentan los frutos durante la maduración siendo vista en los resultados de los frutos con menor acidez se debe a una intensa actividad metabólica originada por la actividad de ciertas enzimas respiratorias provocando el desdoblamiento de biomoléculas complejas (polisacáridos de reserva y estructurales, proteínas y lípidos) dando origen a azúcares más simples, aminoácidos, ácidos grasos y alcoholes polihidroxilados, los cuales se convierten en ácidos orgánicos de reserva que son consumidos durante la respiración (Alarcón, 2013).

Un factor que puede influir en el caso de los frutos cosechados bajo el tezontle, es el tamaño de partícula que presenta, el cual causa pérdidas de humedad y fertilizantes generando alcalinidad y salinidad en el sustrato afectando a la planta y por consiguiente al fruto (San Martín, 2012).

#### Sólidos solubles totales

Se encontraron diferencias significativas ( $P \leq 0.05$ ). En la tabla 8 se presenta la variación del contenido de sólidos solubles de los frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato evaluado.

Tratamiento	Sólidos solubles totales (Brix)
Tezontle	4.0833 <sup>c</sup>
Tepezil	3.9917 <sup>c</sup>
Lombricomposta	4.7833 <sup>a</sup>
Composta	4.2167 <sup>c</sup>
Bagazo	4.3833 <sup>abc</sup>
Cascarilla de café	4.6667 <sup>ab</sup>
Tezontle y Lombricomposta	4.2333 <sup>c</sup>
Tezontle y Composta	4.2333 <sup>c</sup>
Tepezil y Lombricomposta	4.1636 <sup>c</sup>
Tepezil y Composta	4.1417 <sup>c</sup>
Bagazo y Lombricomposta	4.1583 <sup>c</sup>
Bagazo y Composta	4.0250 <sup>c</sup>
Cascarilla y Lombricomposta	4.0833 <sup>c</sup>
Cascarilla y Composta	4.2667 <sup>bc</sup>

\*Medias con la misma letra son estadísticamente iguales de acuerdo a la prueba de Fisher ( $P \leq 0.05$ )

**Tabla 8** Variación del contenido de sólidos solubles en frutos de jitomate en relación al tipo de sustrato hidropónico

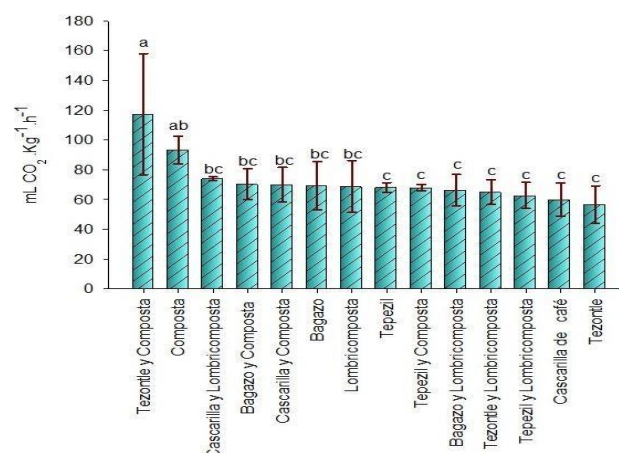
En los resultados obtenidos, los frutos del tratamiento bajo la lombricomposta registraron el mayor contenido de sólidos solubles totales con 4.7833°Brix por el contrario de los frutos bajo el tepezil con el menor contenido con 3.9917°Brix.

El contenido de sólidos solubles totales que presenta el jitomate generalmente se sitúa entre 3.5 y 7.0 °Brix, dependiendo de la variedad; en el periodo de madurez comercial el jitomate posee un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix siendo relacionado con su aroma y sabor óptimos. El jitomate tipo saladette híbrido el Cid, presenta un contenido de sólidos solubles situado en 4.1, 4.5, 4.4 y 4.6 °Brix. (Martínez et al., 2018). La mayoría de los frutos de cada sustrato tuvieron un contenido de sólidos solubles aceptable, ya que el jitomate debe poseer un contenido de sólidos solubles entre 4 y 6 °Brix. Factores que pueden modificar el contenido de azúcares del jitomate, es la poca retención de nutrientes que presenta el sustrato; cuando solución nutritiva es suministrada al fruto si no se recibe correctamente, produce una reducción del flujo de agua hacia el fruto ocasionando estrés por sales osmóticas produciendo una acumulación activa de solutos, causando efectos negativos en las variables de calidad del jitomate tales como la reducción de su tamaño, un aumento de pH y la disminución en el contenido de azúcares (Navarro et al., 2012).

