

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO**



TESIS

**COMPORTAMIENTO DE TRES COMPUESTOS ORGANO-
MINERALES EN LA PRODUCCION Y CALIDAD DEL TOMATE
"HEIRLOOM".**

POR

VALERIANO RUIZ GÓMEZ

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL

TÍTULO DE:

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México

Junio del 2017

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE INGENIERIA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DEL SUELO

**COMPORTAMIENTO DE TRES COMPUESTOS ORGANO-
MINERALES EN LA PRODUCCION Y CALIDAD DEL TOMATE
"HEIRLOOM"**

POR

VALERIANO RUIZ GOMEZ

TESIS

**Que se somete a la consideracion del H. Jurado como requisito
para obtener el título de:**

INGENIERO AGRICOLA Y AMBIENTAL

Aprobada por el comité de asesoría:



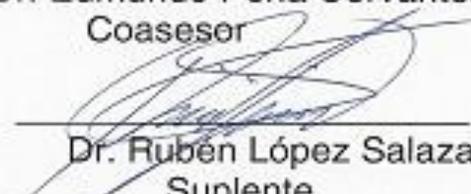
Dr. Rubén López Cervantes
Asesor principal



Dr. Edmundo Peña Cervantes
Coasesor



MC. Fidel Maximiliano Peña Ramos
Coasesor



Dr. Rubén López Salazar
Suplente

Universidad Autónoma Agraria
"ANTONIO NARRO"



Coordinación de
Ingeniería



Dr. Luis Samaniego Moreno
Coordinador de la División de ingeniería

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México
Junio, 2017

AGRADECIMIENTO

A Dios

Agradezco de manera inmensa al Creador por permitirme llegar al punto de mi vida en la cual concluyo un gran sueño y meta, por darme a una familia que siempre me alentaron, y sobre todo por darnos salud y seguirnos bendiciendo en este camino que es la vida.

A mis padres

Antonia Gómez Sánchez y José Ruiz Gómez

Por ser el pilar de mi existencia y razón de mis ganas de superarme personal y profesionalmente, que sin dudarlo han dado todo por mi sin importarles si les llegase a faltar algo por darme prioridad, de manera profunda tendré en mente su gran apoyo y enseñanza sabia de vivir la vida.

A mis hermanos

Luciano Ruiz Gómez, Eleazara Ruiz Gómez, José C. Ruiz Gómez, Marco Antonio Ruiz Gómez y Calixto Ruiz Gómez. Por ser aquellos en quien me apoye y sentí compañía estando lejos de casa, por darme consejos y ánimos a la escuela y más que hermanos ser grandes amigos en la vida.

A mi asesor

Dr. Rubén López Cervantes. Por brindarme la oportunidad de realizar este gran trabajo y facilitarme herramientas y conocimiento para llevarlo a cabo, y que esto será la culminación de la carrera que me abrirá grandes oportunidades en la vida.

A la universidad

Por ser la institución que me formo profesionalmente y darme tanto por tan poco, y llenarme de conocimiento y haber sido motivo de emprender un gran viaje y en ella llegar a conocer a muchísimas personas.

A mis amigos

Por llegar a ser mi segunda familia lejos de casa a mis compañeros de generación, y en especial a Edgar, Julio cesar, Jorge, Víctor, Cardona, Juan, por darme apoyo y gran convivencia, agradezco también a la compañía y cariño de Betzy que me alentó en todo momento en la escuela.

DEDICATORIA

A mis padres

José Ruiz Gómez y Antonia Gómez Sánchez

Como muestra por haberme dado tanto apoyo y medios para lograr culminar esta carrera. Es un mínimo detalle de lo mucho que les debo que me concibieran y cuidaran toda mi infancia y adolescencia que siempre ocuparan un gran espacio de mi vida.

A mis hermanos

Dedico este trabajo en especial a la memoria de mi hermano Calixto, que siempre nos mostró que solo hay una vida y que proponerte cosas en la vida siempre es posible alcanzar y debido a ello tome en cuenta sus consejos y enseñanzas.

A mis familiares

Que siempre se tomaron un tiempo para aconsejarme y aquellos que soy un poco de motivación para que se superen y persigan sus sueños, y que siempre procurare apoyar en lo que este a mi alcance.

INDICE

AGRADECIMIENTO	III
DEDICATORIA	V
RESUMEN.....	VIII
INTRODUCCIÓN	1
I REVISIÓN LITERARIA	4
1.1 Generalidades del Tomate	4
1.2 Desordenes Fisiológicos en Tomate	6
1.3 Uso de los Compuestos Órgano-Minerales.....	8
1.4 Uso de las Sustancias Húmicas en Cultivos	10
II MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
2.1 Ubicación del Sitio Experimental	12
III Metodología	12
IV RESULTADOS	15
4.1 Peso Fresco del Fruto (PFF)	15
4.2 Diámetro Polar del Fruto (DPF).....	16
4.3 Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF)	17
4.4 Firmeza del Fruto (FF).....	18
4.5 Sólidos Solubles Totales (°Brix)	19
4.6 Correlación entre Firmeza y SST	20
V DISCUSIÓN.....	22
VI CONCLUSIÓN.....	24
VII LITERATURA CITADA.....	25

Índice de figuras

Figura 1. Fragmentación de las sustancias húmicas (Ruiz, 2000) -----	9
Figura 2. Propiedades de las sustancias húmicas (Ruiz, 2000) -----	10
Figura 3. Vista del sitio experimental. -----	12
Figura 4. Peso fresco de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.-----	15
Figura 5. Diámetro polar de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.-----	16
Figura 6. Diámetro ecuatorial de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.-----	17
Figura 7. Firmeza de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.-----	18
Figura 8. Sólidos solubles totales de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.-----	19
Figura 9. Relación entre el diámetro polar y la cantidad de sólidos solubles totales de tomate “Heirloom”.-----	20
Figura 10. Relación entre la firmeza y la cantidad de sólidos solubles totales de tomate “Heirloom”.-----	21

Índice de tablas

Tabla 1. Tratamientos adicionados a tomate tipo “Heirloom”. 13
--

RESUMEN

Con el objetivo de determinar el comportamiento de tres compuestos órgano-minerales, en la producción y calidad del tomate “Heirloom”, semillas de la variedad “Pink Brandywine”, fueron sembradas en charola de poliestireno de 200 cavidades, que contenían la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 v/v) como sustrato; cuando la plántula presentó un par de hojas verdaderas, fue trasplantada en macetas de plástico que contenían 20 litros de la mezcla de “peat moss”, “perlita” y “fibra de coco” (relación 1:1:1 v/v). Los tratamientos fueron: 6, 8 y 10 ml L⁻¹ de agua, de ácidos húmicos con la adición del 19 % de nitrógeno, fósforo y potasio (AHT19); un fulvato de calcio (FCa) y un fulvato de hierro (FFe) y una solución nutritiva (SN) como testigo. Las variables medidas al fruto fueron: peso fresco (PFF), diámetro polar (DP), diámetro ecuatorial (DE), sólidos solubles totales (SST-°Brix) y firmeza (FI). Se encontró que al adicionar 8 ml.Litro⁻¹ de agua del FCa, se superó a la SN en 5 % en el PFF; en el DP, al aplicar 10 ml.Litro⁻¹ del FFe se aventajó a la SN en 7 %. En el DE, al usar la dosis de 8 ml.Litro⁻¹ se adelantó al testigo por 7% más y en la FI, el tratamiento donde se aplicó el AHT19 a la cantidad de 10 ml.Litro⁻¹, fue superior al testigo en 6 %. En los SST, con el tratamiento de 10 ml.Litro⁻¹ del AHT19 se adelantó en 4 % al testigo. Se concluye que el FCa, realizó efecto positivo en el peso del fruto, el FFe en el diámetro polar y ecuatorial; mientras que, en la firmeza y los sólidos solubles totales, lo efectuó el AHT19.

