

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO



Respuesta De La Producción y Calidad Del Tomate “Heirloom”  
Variedad “German Red” a la Adición de Dos Fulvatos

Por:

**ROBERTO SOTO QUINTERO**

**TESIS**

Presentada Como Requisito Parcial Para Obtener El Título De:

**INGENIERO AGRÍCOLA Y AMBIENTAL**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Marzo del 2018

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE INGENIERÍA

Respuesta De La Producción y Calidad Del Tomate "Heirloom"  
Variedad "German Red" a la Adición de Dos Fulvatos

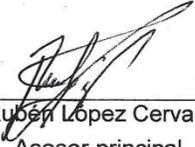
Presentado por:

**ROBERTO SOTO QUINTERO**

TESIS DE LICENCIATURA

Que somete a consideración de H. jurado examinador como requisito para  
obtener el título de:

**INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL**



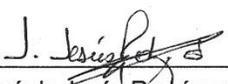
DR. Rubén López Cervantes  
Asesor principal



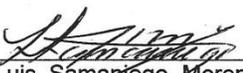
Dr. Rascon Alvarado Emilio  
Coasesor



M.C Fidel Maximiano Peña Ramos  
Coasesor



Dr. José de Jesús Rodríguez Sahagún  
Suplente



Dr. Luis Samaniego Moreno  
Coordinador de la división de ingeniería

Universidad Autónoma Agraria  
"Antonio Narro"



Coordinación de la División  
de Ingeniería

Buena vista, Saltillo, Coahuila, México, Marzo, 2018

## **AGRADECIMIENTO**

Al Dr. Rubén López Cervantes, por haberme apoyado y brindado, el tiempo necesario para la elaboración del proyecto de tesis, con su conocimiento y experiencia.

Al Dr. Rubén López Salazar, por haberme brindado el tiempo y conocimiento, en las dudas que se presentaron durante el proyecto.

Al M.C Fidel Maximiano Peña Ramos, por sus aceptadas críticas y sugerencias durante la realización de este proyecto.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro y mis profesores que me brindaron el conocimiento para mi formación profesional.

A la empresa Nutricele Soluções Nutricionais por permitirme realizar mis prácticas profesionales y darme esa gran experiencia de vida; al Ing. Nelson Schreiner Junior, por esa oportunidad que me brindó en una etapa más en mi vida profesional, a mis compañeros y amigos de trabajo Sidnui, Acenu, Diego Costa, Romário de Freitas Nunes, Marco Vinicius Wagner Brasileiro, Carlos Rafael de Azevedo Santos, Wagner de Camargo Macedo, Artur Fernandes, Leandro Almeida, Danilele, Mirian Fabri por apoyarme en todo momento.

A mis amigos Jair Júnior, Rafael Clisps Ventorim, Gabriel Clisps Ventorim, Leila Pinn, Raissa Pinn y toda la familia Pinn por su gran hospitalidad.

## DEDICATORIA

A Dios por siempre darme el camino correcto en mis acciones como ser humano y por permitir concluir un gran sueño, objetivos y por darme una familia con tanto amor.

A mis padres **Soledad Quintero Flores y Casimiro Soto Cantu** por ser el pilar de mi vida y la razón de mi afán de superación, por tanto amor incondicional que sin dudarlo han dado todo por mí sin importar si les llegase a faltar algo, por darme prioridad.

A mis hermanos, Albanelly Soto Quintero, Raciél Soto Quintero, Sócrates Soto Quintero, Nephatali Soto Quintero por brindarme su apoyo incondicional por tanto amor y por formar parte de mi vida.

A mis primos Valteich Sánchez Quintero, Yanneth Sánchez Quintero a todas mis tías, tíos y abuelos por ser esa gran familia.

A mis amigos, Yanel Pérez López, José Marroquín Morales, Dreyli Hidalgo Ramos, María Teresa Castillo, Benjamín Pérez Ruiz, Irlamar Hidalgo Ramos, Luis Enrique García, Noemi Nayyely Oliver Santiago, María Fernanda Vázquez Vázquez, Octavio Zavala García, Emanuel Peña Mery, Edgar del Ángel Mosqueda Alcalá, José Díaz, Guillermo Vargas Martínez, Hugo Leonardo, Emyr Joselyne Reyes Ponce, por su carisma y formar una segunda gran familia.

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1 General .....</b>	<b>4</b>
<b>2.2 Específico.....</b>	<b>4</b>
<b>3. HIPOTESIS.....</b>	<b>4</b>
<b>4. REVISIÓN DE LITERATURA .....</b>	<b>5</b>
<b>4.1 Generalidades del Tomate .....</b>	<b>5</b>
<b>4.2 Características del Fruto.....</b>	<b>7</b>
<b>4.3 Almacenamiento de la Semilla .....</b>	<b>8</b>
<b>4.4 Desorden Fisiológico .....</b>	<b>9</b>
<b>4.5 Importancia Económica .....</b>	<b>11</b>
<b>4.6 Las Sustancias Húmicas (SH) .....</b>	<b>13</b>
<b>4.7 Importancia de las Sustancias Húmicas.....</b>	<b>15</b>
<b>5. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>18</b>
<b>5.1 Ubicación del Sitio Experimental .....</b>	<b>18</b>
<b>5.2 Metodología.....</b>	<b>18</b>
<b>6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....</b>	<b>21</b>
<b>6.1 Peso Fresco .....</b>	<b>22</b>
<b>6.2 Diámetro Polar .....</b>	<b>23</b>
<b>6.3 Diámetro Ecuatorial.....</b>	<b>24</b>
<b>6.4 Firmeza del Fruto.....</b>	<b>25</b>
<b>6.5 Sólidos Solubles Totales .....</b>	<b>26</b>
<b>6.6 Vitamina C Primer Muestreo .....</b>	<b>27</b>
<b>6.7 Vitamina C en Segundo Muestreo.....</b>	<b>28</b>
<b>7. CONCLUSION .....</b>	<b>30</b>
<b>8. LITERATURA CITADA.....</b>	<b>31</b>

## INCIDE DE FIGURAS

<b>Figura 1. Localización del sitio experimental. ....</b>	<b>18</b>
<b>Figura 2. Peso de fruto (FP) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>22</b>
<b>Figura 3. Diámetro polar de fruto (DP) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>23</b>
<b>Figura 4. Diámetro ecuatorial de fruto (DE) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 5. Firmeza de fruto (FI) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 6. Sólidos solubles totales (SST) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>26</b>
<b>Figura 7. Contenido de Vitamina C en el primer muestreo (VC/1), de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>27</b>
<b>Figura 8. Contenido de Vitamina C en el segundo muestreo (VC/2), de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>28</b>

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro. 1 Desordenes fisiológicos del tomate “Heirloom”. ....</b>	<b>10</b>
<b>Cuadro 2. Distribución de tratamientos adicionados al tomate “Heirloom”, Variedad “German Red”. ....</b>	<b>20</b>
<b>Cuadro 3. Análisis de variables de algunas variables medidas al tomate “Heirloom” variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos. ....</b>	<b>21</b>

## RESUMEN

Con el objetivo de determinar respuesta en la producción y calidad del tomate “Heirloom” Variedad “German Red” a la adición de dos fulvatos, semillas obtenidas de frutos de un cultivo anterior fueron sembradas en una charola germinadora de poliestireno de 200 cavidades; cuando la plántula midió 10 cm de altura, fueron trasplantadas en macetas de plástico que contenían una mezcla de un suelo alcalino y “perlita”. Los tratamientos fueron un Fulvato de magnesio (FMg) y otro de potasio (FK) a las dosis de 600, 800 y 1000 mg.kg<sup>-1</sup> por litro de agua; como control se empleó una solución nutritiva (SN) al 50 y 100 por ciento y fueron adicionados a los, 25, 40 y 55 días después del trasplante. Las variables medidas: peso fresco (PF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), firmeza (FI), sólidos solubles totales (SST-°Brix) y Vitamina C en dos ocasiones (VC/1 y VC/2). Se encontró que los tratamientos, tuvieron efecto altamente significativo en todas las variables medidas; excepto, en VC/2. En el PF al aplicar 800 mg.kg<sup>-1</sup> del FMg, se aventajó a la SN50 en 68 % y a la SN 100 en 15 %. En el (DP) con 600 mg.kg<sup>-1</sup> del FMg6, se adelantó a la SN 50 en 11 % y la SN100 en 10 %. El (DE) con mayor efecto fue con 600 mg.kg<sup>-1</sup> del FK, porque obtuvo una diferencia en la SN50 en 10 % y en la SN100 en 16 %. En la (FI), con la agregación de 1000 mg.kg<sup>-1</sup> del FMg, se superó a la SN50 en 6 % y en la SN100 en 5 %. En los (SST), con la SN100 se alcanzó el mayor valor y aventajó a la SN50 en 2 %. En la (VC/1), con la adición de 600 mg.kg<sup>-1</sup> del FMg, se aventajó a la SN50 en 93 % y a la SN100 en 7 % y en la (VC/2), al adicionar 800 mg.kg<sup>-1</sup> del (FK) se superó a la SN50 con 22. 5% y a la SN100 en 6 %. Se concluye que el Fulvato de magnesio, tuvo efecto positivo en la mayoría de las variables medidas, con excepción del (DE) y la (VC/2), donde se comportó mejor el Fulvato de potasio.

