

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO



DESEMPEÑO AGRONÓMICO Y ADAPTABILIDAD DE TOMATES HEIRLOOM  
EN INVERNADEROS DE MEDIANA TECNOLOGÍA

**Tesis**

Que presenta ALVARO GARCÍA LEÓN  
como requisito parcial para obtener el Grado de  
DOCTOR EN CIENCIAS EN AGRICULTURA PROTEGIDA


Saltillo, Coahuila

Junio 2018

DESEMPEÑO AGRONÓMICO Y ADAPTABILIDAD DE TOMATES HEIRLOOM  
EN INVERNADEROS DE MEDIANA TECNOLOGÍA

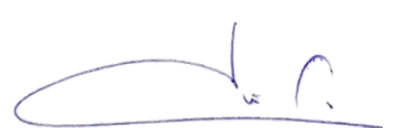
Tesis

Elaborada por ALVARO GARCÍA LEÓN como requisito parcial para obtener el  
Grado de Doctor en Ciencias en Agricultura Protegida con la supervisión y  
aprobación del Comité de Asesoría



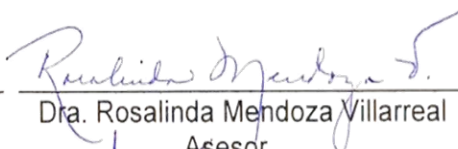
---

Dr. Valentín Robledo Torres  
Asesor Principal



---

Dr. Luis Alonso Valdez Aguilar  
Asesor



---

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Asesor



---

Dr. Antonio Juárez Maldonado  
Asesor



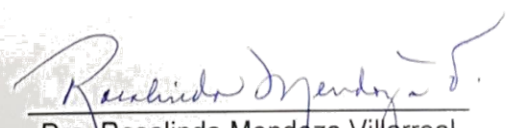
---

Dr. Karim de Alba Romenus  
Asesor



---

Dra. Francisca Ramírez Godina  
Asesor



---

Dra. Rosalinda Mendoza Villarreal  
Subdirectora de Postgrado  
UAAAN

Saltillo, Coahuila

Junio 2018

## **Agradecimiento**

Mi más sincero y profundo agradecimiento a la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por aceptarme y permitirme realizar satisfactoriamente mis estudios de doctorado en el Departamento de Horticultura.

Agradezco a mi comité de asesores por el gran apoyo brindado para el desarrollo y culminación de este trabajo de investigación doctoral. A mi asesor principal Dr. Valentín Robledo Torres, por su gran apoyo de inicio a fin de este trabajo, a los Drs. Luis A. Valdez Aguilar, Rosalinda Mendoza Villarreal, Antonio Juárez Maldonado, Karim de Alba Romenus y Francisca Ramírez Godina por sus clases, su tiempo y consejos oportunos para la realización de este trabajo de investigación.

Gracias al Departamento de Posgrado de la UAAAN por su apoyo en los trámites administrativos que se requirieron en esta etapa educativa, estancias, congresos, conferencias.

Gracias al Departamento de Horticultura de la UAAAN, al personal del área de invernaderos por la ayuda que siempre brindaron para la realización de este trabajo.

Gracias a Cony Tello Quintero por su disposición, apoyo y amabilidad durante mi estancia en el programa.

Gracias a mis compañeros y compañeras que ofrecieron su tiempo y consejos en los diferentes cursos, estancias, ponencias y seminarios que llevamos, especialmente a mis compañeros de generación Francisco Alonso Gordillo y Oscar Guajardo.

Gracias a CONACYT por su beca económica, que permitió realizar y concluir a plenitud los estudios de doctorado en esta Universidad.

## **Dedicatoria**

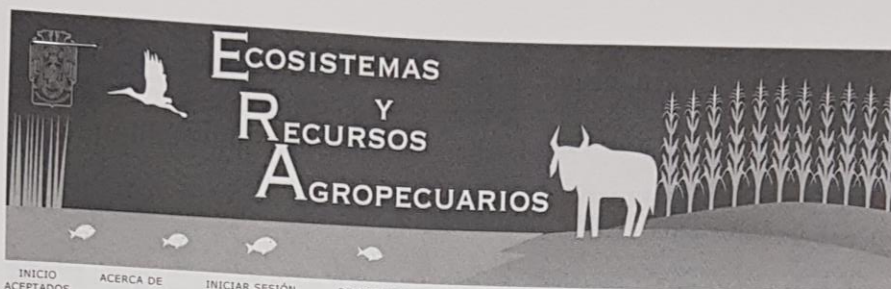
A mí amada familia Wendy García, Alba Damary, Dulce Isabel y Mateo Alejandro, por ser el motor de mi vida y la razón para seguir superándome cada día los amo con todo mi corazón.

A mis Padres, que me dieron la vida, amaron, educaron y alentaron a seguir siempre adelante, gracias por todos sus sacrificios no tengo como pagarles los amo.

A mis amados hermanos, por la gran unión y apoyo que siempre hemos tenido en cada etapa de la vida.

A mis amigos, que incondicionalmente dieron su apoyo hasta el final, gracias por su gran amistad.

# Cartas de Aceptación de Artículos



INICIO ACERCA DE INICIAR SESIÓN REGISTRARSE BUSCAR ACTUAL ARCHIVOS AVISOS ARTICULOS

Inicio > Archivos > Vol. 5, Núm. 14 (2018)  
**Vol. 5, Núm. 14 (2018)**

## Tabla de contenidos

### ARTÍCULOS CIENTÍFICOS

- Relación del ácido naftalenácetico en componentes de calidad de melón Cantaloupe (*Cucumis melo* L.)  
 Felipe Enrique Menchaca-Ceja, Leopoldo Partida-Ruvalcaba, Alejandro Manelik López-García, Carlos Enrique All-Catzim, Rosario Esmeralda Rodríguez-González, Cristina Ruiz-Alvarado, Manuel Cruz-Villegas
- Caracterización de vermicompostas y su efecto en la germinación y crecimiento de *Capsicum chinense* Jacquin  
 Jesse Joel Edson David Santoya, Regino Gómez Álvares, Aarón Jarquín Sánchez, Gilberto Villanueva López
- Bacteriófagos en el control biológico de *Pseudomonas syringae* pv. phaseolicola agente causal del tizón de halo del frijol  
 Evangelina Esmeralda Quiñones-Aguilar, Alfredo Reyes-Tena, Luis Guillermo Hernández-Montiel, Gabriel Rincón Enriquez
- Densidad radical y tipos de suelos en los que se produce café (*Coffea arabica* L.) en Chiapas, México  
 Raul Gómez González, David Jesús Palma López, José Jesús Obrador Olán, Octavio Ruiz Rosado
- Biomasa aérea y ecuaciones alométricas en un cafetal en la Sierra Norte de Oaxaca  
 Mayra Atali Terán-Ramírez, Gerardo Rodríguez-Ortiz, José Raymundo Enriquez-del Valle, Vicente Arturo Velasco-Velasco
- Análisis de la fragmentación del paisaje de la Reserva de la Biosfera Los Tuxtlas, Veracruz, México  
 Valeria Vega-Vela, Carlos Alfonso Muñoz-Robles, Ernesto Rodríguez-Luna, Juan Carlos López-Acosta, Ricardo Serna Lagunes
- Effects of temperature and salinity on inducing spawning in the eastern oyster (*Crassostrea virginica*) under laboratory conditions  
 Antonio Magaña Carrasco, Nancy Patricia Brito Manzano, Armando Gómez Vázquez, Aldenamar Cruz-Hernández
- Production and chemical composition of hydrophytes cultivated in aquaponics  
 Alicia del Rosario Martínez-Yáñez, Pedro J. Albertos-Alpuche, Rafael Guzman-Mendoza, Lidia E. Robaina-Robaina, Alfonso Alvarez-Gonzalez, Daniel Diaz-Plascencia
- Parámetros bioquímicos y hematológicos en ovinos de pelo con y sin sombra bajo condiciones desérticas  
 Arnulfo Vicente-Pérez, Leonel Avendaño-Reyes, Rubén Barajas-Cruz, Ulises Macías-Cruz, Abelardo Correa-Calderón, Ricardo Vicente-Pérez, José Luis Corrales-Navarro, Juan Eulogio Guerra-Liera
- El comercio de aves silvestres en la ciudad de Mérida, Yucatán, México  
 Linda Rosana González Herrera, Juan Bautista Chablé Santos, Willan De Jesús Aguilar Cordero, Pablo Manrique Salde
- Tasa de sedimentos en suspensión por efectos de un vertedor lateral en un río de planicie  
 Roberto Rodríguez-Bastarmérito, Juan Arcadio Saiz-Hernández, Dagoberto Burgos-Flores, Victor Hugo Guerra-Cobian, Lilliana Lizarraga-Mendiola, Ruperto Ortiz-Gómez
- Hydrodynamics and measurement of natural currents in a plain river using acoustic Doppler equipment  
 Gaston Priego-Hernández, Héctor Rubio-Arias, Fabián Rivera-Trejo

### NOTAS CIENTÍFICAS

- Producción de variedades tradicionales de tomate con acolchado en invernadero  
 Alvaro García-León, Valentín Robledo-Torres, Rosalinda Mendoza-Villarreal, Francisca Ramírez-Godina, Luis Alonso Valdez-Aguilar, Francisco Alfonso Gordillo-Melgoza
- Evidencia de una proteína de reserva vegetativa de 20 kDa en raíz de nogal (*Carya illinoensis* Koch) durante la etapa de letargo  
 Daniel Alejandro Espino-Castillo, Luis Manuel Valenzuela-Nuñez, Juan Porfirio Legaria-Solano, Edwin Amir Briceño-Contreras, Juan Ramón Esparza-Rivera, Geremias Rodríguez-Bautista, Cristina García-de-la-Peña
- Control químico del ácaro rojo de las palmas *Raoiella indica* Hirst (Acari: Tenuipalpidae)  
 Azalia Correa-Méndez, Rodolfo Osorio-Osorio, Luis Ulises Hernández-Hernández, Efraín de la Cruz-Lázaro, César Márquez-Quiroz, Rosa Ma. Salinas-Hernández
- Efecto del grupo genético sobre características de la curva de lactación ovina  
 Juan Carlos Ángeles-Hernández, Araceli Guerrero-Loredo, Diana Arely Solís-Guzmán, Aurora Hilda Ramírez-Pérez, Sergio Ángeles-Campos, Manuel González-Ronquillo

GUÍA PARA EL AUTOR  
 CODIGO DE ÉTICA

IDIOMA  
 Escoge idioma  
 Español (Español)

USUARIO/A  
 Nombre de usuario/a   
 Contraseña   
 No cerrar sesión

Servicio de ayuda de la revista

NOTIFICACIONES  

- Vista
- Suscribirse

CONTENIDO DE LA REVISTA  
 Buscar   
 Ámbito de la búsqueda  
 Todo

Examinar  

- Por número
- Por autor/a
- Por título

TAMAÑO DE FUENTE

INFORMACIÓN  

- Para lectores/as
- Para autores/as
- Para bibliotecarios/as

PALABRAS CLAVE

*Yo soy el autor*  
*13-Jun-2018*

*Comoc + Publicado*

## **Fwd: [Rev Bio Ciencias] Acuse de recibo de envío**

----- Mensaje enviado -----

De: **Dr. Manuel Iván Girón Pérez** <[revistabiociencias2@gmail.com](mailto:revistabiociencias2@gmail.com)>

Fecha: 12 de junio de 2018, 00:35

Asunto: [Rev Bio Ciencias] Acuse de recibo de envío

Para: Hola Valentin Robledo Torres <[robledo3031@gmail.com](mailto:robledo3031@gmail.com)>

Hola Valentin Robledo Torres:

Estimado Autor, por este medio hago constar que recibimos el manuscrito titulado, "Tomates heirloom cultivados con acolchado plástico de colores en invernadero de mediana tecnología" en la oficina editorial de la Revista Bio Ciencias. La cual actualmente está indexada en la base de datos de Revistas CONACyT, así como en la Web of Science (Emerging sources)-Thomson Reuters.