Palabras claves: *Substancias húmicas, Heirloom, Solución nutritiva.*

INTRODUCCIÓN

El tomate (*Solanum lycopersicum sp*), es una gran fuente de ingresos, en el caso de México, hay regiones como Sinaloa y Guanajuato que se dedican a cultivarlo en grandes extensiones, tanto en campo abierto como en invernadero. En México, se conocen variedades típicas como son, el “bola”, “saladette”, “cherry”, que son los de mayor consumo; pero, hay poca área dedicada a otros tipos de tomate que se conoce como especialidades y por consiguiente, la investigación es reducida de estos nuevos tipos, como el caso del tomate “*Heirloom*”, que apenas inicia su introducción al país en las principales tiendas comerciales transnacionales.

Al denominar a los tomates reliquia, (“*Heirloom*” en el lenguaje inglés), se hace referencia a los genotipos de plantas cultivadas de generación en generación durante varios siglos, de familias a familias y las que se han popularizado, provienen de sistemas orgánicos, debido a la preocupación alimentaria y la producción sostenible. Los tomates reliquia, se pueden encontrar en las grandes tiendas comerciales de Estados Unidos y muchos países de Europa; del mismo modo, no es de esperarse que ya haya semillas diversas del mismo en el mercado. El cultivo de este tipo del tomate, está asociada con la agricultura familiar al tender a la orgánica y la semilla, se distribuye de manera local a bajo precio. En Centroamérica, este material genético prácticamente no es conocido (Vargas, 2004).

Cada vez, son más las personas que buscan alimentos de gran calidad y últimamente ha tenido gran auge este tipo de tomate; el que se caracteriza por contener más vitamina C, que los tomates típicos, son más dulces y están son características muy aceptadas para aquellas personas que buscan una alimentación nutritiva. El tomate “*Heirloom*”, tiene mucha variabilidad de formas, color, textura y sabor; sin embargo, la mayoría es desconocida por los consumidores y el mercado, es restringido, porque su precio es alto; además, es considerado como un producto *Gourmet*.

El mercado de semillas tiene cultivos selectos, híbridos la mayoría, con altos costos, con frutos rojos y de gran tamaño, características que los productores y consumidores creen conveniente y dan al público la única elección para adquirir esta importante hortaliza (Vargas, 2004). Este tipo de tomate, presenta varios problemas como son: bajos porcentajes de germinación, alta variabilidad genética, alta cantidad de sólidos solubles totales y por lo tanto, baja firmeza, lo cual redundará en poca vida de anaquel y también, al fruto se le presentan rajaduras (“cracking”) que afecta la calidad aun sin madurar y por ello, su alto costo.

Es conocido que con el uso de fertilizantes químicos, se nutre adecuadamente a los cultivos y se conserva la cantidad y la calidad; sin embargo, estos compuestos son costosos y si no se hace una adición adecuada en cuanto a la cantidad, se pueden salinizar los suelos, por lo que en México, con el auge de la agricultura orgánica y la sostenible y/o sustentable, el uso de productos orgánicos ha tomado gran importancia como lo es el uso de sustancias húmicas (SH), las que al mezclarlas con los fertilizantes químicos, se ha demostrado que aumentan la cantidad y calidad de los frutos.

Las SH se clasifican como los ácidos húmicos (AH), ácidos fúlvicos (AF) y huminas residuales (HR), los que poseen como característica fundamental grupos funcionales oxigenados ($-\text{COOH}^-$, $-\text{OH}^-$, $-\text{COO}^-$) y nitrogenados (NH^- , NH_2); de los dos tipos de grupos funcionales, los primeros forman más del 80 por ciento de la molécula de las sustancias orgánicas mencionadas, que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar a los nutrimentos (cationes) y la mezcla de estos compuestos con los nutrimentos, se denominan humatos, para el caso de los AH y fulvatos, para los AF, del elemento nutrimental adicionado. En el caso del presente trabajo, son humatos de nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) y al unirse los AF al calcio (Ca) y al hierro (Fe), son fulvatos de Ca y Fe, respectivamente.

OBJETIVOS

General

Determinar el comportamiento de tres compuestos órgano-minerales, en la producción y calidad del tomate “Heirloom”.

Específico

Establecer la dosis optima, de alguno de los tres compuestos órgano-minerales, que aumente la producción y calidad del tomate “Heirloom”.

HIPÓTESIS

Al menos una dosis y un producto órgano-mineral, tiene efecto positivo al aumentar la producción y calidad del tomate “Heirloom”.

I REVISIÓN LITERARIA

1.1 Generalidades del Tomate

El tomate o también conocido como jitomate, es una hortaliza que pertenece a la familia *Solanaceae*. El nombre botánico del tomate es *Solanum lycopersicum* sp. El nombre como tal, se deriva de “Tomatl”, del idioma nativo de los aztecas; en la actualidad, no existen registros o escrituras de las tribus peruanas antiguas que hayan mencionado al tomate como un fruto vital en su dieta, incluso no hay una palabra que signifique tomate. Este cultivo fue domesticado en América, pero hasta la fecha, el sitio original de domesticación no es aclarado. En 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 (Castellanos, 2004).

Este mismo autor, dice que la creciente popularidad de esta hortaliza, como complemento alimenticio, aceleró la ampliación de espacios dedicados al cultivo del tomate. La producción y consumo creció de manera impresionante durante los últimos 25 años y se cultiva casi en todos los países del mundo (a campo abierto, invernaderos e invernaderos con malla sombra). El tomate que se cultiva para comercio, son solo una pequeña porción de las miles de variedades de tomate que aún existen.

Ciertos productores buscan y experimentan de manera intensiva, con nuevas variedades denominadas de **especialidad** y asignándoles diferentes nombres, esto para hacer crecer las ventas de los que se producen en invernadero y así, llevar producto fresco para satisfacer la necesidad del consumidor (Morales, 2015); por lo anterior, los principales tomates con crecientes niveles de producción son: de racimo, coctel, cherry, roma y uva en todos los colores y tamaños. Últimamente, los investigadores están estudiando las variedades “*Heirloom*” y a pesar de los esfuerzos hechos para introducirlo al mercado, no hay actualmente cultivares de esta variedad, que se hayan desarrollado adecuadamente en campo abierto o en invernadero (Jordan, 2009).

Este mismo investigador, establece que el tomate tipo “*Heirloom*”, son peculiares, tanto en la forma como en los colores vistosos con tonalidades que van desde rojizo con franjas negras, otros con cierta parte con coloración morada a oscura, amarillos completos y otros de coloración verde tanto por fuera y adentro a veces con ciertas franjas negras a lo alto y para tener la denominación “*Heirloom*”, se deben cumplir tres requisitos: capaz de multiplicarse por semilla, tiene que haber sido introducida con 50 años de anticipación y poseer su propia historia. Este término, se aplica a variedades que son capaces de ser fecundadas por el polen y que hayan existido antes de 1940, cuando la agro-industria se difundió dramáticamente en los Estados Unidos. Estos tomates son valorados por su sabor y belleza.