**Palabras clave:** Substancias húmicas, *Solanum lycopersicum*.

## 1. INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum sp*), pertenece a la familia de las Solanáceas, cuya especie básica es *Lycopersicum esculentum Mill.*, es originario de la región de los Andes (Chile, Colombia, Ecuador, Bolivia, Perú), donde se encuentra la mayor variabilidad genética y abundancia de tipos silvestres (Ortega, 2010); para Ortega-Martínez *et al.* (2010) es una de las especies hortícolas más importantes de México, debido a su producción, comercialización y de empleo que genera ya que es el principal producto hortícola de exportación. México se encuentra entre los principales países exportadores de tomate y tiene una participación estimada en el mercado internacional del 21 por ciento. Tiene una producción estimada de 15.7 mil millones de pesos, lo que sitúa a esta hortaliza en el segundo lugar nacional en términos de valor de producción (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación SAGARPA, 2016); ya que es de los principales cultivos que se producen en condiciones protegidas, este ocupa el 75 por ciento, seguido por el pimiento con el 12 por ciento y el pepino con 10 por ciento (Castellanos, 2011).

En México se encuentra las variedades típicas como son, “bola”, saladette” y “cherry” que son de mayor consumo, producción y comercialización; pero, hay poca área dedicada a la producción de otros tipos de tomates, que se le conoce como especialidades *Gourmet*, como es el caso del tomate tipo “Heirloom”. Su traducción al español significa “reliquia” y es de origen Amish. El tomate tipo “Heirloom”, ha sido conservado de generación en generación durante varios siglos, debido a sus características valiosas, se ha visto un renacimiento popularizado dentro del país, debido a la creciente preocupación alimentaria de gran calidad en la producción sostenible o sustentable, cada vez son más los consumidores que adquieren este tipo de tomate y estarían dispuestos a pagar su costo por encima del costo normal de un tomate convencional, esto se debe al valor nutricional, ya que contiene grandes cantidades de vitamina C,

minerales y antioxidantes, se reportan importantes contenidos de azúcares solubles (fructosa, glucosa y sacarosa) (Grassbaugh *et al.* 2004).

Los tomates “reliquia”, se pueden encontrar en las grandes tiendas comerciales de Estados Unidos y muchos países de Europa; sin embargo, su valor es alto en comparación al tomate convencional, ya que la libra en fresco llega a costar hasta cuatro dólares Americanos. El cultivo de este tipo de tomate está asociado con la agricultura familiar, la semilla se distribuye de manera local a bajo precio. En Centroamérica, este material genético prácticamente no es conocido (Vargas, 2004).

Este tipo de tomate exhibe altos contenido de sólidos solubles totales, lo que provoca problemas de “rajeteado” (“cracking”), por lo tanto presenta baja firmeza y esto induce a hacer frutos susceptibles al ataque de enfermedades provocado por bacterias y/u hongos, lo que reduce su calidad y hay datos donde la producción se ve afectada hasta en 40 por ciento por estos factores. Ahora bien, es conocido que con el uso de fertilizantes químicos se aumenta la calidad de los frutos; sin embargo, estos compuestos son sales inorgánicas y con el uso inadecuado de ellos, se puede llegar a salinizar los suelos y aparte, en la actualidad sus precios son altos porque la mayoría provienen de recursos naturales no renovables.

Por lo anterior, en México, con el auge de la agricultura orgánica y la sostenible y/o sustentable, el uso de productos orgánicos ha tomado gran importancia en la producción agrícola; sin embargo, existe el concepto equivocado de que los productos orgánicos, sobre todo las sustancias húmicas (SH) Stevenson (1994) las clasifica en ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), las que son empleadas en grandes cantidades por los productores, pero estas no son fuente de nutrimentos, por lo que es necesario mezclarlas con fertilizantes químicos.

Las SH, al mezclarse con fertilizantes químicos, se ha demostrado que aumentan la cantidad y la calidad de los frutos en la producción (Calvo *et al.* 2014) y si a los AH se les adiciona algún nutrimento, se denominaran Humatos y a los AF, Fulvatos del o los elementos agregados; pero, el o los mecanismos mediante los cuales las mezclas orgánico-minerales logran lo anterior, no están bien explicado y esto hizo que se realice este trabajo. Por ejemplo, Eyheraguibel *et al.*, (2007), indican que las SH intervienen directamente en una gran cantidad de procesos fisiológicos involucrados con el crecimiento. Atiyeh *et al.* (2002), observaron efectos positivos en el crecimiento celular de las plantas, como: en la raíz, brotes, biomasa de hoja e influyen positivamente en el crecimiento y desarrollo general de los vegetales y DuJardin (2012), dice que estos compuestos son considerados como Bioestimulantes, por las cantidades tan reducidas a emplear y son una alternativa económica y ecológica factible para aumentar la producción y calidad de los cultivos.

## **2. OBJETIVOS**

### **2.1 General**

Determinar la respuesta de la producción y calidad del tomate “Heirloom”, variedad “German Red” a la adición de dos fulvatos.

### **2.2 Específico**

Establecer la dosis optima, de por lo menos un fulvato, que aumente la producción y calidad del tomate “Heirloom”, variedad “German Red”.

## **3. HIPOTESIS**

Al menos un fulvato y una dosis, tiene efecto positivo al aumentar la producción y calidad del tomate “Heirloom”, variedad “German Red”.

## 4. REVISIÓN DE LITERATURA

### 4.1 Generalidades del Tomate

El tomate (*Solanum lycopersicum* sp) o también conocido como jitomate, el nombre como tal, es derivado de “Tomatl” del idioma náhuatl nativo de los aztecas. Sin embargo, no existen registros o escrituras de las tribus peruanas antiguas que haya mencionado al tomate como un fruto vital en su dieta; inclusive, no existe una palabra que signifique tomate (Labate *et al.* 2007). Bail y Lindhuot (2007), Indicaron que los tomates fueron domesticados en América; sin embargo, el sitio original de domesticación y los eventos tempranos de su domesticación son poco claros. Las dos principales hipótesis señalan a México y Perú, como probables centros de origen y domesticación, respectivamente y se presume que México es la región más probable de domesticación y Perú como el centro de diversidad para especies silvestres.

Mansouret *et al.* (2009), comentan que de América se diseminó hacia Europa y a los demás países después de la colonización, lo que permitió el nacimiento de diversas variedades, colores y formas que se conocen en la actualidad. Para Labate *et al.*, (2007), las variedades comerciales de tomate generadas en el mejoramiento formal, poseen una alta variabilidad genética en las regiones de origen y se distribuyen principalmente en América Tropical y Subtropical y ya para 1623 se conocían cuatro tipos de tomate: rojo, amarillo, naranja y dorado. Estos mismos autores, dicen que desde la década de 1970 se formó un movimiento al contar como base a jardineros, conservacionistas y de pequeñas empresas de semillas regionales de todo el mundo e impulsaron al mercado las frutas y verduras “Heirloom” que estaban olvidadas.

Jordan (2007), señala que en Europa y en los Estados Unidos, los tomates “Heirloom” son un alimento de tendencia que se ha popularizado por los consumidores que frecuentan mercados de producción orgánica, sustentable y/o sostenible, en busca de una alimentación saludable y de gran calidad y

exploran los productos especiales y Coolong (2009), menciona que las verduras “reliquia” son variedades no híbridas que se han conservado de generación en generación como semillas por familias de agricultores, como es el caso de los tomate “Heirloom”.

La explotación de la Agrobiodiversidad puede traer varias ventajas en la concepción de nuevos sistemas de producción. En el caso de los tomates, es un gran potencial para expandir el desarrollo de cultivares disponibles y así permitir mayores opciones para productores y consumidores. El fruto del tomate posee enorme variabilidad de forma, color, textura y varias otras características sensoriales como el aroma y el sabor dulcemente, frutados (frescos e intensos) o ácidos (Roca *et al.*, 2013); sin embargo, el desconocimiento hace que el mercado sea restringido, con oferta de pocos grupos de este producto, ya que el mercado de semillas ofrece una variabilidad restringida de cultivares de este tipo de tomate, generalmente híbridos, de alto costo, con frutos grandes de coloración roja y con ello se restringen las opciones de los productores y los consumidores (Rocha *et al.* 2013). De acuerdo con datos del USDA, desde 1990 la producción de alimentos orgánicos y consumos, han aumentado anualmente un promedio de 20 por ciento cada año (Dimitri y Greene, 2002).

La guía de Taylor de los “Heirloom”, define a las verduras y frutas tipo “Heirloom” como una herencia y debe reunir los siguientes requisitos: al menos 50 años de edad, ser de polinización “abierta” y que tengan su historia propia (Watson, 1996). Por ello, hay varias versiones de esta clasificación de los “Heirloom”, todos los aficionados a ellos deben de estar de acuerdo en que es una planta de polinización “abierta”, son polinizadas naturalmente por el viento y por insectos o aves y producen semillas verdaderas al tipo que reproducen la planta madre que sigue la misma línea genética (Elliot, 2000; Demuth, 1999).

LeHoullier y Carolyn, (2015), dicen que hay una clasificación de las “reliquias” de familia en cuatro categorías:

*Herencias comerciales:* variedades de polinización “abierta” introducidas antes de 1940, o variedades de tomate de más de 50 años en circulación.

*Herencias familiares*: semillas que han sido transmitidas durante varias generaciones a través de una familia.

*“Heirlooms” creadas*: cruza de dos padres conocidos (dos “reliquias” familiares o una “reliquia” familiar y un híbrido) y deshibridar las semillas resultantes durante cuatro años; esto es, eliminar las características indeseables y estabilizar las características deseadas.

*Mystery “Heirlooms”*: variedades que son un producto de la polinización cruzada natural de otras variedades de “reliquias” familiares (Nota: todas las variedades de “reliquia” son de polinización “abierta”; pero, no todas las variedades de polinización “abierta” son variedades de herencias o reliquia).