#### Pruebas fisiológicas

##### Velocidad de respiración

Se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). En la figura 2 se muestra el Comportamiento de la velocidad de producción de CO<sub>2</sub> de los frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico ordenando los resultados descendientemente para apreciar el tratamiento con la mayor y menor velocidad.



\*\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes y aquellas que tienen letras distintas son estadísticamente diferentes

**Figura 2** Comportamiento de la velocidad de producción de CO<sub>2</sub> de los frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico.

En los resultados obtenidos, los frutos del tratamiento bajo tezontle con composta registraron la mayor tasa de respiración de CO<sub>2</sub> (117.97 mL de CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) mientras que los frutos bajo tezontle registraron la menor tasa de respiración (56.58 mL de CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>).

El jitomate tiene un comportamiento respiratorio tipo climatérico con una intensidad relativamente elevada (10, 15, 22, 35 y 43 mg CO<sub>2</sub>/kg h a temperaturas de 5, 10, 15, 20 y 25°C, respectivamente (Hernández, 2013).

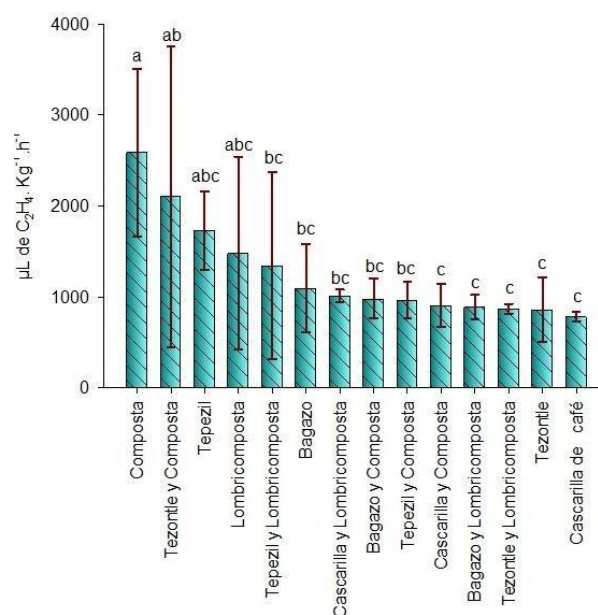
No se obtuvieron resultados semejantes; ya que las unidades de este trabajo se reportaron en mL de CO<sub>2</sub>.kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>). Los frutos de los sustratos hidropónicos evaluados que presentaron los valores elevados en la tasa de respiración siendo los frutos cultivados bajo el tezontle y composta, composta y cascarilla con lombricomposta presentaron una característica de los frutos climatéricos.

Un fruto climatérico continua su maduración después ser cortado y presenta un incremento en la respiración o pico climatérico después de alcanzar la madurez fisiológica, el cual es prolongado hasta la senescencia del fruto, lo que caracteriza a frutos de este tipo, siendo esto visto en los resultados en el comportamiento de la velocidad de respiración del jitomate siendo un fruto climatérico mientras que los frutos no climatéricos presentan bajas tasas de producción de CO<sub>2</sub> durante la madurez (Bolívar, Saucedo y Sauri, 2011).

Entre los factores que afectan la intensidad respiratoria del jitomate se encuentran la cantidad de azúcares, el grado de madurez, la estructura de la piel, el tamaño y la forma del fruto, la composición química del tejido que determina la solubilidad del oxígeno y del dióxido de carbono que como factores internos y la temperatura, la disponibilidad del etileno, oxígeno, dióxido de carbono y reguladores de crecimiento o el estrés hídrico presentado en el fruto como factores externos; todo esto en relación a los frutos de cada sustrato hidropónico evaluado (Salgado & Martínez, 2006).

### Tasa de producción de etileno

No se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ). En la figura 3 se muestra el Comportamiento de la velocidad de producción de etileno de los frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico ordenando los resultados descendientemente para apreciar el tratamiento con la mayor y menor velocidad.



\*Medias con la misma letra no son significativamente diferentes y aquellas que tienen letras distintas son estadísticamente diferentes

**Figura 3** Comportamiento de la velocidad de producción de etileno en frutos de jitomate en relación al sustrato hidropónico

En los resultados obtenidos los frutos del tratamiento bajo la composta registraron la mayor producción (2583.9 µL de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>) mientras que los frutos bajo la cascarilla de café registraron la menor producción (783.5 µL de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup>).