El uso de invernaderos en la producción agrícola, es uno de los sistemas más eficientes en la productividad, al potenciar los rendimientos de muchos cultivos ya que se tiene más control de las condiciones climáticas (Polese, 2007). El uso de estos, se justifica debido a la corriente mundial de calidad que se está viviendo, donde los mercados son cada vez más exigentes en calidad, inocuidad, presentación y certificación del producto, porque al final, el cliente observa las diferencias de este producto con los que no se producen en estas condiciones (Labate *et al.*, 2007).

Además, para lograr producciones de alta calidad, es necesario tener en cuenta varios factores de producción: primero, hay que preparar un sustrato o tierra de siembra y si hay infinidad de sustratos disponibles para realizar la plantación; pero, es importante considerar que la semilla del tomate es pequeña y se debe plantar a una profundidad dos veces a su tamaño, por lo cual es deseable un sustrato fino para lograr una exitosa emergencia. Se recomienda compost, turba o suelo fino, tamizar por si se presentan grumos compactos y una mezcla clásica de siembra, es un tercio de compost, un tercio de turba y un tercio de tierra de jardín o arena (Polese., 2007). El segundo factor, es la fertilización química, en este caso se debe hacer una dosificación adecuada, en base a un adecuado diagnóstico del suelo o sustrato, del agua de

riego y de la planta; también, hay que tomar en cuenta las nuevas técnicas de aplicación fraccionada de fertilizantes, como lo es la técnica del fertirriego.

Para recomendar la dosis de fertilización química, es importante conocer cada aspecto de sistema o medio a utilizar; en sustrato, se deben determinar las características físicas y químicas del suelo y/o sustrato. En el agua se mide el pH, la conductividad eléctrica (C.E.), los aniones (cloruros, sulfatos y bicarbonatos) y los cationes (calcio, magnesio, sodio y potasio). También, se debe considerar análisis de planta, sobre todo de la sabia, para de manera inmediata en el campo o invernadero, adicionar el o los nutrimentos faltantes y así, nutrir bien a la planta y que la producción y la calidad no se vean afectadas.

1.2 Desordenes Fisiológicos en Tomate

El tomate en general y el tipo "*Heirloom*" en particular, pueden presentar fisiopatías; aquí, se hace referencia a cualquier anomalía de la planta, funcional o morfológica, causada por un agente biológico. También, puede ser causada por la inadecuada concentración de los nutrimentos lo que provoca que la planta presente toxicidad o deficiencia; además, los desórdenes son debido a factores genéticos y ambientales y en muchos casos, la o las causas involucradas se debe a 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 tienen valor comercial (Castellanos, 2004).

En el tomate tipo "*Heirloom*", es muy común que se presente el desorden fisiológico denominado "rajeteado" o "cracking", el que varía en profundidad y tamaño y generalmente se presenta alrededor del pedúnculo del fruto o radial desde el pedúnculo. 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 "russeting" (Nuez, 2001). Para este mismo autor, lo anterior ocurre cuando no hay un flujo neto de solutos y agua dentro del fruto, al mismo tiempo

que ocurre la maduración u otros factores que reducen la elasticidad de la piel del tomate.

El “rajeteado”, se debe al aumento de la temperatura del fruto, lo que eleva la presión de gas hidrostática de la pulpa sobre la piel, lo que produce como resultado este desorden del fruto próximo a madurar. El “russetting” se incrementa en condiciones que conllevan a otras formas de “rajeteado”; pero, generalmente está asociado con la alta humedad relativa y aún no está bien aclarado, porque el “rajeteado” algunas veces toma una forma y otras veces otra. En cultivo bajo invernadero, se ha demostrado que al reducir el riego se reduce el “rajeteado” radial; también, se debe procurar que el umbral en las temperaturas entre la noche y el día debe ser reducido. Para evitar esto, se sugieren las siguientes prácticas: 1) seleccionar una variedad resistente; 2) evitar fluctuaciones de temperatura y humedad entre el día y la noche; 3) evitar cambios drásticos en la conductividad eléctrica (CE), en la solución nutritiva; 4) mantener la CE por abajo de 3.0 dS/m y 5) poca o nada de defoliación (Castellanos, 2004).

De acuerdo con Domene (2014), una variable determinante de la calidad de este tipo de tomate y de todo tipo, es la Firmeza. Esta, se encuentra relacionada con la estructura de la pared celular y con el estado de madurez; su determinación, es fundamental para la aceptación y almacenamiento de frutas y hortalizas. La firmeza depende de la turgencia, cohesión, forma y tamaño de las células que conforman la pared celular, la presencia de tejidos de sostén o soporte y de la composición del fruto. Los componentes que contribuyen a la firmeza, son la celulosa, la pectina y aquí, el elemento calcio (Ca) es fundamental para producir firmeza a la pared celular de los frutos.

Esta variable disminuye con el tiempo y no todos los frutos evolucionan con igual velocidad. La pérdida de firmeza de la pulpa de los vegetales, es uno de los mecanismos bioquímicos que plantea más problema a la hora de optimizar la comercialización de estos productos, ya que además de producir pérdida de la calidad, aumenta la sensibilidad a los daños mecánicos y al ataque fúngico. 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 (Posada., 2008).

Otra característica fundamental de calidad, es la cantidad de solidos solubles totales y estos son medidos mediante la escala Brix, que se utiliza en el campo de los alimentos, para medir la cantidad cercana de azucares totales. Los técnicos, siempre hacen referencia al contenido de azucares y se utiliza para hacer un seguimiento “in situ” en la evolución de la maduración de frutos y su momento óptimo de recolección (Zayas, 2013). La determinación se realiza mediante un refractómetro, aparato que sirve para cuantificar el fenómeno físico de refracción, que consiste en el cambio de medios con distinto índice de propagación en función del cambio de dirección que sufre la luz al pasar oblicuamente de un medio a otro con distinto índice de propagación, y así se fundamenta en la medida del ángulo critico que produce el fenómeno de reflexión total (Zayas, 2013).

1.3 Uso de los Compuestos Órgano-Minerales

El termino humus, se utilizó en tiempo antiguos para indicar a la totalidad del suelo. Después se empleó como sinónimo de materia orgánica; mientras que, en la actualidad, se hace referencia a una fracción de dicha materia orgánica, que agrupa a ciertas sustancias difícilmente clasificables, de color oscuro, altamente resistente al ataque microbiano, de gran peso molecular, de naturaleza coloidal y propiedades acidez (Ruiz, 2000).

Este autor, afirma que las sustancias húmicas se encuentran con gran asiduidad en el medio natural, en suelos, sedimentos y agua, son residuos de las plantas y animales en estado de descomposición, unidos a los productos sintetizados por los microorganismos del suelo. Esta composición no es estable, sino que tiene gran dinamismo, por lo que más de un grupo de sustancias de la materia orgánica, son diferentes según las condiciones de su origen. Entre un 60 y un 90 por ciento de la materia orgánica del suelo, está formada por estos materiales de origen lignoprotéico.

Ruiz (2000), estableció que las sustancias húmicas se encuentran asociadas al suelo, mediante uniones de carácter débil (puentes de hidrogeno, fuerzas de Van der Waals.) a otra fracción orgánica formada por productos de composición química definida y de alto peso molecular, polisacáridos y proteínas, sustancias simples como azúcares y aminoácidos y otras pequeñas moléculas. En algunos casos, esas uniones son de naturaleza covalente. Todo este heterogéneo grupo de materiales se llama *sustancias no húmicas*.