#### **4.2 Características del Fruto**

Una característica definitoria de “reliquias”, como un todo, es la enorme variedad disponible. El tamaño de un tomate “Hierloom”, puede ir desde la de un tomate cherry a más de dos libras en peso. Los colores pueden ser rojos, púrpura, naranja, amarillos, blanco verde y aún verdes con rayas grises. Hay gran variedad de formas: oblonga, de calabaza, huevo, pera y otros pueden ser lobulados como pimientos. Los frutos están definidos por sus características físicas (color, firmeza, tamaño, forma), sus características químicas (contenido de sólidos solubles, pH, acidez titulable, relación azúcares /ácidos) y su calidad nutricional (contenido de vitaminas y minerales). Colectivamente estas características contribuyen a la impartición del sabor, la textura, el color y otros características que contribuyen la calidad del fruto (Castellanos, 2009).

Para clasificar los frutos de acuerdo a su calidad, es necesario tomar en cuenta una serie de características:

1. Firmeza de los frutos: puede ser consistente, esponjosa y flácida,
2. Limpieza: los fruto deben estar libres de polvo y residuos de plaguicidas,
3. Uniformidad en madurez y tamaño: sólo se permite limitado por ciento de defectos,

4. Forma de los frutos: las hendiduras “cracking” y deformaciones influyen en la calidad y 5. La sanidad.

De acuerdo a esta clasificación, el grado de madurez del fruto se va a determinar el grado y calidad a la que pertenezca (Van, 1982). Los tomates “Heirloom” tienen una vida de anaquel más corta y son altamente susceptibles a los hematomas, lo que requiere una comercialización muy rápida después de la cosecha (Colong, 2009).

Por lo comentado hasta ahora, los tomates “reliquia” no son los resultados de programas de mejoramiento, por lo que generalmente no resisten a las enfermedades y tienen menor tolerancia a la alta temperatura y por ello, pueden presentar diversos defectos en la fruta, como cicatrices en el extremo de la fruta, grietas, paredes grises y formas extrañas que pueden hacerlos no comercializables según los estándares (Flomo, 2010). Santiago et al. (1998), dicen que lo anterior, se debe en gran parte al contenido de sólidos solubles totales, ya que a mayor valor el fruto es más deseable (valor mayor o igual a 4.0 es considerado como bueno). Además, existe una correlación indirecta entre sólidos soluble y firmeza, a mayor concentración de estos es menor la firmeza (Santiago *et al.*, 1998).

### **4.3 Almacenamiento de la Semilla**

Cuando las semillas se guardan para la próxima temporada, se debe tener especial cuidado durante las fases de reproducción para mantener su pureza genética, para evitar cruza no deseadas. Las semillas se deben cosechar de las mejores plantas, para asegurar que las características de la planta madre se hayan heredado a la siguiente generación. Además, se debe tener en cuenta la temperatura adecuada y la humedad adecuada (fría y seca), al secar y almacenar las semillas para conservar una tasa de germinación aceptable (Coolong, 2009).

La variedad de tomate “Moneymaker”, es una variedad inglesa muy antigua, de entre 250 y 300 años de edad que fue la primera variedad Inglesa para la venta en el mercado. Actualmente, hay más de 8,000 variedades de tomate “Heirloom” disponibles a partir de una de las mayores organizaciones de preservación de semillas del mundo, denominada Seed Savers Exchange y de la misma forma, no es inusual encontrar en los mercados una extensa oferta de semillas “Heirloom”. La cultura “Heirloom”, se suele asociar a la agricultura familiar, a los métodos orgánicos de producción, a la distribución local y a bajo costo las semillas (James, 2005).

#### **4.4 Desorden Fisiológico**

El tomate “Heirloom” presenta fisiopatías; este término hace referencia a anomalías en la planta, funcional o morfológicamente causadas por un agente biológico, aunque también, puede ser causada por la inadecuada concentración de los nutrientes, lo que provoca que la planta presente toxicidad o deficiencias; por lo regular, son debido a factores genéticos y ambientales y en muchos casos, las causas involucran diversos factores por lo cual no se llega a una conclusión exacta. Los desórdenes fisiológicos, se hacen visibles cerca o durante la madurez de los frutos, en los cuales disminuye o no tiene valor comercial (Castellano, 2004).

En el tomate “Heirloom”, es muy común que presenten desórdenes fisiológicos denominado “rajeteado” o “cracking”, generalmente se presentan alrededor del pedúnculo del fruto. Una variante del “rajeteado” es cuando se manifiesta como líneas de cabello, al principio invisible a simple vista; después, se hace evidente al cubrir la mayor parte del fruto y dando una sensación rugosa, denominada “russenting” (Nuez, 2001). De acuerdo con Castellanos (2009), esta situación es provocada por los cambios bruscos en el suministro de agua durante el crecimiento del fruto; esto en combinación con un aumento de la intensidad lumínica, al reducir la elasticidad de la epidermis del fruto y provoca el aumento de presión de gas e hidrostático de la pulpa sobre la epidermis y da

como resultado el “rajeteado” visible en los frutos maduros o próximos a madurar.

En cultivos bajo invernadero, se ha demostrado que al reducir el riego se reduce el “rajeteado”; también, se debe procurar que el umbral en las temperaturas entre la noche y el día debe ser reducido. Para evitar esto se sugiere las siguientes prácticas: seleccionar una variedad resistente, evitar fluctuaciones de temperaturas y humedad entre el día y la noche, evitar cambios drásticos en la conductividad eléctrica (CE) de la solución nutritiva, mantener la CE por debajo de 3.0 dS/m y realizar poca o nada de defoliación (Castellano, 2004).

**Cuadro. 1** Desordenes fisiológicos del tomate “Heirloom”.

<i>Defecto</i>	<i>Descripción</i>
Pudrición del final del flor	Causada por una deficiencia localizada de calcio en la fruta en desarrollo, la podredumbre del extremo de la flor comienza con áreas ligeramente bronceadas y empapadas en agua que luego pueden agrandarse y volverse negras y correosas.
Cicatriz en el fruto	Tejido corcho en el extremo distal de la fruta que puede contener canales, usualmente extendiéndose hacia los lóculos (cavidades que contienen semillas derivadas de carpelos).
Catifacing	Causado por un factor interno o externo que ocurre durante la formación de la flor, aparece como una deformidad de la fruta gruesa.
Agrietamiento (concéntrico / radial)	Se produce cuando la expansión interna es más rápida que la expansión de la epidermis, lo que provoca que la epidermis se divida. Concéntrico aparece como un anillo o anillos alrededor de la cicatriz del tallo; radial aparece desde el extremo del tallo y avanza hacia el extremo de la fruta
Pared gris	Las áreas oscuras y necróticas usualmente en el tejido vascular de las paredes externas; apariencia grisácea causada por colapso parcial del tejido de la pared. Porque no se entiende completamente; más de un problema durante días frescos y cortos.
Forma extraña	Frutas que están fuera de la forma estándar de tomate.
Cicatrices de cremallera	Causada por una antera que está unida a la fruta recién formada, aparece como cicatrices que se extienden parcial o totalmente desde el área de la cicatriz del tallo hasta el extremo del fruto
<i>Fuente</i> : Barten y Scott 1992; Olson 2009	

Domene (2014), determina que la calidad del tomate “Heirloom” y de todo tipo de tomate es la firmeza que se encuentra relacionada con la estructura de la pared celular y con el estado de madurez. Esta variable depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de la célula que conforma la pared celular, la presencia del tejido de sostén o soporte de la composición del fruto. Los componentes que contribuyen a la firmeza de la célula, la pectina y el elemento calcio (Ca) que son los factores fundamentales para aumentar esta característica de la pared celular de los frutos. Para Posada (2008), a nivel molecular, los diferentes procesos que provocan la disminución en la firmeza no están claros; esto se sabe que están relacionados con la ruptura de la pared y membrana celular, activación e inactivación de enzimas e interacción de unos procesos con otros.

#### **4.5 Importancia Económica**

La demanda de variedades de tomate “Heirloom”, ha aumentado consistentemente en las últimas décadas, impulsada por el crecimiento de los mercados de agricultores, en el creciente interés en los productos orgánicos (Jordan, 2007). Las variedades de tomate “Heirloom”, a menudo son elegidas por pequeños productores que atienden mercados de especialidades locales, debido al potencial de envío limitado debido a pieles finas y la falta de uniformidad de forma / tamaño (Grassbaugh *et al.*, 1999 ; Lin *et al.*, 2008 ). El precio de venta de los tomates “Heirloom” en los mercados especializados puede ser tan alto como siete dólares la libra ( Jordan, 2007 ).

En cuanto a comercio internacional, México en la importación de tomate es prácticamente nulo, Estados Unidos se constituye como el mayor importador de esta hortaliza en todo el mundo. Los mexicanos consumen anualmente sólo 13 kg de tomate fresco per cápita, mientras los estadounidenses consumen 20 kg. Además, los tomates “Heirloom” se venden a precios más altos por lo general en Estados Unidos, debido a las características valoradas de los frutos y

mayores costos de producción. Algunas variedades Heirloom de Estados Unidos, producidos en México, ya se venden en los supermercados mexicanos a precios significativamente elevados en comparación con cultivares comerciales de tipo Saladette. Actualmente en algunos mercados en México, es posible encontrar frutos de genotipos “Heirloom” y otros tomates de especialidad, mejorados y registrados en Estados Unidos, pero producidos en México, como Green Zebra y Kumato.