Con nuestro sistema de gestión de revistas en línea, podrá iniciar sesión en el sitio web de la revista y hacer un seguimiento de su progreso a través del proceso editorial:

URL del manuscrito:

<http://revistabiociencias.uan.edu.mx/index.php/BIOCIENCIAS/author/submission/525>

Nombre de usuario/a: robledo3031ts

Es importante que los autores estén conscientes, que a partir de este momento, el manuscrito remitido iniciará un proceso que consta en los siguientes pasos:

1) La oficina Editorial revisará que su manuscrito esté en el formato conforme a lo establecido en las instrucciones para autor. En caso de que no cumpla con los requisitos, el artículo no pasará al proceso de arbitraje. Lo cual se le comunicará en breve.

2) UNA VEZ QUE EL ARTÍCULO SEA ACEPTADO (aplica para los artículos recibidos a partir del 15 de marzo de 2018). Los autores complementarán el envío en los dos idiomas (español/inglés), o bien deberán declarar que desean la realización de traducción de un idioma a otro por parte de nuestros peritos certificados, los cuales mantendrán contacto directo con los autores para el proceso de traducción, mismo que tendrá un costo aproximado de \$100 USD. NOTA: Es importante mencionar que Revista Bio Ciencias es un foro de Acceso Abierto, no se realizan cargos por el procesamiento de artículos (APC por sus siglas en inglés) ni por publicar. La cuota antes mencionada corresponde únicamente al pago de traducción.

En caso de dudas, contacte conmigo a través del correo [revistabiociencias@gmail.com](mailto:revistabiociencias@gmail.com)

Dr. Manuel Iván Girón-Pérez  
Sistema Nacional de Investigadores, Nivel II (CONACyT, México)  
Miembro de la Academia Mexicana de Ciencias A.C.  
Editor en Jefe, Revista Bio Ciencias (ISSN:2007-3380)  
índice de Revistas CONACyT y Web of Science (Emerging Sources)

Dr. Manuel Iván Girón Pérez  
Revista Bio Ciencias  
Revista Bio Ciencias (ISSN: 2007-3380)

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento poblacional diario es de 200 mil personas, la población total en el mundo actualmente es de 7 mil 300 millones, para el año 2050 será de 9 mil 550 millones de habitantes. El crecimiento mundial en la producción de alimentos que debemos lograr para alimentar a esa cantidad de gente es de un 80% en promedio. México, participa con el 4% en la producción de alimentos en el mundo (29 millones de toneladas), pero con un enorme potencial. El tomate en el 2017 alcanzó una producción de 3,055,86 ton, en 48,394 ha, de ésta superficie aproximadamente el 28% fue en sistemas protegidos, según la AMHPAC en el 2017, México ocupa el séptimo lugar mundial en superficie de agricultura protegida con 23,531 ha con una tendencia de crecimiento de 1200 has por año. El rápido crecimiento de la industria del tomate bajo agricultura protegida ha traído como consecuencia periodos de precios bajos en el mercado de los EUA, principalmente a finales de la primavera y durante el verano, cuando Canadá, EUA y México ofertan sus productos (Padilla-Bernal *et al.* 2012), donde los cultivos de tomate de especialidad o variedades tradicionales tienden a mantener su precio en el mercado durante todo el año, los consumidores están exigiendo tomates de variedades tradicionales y pagarían su costo superior por encima del costo normal de un tomate convencional, esto se debe en parte al sabor exquisito, atractivo único y valor contenido nutricional (Jordan, 2007; Klee, 2010). La variedad tradicional está clasificada dentro de las especialidades y es una alternativa para la producción en invernaderos en México. En la actualidad es posible encontrar poblaciones nativas o tipo heirloom cultivadas de manera tradicional en diferentes regiones agrícolas del país, así como poblaciones silvestres, con variabilidad fenotípica, con alta capacidad adaptativa para los invernaderos que predominan en México. Debido a lo anterior existe poca información del manejo de este tipo de tomates en invernadero, razón por la cual en esta investigación se planteó el objetivo de estudiar el rendimiento y sus componentes de tres variedades de tomate heirloom en invernadero.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Tomate Heirloom

El tomate heirloom es un tomate de origen Amish y en español “heirloom” quiere decir reliquia ya que su semilla ha sido preservada de generación en generación. Las variedades de tomate heirloom son polinizadas de manera natural, esto significa que no han sido modificadas por la mano del hombre para obtener un fruto en el cual les permita controlar sus características

La popularidad de los tomates reliquia o de herencia (*heirloom* en inglés) se ha incrementado en los últimos años, especialmente por su diversidad genética reducida. Estas variedades de tomates tienen cerca de 50 años sin haber sido cruzadas o hibridadas, y por lo general se consideran como una variedad transmitida a través de varias generaciones de familias por sus características más apreciadas.

### Las categorías

Hay muchas clases de tomates reliquia, pero se clasifican en cuatro categorías:

1. **Comercial:** Variedades de polinización abierta introducidas antes de 1940, o variedades de tomate con más de 50 años en circulación.
2. **Familiar:** Semillas que han pasado por varias generaciones a través de la familia.
3. **Creado:** Producto de dos líneas parentales conocidas (dos reliquias o una reliquia y una híbrida) o semillas deshibridadas. Este proceso elimina las características indeseables y estabiliza las características deseadas, y puede tomar ocho años o más para regresar las semillas a su origen.
4. **Misterio:** Variedades que son producto de la polinización cruzada (un proceso natural) de otras variedades reliquia.

Desde la década de 1970, un movimiento base de jardineros, conservacionistas y de pequeñas empresas de semillas regionales de todo el mundo, ha comenzado a traer de vuelta las frutas y verduras heirloom de las generaciones pasadas.

Una guía de Taylor de los heirloom define a las verduras como una herencia;

- 1) al menos 50 años de edad
- 2) ser de polinización-abierta
- 3) que tiene una historia propia (Watson, 1996).



Hay varias versiones de esta clasificación de los heirloom. Todos los aficionados a los heirloom deben de estar de acuerdo en que es una planta de polinización abierta, son polinizadas naturalmente por el viento, los pájaros y los 6 insectos y producen semillas verdaderas al tipo que reproducen la planta madre (Elliot, 2000; Demuth, 1999).

Estas variedades no híbridas son genéticamente estables y se reproducen fieles a su tipo (Demuth, 1999). Si bien algunos podrían argumentar con el número arbitrario de 50 años de edad, están los que creen que debe haber más en esta clasificación que un simple número (Demuth, 1999; Elliot, 2000; James, 2005; Hombre, 1999; Watson, 1996).

Algunos productores creen que las semillas nunca han estado disponibles comercialmente y sólo los que pasaron a través de una familia o comunidad debe ganar el título de heirloom (Elliot, 2000; Hombre, 1999).

La variedad de tomate más antiguo 'Moneymaker,' una variedad Inglesa de entre 250 y 300 años de edad que fue la primera variedad Inglesa para la venta en el mercado (James, 2005). Hay más de 8.000 variedades de tomates heirloom disponibles a partir de una de las mayores organizaciones de preservación de semillas del mundo, Seed Savers Exchange (James, 2005; Watson, 1996).

Los heirloom son simplemente aquellos que han sobrevivido al paso del tiempo. Y no importa cuál sea la tendencia del medio ambiente o la política, la fuerza impulsora detrás de la popularidad de los heirloom es el sabor (Elliot, 2000).

La gran variedad disponible en heirloom es una de las muchas razones por las que los heirlooms he hecho un regreso en la producción últimamente y los consumidores se han cansado de los tomates sin sabor que se encuentran en el supermercado y están dispuestos a buscar estas frutas únicas, otra razón por la que algunas personas cultivan heirloom, es porque se desarrolló en su área y por lo tanto se adapta localmente a sus suelos y clima (Male, 1999)

### **Ventajas de las Variedades Heirloom**

En un sistema protegido, el agrietamiento puede ser reducido mediante riego por goteo programado, en lugar de luchar con eventos naturales como la lluvia en el campo abierto. La exposición directa al sol también puede causar grietas (Emmons y Scott, 1997).

El aumento de las temperaturas del suelo y del aire y los niveles de CO<sub>2</sub> aceleran el crecimiento vegetal y la maduración, especialmente en las plantas con un hábito de crecimiento indeterminado y afectan la calidad de rendimiento (Morrison y Lawlor, 1999).

Los Heirloom se venden hasta por \$ 15.4 / kg en los mercados especializados (Jordan, 2007). A pesar de los desafíos en la producción de tomate heirloom, el cliente lo demanda, estas variedades ha aumentado en las últimas dos décadas, en paralelo con un aumento del soporte para los productos orgánicos y los mercados agrícolas (Jordan, 2007).

Los heirloom son valorados por su coloración prolífica y un sabor excepcional. Los mercados de Estados Unidos para estas variedades son impulsados por los consumidores y los ingresos generados a partir de la producción de los heirloom es 11 normalmente mayor que la de los mercados de productos frescos cultivado en el campo (Grassbaugh *et al.*, 1999).

### **Desventajas de las Variedades Heirloom**

Los heirloom son un reto para producirlos, ya que tienden a ser físicamente irregulares en el crecimiento y en la forma y propenso a los golpes, a la división y al agrietamiento; por lo tanto, su distribución es a menudo limitada a los mercados locales y frescos.

Con respecto a las causas de rotura de fruta o formación de grietas, un contribuyente común es la rápida absorción de agua que resulta en un aumento de la presión de turgencia dentro de la fruta, provocando grietas o fracturas (Dorais *et al.*, 2004).

Los heirloom típicamente carecen de uniformidad de forma y tener más delgadas pieles en comparación con las variedades más modernas, haciendo que sea difícil de llevar y transportar sobre largas distancias. Puede ser un reto producirlas, como resultado de falta de resistencia a las enfermedades y de los rendimientos en comparación con muchas variedades modernas (Rivard y Louws, 2008).

### **Producción en México**

Según la AMHPAC en el 2017, México ocupa el séptimo lugar mundial en superficie de agricultura protegida con 23,531 ha con una tendencia de crecimiento de 1200

has por año. El cultivo de tomate es la hortaliza de mayor producción en invernadero con un 60%, seguido por el pepino con un 20%, pimientos un 17% y otros cultivos con un 3%.

Sin embargo actualmente existe una tendencia al crecimiento en la superficie sembrada de tomate de especialidad en invernadero por su alta demanda en los mercados de exportación.

La producción de jitomate en México se basa en el uso de híbridos comerciales principalmente del tipo bola, saladette y cherry, provenientes de semilla mejorada con características de calidad alta de planta y de fruto y adaptadas a nichos muy específicos (Macías, 2003).

Sin embargo, en diversas regiones del país se identificaron poblaciones nativas con potencial alto para la adaptación, el desarrollo de planta, el rendimientos y la resistencia al ataque de algunas plagas y enfermedades; además, de la variación en tamaño, forma, color y composición química, así como en valor nutricional y nutraceutico (Álvarez-Hernández *et al.*, 2009; San Martín-Hernández *et al.*, 2012).

