

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Comportamiento de un Fulvato de Calcio en la Producción y Calidad de la Fresa (*Fragaria x ananassa* D.)

Por:

**JESÚS FERNANDO HERRERA ALVAREZ**

TESIS

Presenta como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2019

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Comportamiento de un Fulvato de Calcio en la Producción y Calidad de la Fresa (*Fragaria x ananassa D.*)

Por:

**JESÚS FERNANDO HERRERA ALVAREZ**

TESIS

Presentada como requisito para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. José Antonio González Fuentes

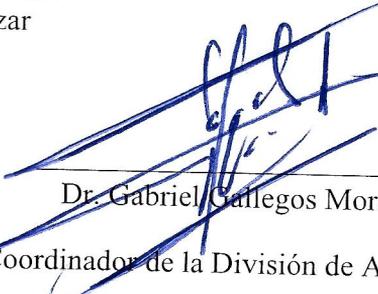
Asesor Principal

  
Dr. Rubén López Salazar

Coasesor

  
M.C. Fidel Maximiano Peña

Coasesor

  
Dr. Gabriel Callegos Morales

Coordinador de la División de Agronomía

Saltillo, Coahuila, México.

Junio de 2019



## DEDICATORIA

Para mis padres por haberme forjado como la persona que soy en la actualidad, Con su amor incondicional y su agudez al pendiente de la familia y el hogar, gracias para mi madre, *Rosa María Alvarez Zendejas*, por todo tu apoyo y consejos que me has brindado, al igual que para padre, *José Luis Herrera Escobar*, que ha sido un excelente tutor y me ha otorgado su absoluto apoyo y sus sabios consejos, muchos de mis logros se los debo a ustedes entre los que se incluye este. Me formaron con reglas y con algunas libertades, pero al final de cuentas, me motivaron y apoyaron constantemente para alcanzar mis anhelos

Aunque en muchas ocasiones parece que estuvieramos en una batalla, hay momentos en los que la guerra cesa y nos unimos para lograr nuestros objetivos. Gracias a mis hermanos *Lupita y Jose* y no solo por ser cómplices de mi carrera, si no por todos aquellos momentos que pasamos juntos. Gracias a Dios por permitirme tener y disfrutar a mi familia. Gracias a la vida por que cada día me demuestra lo hermosa que es y lo justa que puede llegar a ser; gracias a mi familia por permitirme cumplir con excelencia en el desarrollo de cada proyecto. Gracias por creer en mi y gracias a Dios por permitirme vivir y disfrutar de cada día.

A todas aquellas personas: Primos, maestros, y amigos que estuvieron conmigo, entregaron su confianza y brindaron su tiempo para la culminación de este trabajo

## **AGRADECIMIENTO**

A la Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro: Por ofrecer la oportunidad de estudio y brindar las instalaciones, oportunidades y herramientas necesarios, para mi desarrollo como profesionista, a demas, de todos los memorables y gratos momentos que pude experimentar.

A Dios y la virgen de la Esperanza

Al Dr. Ruben Lopez Cervantes: Por la asesoria, apoyo, tiempo y consejos que me dio en todo el transcurso del proyecto.

Al Ph D. Jose Antonio Fuentes Gonzalez: A quien le agradezco por permitirme realizar este proyecto bajo su asesoria

Al Dr. Ruben Lopez Salazar: Por su colaboaracion y sugerencias en este trabajo

Al M.C. Fidel Maximiano Peña: por sus consejos y apoyo al hacer el análisis estadístico en este trabajo.

A María Guadalupe López Caltzontzin: por acompañarme y el apoyo constante que me concedio desde el primer dia que la conoci y en este proyecto no fue la excepción. ¡Muchas Gracias!

Al Técnico Mario Alberto Flores Hernandez por el apoyo para la realización de este trabajo.