Los tomates “Heirloom” mexicanos, también se venden generalmente a precios más altos y se pueden encontrar en todo el país. Los frutos para la venta son producidos y vendidos generalmente a nivel local y varían mucho en forma y sabor dependiendo de la región. En contraste con los “Heirloom” de Estados Unidos producidos en México y exportados, las variedades locales mexicanas no se exportan, y normalmente ni siquiera salen de la zona de donde se producen (Jordan, 2007).

Los tomates “Heirloom” han cambiado, de ser alimentos producidos y consumidos en un ambiente enteramente privado a alimentos consumidos en lugares públicos, como en restaurantes y tiendas de autoservicio (Jordan, 2007). Además, en la actualidad, la mayoría de consumidores están en los países desarrollados, que en comparación con los países en desarrollo y por tanto puede ser denominado como un cultivo de lujo (Bhatia *et al.*, 2004). La producción de tomate orgánico en México se lleva a cabo en Baja California Sur (Navejas, 2002), pero los rendimientos son bajos, por lo que es conveniente producir en invernadero, garantizando rendimientos mucho más elevados (Cano *et al.*, 2004).

Una ventaja de producir este tipo de tomate, es que a pesar de los desafíos en la producción, el cliente lo demanda, esta variedad ha aumentado en las últimas dos décadas, en paralelo con un aumento del soporte para los productos orgánicos y los mercados locales agrícola. (Jordan, 2007) y son valorados por su coloración prolífica y un sabor excepcional. Los mercados de Estados Unidos, para este tipo de tomate, son impulsados por los consumidores

y los ingresos generados a partir de la producción es normalmente mayor que la de los mercados de productos frescos cultivado en el campo (Grassbaugh *et al.*, 1999).

Y como desventaja primordial, es que típicamente carecen de uniformidad de forma y poseen la epidermis más delgada, en comparación con las variedades más modernas, por lo que es más difícil de transportar sobre largas distancia. Pueden ser un reto producirlos, como resultados de falta de resistencia a las enfermedades y de los rendimientos, en comparación con muchas variedades modernas (Rivard y Louws, 2008)

#### **4.6 Las Substancias Húmicas (SH)**

Se sabe que la composición química de la materia orgánica, incluye a muchos anillos aromáticos que interactúan entre sí y con cadenas alifáticas, dando lugar a macromoléculas con diferente masa. La génesis de las SH, implica una combinación de varios caminos de reacción y una gran variedad de sistemas químicos vinculantes, es muy difícil definir un concepto claro de su composición. Los residuos orgánicos, vegetales y animales, manejados o depositados en diferentes ambientes, tales como suelo, compostas, biodigestores, turbas, pantanos, carbones, se ven sometidos a un proceso de transformación esencialmente microbiana (Hayes, 1997). Este proceso consta fundamentalmente de dos vías: la mineralización y la humificación.

La mineralización consiste en el paso de los nutrientes de sus formas orgánicas a formas inorgánicas aprovechables por los cultivos. En el proceso de humificación, la explicación más aceptada se maneja en la denominada TEORIA DEL POLIFENOL (Rodríguez, 1991). Esta teoría incluye dos mecanismos cuya diferencia es el origen de los polifenoles. En uno de los mecanismos, los aldehídos y ácidos fenólicos, que se generan durante la degradación de ligninas por los microorganismos del suelo, producen quinonas por reacciones enzimáticas, las que se polimerizan para formar macromoléculas

del tipo de las SH. El otro mecanismo es similar, excepto que los compuestos polifenólicos son sintetizados por microorganismos a partir de sustratos distintos de la lignina (por ejemplo, celulosa). Los polifenoles son luego oxidados enzimáticamente a quinonas y posteriormente convertidas en SH. De acuerdo a estos conceptos, las quinonas provenientes de la lignina, son sintetizadas por los microorganismos, son los bloques principales a partir de los cuales se forman las SH. La formación de compuestos de color oscuro a partir de reacciones en las que participan quinonas ya fue observado en la formación de melanina (Stevenson, 1994).

El término SH, suele utilizarse como nombre genérico para describir al material coloreado del suelo o a las fracciones que se obtienen en base a sus características de solubilidad. De acuerdo con Stevenson (1994), se clasifican en: ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), de acuerdo a su solubilidad en ácidos o álcalis. De forma general, están compuestas por aproximadamente 50 por ciento de carbono, entre 35-45 por ciento de oxígeno, cinco por ciento de hidrogeno, tres por ciento de nitrógeno y azufre (MacCarthy, 2001) y La Sociedad Internacional de Substancias Húmicas. (IHSS – 2013), las define como una mezcla compleja y heterogénea de materiales polidispersados, formados en suelos, sedimentos y aguas naturales por reacciones químicas y bioquímicas, durante la descomposición y transformación de plantas y restos de microorganismos (proceso denominado humificación).

Coyne (2000), clasifica las SH de la siguiente manera: ácidos húmicos, son la fracción de las SH que no es soluble en soluciones acuosas ácidas ( $\text{pH} < 2$ ), pero sí es soluble a valores mayores de  $\text{pH}$ ; puede extraérselas del suelo con reactivos alcalinos, son la mayor fracción extraíble de las SH del suelo y presentan una coloración entre marrón oscuro y negro. Los ácidos fúlvicos, son la fracción soluble en soluciones acuosas a cualquier valor de  $\text{pH}$ , se las separa de los AH por acidificación, permanecen en solución y son de color amarillo-amarronado. Las huminas, son la fracción insoluble en agua a cualquier valor de  $\text{pH}$  y son de color negro. (Karanfil *et al.* 1996).

#### **4.7 Importancia de las Sustancias Húmicas**

La complejación y/o quelatación es el papel más importante de las sustancias húmicas, ya que se deduce que quelatan los cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta; además, previene su precipitación pero esto aún no está completamente comprobado. Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que por ejemplo se compleja hierro y zinc más rápido que el sodio (Stevenson, 1994). Las SH estimulan la absorción de iones en muchas plantas a una concentración de 10 a 100 ppm (Zachariakis *et al.* 2001).

Durson (2007), afirma que las SH tienen efectos benéficos en la absorción de nutrientes por las plantas y particularmente el transporte y disponibilidad de microelementos; cuando se aplican en soluciones minerales ayudan al crecimiento de varias especies vegetales lo que hace creer que dichas sustancias actúan como hormonas de crecimiento vegetal (Chen *et al.* 1990). Aplicaciones prolongadas de manera foliar de AH, estimulan mayor eficiencia fotosintética a partir de la quinta aplicación al principio de la cosecha de fruta en la planta de fresa (Neri *et al.* 2002).

Los efectos Bioestimulantes de las SH, es que se caracterizan tanto por los cambios estructurales y fisiológicos en las raíces y brotes relacionados con la absorción de nutrientes, la asimilación y distribución (rasgos de la eficiencia del uso de nutrientes). También, pueden inducir cambios en el metabolismo vegetal y los relacionados con la tolerancia al estrés abiótico que modula colectivamente crecimiento de las plantas, así como la promoción de la aptitud. En conclusión, la aplicación exógena de SH dentro de los sistemas agronómicos, se puede utilizar para ayudar al desarrollo de la intensificación sostenible. Como la mayoría de las SH utilizados en la agricultura, actualmente se derivan a partir de recursos no renovables como el carbón y la turba, la promoción de esta tecnología también requiere el desarrollo de nuevas fuentes sostenibles de productos húmicos (Canellas *et al.* 2015).

La aplicación de SH se observa un aumento en la nutrición mineral, es decir, en general aumenta la absorción de macro y micro elementos que podrían estar relacionados con la estimulación del crecimiento de plantas. La aplicación de extractos húmicos mejora la absorción de potasio, calcio, fósforo, nitrógeno, manganeso y hierro; además, se ha observado mayor concentración de nutrimentos en los tejidos radicales. En condiciones hidropónicas, se ha observado que inducen a una precocidad en la floración y modifican el desarrollo de la raíz, es decir, hay mayor cantidad de raíces. (Eyheranguibel *et al.* 2008).

Para Orlov (1995), los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que se compleja fierro (Fe) y zinc (Zn) más rápido que el sodio; por lo que al adicionar AF y Fe, la cantidad de este elemento es más abundante en tejido vegetal de follaje de tomate y resulta muy favorable para corregir la clorosis férrica en el cultivo de altramuz. Además, Ramos (2000), dice que la presencia de las SH, promueven el crecimiento de plantas de vid al aumentar el número de brotes laterales, mayor altura, mayor contenido de materia seca de hojas, tallos, raíces y de la clorofila total. También, este autor comenta que se ha encontrado aumento en la concentración foliar de clorofilas totales, conforme aumenta la dosis de aplicación de las SH, ya que además, de promover mayor contenido de carbohidratos y concentración de clorofila en hojas y brotes, aumenta los niveles de fósforo (P) y potasio (K) en raíces, también los niveles de calcio (Ca), magnesio (Mg) y zinc (Zn) en hojas.

Aunque la influencia de las SH, es más acusada sobre las raíces, existen numerosos estudios de su efecto sobre la parte aérea; así, Rauthan *et al.* (1981), estudiaron la incidencia de la aplicación de los AF a la disolución nutritiva Hoagland, en plantas de pepino y como resultado, se muestra que el óptimo crecimiento de los tallos fue a la dosis de entre 100 a 300 mg.litro<sup>-1</sup>. Mientras que, Chen *et al.* (1990), mencionan que las SH, mezcladas con soluciones minerales, ayuda al crecimiento de varias especies vegetales lo que

hace creer que las sustancias orgánicas, actúan como hormonas de crecimiento vegetal.