El jitomate tiene una producción moderada con un rango de 1,0- 10,0 µL de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> a una temperatura de 20 °C y 5-8 µL de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> a 12°C y de 3 a 10 µL de etileno/ Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> a 20°C (Hernández, 2013).

De los valores de la producción de etileno reportados anteriormente ninguno de los frutos de los sustratos evaluados presentó valores similares a los obtenidos en este trabajo.

Los factores que pueden afectar la tasa de producción de etileno son la nutrición vegetal asimilada por el sustrato, la cual debe ser adecuada y equilibrada siendo esencial para el desarrollo de la planta y para la calidad del fruto,

Las deficiencias, excesos o desequilibrios de nutrientes pueden limitar la vida del fruto siendo el nitrógeno, fósforo y potasio; estos elementos pueden variar debido a tipo del sustrato utilizado para el cultivo (Salgado & Martínez, 2006).

### Conclusiones

Los frutos de los sustratos presentaron tamaños de categoría grande y extra grande siendo frutos de primera y segunda calidad. El tezontle, bagazo y tepezil presentaron en el fruto mayores tamaños. Todo lo contrario ocurrió para composta, cascarilla de café y tezontle con composta. El tepezil, composta y tepezil con lombricomposta afectaron la firmeza del fruto por el contrario del bagazo, tezontle con lombricomposta y bagazo con composta. Los frutos de los sustratos se considerados frutos firmes por presentar una firmeza de 20 a 30 N.

El contenido de sólidos solubles de los frutos bajo la lombricomposta, cascarilla de café y bagazo presentaron 4.78, 4.66 y 3.38 °Brix respectivamente mientras que los frutos bajo el tepezil, tezontle, bagazo con composta y cascarilla con lombricomposta presentaron 3.99, 4.08, 4.02 °Brix respectivamente

El pH de los frutos de los sustratos en general presentó un valor de 4, considerado aceptable ya que pH del jugo del fruto se sitúa entre 4 y 4.8. Los frutos de los sustratos en general no presentaron valores a los presenta generalmente el fruto siendo de 0.25% -0.35% o 0.24 a 0.32%, en el caso del jitomate tipo saladette.

Las producciones de etileno y CO<sub>2</sub> de los frutos de los catorce sustratos evaluados no presentaron valores semejantes a los presentados en las tasas de respiración y producción de etileno del jitomate, comúnmente ya que el fruto tiene una producción moderada de etileno en un rango de 1,0- 10,0 μL de C<sub>2</sub>H<sub>4</sub>. Kg<sup>-1</sup>.h<sup>-1</sup> a una temperatura de 20 °C y una producción de CO<sub>2</sub> relativamente elevada (10, 15, 22, 35 y 43 mg CO<sub>2</sub>/kg h a temperaturas de 5, 10, 15, 20 y 25°C.

El tezontle tepezil, cascarilla de café son las opciones más factibles para el productor y para el consumidor en cuanto al cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum*) tipo saladette Hidropónico favoreciendo algunos parámetros de calidad; sustratos tales como tezontle con composta, tepezil con lombricomposta, bagazo con composta, cascarilla con lombricomposta y cascarilla con composta son otras opciones a considerar para el cultivo. La lombricomposta, bagazo, tepezil con lombricomposta, tepezil con composta y bagazo con lombricomposta son las opciones menos factibles quedando descartados.

### Referencias

Alarcón, A. (2013). Calidad postcosecha del tomate (*solanum lycopersicum L.*) cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Universidad Politécnica de Madrid. Retrieved from [http://oa.upm.es/21908/1/ALEJANDRO\\_ALARCON\\_ZAYAS.pdf](http://oa.upm.es/21908/1/ALEJANDRO_ALARCON_ZAYAS.pdf)

Alarcón, A., Barreiro, P., & Boycet, T. (2018). Influencia de ácidos húmicos en indicadores bioquímicos y físico-químicos de la calidad del tomate, (April).