A los "Pistaches crew" y a todas las aquellas personas que contribuyeron de una u otra forma en la realización de este proyecto

## INDICE DE CONTENIDO

INDICE DE CUADROS	III
INDICE DE FIGURAS	IV
RESUMEN	V
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVOS	3
HIPÓTESIS	3
REVISIÓN DE LITERATURA	4
Generalidades de la Fresa	4
Las Sustancias Húmicas	5
Importancia de las Sustancias Húmicas	7
MATERIALES Y MÉTODOS	9
Localización del Área Experimental	9
Obtención del Fulvato de Calcio	10
Metodología	10
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	11
Peso del Fruto	11
Diámetro Polar	12
Diámetro Ecuatorial	13
Firmeza del Fruto	14

Sólidos Solubles Totales (SST)	15
Números de Frutos	16
Contenido de Calcio en el Fruto	17
CONCLUSIÓN	20
BIBLIOGRAFÍA	21

## INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos adicionados a fresa, Variedad “Festival”.	11
Cuadro 2. Análisis de varianza del peso del fruto de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.	12
Cuadro 3. Análisis de varianza del diámetro polar del fruto de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.	13
Cuadro 4. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial del fruto de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.	14
Cuadro 5. Análisis de varianza de la firmeza del fruto de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.	15
Cuadro 6. Análisis de varianza del contenido de sólidos solubles totales del fruto de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.	16
Cuadro 7. Análisis de varianza del número de frutos de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.	17
Cuadro 8. Análisis de varianza del contenido de calcio de frutos de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.	18

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Propiedades de las sustancias húmicas.	6
Figura 2.- Ubicación del experimento	9
Figura 3. Peso del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.	11
Figura 4. Diámetro polar del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.	12
Figura 5. Diámetro ecuatorial del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.	13
Figura 6. Firmeza del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.	14
Figura 7. Sólidos solubles totales del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.	15
Figura 8. Número de frutos de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.	16
Figura 9. Contenidos de calcio de frutos de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.	17

## RESUMEN

En los últimos 10 años, el cultivo de Berries y en especial el de fresa a tomado gran auge, no solo por su calidad nutricional, sino también por la importancia económica que genera. Con el objetivo de determinar el efecto de un Fulvato de calcio (FCa), en la producción y calidad de frutos de fresa de la Variedad "Festival", se adicionaron: 200, 400 y 600 mg.kg<sup>-1</sup> por Litro de agua, por vía foliar y al sustrato y una solución nutritiva (SN) en tres cantidades como control. Las variables medidas fueron: peso (P), diámetro polar (DP) y ecuatorial (DE), firmeza (FI), sólidos solubles totales (SST), número de frutos (NF) y contenido de calcio (CCa). El FCa, adicionado por vía foliar, realizó efecto positivo en las variables medidas con excepción del NF, ya que en esta variable lo realizó el que se aplicó al sustrato y en los DP y DE, lo efectuó la SN a la dosis media.

**Palabras clave:** Substancias húmicas, *Fragaria annanasa*.

## INTRODUCCIÓN

México es el segundo productor de fresa (*Fragaria ananassa Duch.*) en el mundo, después de Estados Unidos, al concentrar el ocho por ciento del volumen. Este cultivo genera en el país el uno punto uno por ciento del valor producido por el sector agrícola, cerca de \$ 4, 200,000.00; además, es un importante producto de exportación y se estima que a lo largo de la cadena agroalimentaria, la fresa genera 15,000 empleos directos y 4,500 indirectos. (Financiera Rural, 2015).

En el país, la región de Zamora, Michoacán, ocupa el primer lugar en producción; sin embargo, esta se basa en importar cultivares extranjeros, provenientes principalmente de la Universidad de California, Estados Unidos de Norte América (UC-EUA) y las variedades que más se cultivan son “Festival”, con el 32 por ciento de la superficie total, “Camino Real” con el 28 por ciento y “Aromas” con el 20 por ciento y en la zona Norte-centro del Estado, las variedades dominantes son “Camino Real”, “Camarosa” y “Festival” que cubren el 97 por ciento de la superficie total, de esta área (Sánchez, 2008).

Con el uso de variedades mejoradas y técnicas avanzadas de producción, se produce fruta de alta calidad continuamente durante seis o siete meses al año, o más. La selección del sitio de producción, de variedades y el cuidadoso empleo de técnicas de producción, son esenciales para lograr el máximo rendimiento y alta calidad con este cultivo (Larson, 2000); pero, la calidad es muy variable dependiendo del manejo que se le asigne durante y después del cultivo, ya que el fruto es muy susceptible al ataque de microorganismos y al daño físico.