Como ya se comentó en varias ocasiones, los ácidos fúlvicos (AF), son la fracción de las SH que permanece en solución a cualquier condición de pH; estos compuestos poseen como características fundamentales, alta acidez total, gran cantidad de grupos funcionales carboxilo (-COOH), alta adsorción de iones y por ello, alta capacidad de intercambiar cationes (Calvo *et al.* 2014) y gracias a esto, son responsables de la quelatación y/o complejación de cationes (Lobartini *et al.* 1998).

Una gran cantidad de investigadores, han reportado el efecto de la quelatación de iones por los AF (Zimmerli *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2010); por ejemplo, García-Márquez (2017) en un trabajo muy completo sobre el efecto de un Fulvato de potasio en la calidad y producción de tabaco en un suelo alcalino, encontró que el Fulvato de K (FK), realizó efecto altamente significativo al aumentar el peso fresco y seco del vástago y la raíz de la plántula del tabaco, en las etapas de plántula y “Repique”. En la etapa de producción, el FK realizó efecto positivo al aumentar el peso fresco y seco de la hoja, del área foliar y el peso fresco y seco y del diámetro y la longitud del tallo.

Este mismo autor, dice que en el contenido de K en el tejido vegetal de follaje y raíz, el FK no realizó efecto positivo en las etapas de plántula y producción; pero, en la etapa de “Repique” si lo efectuó. Aquí, de acuerdo con los resultados obtenidos del K en la raíz fueron superiores a los presentados en el follaje, lo que no concuerda también con lo establecido por David *et al.* (2014), Calvo *et al.* (2014) y Canellas y Olivares (2014), al establecer que los AF sirven como agentes quelatantes de cationes, estos elementos son llevados al torrente xilemático, a través de las membranas de las células vegetales de la raíz por acción de enzimas como la ATP-asa.

## 5. MATERIALES Y MÉTODOS

### 5.1 Ubicación del Sitio Experimental

El trabajo de investigación, se desarrolló en un invernadero del Departamento de Ciencias del Suelo, del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN) en Buenavista, Saltillo, Coahuila; ubicada a los 25° 21' de latitud norte y 101° 02' de longitud oeste a la altitud de 1742 m.s.n.m.



**Figura 1.** Localización del sitio experimental.

### 5.2 Metodología

Semillas de tomate “Heirloom” de la variedad “German Red”, fueron obtenidas de frutos de un cultivo anterior localizado en el mismo invernadero. A las mencionadas semillas, se les realizó un tratamiento hidrotérmico en un “Baño María” (Water Bath, Marca YAMATO, Modelo BM100) a 40 °C durante 20 minutos; esto, con el fin de activar el embrión de las semillas y evitar en lo mayor posible el ataque de microorganismos patógenos como bacterias y hongos. Posterior a esto, se enfriaron a temperatura ambiente del Laboratorio (25 °C) y fueron sembradas en una charola germinadora de poliestireno de 200

cavidades, que contenían como sustrato la mezcla de “Peat moss” con “Perlita” (relación 1:1 v/v) y con el 20 por ciento de capacidad de retención de humedad (Castellanos y Vargas, 2010) y cuando la plántula, midió 10 cm de altura promedio, fueron trasplantadas en macetas de plástico que contenían una mezcla de un suelo alcalino y “perlita” (relación 2:1).

Los tratamientos fueron dos Fulvatos, uno de magnesio y otro de potasio, que fueron elaborados de la siguiente manera: Leonardita obtenida de una mina de Alpine, Texas, U.S.A., fue secada a 60 °C durante 24 horas en una estufa de secado (Lab Oven, Quincy Lab. Inc. Modelo 30GC, Serie G3-5572. Chicago, IL. U.S.A.), después enfriada a temperatura ambiente (25°C) durante una hora y tamizada a una malla de un milímetro de diámetro. A cinco gramos se les adicionaron 100 mL de hidróxido de potasio 0.5 N (KOH, 0.5 N), se colocaron a “Baño María” durante dos horas a 60°C, para extraer los AH y los AF. Una vez extraídos, fueron separados con ácido acético (AAc) al 98 por ciento de pureza; esto fue de la siguiente forma: la solución que contenía las SH presentó pH de 9.2, se le adicionó el AAc y el pH se llevó a 4. De esta forma, se separaron ambos ácidos, porque por naturaleza, los AH precipitan en un medio ácido; después, se calentó la solución a 50°C durante 10 minutos y los AH se separaron completamente de los AF. Los primeros fueron desechados y a los AF se les adicionaron magnesio (Mg) y potasio (K), ambos al dos por ciento. Como fuente de los elementos, se empleó el sulfato de ambos nutrimentos.

Los tratamientos fueron: 600, 800 y 1000 mg.kg<sup>-1</sup> por litro de agua de cada Fulvato y como control, se empleó una solución nutritiva (SN), con base en los Índices de Steiner al 50 y 100 por ciento y fueron adicionados a los, 25, 40 y 55 días después del trasplante con una conductividad eléctrica (CE) de 2.0 dS.m<sup>-1</sup> en la etapa vegetativa, 2.2 dS.m<sup>-1</sup> en la etapa de floración y 2.4 dS.m<sup>-1</sup> en la etapa de producción.

Las variables evaluadas al fruto fueron: peso fresco (PF) diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE) (Vernier Stainless-Steel, Marca Truper), firmeza al momento de la cosecha (FI) (Penetrometro, Fruit Hardess Tester, Modelo FHT 200. Extech, Instruments), solidos solubles totales al momento de la cosecha (SST - °Brix- Refractómetro, Master Refractometer, Marca ATAGO) y vitamina C (VC) en dos ocasiones de muestreo (Titulación con 2,6 diclorofenol indofenol, 0.001N).

El trabajo se distribuyó de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar, el que arrojó ocho tratamientos con cinco repeticiones. A los datos obtenidos, se les efectuó un análisis estadístico el cual consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mediante el método de Tuckey ( $p \leq 0.05$ ); es decir, al 95 por ciento de confianza. Para esto, se empleó el paquete estadístico para computador Statistical Analysis System (SAS), versión 9.1

**Cuadro 2.** Distribución de tratamientos adicionados al tomate “Heirloom”, Variedad “German Red”.

Numero	Tratamientos	Dosis ml L <sup>-1</sup>
1	SN 1	100
2	SN 2	50
3	FMg 1	10
4	FMg 2	8
5	FMg 3	6
6	FK 1	10
7	FK 2	8
8	FK 3	6

SN= Solución Nutritiva, FMg= Fulvato de Magnesio, FK= Fulvato de Potasio

## 6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con base en el Cuadro 4, se tiene que los tratamientos adicionados al tomate “Heirloom”, variedad “German Red” realizaron efectos altamente significativos en todas las variables medidas; excepto, en el segundo muestreo del contenido de Vitamina C.

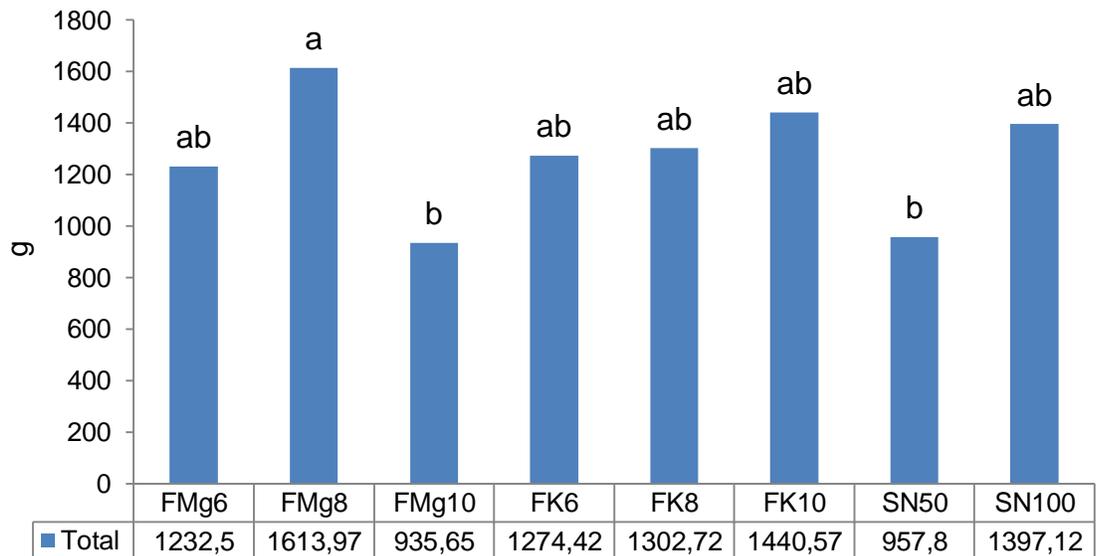
**Cuadro 3.** Análisis de variables de algunas variables medidas al tomate “Heirloom” variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