El valor nutrimental, productivo y comercial de las poblaciones nativas es poco conocido debido, en parte, a que comparadas con los híbridos comerciales, se encuentran en sistemas agrícolas heterogéneos, donde normalmente se desarrollan en ambientes naturales y de cultivo frecuentemente limitantes, y con incidencia recurrente de factores relacionados con estrés biótico y abiótico. Así, Juárez-López *et al.* (2009) señalaron que la ocurrencia de estos factores, cuya intensidad, frecuencia y cantidad varía entre años, permitió un proceso intenso de selección que aumentó su rusticidad y adaptación en estas poblaciones. Por lo tanto, las poblaciones nativas además de producir frutos, aún en condiciones de ambientes limitados, tienen relevancia en la producción de alimentos debida a su tolerancia a plagas y enfermedades.

Las poblaciones 21 original, 38, 48, 49 y 96, los testigos comerciales Daniela y SUN7705 presentaron la calidad mayor de plántula. Las poblaciones nativas 21original y 96 se identificaron como similares en calidad de plántula a la variedad Daniela; y la de las poblaciones 38, 35 y 49 fue similar a la variedad SUN7705 (Berrospe-Ochoa *et al.*, 2015).

Actualmente, México es el principal exportador mundial de esta hortaliza con una participación en las exportaciones mundiales del 23.05% y el principal proveedor en el mercado americano, dirigiéndose primeramente a EE.UU.

En México hay empresas que están aprovechando un nicho de mercado, que es la producción de tomates heirloom para exportación a los Estados Unidos de Norteamérica, sin embargo actualmente se siembra en superficies reducidas, pero estas variedades de tomate son cada vez más populares entre los cultivadores comerciales, debido al aumento de la demanda de los consumidores (Grassbaugh *et al.*, 2004), aunque hay poca información sobre la producción de éstas variedades de tomate heirloom en el mercado llega alcanzar precios hasta 40.1% superiores a los de un tomate convencional (USDA, 2018),.

Los tomates obtenidos en ambientes protegidos también tienen un mayor precio que los obtenidos a campo abierto, ya que los cultivos de ambientes protegidos pueden tener mejores características de calidad como lo señala Shamshiri *et al.*, (2018), incluido el rendimiento, productividad y contenido del licopeno.

Así mismo la calidad de las variedades heirloom también podrá ser mejorada si son cultivadas en ambientes protegidos, las cuales normalmente son más estables en su precio durante todo el año, porque los consumidores lo demandan con mayor frecuencia, pagando un precio por encima al del tomate convencional, esto se debe en parte al sabor exquisito, atractivo único y mayor contenido nutricional (Jordan, 2007, Klee, 2010).

Una ventaja adicional de las variedades heirloom es que fomentan la biodiversidad y recuperan sabores y tradiciones perdidos ante el auge de los cultivos comerciales.

Los tomates heirloom son variedades antiguas que se han conservado de generación en generación como semillas (Kaiser y Ernst, 2017), dichos tomates de especialidad tiende a mantener su precio en el mercado durante todo el año, porque el consumidor final ha empezado a exigir tomates con gran calidad y pagarían su costo superior por encima del costo normal de un tomate convencional, esto se debe en parte al sabor exquisito, atractivo único y contenido nutricional (Jordan, 2007; Klee, 2010; O'Connell *et al.*, 2012).

Los frutos de tomate heirloom son coloridos, de textura irregular y deforme, igualmente puedes apreciar su piel estriada, esto se debe a su gran diversidad genética y gracias a estos atributos su sabor es más dulce que otras variedades de tomates, son conocidos por su singular sabor, forma y color, que incluyen púrpura,

naranja, amarillo y rojos, por lo que son consumidos en mayores cantidades en los países desarrollados que en comparación con los países en desarrollo y por lo tanto puede ser considerados como cultivo de lujo (Jordan, 2015).

En la actualidad los tomates heirloom se cultivan en pequeñas superficies (Grassbaugh *et al.*, 2004).

Por lo que la producción de este tipo de tomates en invernadero en México podría ser una buena alternativa de producción. Sin embargo, el comportamiento de estos materiales genéticos presentan variación debido a diferencias en altitud, ubicación, grado de tecnificación, condiciones ambientales, entre otros (Monge-Pérez, 2015). Por lo tanto el cultivo protegido de tomate heirloom es una estrategia para reducir los efectos negativos inherentes a la constitución genética de éstos cultivares, para lograr alta calidad del fruto y rendimiento (Treadwell *et al.*, 2008).

Por lo que es un cultivo con mucho potencial para el mercado de exportación, por presentar precios muy atractivos además su índice de cosecha es en rayado lo que permite sacar más kilos por metro cuadrado.

**ARTÍCULO 1**

**PRODUCCIÓN DE VARIEDADES TRADICIONALES DE TOMATE CON  
ACOLCHADO EN INVERNADERO**

## Producción de variedades tradicionales de tomate con acolchado en invernadero

### Production of traditional tomato varieties under mulch in greenhouses

Álvaro García-León<sup>1</sup>, Valentín Robledo-Torres<sup>1\*</sup>, Rosalinda Mendoza-Villareal<sup>1</sup>, Francisca Ramírez-Goodina<sup>2</sup>, Luis Alonso Valdez-Aguilar<sup>1</sup>, Francisco Alfonso Gordillo-Melgoza<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Horticultura, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro No. 1923. CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

<sup>2</sup>Departamento de Fitomejoramiento, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Calzada Antonio Narro No. 1923. CP. 25315. Saltillo, Coahuila, México.

\*Autor de correspondencia: robledo3031@gmail.com

Nota científica recibida: 23 de abril de 2017 aceptada: 28 de octubre de 2017

**RESUMEN.** Las variedades de tomate de especialidad son una alternativa de producción, por su precio, demanda, sabor y contenido nutricional; pero se tiene poca investigación de su producción en invernadero. El objetivo fue estimar el rendimiento de cuatro variedades tradicionales de tomate producidas en invernadero tipo multitunel con acolchado, en el ciclo primavera-verano de 2015. Se sembraron las variedades Brandywine, Striped German, Pruden's Purple y Valencia, en camas con acolchado blanco, gris, negro, y sin acolchar. En rendimiento de fruto tuvo diferencias ( $p \leq 0.01$ ) entre acolchados, suprando el acolchado blanco en 26.43% al gris y en 16.42% al tratamiento sin acolchar, entre variedades se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.05$ ), superando la variedad Brandywine en 16.28% a Pruden's Purple. La variedad de tomate Brandywine y acolchado blanco fue la mejor opción para la producción en invernadero.

**Palabras clave:** Acolchado plástico, invernadero, *Solanum lycopersicum*, tomates de especialidad, variables climáticas

**ABSTRACT.** Specialty tomato varieties are an alternative production option due to their price, demand, taste and nutritional content, but there is little research on their greenhouse production. The objective was to estimate the yield of four traditional tomato varieties produced in a multi-span greenhouse with mulch, in the 2015 spring-summer cycle. The Brandywine, Striped German, Pruden's Purple and Valencia varieties were planted in beds with white, gray and black mulch, and without mulch. In fruit yield there were differences ( $p \leq 0.01$ ) among mulches, with the white mulch outperforming the gray one by 26.43% and the treatment without mulch by 16.42%; significant differences ( $p \leq 0.05$ ) among varieties were found, with the Brandywine variety surpassing Pruden's Purple by 16.28%. The Brandywine tomato variety with white mulch was the best option for greenhouse production.

**Key words:** Plastic mulch, greenhouse, *Solanum lycopersicum*, specialty tomatoes, climatic variables

## INTRODUCCIÓN

En México, la producción de hortalizas en condiciones protegidas en el 2014 fue de 23 483 ha, correspondiendo al cultivo del tomate el 70% de la superficie. Debido a los estándares de calidad e inocuidad obtenidos en condiciones protegidas, gran parte de la producción se exporta (SIAP-SAGARPA 2016). El rápido crecimiento de la superficie cultivada con tomate bajo condiciones pro-

tegidas, ocasiona precios bajos a finales de la primavera y durante el verano, debido a que en estos meses se tiene la mayor producción (Avendaño-Ruiz y Várela-Llamas 2010). Mientras que las variedades tradicionales o tomate de especialidad, por su sabor y contenido nutricional tienden a mantener su precio en el mercado todo el año (Healy et al. 2017, Joseph et al. 2017). Por ejemplo, el precio promedio de tomates convencionales en la primera semana de abril del 2017, fue de 1.58 dólares por libra, mientras que

para los tomates de especialidad fue de 3.03 (USDA 2017).

Por su falta de uniformidad en crecimiento, forma del fruto y agrietamiento, las variedades tradicionales tienen dificultades para producirse (Vavrina et al. 1997); por lo que se cultivan en pequeñas superficies (Grassbaugh et al. 2004). Las variedades tradicionales se clasifican dentro de los tomates de especialidad, por lo que son una alternativa para producirse bajo invernadero. Estos tomates bajo condiciones protegidas tienen comportamientos diferentes, por el grado de tecnificación del invernadero y las propiedades de la cubierta plástica (García-Enciso et al. 2014, Monge-Pérez 2015). Por lo que se requiere realizar investigaciones sobre el comportamiento de los diferentes genotipos en invernadero, para seleccionar los de mejor comportamiento (Castellanos 2009, Monge-Pérez 2014). Por lo anterior, el objetivo del presente trabajo fue conocer el comportamiento de cuatro variedades tradicionales de tomate sembradas con acolchado plástico en invernadero.

## MATERIALES Y MÉTODOS

El experimento se realizó en el ciclo otoño-invierno de 2015, en un invernadero tipo multitunel, con cubierta de polietileno anti-UV, sistema de enfriamiento automatizado con pared húmeda y extractores. Localizado en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila a 25° 21' 24.79" LN y 101° 02' 5.12" LO, altitud de 1 762 msnm, temperatura media anual de 16.8 °C, y clima seco semiárido.

Se utilizaron cuatro variedades tradicionales de tomate (Tabla 1). La siembra se realizó en charolas germinadoras de 200 cavidades, que se llenaron con Peat Moss (Klasmann®), colocando una semilla por cavidad. Antes de poner el acolchado, el suelo se esterilizó con Busan 30WB®, para luego realizar cuatro camas dentro del invernadero, de las cuales se acolcharon tres camas con plástico de color blanco, gris y negro, mientras que la cuarta cama se utilizó como testigo sin acolchar. Cuando las plántulas presentaron dos hojas ver-

daderas, se trasplantaron a las camas, y se sembraron a doble fila, con distancia entre fila de 40 cm y entre planta de 33 cm. El riego y la fertilización se realizó con la solución nutritiva Steiner (1961) al 50% desde el trasplante hasta la floración, aumentando al 80% en la etapa de amarre de fruta y al 100% en la cosecha. Dentro del invernadero se registró la temperatura y la humedad relativa, con un Data logger Modelo WatchDog 1650 Spectrum Technologies.

El manejo del cultivo para los cuatro genotipos, fue a dos tallos de forma vertical, con podas de brotes laterales cada semana. El manejo fitosanitario se realizó de manera preventiva, con aplicaciones foliares cada 15 d de 10 ml L<sup>-1</sup> de *Bacillus subtilis* Ehrenberg Cohn y cada 40 d se aplicaron vía riego 100 g de *Trichoderma harzianum* Rifai. Para mejorar el suelo se aplicaron cada 15 d 5 ml L<sup>-1</sup> de ácidos húmicos vía riego. La polinización se realizó por medio de abejorros (*Bombus terrestris*), para lo cual se utilizaron dos colmenas durante todo el ciclo del cultivo, las cuales se colocaron a 50 cm del suelo en una base de madera.