El daño físico, se debe principalmente a que la persona empacadora presiona la fruta y sobre todo, a que como el fruto debe ser alto en azúcares, esto provoca baja firmeza. Como regla general, cuando un fruto contiene cantidades considerables de carbohidratos, la formación de etileno es rápida lo que madura al fruto y esto trae como consecuencia disminución en la firmeza (Barceló, 2005) y por consecuencia se acorta la vida de anaquel. Investigadores especialistas en frutillas, han consagrado gran cantidad de dinero y esfuerzo en contrarrestar esta situación a través de manejo de la fisiología del vegetal; es decir, aumentar y/o

que las cantidades de carbohidratos permanezcan y aumentar la firmeza del fruto; pero, no se ha logrado.

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 ( $\text{NH}^-$ ,  $\text{NH}_2$ ); 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, al unirse los AF al calcio, es fulvato de Ca.

## **OBJETIVOS**

Determinar el comportamiento de un fulvato de calcio, en la producción y calidad de la fresa.

### **Especificos**

Establecer la dosis optima de un fulvato de calcio, que aumenta la producción y calidad de la fresa

## **HIPÓTESIS**

Al menos un fulvato y una dosis, tienen efecto positivo, al aumentar la producción y calidad de la fresa.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Generalidades de la Fresa

La fresa tiene una gran cantidad de especies; antes del descubrimiento de América, en Europa se cultivaban principalmente las especies *Fragaria Viesca* y *Fragaria alpina*, de tamaño pequeño pero con excelente calidad sensorial. Con el descubrimiento de América, se encontraron dos nuevas especies de mayor tamaño una en Chile, *Fragaria chilensis* y otra en Estados Unidos de Norteamérica, *Fragaria virginiana*, que por su tamaño se les llamó fresones, las cuales fueron llevadas a Europa e hibridizadas. Actualmente estas fresas grandes dominan el mercado y son productos de una serie de cruces (Juscáfresca e Ibar, 1987). Las especies americanas como *Fragaria chilensis*, Duch. ( $2n=56$ ) y *Fragaria virginiana*, Duch ( $2n= 56$ ), han dado origen por cruzamientos a cultivares de fresa de frutos grandes que se conocen como *Fragaria x ananassa* Duch. (Maroto, 1986).

Algunas de las variedades de fresa más utilizadas en México son: "Festival", actualmente es líder en producción en Guanajuato, Michoacán y Estado de México; "Sweet Charlie", variedad de fruta grande utilizada en Guanajuato; "Camino Real", "Albión" y "Camarosa", son las que ocupan el primero, segundo y tercer lugar más empleadas de las variedades generadas por la Universidad de California en Davis y "Aromas", que es una variedad precoz muy usada, pero su aceptación está en descenso. La variedad "San Andreas", es de reciente introducción a México, presenta excelente sabor, con poca necesidad de frío en vivero, resistente a enfermedades, mantiene un buen tamaño de fruto, hasta el final del ciclo de producción y muy buena producción. Esta variedad es de día neutro moderado y el fruto es excepcional en apariencia (Universidad de California en Davis. 2009).

Los principales aspectos considerados para determinar la calidad de la fresa, son la apariencia, firmeza, sabor (Kader, 1991), grado de madurez, brillo y ausencia de daños en los frutos (Mitcham, 1996). La fresa está entre los cultivos con mayor cantidad de vitamina C y otros antioxidantes para la dieta humana (Boyer y Rui,

2004). La vida de post-cosecha de la fresa, es muy corta y son muy susceptibles al ataque por microorganismos y al daño físico durante su manejo, almacenamiento y comercialización (Sistrunk y Morris, 1985). La firmeza de la fruta, en general, disminuye a medida que las frutas se hacen más maduras. Para garantizar el suministro de fruta de alta calidad, es importante seleccionar la fruta con un grado adecuado de maduración como la apariencia física, el sabor y tiempo de conservación post-cosecha depende de nivel de madurez en la cosecha. (Schmilovitch *et al.* 2000).