Tratamientos	PF(g)	DP (cm)	DE(cm)	FI (N)	SST(°Brix)	VC /1	VC /2
FMg 6	1232.5 <sup>ab</sup>	5.35 <sup>a</sup>	5.29 <sup>b</sup>	2.038 <sup>ab</sup>	6.11 <sup>c</sup>	1.57 <sup>a</sup>	0.76 <sup>a</sup>
FMg 8	1613.97 <sup>a</sup>	5.05 <sup>ab</sup>	5.925 <sup>ab</sup>	2.038 <sup>ab</sup>	6.4 <sup>abc</sup>	1.23 <sup>b</sup>	0.861 <sup>a</sup>
FMg 10	935.65 <sup>b</sup>	5.16 <sup>ab</sup>	6.038 <sup>ab</sup>	2.086 <sup>a</sup>	6.57 <sup>ab</sup>	0.715 <sup>e</sup>	0.771 <sup>a</sup>
FK 6	1274.42 <sup>ab</sup>	5.31 <sup>ab</sup>	6.484 <sup>a</sup>	1.86 <sup>b</sup>	6.34 <sup>abc</sup>	0.89b <sup>cde</sup>	0.756 <sup>a</sup>
FK 8	1302.72 <sup>ab</sup>	4.75 <sup>b</sup>	5.7841 <sup>ab</sup>	1.86 <sup>b</sup>	5.23 <sup>abc</sup>	1.053 <sup>bcd</sup>	0.89 <sup>a</sup>
FK 10	1440.57 <sup>ab</sup>	4.88 <sup>ab</sup>	5.733 <sup>ab</sup>	1.94 <sup>ab</sup>	6.14 <sup>bc</sup>	1.104 <sup>bc</sup>	0.784 <sup>a</sup>
SN 50	957.8 <sup>b</sup>	4.8 <sup>ab</sup>	5.781 <sup>ab</sup>	2.023 <sup>ab</sup>	6.5 <sup>abc</sup>	0.811 <sup>cde</sup>	0.725 <sup>a</sup>
SN100	1397.12 <sup>ab</sup>	4.84 <sup>ab</sup>	5.547 <sup>ab</sup>	1.98 <sup>a</sup>	6.62 <sup>a</sup>	0.756 <sup>de</sup>	0.836 <sup>a</sup>

PF= Peso Fresco del Fruto, DP= Diámetro polar, DE= Diámetro ecuatorial, FI= Firmeza del Fruto, SST= Solidos solubles totales, VC/1= Vitamina C primer muestreo, VC/2= Vitamina C Segundo muestreo.

## 6.1 Peso Fresco

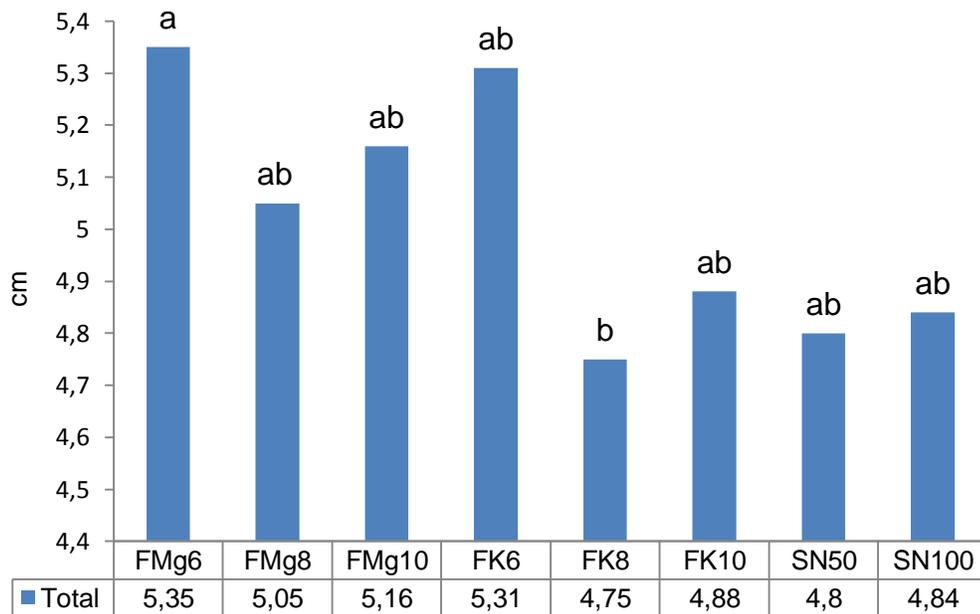
En esta variable, con la aplicación de la dosis medida del Fulvato de Magnesio (FMg 8), se presentó el mayor valor; mientras que, con la agregación del Fulvato de Potasio (FK) conforme se aumentó la dosis, el valor también lo realizó. Aquí, se presenta que al aplicar 800 mg.kg<sup>-1</sup> del FMg, se aventajó al tratamiento donde se aplicó la solución nutritiva al 50 por ciento (SN 50) en 68 por ciento y a la solución nutritiva al 100 por ciento (SN 100) en 15 por ciento (Figura 2).



**Figura 2.** Peso de fruto (FP) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

## 6.2 Diámetro Polar

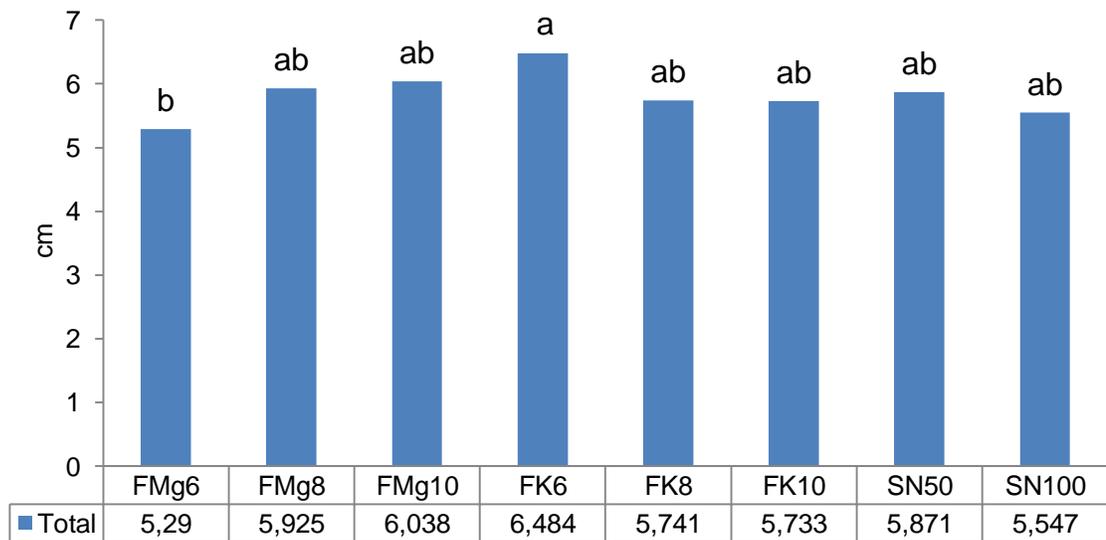
Aquí, con la dosis media de ambos Fulvatos se presentaron los valores más inferiores y con las dosis bajas, los más altos; de tal forma que, con la agregación de  $600 \text{ mg.kg}^{-1}$  por litro de agua del Fulvato de Magnesio (FMg6), se adelantó a la solución nutritiva al 50 por ciento (SN 50) en 11 por ciento y la solución nutritiva al 100 por ciento (SN100) en 10 por ciento (Figura 3).



**Figura 3.** Diámetro polar de fruto (DP) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

### 6.3 Diámetro Ecuatorial

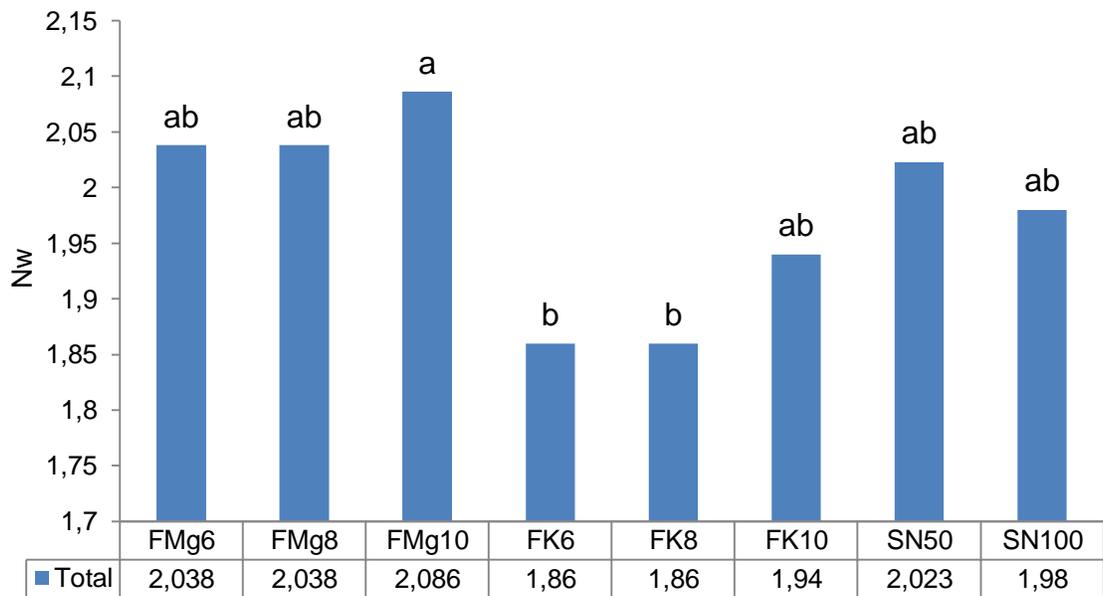
En esta variable, conforme se aumentó la dosis del Fulvato de Magnesio (FMg), los valores también aumentaron; sin embargo, con la aplicación del Fulvato de Potasio (FK) al aumentar la dosis, los valores disminuyeron. Aquí, con la adición de  $600 \text{ mg.kg}^{-1}$  del FK se presentó el mayor valor, porque se sobrepasó a donde se aplicó la solución nutritiva al 50 por ciento (SN50) en 10 por ciento y en la solución nutritiva al 100 por ciento (SN100) en 16 por ciento (Figura 4).