Hoy en día, dentro de ciertos intervalos, se conoce la composición elemental de las sustancias húmicas. Hay una complejidad intrínseca de estos materiales, debido a la variabilidad de factores que tienen efecto en la formación (material de origen, microorganismos del suelo, condiciones ambientales...), lo que hace que el estudio de sus estructuras químicas y su origen sean complicado. Por consiguiente, la falta de definición exacta de las sustancias húmicas, en términos químicos específicos, fuerza a usar términos imprecisos, solo en base a las características observadas en los procesos de su fraccionamiento (Ruiz, 2000).

La técnica más conocida y aceptada, es la que se basa en las diferentes solubilidades a varios valores de pH y se distinguen los siguientes:

Ácidos húmicos: de color marrón oscuro, es la fracción insoluble en agua en condiciones acidas (pH<2), pero soluble a valores altos de pH.

Ácidos Fúlvicos: de color amarillento, es la fracción soluble en agua en todo el intervalo de pH, y

Huminas: de color pardo a oscuro, es la fracción insoluble a cualquier valor de pH (Figuras 1 y 2).

Figura 11. Fragmentación de las sustancias húmicas (Ruiz, 2000)

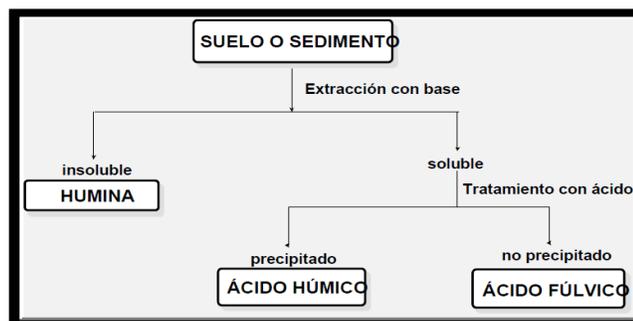
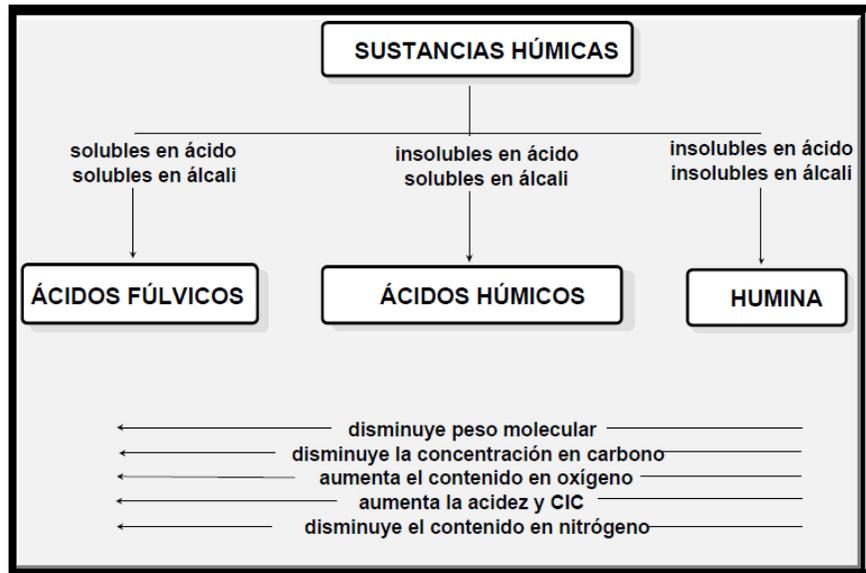


Figura 12. Propiedades de las sustancias húmicas (Ruiz, 2000)



1.4 Uso de las Sustancias Húmicas en Cultivos

La creciente capacidad de control de los parásitos y el mayor conocimiento de la fisiología vegetal, desde el punto de vista nutricional, han apoyado de manera significativa, a dichos avances. Aquí es donde entra el papel decisivo de productos como las sustancias húmicas, que ayudan a la absorción y translocación de nutrientes por las plantas, de manera que cada proceso de biosíntesis se ve optimizada con beneficios productivos y cualitativos. Hasta ahora, las sustancias húmicas se han venido empleando mayormente como mejoradores de las condiciones de fertilidad de los suelos, es decir, para mejorar la estructura, permeabilidad, niveles de materia orgánica etc., de los suelos (Ruiz, 2000).

Este autor afirma que, desde el punto de vista de las plantas, conviene distinguir entre los efectos indirectos y directos. Centrándonos en el primer grupo, la materia orgánica en forma de humus mejora la fertilidad de los suelos a través de su efecto sobre diversas propiedades como:

- Aporte de nutrientes (N, P, S etc.) a las raíces.
- Mejora la estructura del suelo, al mejorar la relación agua-aire en la rizosfera.
- Producen mayor actividad microbiana.
- Aumentan la capacidad de intercambio catiónico y la capacidad tampón (pH) del suelo.
- Forman complejos estables con el Cu^{2+} , Mn^{2+} , Zn^{2+} y otros cationes y elevan la asimilación de micronutrientes para las plantas.
- El aporte de sustancias húmicas, produce que actúen como transportadoras de nutrientes.

Ruiz (2000), menciona que los efectos directos en la planta, es en las raíces, al presentarse mayor área radicular. En los cultivos donde se emplean las sustancias húmicas, se mejora la germinación de las semillas y ese aumento, fue atribuido a la actividad enzimática estimulada.

II MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Ubicación del Sitio Experimental

El trabajo se realizó en un invernadero del Departamento de Ciencias del Suelo, del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada a los 25° 22" de latitud norte y 101°02" de longitud oeste y a la altitud de 1742 m.s.n.m. A siete kilómetros al sur de la ciudad de Saltillo Coahuila.



Figura 13. Vista del sitio experimental.

III Metodología

En charolas de poliestireno de 200 cavidades, que como sustrato contenía la mezcla de “peat moss” y “perlita”, fueron sembradas semillas de la variedad “Pink Brandywine”; la plántula, se mantuvo durante 25 días y al alcanzar 10 cm de altura aproximadamente y cuando se presentaron los dos primeros pares de hojas verdaderas, fueron trasplantadas en macetas de plástico, que contenían 10 litros de una mezcla de “peat moss”, “perlita” y “fibra de coco” (relación

1:1:1). Se empleó tezontle en el fondo de la maceta, para facilitar el drenaje. Las macetas fueron espaciadas a 0.5 metros cada una y conforme la planta se desarrolló, se podaron las hojas inferiores (más maduras) y se podaron a dos tallos.

Los tratamientos se elaboraron de la siguiente manera: Leonardita fue molida y tamizada a una malla de un milímetro de diámetro, a cinco gramos del material orgánico, se les adicionaron 100 ml de hidróxido de potasio 1 N (KOH, 1N) y se dejaron reposar 24 horas a temperatura ambiente, para extraer los AH y los AF; posterior a ello, con ácido acético el pH fue llevado a cuatro, con el fin de separar a ambos compuestos. A los AH, se les adicionaron nitrato de potasio y fosfato monoamónico (MAP), donde el N, el P y el K fueron al 19 por ciento; al AF, se le agregó sulfato ferroso y el Fe, fue al dos por ciento y para el fulvato de calcio, al AF se le adicionó nitrato de calcio. Este elemento fue también al dos por ciento y la distribución de los tratamientos se presenta en el Cuadro 2.

Tabla 1. Tratamientos adicionados a tomate tipo “Heirloom”.