### **Las Sustancias 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 y col. 1996) (Figura 1).

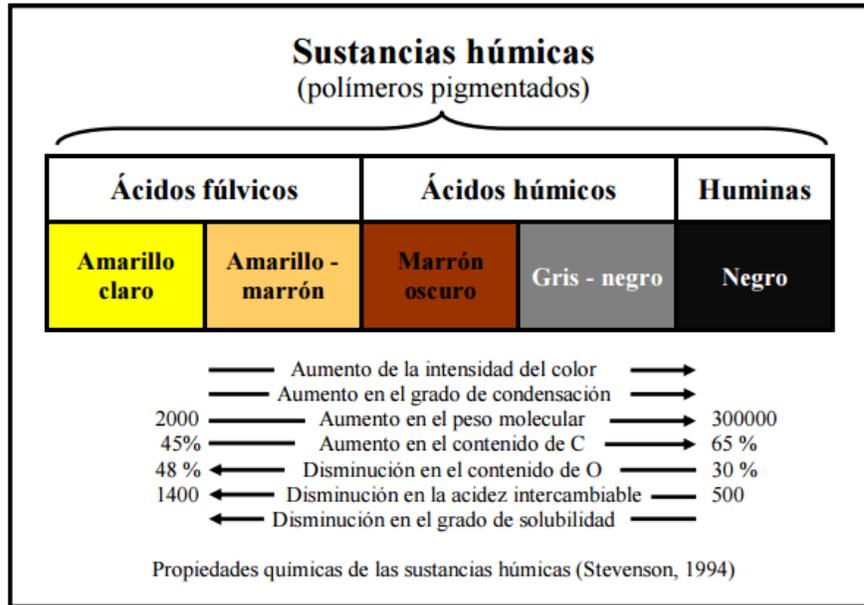


Figura 1. Propiedades de las sustancias húmicas.

### Importancia de las Sustancias Húmicas

La complejación y/o quelatación es el papel más importante de las sustancias húmicas, ya que quelatan los cationes y los coloca disponibles para la raíz de la planta; además, previene su precipitación. Los elementos metálicos son más rápidamente adsorbidos que los alcalinotérreos, ya que 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, fosforo, 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).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Área Experimental

La presente investigación, se realizó en un invernadero del área experimental del Departamento de Ciencias del Suelo del *Campus* principal de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro (UAAAN), en Saltillo, Coahuila, México, ubicada geográficamente en 25° 21' Latitud Norte y 101° 02' Longitud Oeste, con una altitud de 1742 m.s.n.m.



Figura 2.- Ubicación del experimento

## Obtención del Fulvato de Calcio

Leonardita (mineral fósil del carbón), colectada de una mina de Alpine, Texas, U.S.A., se molió y tamizó a una malla de un milímetro de diámetro, se secó a la estufa (Lab Oven, Quincy Laboratory Inc. Modelo 30GC, Serie G3-5572) a 70 °C durante 24 horas y se dejó enfriar durante una hora en un secador de vidrio. Posterior a esto, a 5 g del mineral fósil, se le adicionaron 100 ml de hidróxido de potasio 1 N (KOH, 1N) (CTR Scientific, Monterrey, Nuevo León, México) y se colocó a “Baño María” (Water Bath, Marca YAMATO, Modelo BM 100, Japan) a 60 °C durante 120 minutos. La solución se dejó enfriar durante 60 minutos a temperatura ambiente del Laboratorio (25 °C), se decantó y con ácido acético al 98 por ciento de pureza, se llevó la solución a pH 4 con el fin de separar los ácidos húmicos (AH) de los ácidos fúlvicos (AF). Los primeros fueron desechados y a estos últimos compuestos orgánicos, se les adicionó el Calcio (Ca) al dos por ciento y como fuente de este elemento, se empleó el nitrato de calcio ( $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ). De esta manera, se elaboró el Fulvato de Ca (FCa).

## Metodología

Plántula de fresa de la Variedad “Festival”, fueron donadas por el Ing. José Luis Herrera Álvarez, provenientes del área de Zamora, Michoacán, fueron trasplantadas en macetas de plástico, que contenían un sustrato de la mezcla de “peat moss” con “perlita” (relación 1:1 v/v); el sustrato presentó pH de 6.8, conductividad eléctrica de 1.26 dS.m<sup>-1</sup> y capacidad de retención de agua el 18 por ciento. Cuatro días después del trasplante, se fertilizó con una solución nutritiva completa, elaborada con base en los índices de Steiner, con una conductividad eléctrica (C.E.) de 1.1 dS.m<sup>-1</sup>. Cuando la planta inició la floración, la C.E. de la solución fue de 1.2 dS.m<sup>-1</sup> y en la fructificación de 1.4 dS.m<sup>-1</sup>.