Se utilizó un diseño experimental de bloques completos al azar con arreglo en parcelas divididas, correspondiendo las parcelas principales a los colores de acolchado: a) blanco, b) gris, c) negro y d) sin acolchado, mientras que las subparcelas fueron las variedades de tomate: a) Brandywine, b) Striped German, c) Pruden's Purple y d) Valencia, con seis repeticiones (bloques) por tratamiento. La longitud de cada parcela fue de 2.64 m con 8 plantas por tratamiento. Durante el ciclo del cultivo se realizaron 10 cortes de frutos cada 10 d.

Las variables evaluadas fueron: rendimiento total de fruto por planta, considerando 10 cortes (RTF), número total de frutos por planta (NTF), peso promedio de fruto (PPF), rendimiento de fruto por m<sup>2</sup> (RFM), altura de planta (ADP), diámetro basal de planta (DBP), y las variables ambientales temperatura (°C) y humedad relativa (HR) que se registraron todos los días cada 5 min en tres puntos del invernadero. El análisis de varianza y la comparación de medias de Tukey ( $p \leq 0.05$ ), se realizó con el programa STATISTICA versión 10.



**Tabla 1.** Características de las variedades tradicionales de tomates estudiados en invernadero.

Variedad tradicional	Hábito	Tipo	Color del fruto
Brandywine	Indeterminado	Bola	Rosado
Striped German	Indeterminado	Bola	Amarillo
Pruden's Purple	Indeterminado	Bola	Rosa oscuro
Valencia	Indeterminado	Bola	Naranja

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para las variables RTF y RFM se encontraron diferencias significativas ( $p \leq 0.01$ ) entre colores de acolchado, lo que indica que el color afecta estas variables (Tabla 2). En la Tabla 3 se observa que el mayor RTF y RFM se obtuvo con el acolchado blanco, tuvo un 16.42% más rendimiento que el obtenido sin acolchado y un 26.43% más que el obtenido con acolchado gris. El mayor rendimiento del acolchado blanco se puede deber a que presentan trasmisividad de aproximadamente el 50% y por consiguiente un menor calentamiento del suelo y baja evaporación de agua (Robledo-Torres *et al.* 2010), mientras que el tratamiento sin acolchado permite una mayor evaporación de agua del suelo (Tabla 4). Los acolchados plásticos en condiciones limitadas de agua, aumentan la conservación de la humedad del suelo en la capa superficial, en comparación con el suelo sin acolchar (Zenner y Peña 2013), lo que proporciona mayor disponibilidad de humedad para el cultivo (Zhou *et al.* 2009). Se tiene evidencia de que el acolchado de color blanco aumenta el rendimiento en el tomate (Tarara 2000).

Las temperaturas ambientales fueron superiores a los 30 °C, como resultado de la reflectividad y la trasmisividad de las cubiertas utilizadas. Al respecto Díaz y Dean-Batal (2002) reportan que la temperatura óptima para el crecimiento de la raíz, de la parte aérea y para incrementar el rendimiento de tomate es de 25.4 a 26.3 °C, lo que indica que el tratamiento sin acolchar superó en un 16.41% la temperatura óptima.

Las diferencias ( $p \leq 0.05$ ) para las variables RTF y RFM y altamente significativas ( $p \leq 0.01$ ) para NTF, PPF, ADP y DBP entre variedades, indica diferencias genéticas (Grunzke *et al.* 2006, Rogers y Wszelaki 2012). Al respecto Sato *et al.*

(2000) han demostrado que cuando el tomate se cultiva en temperaturas de 32 °C durante el día y 26 °C en la noche, se tiene un menor amarre de frutos, lo que se puede deber a la caída de flores por las altas temperaturas (Sugiyama *et al.* 1996). El mayor RTF (3.892 kg) lo tuvo la variedad Brandywine, pero fue estadísticamente igual al RTF de las variedades Striped German y Valencia (Tabla 3). Las diferencias en las variables RTF y RFM se debe a que son variables de herencia cuantitativa, por lo que son afectadas por múltiples factores. Para el NTF la variedad Valencia tuvo el mayor valor con 25.87 frutos, superando estadísticamente a las otras variedades de tomate, en tanto que Pruden's Purple tuvo el menor número de frutos (16.55). Para PPF las variedades Brandywine, Striped German y Pruden's Purple fueron estadísticamente iguales. La calidad de fruto, sabor, color y textura es importante en las variedades tradicionales de tomate (Vavrina *et al.* 1997, O'Connell *et al.* 2012). La variedad Brandywine tuvo el mayor rendimiento y PPF, pero fue estadísticamente similar al rendimiento y PPF de las variedades Striped German y Pruden's Purple; aunque la variedad Valencia tiene alto potencial productivo, debido al mayor NTF.

Para la variable ADP las variedades Striped German (3.187 m) y Pruden's Purple (3.062 m) tuvieron los mayores valores. Mientras que para la DBP la variedad Valencia tuvo el mayor valor. No se encontraron diferencias estadísticas en la interacción de acolchados\*variedades (Tabla 2). La humedad relativa promedio diurna fue de 52.05% en la parte sur de invernadero y de 53.37% en la parte norte del invernadero, mientras que la humedad relativa nocturna fue del 90.01% en la parte central del invernadero (Tabla 4). Valores que se encuentran dentro del rango óptimo para la producción de tomate en invernadero.

**Tabla 2.** Cuadros medios de los análisis de varianza realizados a variables agronómicas de variedades tradicionales de tomate producidas en invernadero.

Fuente de variación	Cuadros medios					
	RTF	NTF	PPF	RFM	ADP	DBP
Repetición	0.58	1.39	0.38	0.58	1.24	2.23
Acolchado	5.51**	1.88	1.21	5.50**	0.47	0.76
Variedad (V)	3.71*	27.48**	34.75**	3.71*	21.90**	97.38**
A*V	0.67	0.81	0.63	0.67	0.33	1.89
CV (%)	10.788	10.212	8.542	10.785	7.126	2.613

\*( $P \leq 0.05$ ), \*\*( $P \leq 0.01$ ); RTF= rendimiento total de fruto; NTF= número total de frutos; PPF=peso promedio de fruto; RFM= rendimiento de fruto por metro cuadrado; ADP= Altura de planta; DBP= diámetro basal de planta.

**Tabla 3.** Comparación de medias de variables agronómicas estimadas en variedades tradicionales de tomate con cuatro tratamientos de acolchado plástico producidas en invernaderos de mediana tecnología. Medias con diferente letra en columna son estadísticamente diferentes (Tukey.  $P \leq 0.05$ ).

Acolchado / variedades	Variables agronómicas					
	RTF (Kg)	NTF	PPF (gr)	RFM (kg)	ADP (m)	DBP (mm)
Blanco	3.971 <sup>a</sup>	21.125	195.577	13.898 <sup>a</sup>	2.851	10.987
Gris	3.144 <sup>b</sup>	18.639	178.708	11.006 <sup>b</sup>	2.853	10.865
Negro	3.378 <sup>b</sup>	19.695	182.759	11.821 <sup>b</sup>	2.780	11.119
Sin	3.411 <sup>ab</sup>	19.611	188.637	11.940 <sup>ab</sup>	2.756	10.984
Brandywine	3.892 <sup>a</sup>	19.875 <sup>b</sup>	201.872 <sup>a</sup>	13.624 <sup>a</sup>	2.592 <sup>b</sup>	10.842 <sup>b</sup>
Streped German	3.474 <sup>ab</sup>	16.764 <sup>c</sup>	214.177 <sup>a</sup>	12.156 <sup>ab</sup>	3.187 <sup>a</sup>	10.356 <sup>c</sup>
Pruden's Purple	3.191 <sup>b</sup>	16.556 <sup>c</sup>	196.623 <sup>a</sup>	11.171 <sup>b</sup>	3.062 <sup>a</sup>	10.067 <sup>c</sup>
Valencia	3.347 <sup>ab</sup>	25.875 <sup>a</sup>	133.009 <sup>b</sup>	11.714 <sup>ab</sup>	2.399 <sup>b</sup>	12.691 <sup>a</sup>
DSM	0.583	3.046	25.535	2.041	0.284	0.439

Medias con diferente letra en columna son estadísticamente diferentes (Tukey.  $P \leq 0.05$ ); RTF= rendimiento total de fruto; NTF= número total de frutos; PPF=peso promedio de fruto; RFM= rendimiento de fruto por metro cuadrado; ADP= Altura de planta; DBP= diámetro basal de planta.

**Tabla 4.** Temperatura y humedad relativa, media, máxima y mínima en tres ubicaciones dentro del invernadero.

Ubicación		Temp. día (°C)	Temp. noche (°C)	HR día (%)	HR noche (%)
Sur	Media	25.25	12.50	52.05	75.27
	Máxima	35.33	20.83	83.20	88.00
	Mínima	10.87	7.80	18.74	43.83
Centro	Media	25.29	12.30	53.21	78.08
	Máxima	33.70	19.56	85.74	90.01
	Mínima	10.28	6.84	20.17	47.58
Norte	Media	23.49	12.78	53.37	77.18
	Máxima	33.91	22.58	86.29	88.04
	Mínima	10.07	7.05	18.20	43.58

El color del acolchado influyó en el rendimiento de fruto de tomate, presentando el acolchado de color blanco el mayor rendimiento. Todas las variedades tradicionales de tomate se adap-

taron a las condiciones de invernadero, aunque la variedad Brandywine por su rendimiento es una opción de producción de tomate tradicional en invernadero.

## LITERATURA CITADA

- Avendaño-Ruiz B, Várela-Llamas R (2010) La adopción de estándares en el sector hortícola de Baja California. Estudios Fronterizos 11: 171-202.
- Castellanos JZ (2009) Manual de producción de tomate en invernadero. Celaya, Guanajuato, México, INTAGRI. México. 458p.

- Díaz PJC, Dean-Batal K (2002) Colored plastic film mulches affect tomato growth and yield via changes in root-zone temperature. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 127: 127-135.
- García EEL, de la Rosa IM, Mendoza VR, Quezada MMR, Arellano GM (2014) Efecto de una película plástica modificada en algunos aspectos bioquímicos del cultivo de tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Ecosistemas y Recursos Agropecuarios* 1: 151-162.
- Grassbaugh EM, Regnier EE, Bennett MA (2004) Comparison of organic and inorganic mulches for heirloom tomato production. *Acta Horticulturae* 638: 171-176.
- Grunzke L, Baumbauer D, Dougher T (2006) Hybrid versus heirlooms: A comparison study in garden productivity and marketability for small-scale commercial growers. *HortScience* 41:1080.
- Healy GK, Emerson BJ, Dawson JC (2017) Tomato variety trials for productivity and quality in organic hoop house versus open field management. *Renewable Agriculture and Food Systems* 1-11. doi:10.1017/S174217051600048X.
- Joseph H, Nink E, McCarthy A, Messer E, Cash SB (2017) The heirloom tomato is 'In'. Does it matter how it tastes? *Food, Culture & Society* 20: 257-280.
- Monge-Pérez JE (2014) Caracterización de 14 genotipos de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.). *Revista Tecnología en Marcha* 27:58-68.
- Monge-Pérez JE (2015) Evaluación de 60 genotipos de tomate (*Lycopersicon Esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa Rica. *InterSedes* 16: 84-122.
- O'Connell S, Rivard C, Peet MM, Harlow C, y Louws F (2012) High tunnel and field production of organic Heirloom tomatoes: Yield, fruit quality, disease, and microclimate. *HortScience* 47: 1283-1290.
- Robledo-Torres V, Ramírez-Garza MM, Vazquez-Badillo ME, Ruiz Torres NA, Zamora-Villa VM, Ramírez Godina F (2010) Producción de semilla de calabacita italiana (*Cucurbita pepo* L.) con acolchados plásticos fotoselectivos. *Revista Fitotecnia Mexicana* 33: 265-270.
- Rogers MA, Wszelaki AL (2012). Influence of high tunnel production and planting date on yield, growth, and early blight development on organically grown heirloom and hybrid tomato. *HortTechnology* 22: 452-462.
- Sato S, Peet MM, Thomas JF (2000) Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant Cell and Environment* 23: 719-726.
- SIAP-SAGARPA (2016) Superficie agrícola protegida. [http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/superficie\\_agricola\\_protegida.aspx](http://www.sagarpa.gob.mx/quienesomos/datosabiertos/siap/Paginas/superficie_agricola_protegida.aspx). Fecha de consulta 20 de marzo del 2017.
- Steiner AA (1961) A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. *Plant and Soil* 15:134-154.
- Sugiyama T, Iwahori S, Takahashi K (1996) Effect of high temperature on fruit setting of tomato under cover. *Acta Horticulturae* 4: 63-69.
- Tarara JM (2000) Microclimate modification with plastic mulch. *HortScience* 35:169-180.
- USDA (2017) Agricultural marketing service, National Retail Report - Specialty Crops. [http://www.ams.usda.gov/mnreports/wa\\_lo100.txt](http://www.ams.usda.gov/mnreports/wa_lo100.txt). Fecha de consulta 7 de abril del 2017.
- Vavrina CS, Armbruster K, Pena M (1997) Heirloom tomato cultivars. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 110:391-392.