Tratamiento	Compuesto Órgano-Mineral	Dosis(m/L)
HUT19-6	Acido húmico con 19 % de N,P y K	6
HUT19-8	Acido húmico con 19 % de N,P y K	8
HUT19-10	Acido húmico con 19 % de N,P y K	10
FFe6	Ácidos Fúlvicos con fierro	6
FFe8	Ácidos Fúlvicos con fierro	8
FFe10	Ácidos Fúlvicos con fierro	10
FCa6	Ácidos Fúlvicos con calcio	6
FCa8	Ácidos fúlvicos con calcio	8
FCa10	Ácidos fúlvicos con calcio	10
Testigo (SN)	Solución Nutritiva	

Los tratamientos fueron adicionados a las cantidades de 6, 8 y 10 ml L⁻¹ de agua y fueron agregados tres días después del trasplante; posteriormente, cada 15 días hasta los 60 días después del trasplante; es decir, cuatro aplicaciones. El control fue una solución nutritiva (SN), con base en los Índices de Steiner. Las variables medidas al fruto fueron: peso fresco (PF), longitud

(LF), diámetro ecuatorial (DE) (vernier Stainless-Steel, marca Truper), firmeza (FI) (penetrometro, Fruit Hardness Tester, Modelo FHT 200. EXTECH, Instruments), sólidos solubles totales (SST) (°Brix – Refractómetro, Master Refractometer, Marca ATAGO). El primer corte fue realizado a los 70 días después del trasplante y a partir de ahí, cada siete días se cosechó, hasta los 150 días que se terminó el experimento.

El trabajo de investigación, se distribuyó de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar y generó 10 tratamientos, con cuatro repeticiones. A los datos obtenidos se les efectuó un análisis estadístico, el que consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, mediante el método de DMS Fisher LSD ($p \leq 0.05$); para esto se empleó el paquete estadístico Statistical Analysis System (SAS), versión 9.1.3. También, se realizó un análisis de regresión entre las variables medidas.

El control de hongos y de maleza fue preventivo, ya que al momento del trasplante se empleó un fungicida denominado Carbendazim, a la dosis de 18 g por cada 20 litros de agua. También, se aplicó a los 45 días. La maleza que se acumuló cerca de las plantas, fue eliminada manualmente, para evitar la presencia de agentes nocivos.

IV RESULTADOS

4.1 Peso Fresco del Fruto (PFF)

En esta variable no hay efecto significativo de los tratamientos; pero, gráficamente se puede establecer que de forma general los valores fueron muy similares con la adición de todos los tratamientos y sobresale que con la aplicación de 8 ml Litro⁻¹ del fulvato de calcio (FCa), se superó a la solución nutritiva (SN) en cinco por ciento (Figura 4).

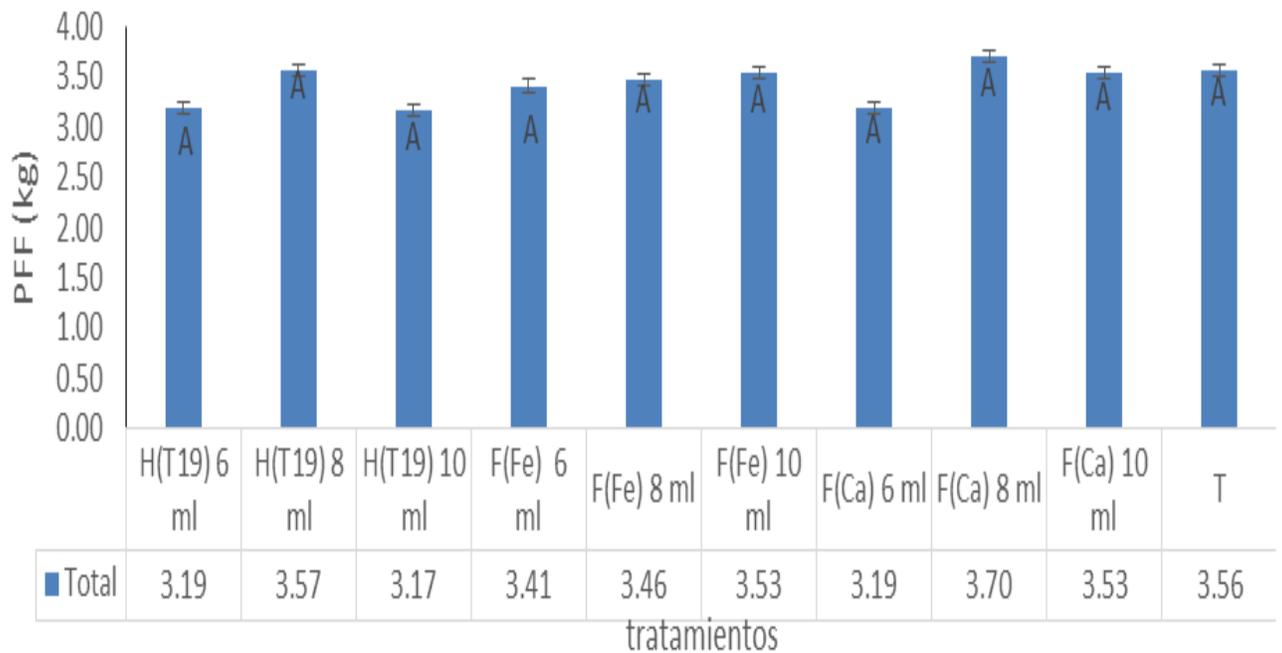


Figura 14 Peso fresco de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.

4.2 Diámetro Polar del Fruto (DPF)

Aquí, los tratamientos realizaron efecto positivo; de tal manera que, al aplicar 10 ml.Litro⁻¹ del fulvato de hierro (FFe10), se superó al testigo en siete por ciento (Figura 5). Los valores generados en esta variable en todos los tratamientos, fueron muy similares y de manera general sobresalen en donde se adicionaron las tres dosis del fulvato de calcio.