Alarcón, R. (2014). Evaluación de tomate (*lycopersicom esculentum Mill.*) con diferentes niveles de compost como sustrato orgánico en invernadero. Igarss 2014. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro Unidad Laguna. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>

Baldomero, N. (2007). Producción de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill.*) hidropónico con sustratos bajo invernadero. Instituto Politécnico Nacional. Centro. Retrieved from <http://www.cic.ipn.mx/sitioCIC/images/sources/cic/tesis/B020892.pdf>

Bolívar, N., Saucedo, C., & Sauri, E. (2011). Respiration and related parameters of maturation in harvested Chicozapote in the Yucatan Peninsula. Rev. Bras. Frutic, 261–266. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011005000032>

Cantwell, M., & Kasmire, R. (2007). Capítulo 33. Sistemas de manejo post cosecha: hortalizas de frutos en tecnología post cosecha de cultivos hortofrutícolas (pp. 457–474). <https://doi.org/10.1111/j.1540-6261.2008.01328.x>

DEL ANGEL-CORONEL, Oscar Andrés, JIMENEZ-HERNANDEZ, Magdalena, LOPEZ SERRANO, Salomón y LOPEZ-ROJAS, Jairo Armando. Efecto del sustrato hidropónico sobre los atributos de calidad fisicoquímica y fisiológica de frutos de jitomate (*Solanum lycopersicum* var. saladette). Revista del Desarrollo Tecnológico. 2019

- Casierra, Fánor Álvarez, Óscar Luque, N. (2010). Calidad de frutos en tomate (*Solanum lycopersicum* L. cv. Rocío) producidos bajo coberturas reflectiva y plástica, 4(1), 67–80.
- De la Rosa, Penélope, Herrera, I. (2015). La producción hidropónica ¿una alternativa alimentaria en espacios urbanos? Universidad Autónoma del Estado de México.
- Gamboa, L. (2013). “aplicación poscosecha de selenio en frutos de tomate y tomatillo y su efecto en la calidad nutricional, potencial antioxidante y comportamiento poscosecha.” Universidad Autónoma Agraria “Antonio Narro.”
- Hernández, J. (2013). Caracterización físico-química y microbiológica del tomate margariteño (*Lycopersicon esculentum* var. España) y evaluación de la efectividad de tratamientos de pre-ensado para el incremento de su vida comercial a temperatura ambiente. Tesis Doctoral. Universidad de Córdoba. Universidad de Córdoba.
- Intagri. (2009). La Caracterización de los sustratos para la horticultura. , Instituto Para Innovación Tecnológica En La Agricultura. Retrieved from intagri.com
- Martinez, O., Chulim, Á., Cruz, E., & Garcia, J. (2018). Influencia del riego y sustrato en el rendimiento y calidad de tomate. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, 8(1), 53. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i1.71>
- Muñoz, A. (2010). Sistema para clasificación de jitomates basado en metrología laser y algoritmos computacionales. Retrieved from <https://bibliotecas.cio.mx/tesis/14607.pdf>
- Navarro, E. et al. (2012). Calidad post cosecha en frutos de tomate hidropónico producidos con agua residual y de pozo. Revista Chapingo Serie Horticultura, XVIII(3), 263–277. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2009.11.097>
- Ortega, L. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate bajo condiciones de invernadero. Universidad Autónoma Indígena de México, 6, 339–346. Retrieved from [www.redalyc.org](http://www.redalyc.org)
- Patrón, C., Montes, A., Oropeza, R., & Patrón, G. (2012). Determinación del color en epicarpio de tomates (*lycopersicum esculentum* mill.) con sistema de visión computarizada durante la maduración. Agronomía Costarricense (Vol. 35). Retrieved from [www.cia.ucr.ac.cr](http://www.cia.ucr.ac.cr)
- Rivero, M., Quiroga, M., González, O., & Moraga, L. (2013). Postcosecha de tomate. Control de calidad. VI. Retrieved from [https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha\\_n\\_6\\_-\\_control\\_de\\_calidad.pdf](https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-ficha_n_6_-_control_de_calidad.pdf)
- SAGARPA. (2010). Monografía de cultivos. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- San Martin, Cesar Ordaz, Víctor Sánchez, Prometeo Colinas, Beril León, María Borges, L. (2012). Calidad de tomate (*Solanum Lycopersicum* L.) producido en hidroponía con diferentes granulometrías de tezontle.
- Salgado, T., & Martinez, R. (2006). Relación entre la intensidad respiratoria y las propiedades fisicoquímicas del banano
- Sañudo, R. (2013). *El cultivo de tomate (lycopersicon esculentum mill.) y el potencial endofítico de diferentes aislados de beauveria bassiana*. Universidad Autónoma Indígena de México.
- SIAP, S. (2017). *Atlas Agroalimentario 2017*. Obtenido de [www.gob.mx/siap](http://www.gob.mx/siap): <http://online.pubhtml5.com/clsi/ibhs/#p=3>
- Zarate, N. (2007). *Producción de tomate (lycopersicon esculentum mill.) hidropónico con sustratos, bajo invernadero*. Instituto Politécnico Nacional.