García-León et al.  
*Producción de variedades tradicionales de tomate*  
*Ecosist. Recur. Agropec.*  
*5(14):303-308,2018*

- Zenner de PI, Peña BF (2013) plásticos en la agricultura: beneficio y costo ambiental: una revisión. Revista U.D.C.A. Actualidad & Divulgación Científica 16: 139-150
- Zhou LM, Li FM, Jin SL, Song Y (2009) How two ridges and the furrow mulched with plastic film affect soil water, soil temperature and yield of maize on the semiarid Loess Plateau of China. Field Crops Research 113: 41-47.

## **ARTÍCULO 2**

**TOMATES HEIRLOOM CULTIVADOS CON ACOLCHADO PLÁSTICO DE  
COLORES EN INVERNADERO DE MEDIANA TECNOLOGÍA EN DOS CICLOS DE  
CRECIMIENTO**

## Tomates heirloom cultivados con acolchado plástico de colores en invernadero de mediana tecnología en dos ciclos de crecimiento

García León Alvaro<sup>1</sup>; Valentín Robledo Torres<sup>2\*</sup>; Rosalinda Mendoza Villareal<sup>2</sup>; Karim de Alva Romenus<sup>3</sup>, Francisca Ramírez Godina<sup>4</sup>.

<sup>1</sup>Alumno del Doctorado en Agricultura protegida, <sup>2</sup>Departamento de Horticultura, <sup>3</sup> .  
<sup>4</sup>Deprtamento de Fitomejoramiento. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Calzada Antonio Narro No. 1923. C.P. 25315. Saltillo, Coahuila, México. Tel. 018444110200.

\*Autor para correspondencia: robledo3031@gmail.com

### RESUMEN

En México el tomate es la hortaliza más importante que se produce en sistemas protegidos. En 2017 alcanzó una producción de 3,055,86 ton, en 48,394 ha, de ésta superficie aproximadamente el 28% fue en sistemas protegidos, bajo estos sistemas se la producción a lo largo del año, provocando bajos precios en algunos meses, sin embargo los tomates heirloom no ocurre ésta situación. El objetivo de éste trabajo fue estudiar el rendimiento y sus componentes de las variedades, Brandywine, Striped German y Valencia, en invernadero de mediana tecnología. El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, en dos ciclos de producción. Se estudió el diámetro de tallo (DBP), altura de planta (ADP), número de frutos por planta (NTF), peso promedio de fruto (PPF), rendimiento de fruto por corte (RPC), la temperatura (°C) y humedad relativa (HR). El cultivo fue establecido en un diseño de bloques completos al azar con tres repeticiones, los ciclos como a parcela grande, acolchados como mediana y variedades como parcela chica. Las mayores temperaturas y menor humedad relativa registradas en el ciclo 2, indujeron que el RPC fuese 35,8% superior en al registrado en el ciclo 1. En éste trabajo se concluye que el acolchado blanco indujo el mayor NTF, pero no el mayor rendimiento total, mientras que las variedades estudiadas no difieren en rendimiento de fruto, además el PPF y NTF son las variables que más influyen sobre el rendimiento total de fruto.

**Palabras clave:**

## 34 **Abstract**

35 In Mexico, tomato is the most important vegetable produced in protected systems. In 2017 it  
36 reached a production of 3,055.86 tons, in 48,394 ha, of this surface approximately 28% was  
37 in protected systems, under these systems the production throughout the year, causing low  
38 prices in some months, however the tomatoes heirloom, this situation does not occur. The  
39 objective of this work was to study the yield and its components of the varieties, Brandywine,  
40 Striped German and Valencia, in a medium technology greenhouse. The experiment was  
41 carried out at the Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), in Saltillo,  
42 Coahuila, in two production cycles. They were studied Stem diameter (DBP), plant height  
43 (ADP), number of fruits per plant (NTF), average fruit weight (PPF), fruit yield per cut (RPC),  
44 temperature (° C) and relative humidity (RH). The crop was established in a randomized  
45 complete block design with three replications, the cycles was the large plot, plastic mulch the  
46 median plot and varieties the small plot. The higher temperatures and lower relative humidity  
47 recorded in cycle 2, induced that the RPC was 35.8% higher than that registered in cycle 1.  
48 In this paper, it is concluded that the white mulch induced the highest NTF, but not the  
49 highest total yield, while the varieties studied do not differ in fruit yield, in addition the PPF  
50 and NTF are the variables that most influence the total yield of fruit.

51

52

## 53 **Key words:**

54

## 55 **Introducción**

56 En México el tomate es una de las hortalizas más importante que se produce en sistemas  
57 protegidos y un porcentaje alto de ésta producción va al mercado de exportación, lo cual la  
58 convierte en una fuente generadora de divisas. El tomate rojo en México creció a una tasa  
59 promedio anual de 4.8 por ciento entre 2006 y 2016, para alcanzar una producción máxima  
60 histórica de 3,055,86 ton en el 2017, con una superficie sembrada de 48,394 ha (SIAP,  
61 2017), superficie inferior a la registrada en el 2016 que fue de 51,861 has., de esta superficie  
62 el 28.9% fue en agricultura protegida (FIRA, 2017), que permite tener mayor seguridad de la  
63 producción para el mercado nacional e internacional, sin embargo el FIRA, (2017) menciona  
64 que la estacionalidad de la producción, el flujo de las exportaciones, así como posibles  
65 afectaciones al cultivo por fenómenos meteorológicos o sanitarios, son factores que

66 repercuten de manera importante en la disponibilidad y el comportamiento de los precios de  
67 esta hortaliza en el mercado nacional. En México hay empresas que están aprovechando un  
68 nicho de mercado, que es la producción de tomates heirloom para exportación a los Estados  
69 Unidos de Norteamérica, sin embargo actualmente se siembra en superficies reducidas,  
70 pero estas variedades de tomate son cada vez más populares entre los cultivadores  
71 comerciales, debido al aumento de la demanda de los consumidores (Grassbaugh *et al.*,  
72 2004), aunque hay poca información sobre la producción de éstas variedades de tomate  
73 heirloom en el mercado llega alcanzar precios hasta 40.1% superiores a los de un tomate  
74 convencional (USDA, 2018), agregando que los tomates obtenidos en ambientes protegidos  
75 también tienen un mayor precio que los obtenidos a campo abierto, ya que los cultivos de  
76 ambientes protegidos pueden tener mejores características de calidad como lo señala  
77 Shamshiri *et al.*, (2018), incluido el rendimiento, productividad y contenido del licopeno. Así  
78 mismo la calidad de las variedades heirloom también podrá ser mejorada si son cultivadas  
79 en ambientes protegidos, las cuales normalmente son más estables en su precio durante  
80 todo el año, porque los consumidores lo demandan con mayor frecuencia, pagando un  
81 precio por encima al del tomate convencional, esto se debe en parte al sabor exquisito,  
82 atractivo único y mayor contenido nutricional (Jordan, 2007, Klee, 2010), una ventaja  
83 adicional de las variedades heirloom es que fomentan la biodiversidad y recuperan sabores  
84 y tradiciones perdidos ante el auge de los cultivos comerciales.

85 Los tomates heirloom son variedades antiguas que se han conservado de generación en  
86 generación como semillas (Kaiser y Ernst, 2017), dichos tomates de especialidad tiende a  
87 mantener su precio en el mercado durante todo el año, porque el consumidor final ha  
88 empezado a exigir tomates con gran calidad y pagarían su costo superior por encima del  
89 costo normal de un tomate convencional, esto se debe en parte al sabor exquisito, atractivo  
90 único y contenido nutricional (Jordan, 2007; Klee, 2010; O'Connell *et al.*, 2012), los frutos de  
91 tomate heirloom son coloridos, de textura irregular y deforme, igualmente puedes apreciar  
92 su piel estriada, esto se debe a su gran diversidad genética y gracias a estos atributos su  
93 sabor es más dulce que otras variedades de tomates, son conocidos por su singular sabor,



94 forma y color, que incluyen púrpura, naranja, amarillo y rojos, por lo que son consumidos en  
95 mayores cantidades en los países desarrollados que en comparación con los países en  
96 desarrollo y por lo tanto puede ser considerados como cultivo de lujo (Jordan, 2015).  
97 Aunque una de las desventajas de los tomates heirloom, es que presentan problemas con  
98 enfermedades fisiológicas causadas por una combinación de factores abióticos que incluyen  
99 alto N, clima fresco, poda, que reducen la calidad visual y calidad comercial del fruto,  
100 además la deficiente cobertura vegetal de algunos cultivares sometidos a altas intensidades  
101 luminosas llegan a inducir quemaduras en frutos (Treadwell *et al.*, 2008), además son  
102 susceptibles a enfermedades del suelo, aunque se ha encontrado que al injertar cultivares  
103 de tomate heirloom en portainjertos que confieren resistencia a los patógenos del suelo. Se  
104 disminuye el riesgo de pérdidas y es posible obtener mayores rendimientos, lo que aumenta  
105 la estabilidad del ingreso agrícola (Rivard y Louws, 2008).

106 En la actualidad los tomates heirloom se cultivan en pequeñas superficies  
107 (Grassbaugh *et al.*, 2004). Por lo que la producción de este tipo de tomates en invernadero  
108 en México podría ser una buena alternativa de producción. Sin embargo, el comportamiento  
109 de estos materiales genéticos presentan variación debido a diferencias en altitud, ubicación,  
110 grado de tecnificación, condiciones ambientales, entre otros (Monge-Pérez, 2015). Por lo  
111 tanto el cultivo protegido de tomate heirloom es una estrategia para reducir los efectos  
112 negativos inherentes a la constitución genética de éstos cultivares, para lograr alta calidad  
113 del fruto y rendimiento (Treadwell *et al.*, 2008). Debido a lo anterior existe poca  
114 información del manejo de este tipo de tomates en invernadero, razón por la cual en esta  
115 investigación se planteó el objetivo de estudiar el rendimiento y sus componentes de tres  
116 variedades de tomate heirloom en invernadero.