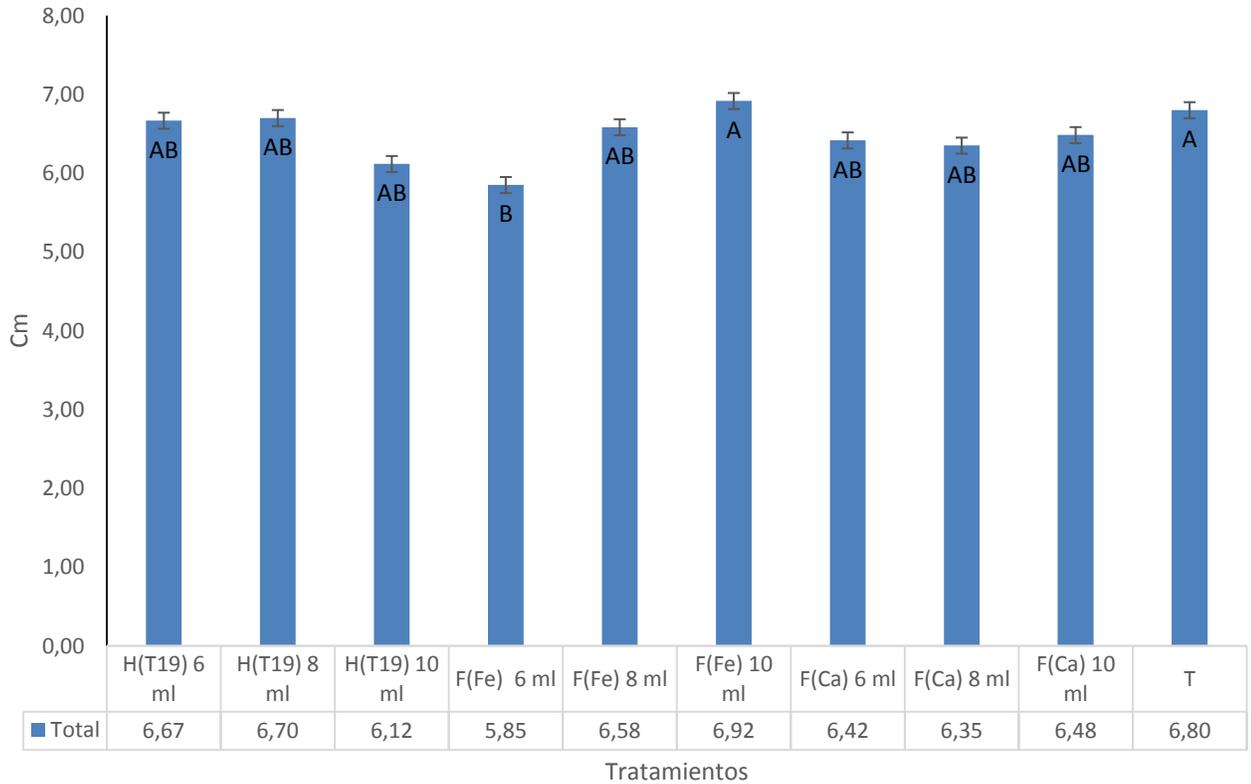


Figura 15. Diámetro polar de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.

4.3 Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF)

La comparación de medias de esta variable, muestra que hay diferencia significativa por los tratamientos y con base en la Figura 6, se puede establecer que al agregar la dosis de 8 ml.Litro⁻¹ de agua del fulvato de hierro (FFe), se obtuvo el valor más alto, ya que con este tratamiento se aventajo al testigo en siete por ciento.

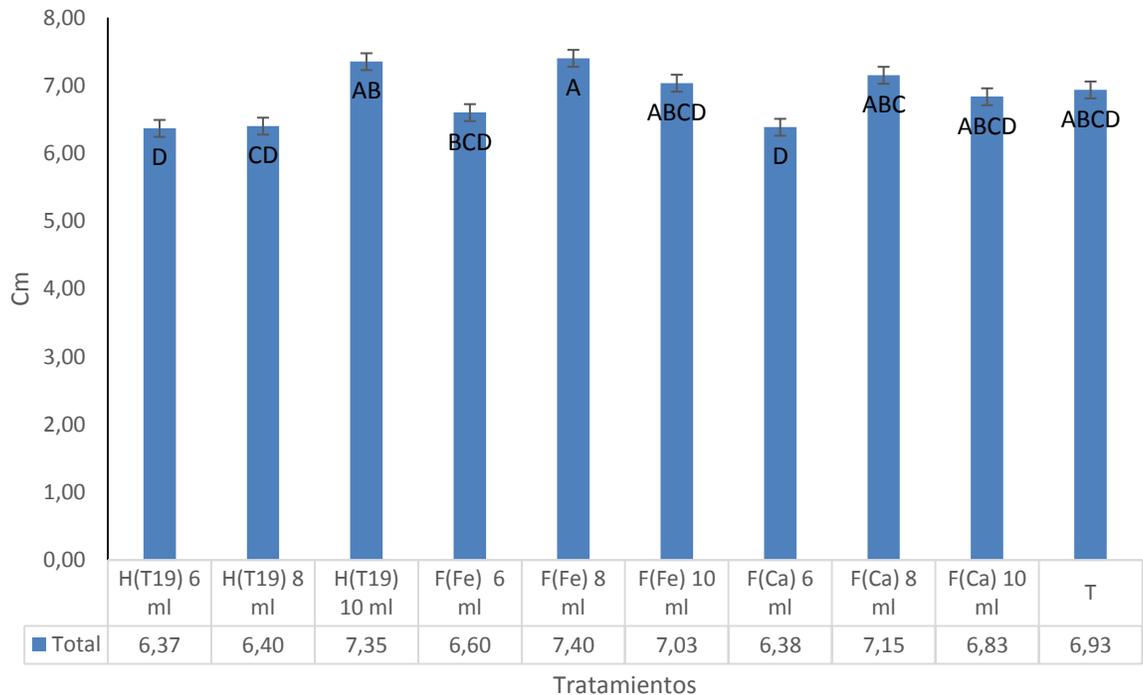


Figura 16. Diámetro ecuatorial de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.

4.4 Firmeza del Fruto (FF)

En esta variable los tratamientos no realizaron efecto significativo; pero, a partir de la Figura 7, se puede observar que al adicionar la dosis de 10 ml. Litro⁻¹ de agua del ácido húmico con el 19 por ciento de N, P y K, se aventajó a la SN en seis por ciento al testigo. El valor más inferior se presentó al emplear el fulvato de calcio a la dosis de 6 ml. Litro⁻¹ de agua (FCa6) (Figura 7).

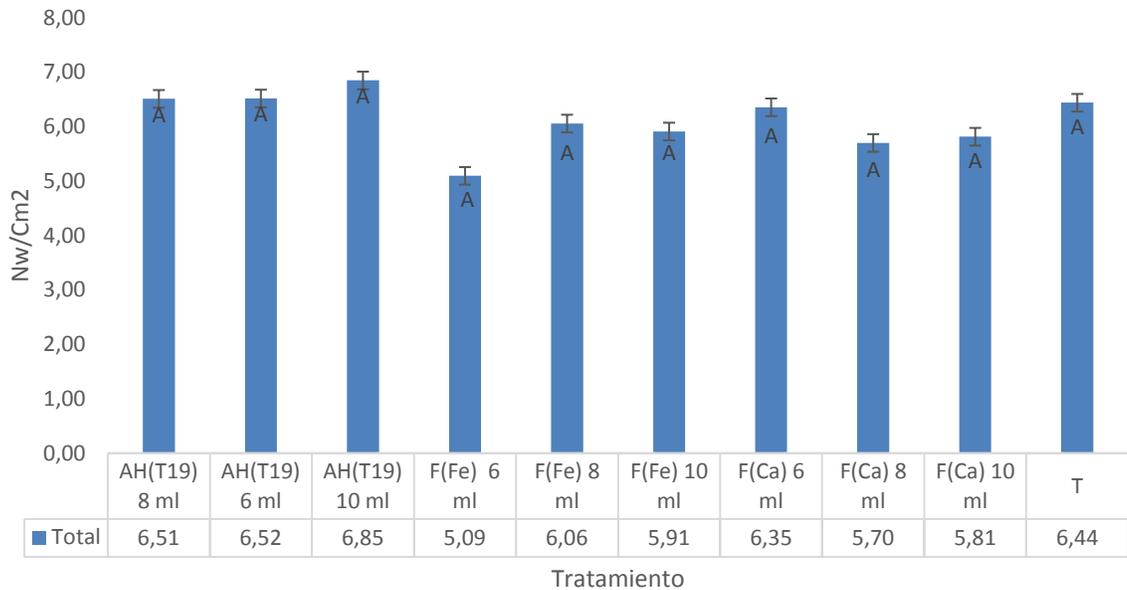


Figura 17. Firmeza de fruto tomate "Heirloom", con la adición de tres compuestos órgano-minerales.