Los tratamientos fueron: 200, 400 y 600 mg.kg<sup>-1</sup> del FCa; la adición fue foliar y al sustrato y como control o testigo, se empleó la solución nutritiva Steiner al 50, 75 y 100 por ciento (Cuadro 1). Lo anterior, originó que el experimento constara de nueve tratamientos. Las variables medidas al fruto fueron: peso total (PT), diámetro polar (DP), 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), número de frutos (NF) y el contenido de Ca del jugo del fruto (CaJ) (Medidor de Calcio, Marca HORIBA Scientific, Modelo LAQUAtwin, B-751. Japan).

Cuadro 1. Distribución de los tratamientos adicionados a fresa, Variedad "Festival".

Tratamientos	Dosis (mg.Kg <sup>-1</sup> .L <sup>-1</sup> de agua)
FCa2F	200
FCa4F	400
FCa6F	600
FCa2S	200
FCa2S	400
FCa2S	600
SN50	50%
SN75	75%
SN	100%

FCaF: Fulvato de Calcio por vía foliar; FCaS: Fulvato de Calcio al sustrato; SN: solución nutritiva.

El trabajo se distribuyó de acuerdo al Diseño Experimental Completamente al Azar, arrojó nueve tratamientos, con seis repeticiones. Se efectuó un análisis estadístico a los datos generados, el cual consistió en el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de comparación de medias, con el método de Tukey ( $p \leq 0.05$ ); para esto se empleó el paquete estadístico MINITAB, versión 17 en Español para Windows.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Peso del Fruto

En esta variable, los tratamientos realizaron efecto significativo (Cuadro X) y a partir de la Figura X, se puede decir que con la aplicación foliar del Fulvato de calcio (FCa), conforme se aumentó la dosis, los valores también aumentaron; mientras que, con la adición del FCa al sustrato y a las tres dosis, los valores fueron los más inferiores aún en donde se agregó la solución nutritiva (SN) sola a las tres cantidades. Además, aquí con la adición de la dosis mayor del FCa por vía foliar (FCa6F), se aventajó al tratamiento donde se aplicó la solución nutritiva al 100 por ciento en 17 por ciento y a las del 75 y 50 por ciento en nueve y 31 por ciento, respectivamente (Gráfica).

Cuadro 2. Análisis de varianza del peso del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	8	19077	2384.6	2.40	0.030*
Error	45	44751	994.5		
Total	53	63828			