117

118

119

120

121

## 122 **Materiales y métodos**

123

### 124 **Descripción del área de estudio**

125 El experimento se realizó en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro  
126 (UAAAN), en Saltillo, Coahuila a 25°21'24.79" LN y 101°02'5.12" LO y una altitud de 1762  
127 msnm, temperatura media anual es de 16.8 °C, clima es seco, semiárido, con lluvias en  
128 verano y precipitación total anual de 350 a 450mm, en dos ciclos de producción otoño-  
129 invierno de 2014 (Ciclo 1) y primavera-verano de 2015 (Ciclo 2), en invernadero tipo  
130 multitúnel, cubierto de polietileno anti-UV, con sistema de enfriamiento automatizado  
131 mediante pared húmeda y extractores.

### 132 **Materiales vegetales**

133 Se utilizaron tres variedades de tomate heirloom tipo tradicional: Brandywine  
134 indeterminado tipo bola color rosado, Striped German indeterminado tipo bola color amarillo,  
135 Valencia indeterminado tipo bola color naranja (Cuadro 1).

### 136 **Establecimiento del Cultivo**

137 Se sembraron las tres variedades tradicionales de tomate (Cuadro 1), en charolas  
138 germinadoras de 200 cavidades, que se llenaron con Peat Moss (Klasmann®) como sustrato,  
139 colocando una semilla por cavidad a una profundidad de 3 a 5 mm. Se prepararon camas de  
140 1.7 m de ancho con 40 m de longitud, 30 días (D) antes del trasplante, el suelo fue  
141 esterilizado con BUSAN 69GE®. Cuando las plántulas presentaron dos hojas verdaderas  
142 fueron trasplantadas en suelo dentro del invernadero, en camas con acolchado de  
143 polietileno (blanco, gris y negro) y un testigo sin acolchar, con una separación de 1.70 m y  
144 una longitud de 2.64 m de largo, a doble hilera con una separación de 40 cm, y 33 cm entre  
145 plantas. Los riegos y fertilización se llevaron a cabo con solución nutritiva Steiner (1961) al  
146 50% desde la etapa de trasplante hasta la floración y se aumentó a un 80% en el inicio de  
147 fructificación y a un 100% en la cosecha, con una conductividad eléctrica de 2.0 dC m<sup>-1</sup> y un  
148 pH 5.8.

149 Se registraron las temperaturas y humedad relativa con un datalogger de la marca  
150 WatchDog 1450 de la empresa Spectrum Technologies, en tres puntos a lo largo del  
151 invernadero, el punto localizado en la parte norte del invernadero fue ubicado a 10m de la  
152 pared húmeda, el punto dos a 20 m de la pared húmeda y el punto tres a 30 m de la pared  
153 húmeda localizado más cercano a los extractores (Cuadro 2), Figura 1 y 2.

154

### 155 **Manejo agronómico**

156 Las plantas de las tres variedades de tomate heirloom tipo tradicional fueron  
157 manejadas a dos tallos con conducción vertical y poda de brotes laterales cada semana.

158 El manejo fitosanitario se realizó de manera preventiva, con aplicaciones foliares de  
159 *Bacillus subtilis* Ehrenberg Cohn cada quince días a razón 10 ml L<sup>-1</sup>, y cada 40 días,  
160 aplicación de 100 gr de *Trichoderma harzianum* Rifai vía riego, cada 15 días aplicación de 5  
161 ml L<sup>-1</sup> de ácidos húmicos vía riego como mejoradores suelo, la polinización durante todo el  
162 ciclo del cultivo fue realizada mediante el uso colmenas de abejorros *Bombus terrestris*  
163 suministrados por Koppert Biological Systems y colocadas sobre bases de madera a 50 cm  
164 sobre el nivel del suelo y se realizaron diez cortes con 10 días entre corte y corte, para los  
165 dos ciclos de producción.

### 166 **Variables evaluadas**

167 Las variables evaluadas fueron: diámetro basal de planta (DBP), altura de planta  
168 (ADP), número total de frutos por planta (NTF), peso promedio de fruto por planta (PPF),  
169 rendimiento de fruto por corte considerando diez cortes (RPC), las variables ambientales  
170 fueron: temperatura (°C) y humedad relativa (HR), estas se registraron diariamente a  
171 intervalos de cinco minutos en tres puntos del invernadero mediante un Datalogger Modelo  
172 Watchdog 1650 durante todo el ciclo del cultivo.

173

174

175

176

## 177 **Diseño del experimento y análisis estadístico**

178 Se utilizó el diseño experimental bloques completos al azar con tres repeticiones en  
 179 arreglo de parcelas divididas, en dos años de producción (2015 y 2016). La parcela grande,  
 180 mediana y chica corresponde a los factores años, acolchados (blanco, gris, negro y sin  
 181 acolchado), y variedades (Brandywine, Striped German y Valencia), por lo tanto el diseño de  
 182 tratamientos fue factorial 2x4x3.

183 Los 24 tratamientos estudiados fueron el resultados de utilizar cuatro parcelas, la  
 184 longitud de cada parcela fue de 2.64 m con 16 plantas por tratamiento y se utilizaron tres  
 185 repeticiones (bloques) distribuidas a lo largo del invernadero de sur a norte.

186 Se realizó el análisis de varianza de acuerdo con el diseño y arreglo experimental  
 187 utilizado, así como comparación de medias Tukey ( $\alpha \leq 0,05$ ) y análisis de sendero para  
 188 determinar los efectos directos e indirectos hacia la variable dependiente que fue  
 189 rendimiento total de fruto, ya que éste análisis permite determinar la magnitud y dirección de  
 190 variables relacionadas con una variable de interés como el rendimiento.

191

### 192 **CUADRO 1. Variedades de tomates heirloom, utilizadas y sus características.**

<b>Variedad tradicional</b>	<b>Hábito</b>	<b>Tipo</b>	<b>Color del fruto</b>
Brandywine	Indeterminado	Bola	Rosado
Striped German	Indeterminado	Bola	Amarillo
Valencia	Indeterminado	Bola	Naranja

193

194

## 195 **Resultados y discusión**

### 196 **Componentes de rendimiento en dos ciclos y tres tipos de acolchado**

197 El análisis de varianza mostró diferencias significativas ( $p < 0.05$ ), entre ciclos en el  
 198 DBP, ADP, PPF y RPC (Cuadro 4), así mismo se encontraron diferencias significativas entre  
 199 acolchados, en las variables NF y RPC, esto indica que por lo menos un tratamiento de

200 acolchado influyó de forma diferente sobre las citadas variables. En la interacción Ciclos x  
 201 Acolchado no se encontraron diferencias significativas para la variable RTF. Se encontraron  
 202 diferencias significativas entre variedades para DBP, ADP, NTF y PPF, indicando que por lo  
 203 menos una variedad es diferente en las características antes citadas. Además se  
 204 encontraron diferencias significativas en la interacción Ciclos x Variedad, en ADP, DBP y  
 205 NTF. No se encontraron diferencias significativas entre acolchados x variedad, en ninguna  
 206 de las variables estudiadas, indicando que todas las variedades respondieron de forma  
 207 similar a los tratamientos de acolchado. En la triple interacción de Ciclos x Acolchado x  
 208 Variedad, solamente se encontraron diferencias significativas en RTF, indicando que estas  
 209 variables respondieron de forma diferente al combinar éstos factores de estudio (Cuadro 4).

210

211 **CUADRO 4.** Análisis de varianza de los dos ciclos de producción otoño- invierno 2014 y  
 212 primavera-verano 2015, en tomates heirloom.

FV	GL	CUADRADOS MEDIOS				
		ADP	DBT	NTF	PPF	RPC
Ciclos (C)	1	0.06*	0.31*	0.87	25.78*	116.85**
Error (a)	4	0.04	0.20	0.29	1.16	5.35
Acolchado (A)	3	0.006	0.01	1.68*	3.96	68.91**
C * A	3	0.004	0.01	1.01	2.48	32.76*
Error (b)	12	0.004	0.37	0.60	3.10	24.27
Variedades (V)	2	0.56**	0.50**	1.86*	25.29*	2.91
C * V	2	0.11**	0.53**	1.24*	11.50	8.21
A * V	6	0.002	0.39	0.21	1.88	14.57
C * A * V	6	0.003	0.23	0.64	1.08	26.80*
Error (c)	32	0.01	0.04	0.38	5.55	10.31
CV (%)		6.43	6.29	14.04	18.35	16.01

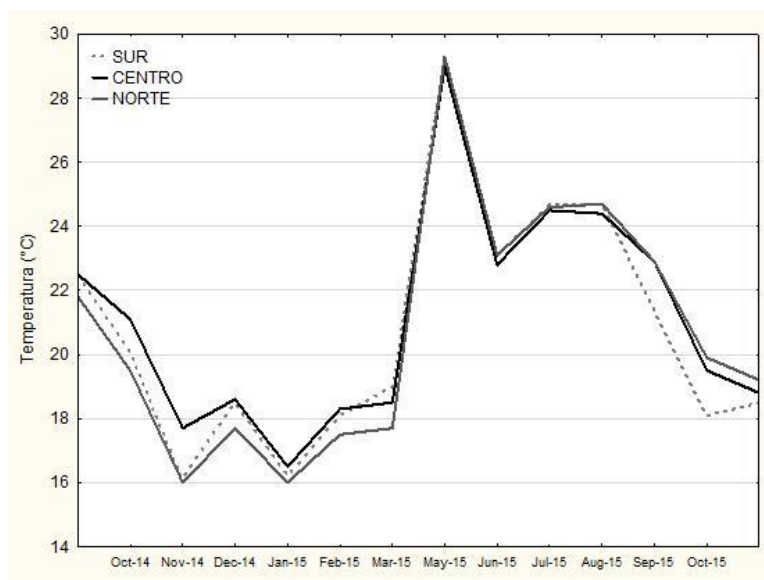
213 ADP= altura de planta; DBT= diámetro basal de tallo; NTF= Número total de fruto; PPF= Peso  
214 promedio de fruto; RPC; Rendimiento de fruto por corte;  $RM^2$ = Rendimiento  $m^2$ . \* =  $p < 0.05$ ; \*\* =  $p <$   
215 0.01.

216 Las diferencias encontradas entre ciclos de producción es resultado de las  
217 variaciones en la humedad relativa y temperatura que se presentaron en el invernadero  
218 como se muestra en las Figura 1 y 2, en las dos ciclos de producción en las cuales se  
219 realizó éste trabajo, éstos factores afectan de forma significativa el comportamiento de la  
220 planta, ya que influyen en la absorción de agua y sales minerales, la apertura o cierre  
221 estomático, modificando el intercambio gaseoso, además de influir sobre la polinización ya  
222 sea por la muerte del polen en altas o bajas temperaturas. Se indica que la temperatura  
223 óptima para un desarrollo vigoroso del cultivo de tomate y alta fructificación varía entre 20 y  
224 27°C y la humedad relativa es inversamente proporcional con la temperatura (Nicola *et al.*,  
225 2009) por lo tanto alta temperatura induce baja humedad relativa, que afecta la viabilidad del  
226 polen. Se ha encontrado que la humedad relativa más adecuada para el cultivo de tomate,  
227 debe ser de 60 a 70% (Snyder, 2006).