4.5 Sólidos Solubles Totales (°Brix)

En esta variable medida, los tratamientos realizaron efecto significativo, ya que como se aprecia en la Figura 8, al agregar el tratamiento de 10 ml.Litro⁻¹ de agua del ácido húmico con el 19 por ciento de N, P y K (AHT19-10), se superó a la SN en cuatro por ciento.

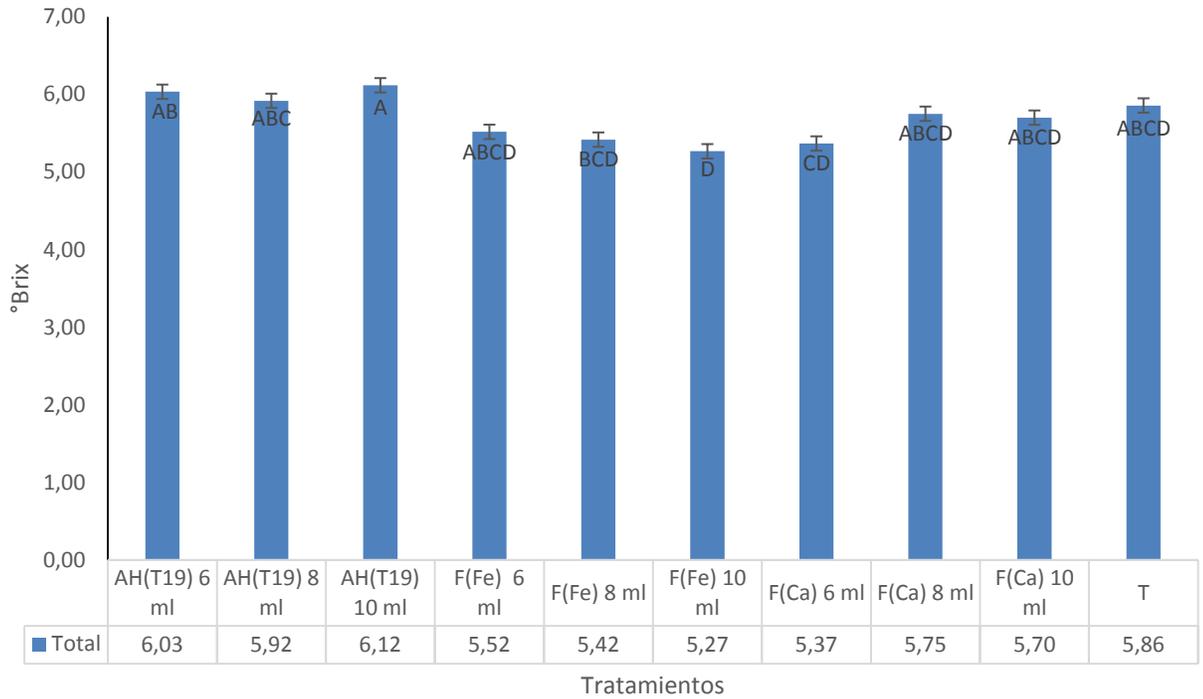


Figura 18. Sólidos solubles totales de fruto tomate “Heirloom”, con la adición de tres compuestos órgano-minerales.

4.6 Correlación entre Firmeza y SST

Del análisis de regresión efectuada a las variables de respuesta, se tiene que la superior relación fue entre el diámetro polar (DP) y el contenido de sólidos solubles totales (SST- °Brix) ($r^2 = 0.83$); de tal manera que, con base en la Figura 9, se puede establecer que conforme aumentó la cantidad de azúcares solubles totales, el diámetro polar del fruto, también aumentó. También, la relación entre SST y Firmeza se llevó a cabo (Figura 10), y se encontró que con la adición de la dosis de 10 ml.Litro^{-1} de agua aplicado del AHT19, se superó a la SN en 16 por ciento.

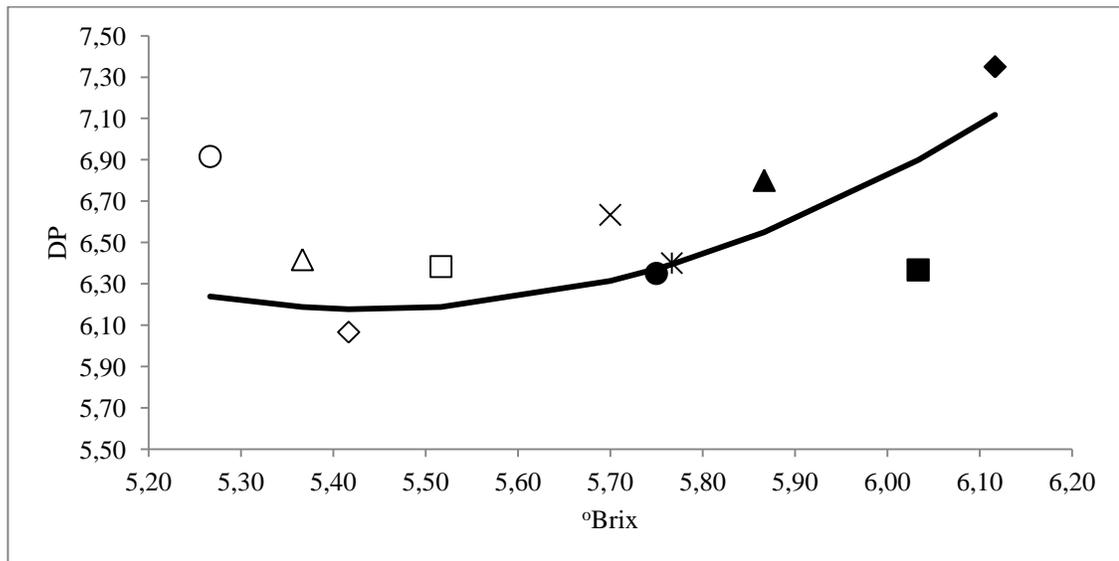


Figura 19. Relación entre el diámetro polar y la cantidad de sólidos solubles totales de tomate "Heirloom".