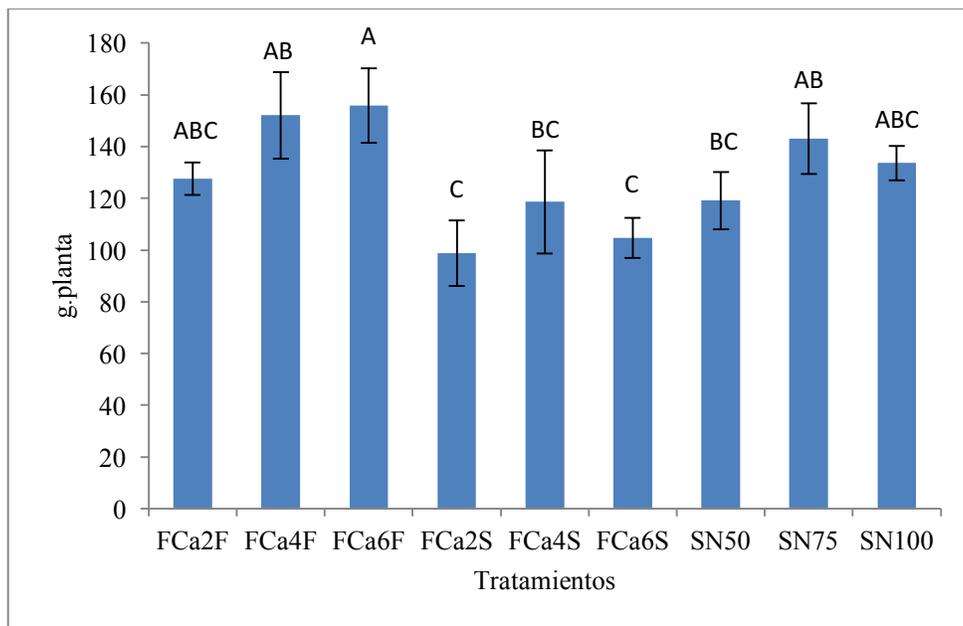


Figura 3. Peso del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

## Diámetro Polar

Aunque los tratamientos adicionados a la fresa Variedad “Festival”, no realizaron efecto significativo en la presente variable (Cuadro X), de forma gráfica (Figura X), se puede decir que al aplicar el FCa por vía foliar, conforme se incrementó la dosis, los valores aumentaron también y con la adición del compuesto orgánico-mineral al sustrato, los valores prácticamente no variaron y con la agregación de la solución nutritiva al 75 por ciento (SN75), se superó a todos los demás tratamientos y solo el de la dosis mayor adicionado por vía foliar (FCa6F), fue superado en 1.7 por ciento por la fertilización química sola.

Cuadro 3. Análisis de varianza del diámetro polar del fruto de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	8	0.7900	0.09875	0.76	0.643 <sup>NS</sup>
Error	45	5.8833	0.13074		
Total	53	6.6733			

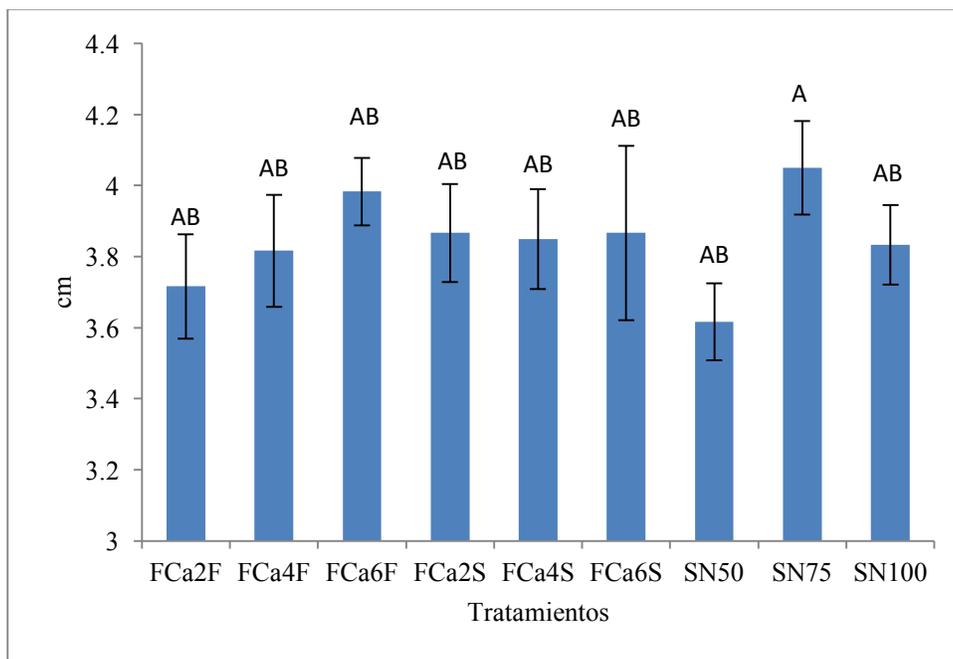


Figura 4. Diámetro polar del fruto de fresa, Variedad “Festival”, con la adición de un Fulvato de calcio.

## Diámetro Ecuatorial

Situación similar sucedió en esta variable medida que en la anterior, solo que aquí no hay notoria variación en las cuantías presentadas con todos los tratamientos; solo que, con la adición de la SN75 se adelantó al tratamiento donde se aplicaron 200 mg.kg<sup>-1</sup> por Litro de agua al sustrato (FCa2S), en 2.4 por ciento (Cuadro X y Figura X).