**Figura 4.** Diámetro ecuatorial de fruto (DE) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

## 6.4 Firmeza del Fruto

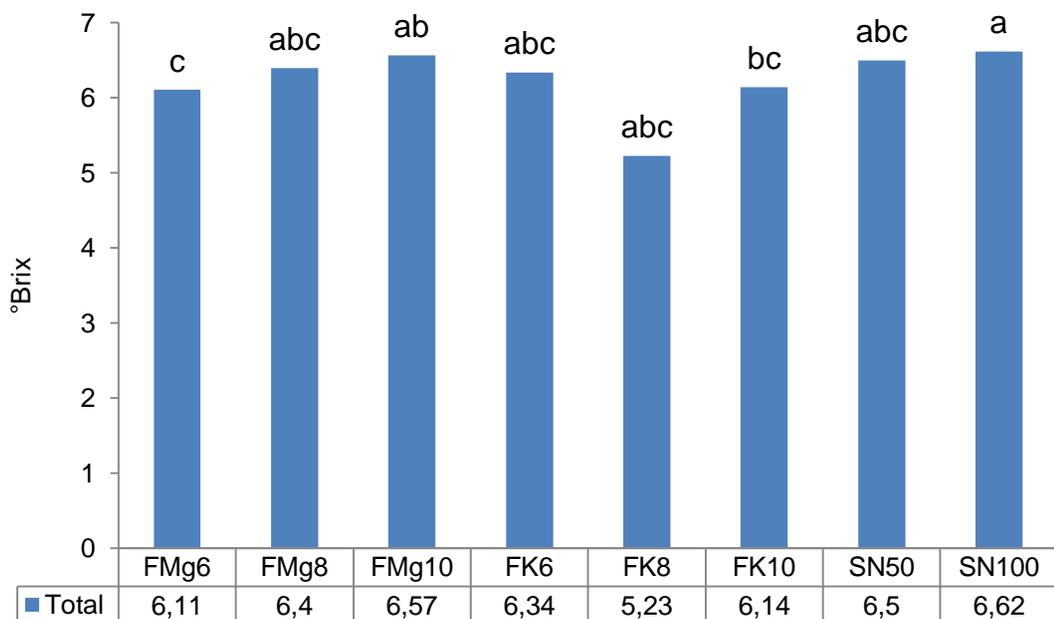
Con la adición de ambos Fulvatos, aquí en la firmeza del fruto, conforme se aumentó la dosis los valores también aumentaron; pero, aquí destaca que con la aplicación del (FMg) en sus tres dosis se presentaron los valores superiores y también, con la cantidad más baja de la solución nutritiva, se adelantó a la cantidad superior de fertilización química. De tal forma que, con la agregación de  $1000 \text{ mg.kg}^{-1}$  del FMg (FMg10), se superó a la solución nutritiva al 50 por ciento (SN50) en seis por ciento y en la solución nutritiva al 100 por ciento (SN100), en cinco por ciento (Figura 5).



**Figura 5.** Firmeza de fruto (FI) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

## 6.5 Sólidos Solubles Totales

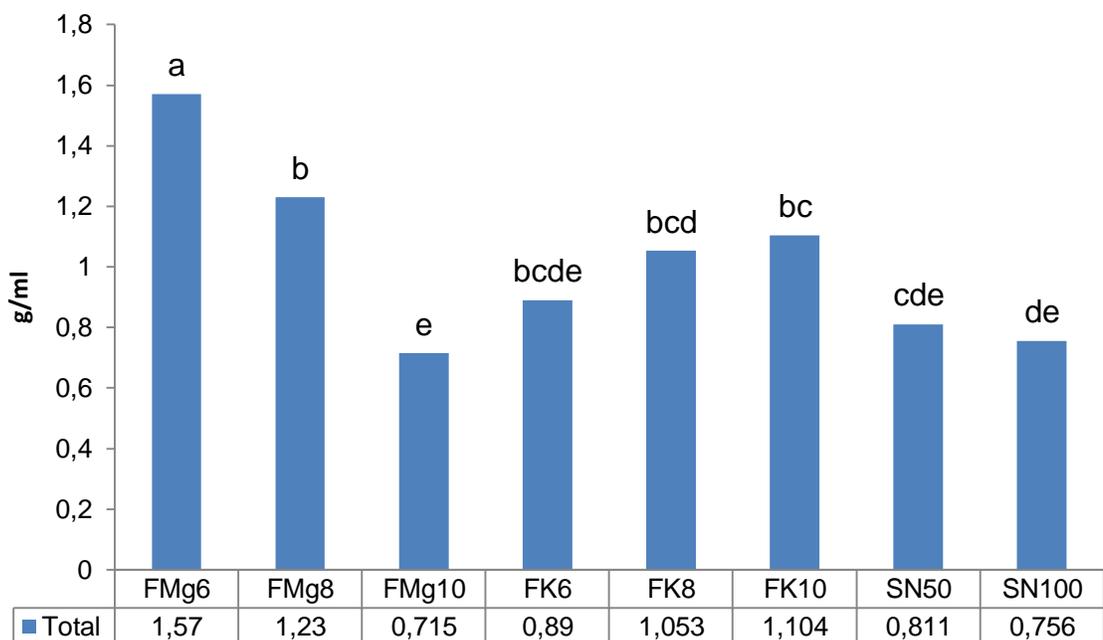
Aquí, ninguno de los Fulvatos realizó efecto significativo y se presentó que los valores de esta variable oscilaron entre 5.5 y 6.5. Con base en la (Figura 6), se puede establecer que con la aplicación del (FMg) conforme se aumentó la dosis, los valores también aumentaron y con la dosis media del (FK), se presentó el valor más inferior; así que, con la agregación de la solución nutritiva al 100 por ciento (SN100), se alcanzó el superior valor porque adelantó al tratamiento donde se aplicó el 50 por ciento (SN50) de la solución nutritiva en dos por ciento



**Figura 6.** Sólidos solubles totales (SST) de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

## 6.6 Vitamina C Primer Muestreo

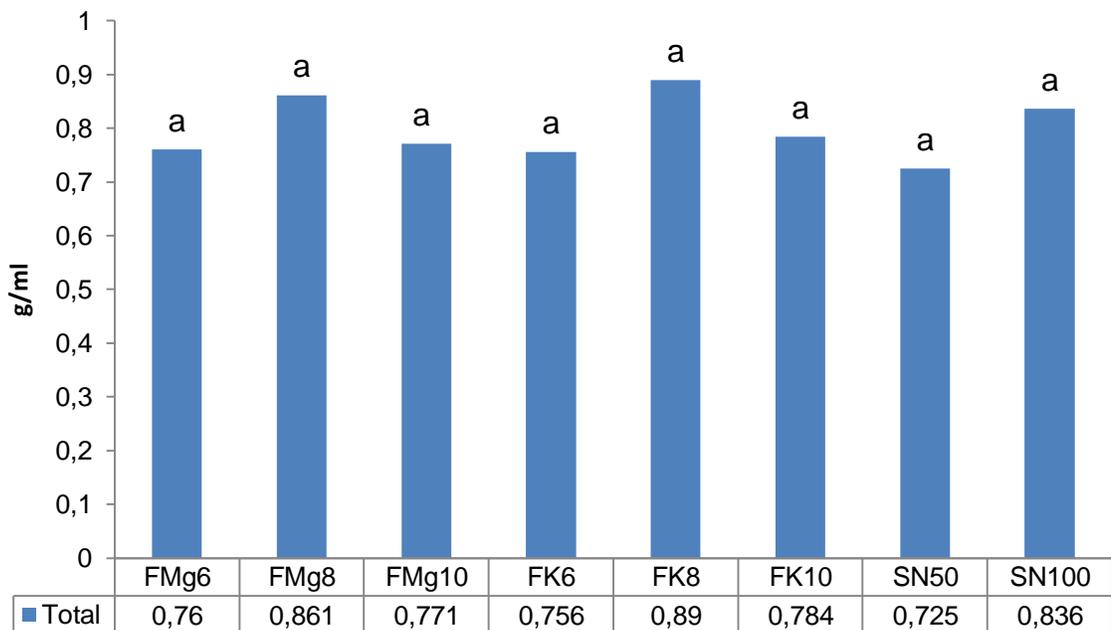
En esta variable y de acuerdo a la (Figura 7), se aprecia que conforme se aumentó la dosis del (FMg), los valores disminuyeron y con la aplicación del (FK), se presentó a la inversa; es decir, al aumentar la dosis los valores también aumentaron. Con la adición de 600 mg.kg<sup>-1</sup> del (FMg), se aventajó a donde se aplicó la solución nutritiva al 50 por ciento (SN50), en 93 por ciento y la solución nutritiva al 100 por ciento (SN100) en siete por ciento.



**Figura 7.** Contenido de Vitamina C en el primer muestreo (VC/1), de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

## 6.7 Vitamina C en Segundo Muestreo

A pesar de no presentarse efecto significativo de los tratamientos en esta variable, de forma gráfica (Figura 8) se puede observar que con la aplicación de la dosis media de ambos Fulvatos y la cantidad alta de la solución nutritiva, se presentan los valores mayores; así que, al adicionar 800 mg.kg<sup>-1</sup> del FK se aventaja a donde se aplicó la solución nutritiva al 50 por ciento (SN50) con 22 por ciento y a donde se agregó la solución nutritiva al 100 por ciento (SN100) en seis por ciento.



**Figura 8.** Contenido de Vitamina C en el segundo muestreo (VC/2), de tomate “Heirloom”, Variedad “German Red” con la adición de dos fulvatos.