228  
229 Se encontraron diferencias significativas entre ciclos en la variable DBT, en el ciclo 1,  
230 se presentaron temperaturas más bajas y humedad relativa más alta que indujeron menor  
231 ADP y menor RPC (Figuras 1 y 2), sin embargo las mayores temperaturas y menor  
232 humedad relativa registradas en el ciclo 2, indujeron una ADP y RPC estadísticamente  
233 superiores a las del ciclo 1 (Cuadro 5). Ya que el RPC del ciclo 2 fue estadísticamente  
234 superior en 35,8% al registrado en el ciclo 1, indicando que temperaturas medias entre 18 y  
235 29°C registradas en el ciclo 2 jugaron un papel más importante que la humedad relativa,  
236 aunque ésta última fue muy inferior a la reportada por Snyder ( 2006) como la humedad  
237 relativa óptima. Las variables DBT y PPF tuvieron valores mayores en ciclo 1, contrarios a lo  
238 observado en el ADP y RTC, presentaron valores estadísticamente superiores a los valores  
239 observados en el ciclo 2, indicando que las plantas en el ciclo 1, tuvieron DBT y PPF

240 estadísticamente mayores por lo tanto se infiere que las menores temperatura retardaron las  
 241 cosechas y esto dio más oportunidad de aumentar el DBT y PPF (Cuadro 5).

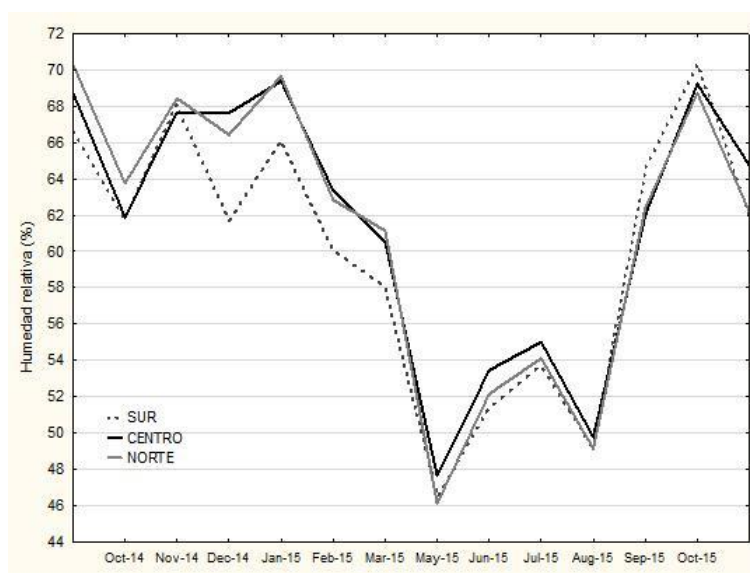
242



243

244 **FIGURA 1.** Comportamiento de la temperatura promedio en los ciclos productivos  
 245 otoño-invierno 2014, primavera-verano 2015, en el invernadero.

246



247

248 **FIGURA 2.** Comportamiento de la humedad relativa promedio en los ciclos  
 249 productivos otoño-invierno 2014, primavera-verano 2015, en el invernadero.

250

251 **CUADRO 5. Comportamiento promedio en dos ciclos de producción de tomate**  
 252 **heirloom.**

Ciclo	ADP m	DBT mm	NTF	PPF g	RPC g
1	2.73	11.30	20.84	183.02	357.10
2	2.95	10.50	19.25	156.29	484.97
DMSH	0.16	0.68	2.73	30.75	72.08

253 ADP = Altura de planta; DBT= Diámetro basal de tallo (mm); NTF= Número de fruto; PPF= Peso  
 254 promedio de fruto (g); RTC = Rendimiento promedio corte (g)

255  
 256 Entre acolchados se encontró diferencias significativas en NTF y RPC, al realizar la  
 257 comparación de medias el tratamiento con acolchado blanco mostró 31.14% más frutos que  
 258 las plantas desarrolladas en suelo desnudo. El mayor rendimiento obtenido en el suelo con  
 259 acolchado plástico puede ser debido a que los acolchados plásticos modifican el microclima  
 260 en la proximidad del cultivo (Tarara, 2000), como la temperatura del suelo, radiación  
 261 fotosintéticamente activa y la humedad del suelo, modificando el rendimiento del cultivo,  
 262 favoreciendo la reflexión de la luz como es el caso del acolchado blanco, según Quezada *et*  
 263 *al.*, (2011) se llega a incrementar de 150 a 290 % respecto a otros colores de acolchado.  
 264 Incrementando además la actividad fotosintética de 40 a 150%, favoreciendo con ello el NFP  
 265 y el RPC como se muestra en el cuadro 6, coincidiendo con los resultados obtenidos por  
 266 Quezada *et al.*, (2011) en el cultivo de pimiento.

267

268 **CUADRO 6. Efecto del acolchado plástico en componentes de rendimiento en tomates**  
 269 **heirloom**

Acolchado	ADP m	DBT mm	NTF	PPF g	RPC g
Blanco	2.89 a	10.64 a	23.12 a	170.86 a	495.42 a



Gris	2.85 a	11.07 a	18.12 ab	151.15 a	333.98 b
Negro	2.85 a	11.01 a	21.31 ab	181.46 a	488.19 a
Suelo	2.75 a	10.86 a	17.628 b	175.15 a	366.56 ab
DMSH	0.29	1.28	5.14	57.85	135.58

270 Medias con la misma letra en la misma columna son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ), ADP =  
 271 Altura de planta; DBT= Diámetro basal de tallo (mm); NTF= Número de fruto; PPF= Peso promedio de  
 272 fruto (g); RPC = Rendimiento promedio corte (g);

273

274 Se encontraron diferencias significativas entre variedades (cuadro 7), respecto a DBP, ADP,  
 275 NTF y PPF, encontrando que la variedad Striped German presentó la mayor altura de planta  
 276 superando significativamente a la variedad Valencia, en 43.04%, mientras que esta misma  
 277 variedad presentó mayor diámetro de tallo, superando estadísticamente a Brandywine en  
 278 13.11% y la variedad Valencia superó estadísticamente en el número total de frutos a la  
 279 variedad Striped German en 26.59%. En peso promedio de frutos la variedad Striped  
 280 German superó significativamente a la variedad Valencia en 41.68%, aunque esta presentó  
 281 el mayor número de frutos, pero con menor tamaño, la variedad Striped German tuvo frutos  
 282 de mayor peso, dando como resultado que ésta variedad tuviera el mayor RPC, con el mejor  
 283 rendimiento por hectárea con  $155 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$  en diez cortes, aunque no se encontraron  
 284 diferencias significativas entre variedades, ésta variedad supero a la variedad Valencia en  
 285 11.32%, lo cual representa una diferencia estimada de 15,760.5 Kg. Estos rendimientos  
 286 aparentemente son bajos sin embargo, Saha *et al.*, (2012) indica que los rendimientos  
 287 de los tomates tipo heirloom son competitivos y puede ser una alternativa de  
 288 producción, para mercados selectos.

289

290 **CUADRO 7. Componentes de rendimiento en tres variedades de tomate**  
 291 **heirloom.**

Variedad	ADP	DBT	NTF	PPF	RPC
----------	-----	-----	-----	-----	-----

	m	cm		g	g
Brandywine	2.91 b	10.30 b	19.58 ab	174.13 ab	422.31 a
Striped German	3.29 a	10.74 ab	17.90 b	196.29 a	442.92 a
Valencia	2.30 c	11.65 a	22.66 a	138.54 b	397.89 a
DMSH	0.23	1.00	4.04	45.44	106.49

292 Medias con la misma letra en columna son estadísticamente iguales (Tukey,  $\alpha \leq 0.05$ ), ADP= altura de  
 293 planta; DBT=Diámetro de tallo (mm); NTF= Número total de frutos; PPF= Peso promedio de fruto (g);  
 294 RPC = Rendimiento promedio corte (g).

295 En la interacción de Ciclos x Variedades, se encontraron diferencias estadísticas  
 296 significativas en las variables, DBP, ADP y NTF. Esto indica que de un ciclo a otro las  
 297 variedades cambiaron su comportamiento, respondiendo de forma diferente las variedades  
 298 al cambiar el microambiente de un ciclo a otro, lo anterior es consecuencia de la capacidad  
 299 de adaptación que tienen las variedades a las altas temperatura, que Florido y Álvarez  
 300 (2015) señalan los progresos en la mejora en éste sentido dependen del entendimiento de  
 301 los mecanismos fisiológicos y las bases genéticas de la tolerancia al estrés en el cultivo a  
 302 nivel celular, molecular y de planta completa, sin embargo en el caso de las variedades tipo  
 303 heirloom son materiales que no han sufrido cambios fuerte en su constitución genética,  
 304 resultando más susceptibles que híbridos o variedades convencionales.

305 En la triple interacción de Ciclos x Acolchados x Variedades se observó una diferencia  
 306 significativa en la variable de rendimiento por corte, se infiere que la temperatura y humedad  
 307 relativa registradas en el invernadero influyeron sobre las variables microclimáticas  
 308 registradas en las cercanías de las plantas y que modificaron el comportamiento de la  
 309 planta, induciendo la expresión genética que llevo a las variedades a tener diferentes  
 310 rendimientos por corte.

311

### 312 **Análisis de sendero**

313 A fin de lograr un mejor entendimiento de las aportaciones de cada variable al rendimiento  
 314 de frutos realizó un análisis de sendero (Cuadro 9), a fin de determinar los efectos

315 directos y efectos indirectos de las diferentes variables bajo estudio sobre la variable  
 316 dependiente que es el rendimiento total de fruto. Encontrando que el PPF y el NTF  
 317 son las variables que mayor aportación tienen al rendimiento total de fruto,  
 318 coincidiendo con lo reportado por Islam *et al.*, (2010).

319

320 CUADRO 9. Análisis de sendero presenta los efectos directos e indirectos de  
 321 componentes de rendimiento sobre el rendimiento por m<sup>2</sup> en tomates heirloom bajo  
 322 condiciones de invernadero.

	NTF	PPF	RPC	DBT	ADP	RTF
NTF	<b>0.70</b>	-0.23	0.06	0.00	0.01	0.53**
PPF	-0.21	<b>0.77</b>	0.06	0.00	-0.01	0.62**
RPC	0.31	0.37	<b>0.13</b>	0.00	-0.01	0.81**
DBT	0.07	0.03	0.00	<b>0.02</b>	0.01	0.12
ADP	-0.10	0.15	0.02	0.00	<b>-0.04</b>	0.02

323 Efectos residuales= 0.04. En la diagonal y en negrilla aparecen los efectos directos y fuera de la  
 324 diagonal los indirectos. NTF= Número total de frutos; PPF= Peso promedio de fruto; RPC =  
 325 Rendimiento promedio corte; DBT= Diámetro basal de tallo; ADP= Altura de planta; RTF=  
 326 Rendimiento total de fruto.

327

328 **Conclusiones**

329

330 Las variaciones en temperatura y humedad relativa que se presentan de un  
331 ciclo a otro en invernaderos de mediana tecnología, aunque no son letales sor  
332 altamente contrastantes, que inducen diferencias significativas en los  
333 rendimientos de fruto y sus componentes.

334 Aunque el uso de acolchados tiene como ventaja principal el ahorro de agua y  
335 proporcionar mejores condiciones de humedad para la producción de fruto, en  
336 la presente investigación el uso de acolchado blanco puede incrementar el  
337 número de frutos total de frutos en más de 30% en comparación con el suelo  
338 sin acolchar.

339 Las variedades estudiadas presentaron adaptación a los ambientes bajo  
340 estudio, mostrando rendimientos estadísticamente iguales, por lo tanto  
341 cualquiera de éstas variedades se pueden para producción comercial, ya que  
342 no se encontraron diferencias significativas entre variedades

343 El PPF y NTF son las variables que más influyen sobre el rendimiento total de  
344 fruto, ya que fueron las variables que manifestaron los mayores efectos  
345 directos.