Cuadro 4. Análisis de varianza del diámetro ecuatorial del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	8	0.5670	0.07088	0.87	0.552 <sup>NS</sup>
Error	45	3.6850	0.08189		
Total	53	4.2520			

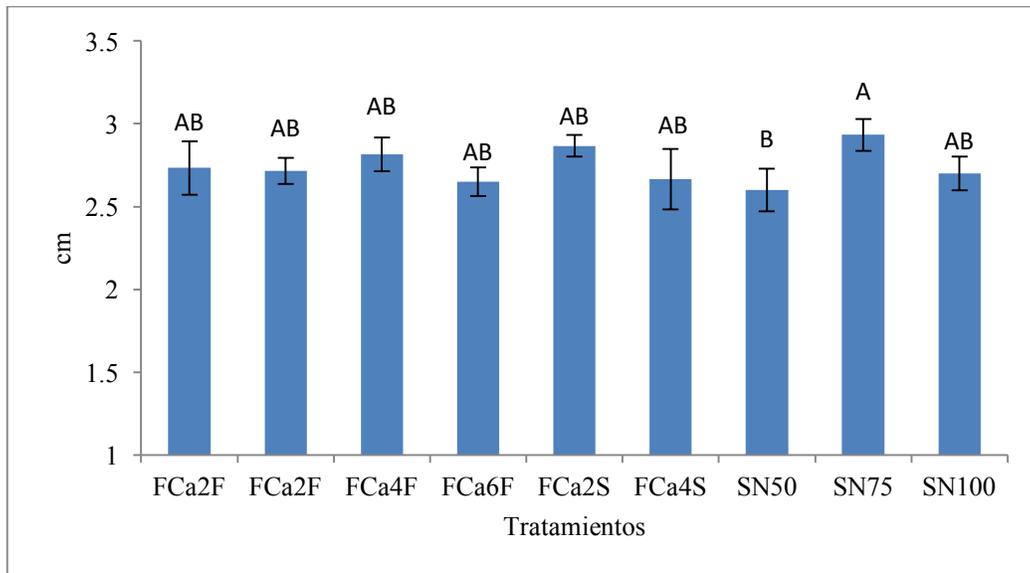


Figura 5. Diámetro ecuatorial del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

## Firmeza del Fruto

Esta variable de calidad del fruto de fresa, es de gran importancia porque de ella depende en gran medida su vida de anaquel. Aquí, los tratamientos no realizaron efecto significativo (Cuadro X); sin embargo, al aplicar el FCa a la dosis media por vía foliar (FCa4F), se adelantó a las tres cantidades de solución nutritiva, 50, 75 y 100 por ciento, en cuatro, 16 y 24 por ciento respectivamente. Además, se puede establecer de acuerdo a la Figura X, que al adicionar el FCa al sustrato y la SN, conforme se aumentó la cantidad, los valores disminuyeron.

Cuadro 5. Análisis de varianza de la firmeza del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	8	1.616	0.2020	1.39	0.229 <sup>NS</sup>
Error	45	6.563	0.1459		
Total	53	8.180			