## 6.8 Discusión

A manera de discusión, se puede decir que de acuerdo a los resultados obtenidos con la adición de las distintas dosis de fulvato de magnesio (FMg) 6, 8, 10 ml L<sup>-1</sup> tuvieron los mayores valores en las variables evaluadas como son (PF), (DP), (FI), (VC/2). Debido a que en la variable (PF), al adicionar 8 ml L<sup>-1</sup> de fulvato de magnesio (FMg8) se obtuvo un valor que superó 68 por ciento al testigo de solución nutritiva 50 por ciento, no obstante en la variable (DP) con la dosis de fulvato de magnesio 6 ml L<sup>-1</sup> (FMg6) se aventajó 11 por ciento en base a la solución nutritiva 50 el cual indicó el mejor promedio; para la variable (DE) el fulvato de potasio a dosis 6 ml L<sup>-1</sup> fue que marcó más diferencia con un 16 por ciento en relación a la solución nutritiva 100; en la variable (FI) con la adición del fulvato de magnesio 10 ml L<sup>-1</sup> (FMg10) se superó seis por ciento a la solución nutritiva al 100 por ciento; para (SST) con la agregación de solución nutritiva 100 (SN100), se alcanzó el mayor valor, se obtuvo dos por ciento de ventaja a la solución nutritiva 50 (SN50); a continuación la variable (VC/1) con la agregación de fulvato de magnesio 6 ml L<sup>-1</sup> (FMg6) se aventajó 93 por ciento donde se aplicó solución nutritiva al 50 por ciento (SN50); para (VC/2) en la adición de fulvato de potasio 8 ml L<sup>-1</sup> (FK8) sobresalió 22 por ciento donde se agregó solución nutritiva 50 por ciento obteniendo el mejor resultado.

También, Jindo *et al.* (2012), concuerdan con lo anterior al concluir que los ácidos húmicos (AH) y ácidos fúlvicos (AF), aumentan la calidad del fruto, porque estas sustancias presentan estructuras muy similares a las auxinas e inducen la actividad de la ATP-asa. Además, aquí desde el punto de vista de la nutrición vegetal, se puede decir que los AF, son la fracción de la materia orgánica que permanece en solución a cualquier condición de pH. Los AF tienen alta acidez total, gran cantidad de grupos funcionales carboxilo (-COOH), alta adsorción de iones y por ello, alta capacidad de intercambiar cationes (Calvo *et al.* 2014); gracias a esto, los AF son responsables de la quelatación de los cationes (Lobartini *et al.* 1998). Una gran cantidad de investigaciones, han reportado el efecto de la quelatación de iones por los AF (Zimmerli *et al.*, 2008; Zhang *et al.*, 2010); esto, concuerda con lo encontrado en este trabajo al

presentar que las dosis del Fulvato de Magnesio (FMg), realizaron efecto altamente significativo en las variables medidas en el tomate, al aumentar los valores de ellas con relación a donde no se adicionó el compuesto orgánico-mineral; es decir, a las dos cantidades de la fertilización química empleadas como controles.

## **7. CONCLUSION**

El Fulvato de magnesio, realizó efecto positivo en la mayoría de las variables medidas al tomate "Heirloom", Variedad "German Red", con excepción del diámetro ecuatorial y el contenido de Vitamina C en el segundo muestreo, que lo efectuó el Fulvato de potasio.

## 8. LITERATURA CITADA

- Aza, A., E., 2001. Efecto de Ácidos Fúlvicos de Dos Orígenes en el Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. UAAAN México. 42 pp.
- Coolong, T. 2009. "Heirloom vegetables". Cooperative Extension Service, college of agriculture, university of Kentucky. Accessed March 21, 2015.
- Coolong, T. 2009. "Hortalizas De Herencia". Cooperativa Servicio De Extensión, Facultad De Agricultura, Universidad De Kentucky.
- Calvo, P., Nelson, L. and Kloepper, J.W. 2014. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*. 383:3-41.
- Canellas, L.P. and F. L. Olivares. 2014. Physiological responses to humic substances as plant growth promoter. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 1-11. A Springer Open Journal.
- Chen Y. and T. Aviad, 1990. Effects of humic substances on plant growth. In *humic substances in soil and crop science; selected readings* (pp. 161\_/186). Madison: American Society of Agronomy and Soil Science Society of America.
- Coyne M. 2000. *Microbiología del suelo: un enfoque explorativo*. Ed. Paraninfo, Madrid España Pp. 416.
- DEMUTH, A.P. 1999. *Vegetables and fruits: A guide to heirloom varieties and community- based stewardship*. Alternative farming systems information center, USDA.

David, J., D. Smejkalova, S. Hudecova, O. Zmeskal, R. von Wandruska, T. Gregor and J. Kucerik. 2014. The physic-chemical properties and biostimulative activities of humic substances regenerated from lignite. Springer Plus a Springer Open Journal. 3-156.

Durson A; I. Guven and Turan. 2007. Macro ando micro nutrient contents of tomato (*Lycopersicon esculentum*) and eggplant (*Solatium melongena var. Esculentum*). Sedling and their effects on seeding in relation to humic acid application pag improved Crop Quality by Nutrient Management Vol.86.

Elliot, B. 200 Nostalgia you can eat- heirloom vegetables. Mother Earth News February.

Eyheraquibel B., J. Silvestre and P. Morard. 2008. Effects of humic substances derives from waste enhancement on the growth and mineral nutrition of maize bioresource technology 99(10): 4206-4212.

Fernandez-cornejo, J., D. Newton, and R. penn. 1994. Organic vegetable growers surveyed in 1994. USDA/ERS, Washington, DC. AH-705.

Grassbaugh EM, Regnier EE, Bennett MA (2004). Comparison of organic and inorganic mulches for heirloom tomato production. Acta Hort. 638:171-177.

Grassbaugh E., T. Harker, B. Bergefurd and M Bennett.1999. Specialty and heirloom tomato production and markering Dept. Health and Consumer Sci: Ohio Agr. Res and Dev. Ctr. Bul.684.

- Grunzke L, Baumbauer D, y Dougher T (2006). Hybrid versus heirlooms: A comparison study in garden productivity and marketability for small-scale commercial growers. *HortScience*, 41:967-1084.
- Hayes, M.H.B. 1991. In W.S. Wilson (Ed.) *Advances in soil organic matter research: the impact on agriculture and the environment*. Royal Society of Chemistry, Cambridge, 3-22.
- Jordan JA (2007). The heirloom tomato as cultural object: Investigating taste and space. *Sociol. Ruralis*, 47:20-41
- Jordan. A. 2007. The heirloom tomato as cultural object: investigating taste and space. *Sociología Ruralis*. Vol 27. Oxford. Blackwell publishing.
- Juárez, L. P. 2007. *Estructuras Utilizadas En La Agricultura Protegida*. Universidad Autónoma de Nayarit. Departamento de Fitotecnia. UAN. P.1-2-3-5.
- Kolonovav., 2003. Ácidos Húmicos Origen y sus Beneficios. [Disponible en Internet]<http://www.corpmisti.com.pe/novedades/ARTICULOACIDOHUMICOS2.htm>. Octubre 15. 14.28 horas.
- Karanfil T., M. A. Schlautman, J. E. Kilduff and W. J. Weber Jr. 1996. Adsorption of organic macromolecules by granular activated carbon. 2. Influence of dissolved oxygen. *Environmental Science and Technology*, 30: 2195 – 2201.
- Lobartini, J.C., K.H. Tan and C. Pape. 1998. Dissolution of aluminium and iron phosphate by humic acids. *Commun. Soil Sci. Plant Anal* 29:535-544.

- McCarthy, P., 2001. The Principles of Humic Substances: An introduction to the first principle. UK. Pág. 19- 30.
- Martinez Buran F. 2006. México. Seguridad alimentaria, cultivando hortaliza. Parte 1. Solanáceas. Pp: 857.
- Ruiz R. R 200. España. Aplicación de sustratos húmicos comerciales como producto de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Pp: 23-25
- Ramos, R. 2000. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulante. Efectos frente al estrés salino. Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias. Universidad de Alicante.
- Rauthan, B.S. and Schnitzer, M. 1981. Effects of a soil fúlvico acid on the grown and nutrient content of cucumber (*Cucumis sativus*) plants. Plant and Soil. 63: 491-495.
- Rodríguez, J. 1991. Sustancias Húmicas: origen, caracterización y uso en la agricultura. INTAGRI, Celaya, Guanajuato, México.
- Sociedad Internacional de Sustancias Húmicas (IHSS), 2013. Producto de alface cultivado en solución nutritiva completa con adicto a sustancias húmicas extraídas de siete carbones minerales. Universidad Federal de Santa María. Programa de posgraduados en agronomía. Santa María, Brasil. Pp. 343-345.
- Stevenson, F. J. 1994 Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reaction. John Wiley & Sons, New York, USA.
- Watson, B. 1996. Guía De Taylor Para Variedades Antiguas. Editorial Houghton Mifflin. Nuevo York.

Zapata L., Gerard L., David C., Olivia L., Schvad M. 2007 Brasil correlación matemáticas de índice de color del tomate con parámetros texturales concentración de carotenoides. Pp1-20.

Zachariakis, M., Tzorakakis, E., Kritsotakis, I., Siminis, C. I. and Manios, V. 1999. Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. In *International Symposium on Composting of Organic Matter 549*. pp. 131-136.

Zhang, X., K. Wang and E.H. Ervin. 2010. Optimizing dosages of seaweed extract-based cytokinins and zeatine bioside for improving creeping bentgrass heat tolerance. *Crop Sci.* 50:316-320.

Zimmerli, L., B.H. Hou and C.H. Tsai. 2008. The xenobiotic beta-aminobutyric acid enhances *Arabidopsis* thermotolerance. *Plant J.* 53:144-156.