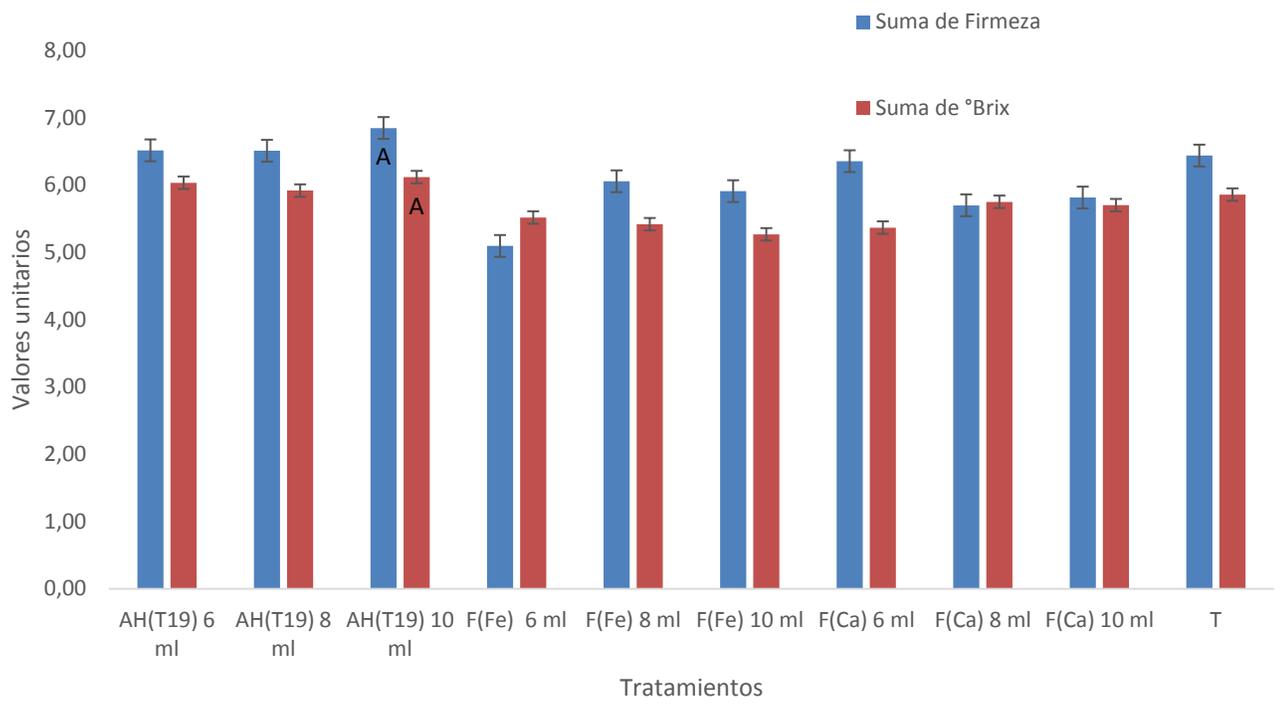


Figura 20. Relación entre la firmeza y la cantidad de solidos solubles totales de tomate “Heirloom”.

V DISCUSIÓN

En este trabajo, de acuerdo con los resultados obtenidos, se puede establecer que con la adición del fulvato de calcio (FCa) aumentó el peso del fruto, lo que concuerda con lo establecido por Marschner (1995), al determinar que una de las funciones fundamentales del Ca, es producir mayor volumen en los frutos; además, aquí los diámetros polar y ecuatorial del fruto, aumentaron con la aplicación del Fulvato de hierro (FFe), lo que está de acuerdo por lo concluido por Álvarez-Fernández *et al.* (2006), cuando dijeron que la deficiencia de hierro en cultivos como tomate, chile, pepino, melón, sandía y frutales como el manzano, limón, naranjo y aguacate, provoca una disminución en el tamaño de los frutos y la firmeza de ellos, lo que redundará en la apariencia; esto es, afecta la vida de anaquel de los frutos y por consiguiente la calidad y una forma de remediar lo anterior, es con el uso de quelatos de hierro. Estos productos son costosos y la cantidad a adicionar al suelo y por vía foliar, es alta y su efectividad depende de una gran cantidad de factores.

Por lo anterior, se hace necesario buscar alternativas y las SH se perfilan como algo viable, ya que como característica fundamental, poseen grupos funcionales oxigenados ($-\text{COOH}^-$, $-\text{OH}^-$, $-\text{COO}^-$) y nitrogenados (NH^- , NH_2). De los dos tipos de grupos funcionales, los primeros forman más del 80 por ciento de la molécula de las sustancias orgánicas mencionadas, que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar a los nutrimentos (cationes) y la mezcla de estos compuestos con los nutrimentos, se denominan humatos, para el caso de los AH y fulvatos, para los AF, del elemento nutrimental adicionado y se ha establecido como una forma económica y ecológicamente factible para aportar de forma fácil, los nutrimentos a la raíz de la planta.

Dos aspectos importantes a resaltar en esta investigación: primero, con relación a la Firmeza se adquirieron tomates de tipo "Heirloom" y se les midió esta variable de calidad; el resultado fue que los frutos medidos, no sobrepasaron los tres Newton y los frutos producidos en el experimento, con todos los tratamientos, superaron este valor, ya que las cuantías oscilaron entre

cinco y siete Newton y segundo, al efectuar la relación entre las variables, se encontró que la relación entre la cantidad de sólidos solubles totales y el diámetro polar de los frutos, fue la mayor, lo cual quiere decir que los frutos que fueron grandes, también fueron los más dulces. Esto es determinante en este tipo de tomate, ya que una característica de venta, es que sean grandes y dulces y por lo general, en los invernaderos donde se produce este tipo de tomate, sucede todo lo contrario; es decir, entre más grande es el fruto es menos dulce y esto, también determina el manejo a la hora del empaque (Vaca-Negrete, 2017- comunicación personal).

VI CONCLUSIÓN

El fulvato de calcio, realizó efecto positivo en el peso del fruto, el fulvato de hierro en el diámetro polar y ecuatorial; mientras que, en la firmeza y los sólidos solubles totales, lo efectuó el humato de T19.

VII LITERATURA CITADA

- Castellanos Z. J. 2004. Manual de producción Hortícola en Invernadero. 2da edición. INTAGRI.S.C. Celaya Gto. México. Pp: 124-230.
 - Domene A. M., Rodríguez S. M. 2014. Parámetros de interna de hortalizas y frutas en la industria agro alimentaria. Ficha técnica. Almería. España. Pp: 1-18.
- Fernando Nuez. 2001. El cultivo del Tomate. Mundo-prensa, México. Pp: 93-226.
- Gallegos M. H. 1980. El cultivo de Tomate para consumo en fresco en el valle de Culiacán. Campo Agrícola Experimental del Valle de Culiacán, México. SARH. Pp: 75-90.
- Jordan. A. 2007. The Heirloom tomato as cultural object: investigating taste and space. sociologiaRuralis. Vol 27. Oxford. Blackwell publishing. Pp: 20-41.
- Labate J., A., Grandillo S., Fulton. 2007. Chapter 1 tomato. En Kole C. (Ed). Genome Mapping and Molecular Breeding in Plants. Vol. 5. Berlin Heidelberg. Springer-Verlag. Pp: 1-125.
- Martínez Duran F. 2006. México. Seguridad alimentaria, Cultivando Hortalizas. Parte 1. Solanáceas. Pp: 857.
- Morales R. L. R. 2015. Micropropagación y evaluación en invernadero de variedades de jitomate de polinización abierta con frutos no rojos. México. Universidad de Aguascalientes. pp: 9-21.
- NMX-FF-009-1982. productos alimenticios no industrializados, para uso humano. Fruta fresca. Determinación del tamaño con base al diámetro ecuatorial.
- NMX-F-103-1982. Alimentos. Frutas y derivados. Determinación de grados °Brix.
- Posada C. F., Aguilar O. E. 2007. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, Colombia. Calidad en frutos de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) cosechados en diferentes estados de madurez. vol. 26, núm. 2, 2008, pp. 300-307.

- Polese. M. J. 2007. Cultivo de tomate. Omega. España. Pp: 30-35
- Ruiz R. R. 2000. España. Aplicación de sustancias húmicas comerciales como productos de acción bioestimulantes. Efectos frente al estrés salino. Tesis doctoral. Pp: 23-50.
- VARGAS, T.O. 2004. Caracterización agronómica de genotipos tomate ' herencia ' bajo manejo orgánico en Río de Janeiro. Horticultura de Brasil: Brasil. Pp: 22 -31.
- Zapata L., Gerard L., David C., Olivia L., Schvad. M. 2007. Brasil. Correlación matemática de índices de color del tomate con parámetros texturales y concentración de carotenoides. Pp 1-20.
- Zayas A. A. 2013. Madrid. Calidad poscosecha del tomate cultivado en sistemas ecológicos de fertilización. Tesis doctoral. Pp: 40-53.