346 **Literatura citada**

347 FIRA, 2017. Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura. Panorama

348 Agroalimentario: Tomate Rojo 2017. Disponible en:

349 <https://www.fira.gob.mx/InfEspDtoXML/abrirArchivo.jsp?abreArc=65310>.

350 [Última consulta: 09 de Junio de 2018].

351 Florido, B. M., & Álvarez, G. M. (2015). Aspectos relacionados con el estrés de

352 calor en tomate (*Solanum lycopersicum* L.). *Cultivos Tropicales*, 36, 77-

353 95. <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193243640008.pdf>

354 Grassbaugh, E. M., Regnier, E. E., Bennett, M. A. 2004. Comparison of organic

355 and inorganic mulches for heirloom tomato production. *Acta Hort.* 638:171–177.

356 DOI: 10.17660/ActaHortic.2004.638.22

357 Islam, B. M. R., Ivy, N. A., Rasul, M. G., & Zakaria, M. (2010). Character

358 association and path analysis of exotic tomato (*Solanum lycopersicum* L.)

359 genotypes. *Bangladesh Journal of Plant Breeding and Genetics*, 23(1), 13-

360 18. DOI: <http://dx.doi.org/10.3329/bjpbg.v23i1.9313>

361 Jordan, J. A. (2007). The heirloom tomato as cultural object: Investigating taste

362 and space. *Sociologia Ruralis*, 47(1), 20-41. <https://doi.org/10.1111/j.1467->

363 [9523.2007.00424.x](https://doi.org/10.1111/j.1467-9523.2007.00424.x)

364 Jordan, J. A. (2015). *Edible memory: The lure of heirloom tomatoes and other*

365 *forgotten foods*. University of Chicago Press. Disponible en:

366 <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=q77nBqAAQBAJ&oi=fnd&pg=>

367 [PR7&dq=Edible+Memory:+The+Lure+of+Heirloom+Tomatoes+and+Other](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=q77nBqAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Edible+Memory:+The+Lure+of+Heirloom+Tomatoes+and+Other)

368 [+Forgotten+Foods.+University+of+Chicago+Press.&ots=Zbrz6Cq5fM&sig=](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=q77nBqAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Edible+Memory:+The+Lure+of+Heirloom+Tomatoes+and+Other+Forgotten+Foods.+University+of+Chicago+Press.&ots=Zbrz6Cq5fM&sig=)

369 [JRrLscgus\\_ETniiWciiJHsEW-](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=q77nBqAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR7&dq=Edible+Memory:+The+Lure+of+Heirloom+Tomatoes+and+Other+Forgotten+Foods.+University+of+Chicago+Press.&ots=Zbrz6Cq5fM&sig=JRrLscgus_ETniiWciiJHsEW-)

370 [PE#v=onepage&q=Edible%20Memory%3A%20The%20Lure%20of%20Hei](#)  
371 [rloom%20Tomatoes%20and%20Other%20Forgotten%20Foods.%20Unive](#)  
372 [rsity%20of%20Chicago%20Press.&f=false](#)

373 Kaiser, C. and Ernst, M. (2017). Heirloom vegetables. University of Kentucky  
374 College of Agriculture, Food and Environment. Center for Crop  
375 Diversification Crop Profile. Disponible en:  
376 <http://www.uky.edu/ccd/sites/www.uky.edu/ccd/files/heirloom.pdf>

377 Klee, H. J. (2010). Improving the flavor of fresh fruits: genomics, biochemistry,  
378 and biotechnology. *New Phytologist*, 187(1), 44-56. DOI: 10.1111/j.1469-  
379 8137.2010.03281.x

380 Monge-Pérez, J. E. (2015). Evaluación de 60 genotipos de tomate  
381 (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivados bajo invernadero en Costa  
382 Rica. *InterSedes: Revista de las Sedes Regionales*, 16(33), 82-122.  
383 <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/intersedes/article/view/19027/19118>

384 Nicola, S., Tibaldi, G., & Fontana, E. (2009). Tomato production systems and  
385 their application to the tropics. *Acta Horticulturae*, (821), 27-33. DOI:  
386 10.17660/ActaHortic.2009.821.1

387 O'Connell, S., Rivard, C., Peet, M. M., Harlow, C., & Louws, F. (2012). High  
388 tunnel and field production of organic heirloom tomatoes: Yield, fruit  
389 quality, disease, and microclimate. *HortScience*, 47(9), 1283-1290.  
390 <http://hortsci.ashspublications.org/content/47/9/1283.full>

391 Quezada, M., Munguía, L. J., Ibarra, J. L., Arellano, G.M., Valdez, L. A., &  
392 Cedeño, R. B. (2011). Fisiología y producción de pimiento morrón  
393 cultivado con diferentes colores de acolchado. *Terra*

- 394 *Latinoamericana*, 29(4), 421-430.
- 395 [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-)
- 396 [57792011000400421](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-57792011000400421)
- 397 Rivard, C. L., & Louws, F. J. (2008). Grafting to manage soilborne diseases in  
398 heirloom tomato production. *HortScience*, 43(7), 2104-2111.
- 399 <http://hortsci.ashspublications.org/content/43/7/2104.full.pdf+html>
- 400 Saha, S. K., Egel, D., Restrepo, M., Clingerman, V., Monroe, S., Schmitz, H.,  
401 Sutterer, L., & Nowaskie, D. (2012). Evaluation of Organic Heirloom  
402 Tomato Varieties, 3–6.
- 403 <https://ag.purdue.edu/hla/fruitveg/MidWest%20Trial%20Reports/2012/10->
- 404 [01\\_Saha\\_Tomato.pdf](https://ag.purdue.edu/hla/fruitveg/MidWest%20Trial%20Reports/2012/10-01_Saha_Tomato.pdf)
- 405 Shamshiri, R., Kalantari, F., Ting, K. C., Thorp, K. R., Hameed, I. A., Weltzien,  
406 C., ... & Shad, Z. M. (2018). Advances in greenhouse automation and  
407 controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban  
408 agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological*  
409 *Engineering*, 11(1), 1-22. DOI: 10.25165/j.ijabe.20181101.3210
- 410 SIAP. 2017. Sistema de Información Agropecuaria. En:  
411 <http://nube.siap.gob.mx/cierreagricola/>. [Última consulta: 09 de Junio de  
412 2018].
- 413 Snyder, R. G. (2006). Guía del cultivo del tomate en invernaderos. Mississippi,  
414 US. Servicio de Extensión de la Universidad Estatal de Mississippi. USA.  
415 Publicación N° 2419. 1-24 pp. Disponible en:  
416 <https://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/P>  
417 [2419.pdf](https://extension.msstate.edu/sites/default/files/publications/publications/P2419.pdf)

- 418 Steiner, A. A. (1961). A universal method for preparing nutrient solutions of a  
419 certain desired composition. *Plant and soil*, 15(2), 134-154.  
420 <http://edepot.wur.nl/309364>
- 421 Tarara, J. M. (2000). Microclimate modification with plastic  
422 mulch. *HortScience*, 35(2), 169-180.  
423 [https://www.researchgate.net/profile/Julie\\_Tarara/publication/43275111\\_Mi](https://www.researchgate.net/profile/Julie_Tarara/publication/43275111_Microclimate_modification_with_plastic_mulch/links/54999eb20cf22a83139625b6.pdf)  
424 [croclimate\\_modification\\_with\\_plastic\\_mulch/links/54999eb20cf22a831396](https://www.researchgate.net/profile/Julie_Tarara/publication/43275111_Microclimate_modification_with_plastic_mulch/links/54999eb20cf22a83139625b6.pdf)  
425 [25b6.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Julie_Tarara/publication/43275111_Microclimate_modification_with_plastic_mulch/links/54999eb20cf22a83139625b6.pdf)
- 426 Treadwell, D. D., Simonne, A., Nkambule, T. P., Hochmuth, R. C., Laughlin, W.  
427 L., Olczyk, T., Peavy, C., & Rogers, C. J. (2008). Yield, Chemical  
428 Composition, and Eating Quality of Heirloom Tomatoes Grown in the  
429 Subtropical Climate of Florida. In *Proc. Fla. State Hort. Soc*, 121:170-174.  
430 [https://www.researchgate.net/profile/Amarat\\_Simonne/publication/2359761](https://www.researchgate.net/profile/Amarat_Simonne/publication/235976136_Yield_chemical_composition_and_eating_quality_of_heirloom_tomatoes_grown_in_the_subtropical_climate_of_Florida/links/59dbc92ea6fdcc1ec89fa32b/Yield-chemical-composition-and-eating-quality-of-heirloom-tomatoes-grown-in-the-subtropical-climate-of-Florida.pdf)  
431 [36\\_Yield\\_chemical\\_composition\\_and\\_eating\\_quality\\_of\\_heirloom\\_tomatoe](https://www.researchgate.net/profile/Amarat_Simonne/publication/235976136_Yield_chemical_composition_and_eating_quality_of_heirloom_tomatoes_grown_in_the_subtropical_climate_of_Florida/links/59dbc92ea6fdcc1ec89fa32b/Yield-chemical-composition-and-eating-quality-of-heirloom-tomatoes-grown-in-the-subtropical-climate-of-Florida.pdf)  
432 [s\\_grown\\_in\\_the\\_subtropical\\_climate\\_of\\_Florida/links/59dbc92ea6fdcc1ec8](https://www.researchgate.net/profile/Amarat_Simonne/publication/235976136_Yield_chemical_composition_and_eating_quality_of_heirloom_tomatoes_grown_in_the_subtropical_climate_of_Florida/links/59dbc92ea6fdcc1ec89fa32b/Yield-chemical-composition-and-eating-quality-of-heirloom-tomatoes-grown-in-the-subtropical-climate-of-Florida.pdf)  
433 [9fa32b/Yield-chemical-composition-and-eating-quality-of-heirloom-](https://www.researchgate.net/profile/Amarat_Simonne/publication/235976136_Yield_chemical_composition_and_eating_quality_of_heirloom-tomatoes-grown-in-the-subtropical-climate-of-Florida.pdf)  
434 [tomatoes-grown-in-the-subtropical-climate-of-Florida.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Amarat_Simonne/publication/235976136_Yield_chemical_composition_and_eating_quality_of_heirloom-tomatoes-grown-in-the-subtropical-climate-of-Florida.pdf)
- 435 USDA. 2018. United States Department of Agriculture. National Retail Report -  
436 Specialty Crops. Disponible en:  
437 <https://www.ams.usda.gov/mnreports/fvwretail.pdf>. [Última consulta: 09 de  
438 Junio de 2018].  
439  
440



## CONCLUSIÓN GENERAL

Las variaciones en temperatura y humedad relativa que se presentan de un ciclo a otro en invernaderos de mediana tecnología, aunque no son letales sor altamente contrastantes, que inducen diferencias significativas en los rendimientos de fruto y sus componentes.

Aunque el uso de acolchados tiene como ventaja principal el ahorro de agua y proporcionar mejores condiciones de humedad para la producción de fruto, en la presente investigación el uso de acolchado blanco puede incrementar el número de frutos total de frutos en más de 30% en comparación con el suelo sin acolchar.

Las variedades estudiadas presentaron adaptación a los ambientes bajo estudio, mostrando rendimientos estadísticamente iguales, por lo tanto cualquiera de éstas variedades se pueden para producción comercial, ya que no se encontraron diferencias significativas entre variedades

El PPF y NTF son las variables que más influyen sobre el rendimiento total de fruto, ya que fueron las variables que manifestaron los mayores efectos directos.