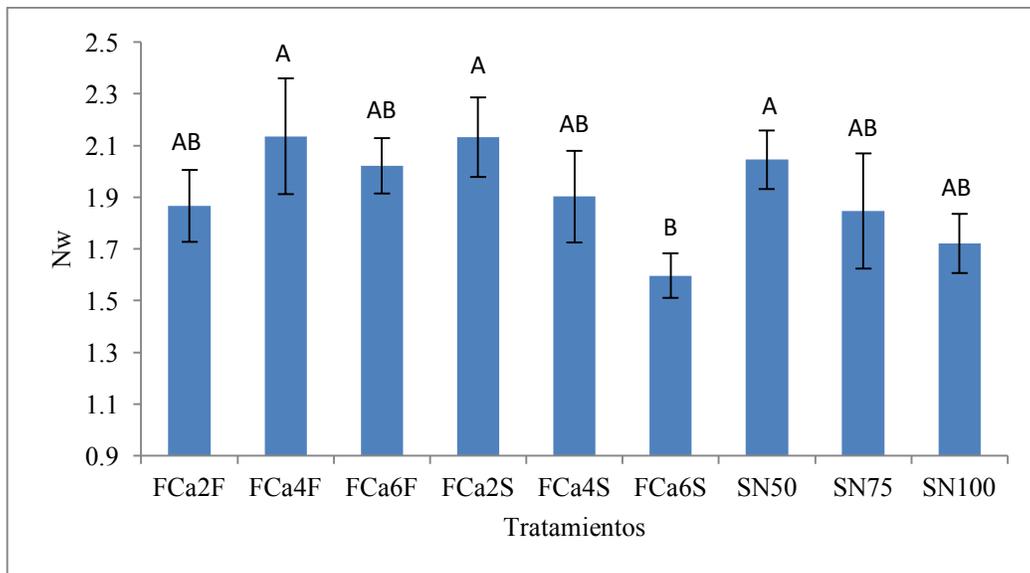


Figura 6. Firmeza del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

### Sólidos Solubles Totales (SST)

La cantidad de SST, junto con la FI, son fundamentales para alargar la vida de anaquel de los frutos de fresa y aquí, los tratamientos no realizaron efecto significativo (Cuadro X). De acuerdo con los estándares comerciales, el contenido de SST de esta variedad oscila entre 6 y 7 °Brix y los resultados muestran que con todos los tratamientos adicionados en este experimento, se sobrepasó en tres grados Brix a lo establecido. Con base en la Figura X, se puede establecer que al aplicar las tras dosis del FCa, tanto por vía foliar como al sustrato y la SN, conforme se aumentó la cantidad los valores disminuyeron en los tres compuestos; pero, con la adición de 200 mg.kg<sup>-1</sup> del FCa agregado por vía foliar, se superó a la SN al 50, 75 y 100 por ciento en ocho, 14 y 18 por ciento, respectivamente.

Cuadro 7. Análisis de varianza del contenido de sólidos solubles totales del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	8	10.55	1.319	1.22	0.311 <sup>NS</sup>
Error	45	48.76	1.083		
Total	53	59.31			

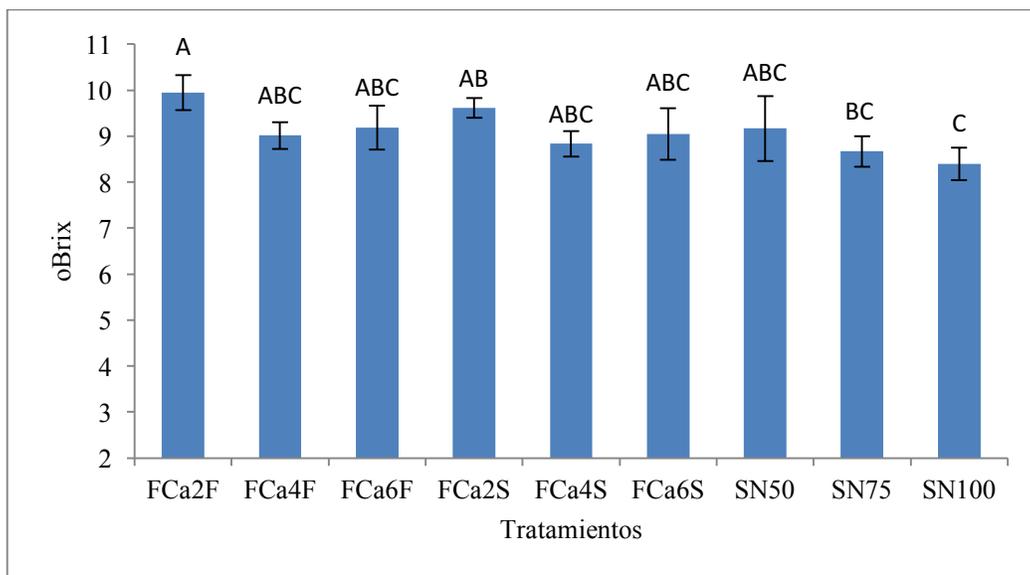


Figura 8. Sólidos solubles totales del fruto de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

## Número de Frutos

En esta variable, los tratamientos no realizaron efecto significativo (Cuadro X). Al tomar como base la Figura X, se puede decir que al agregar el FCa por vía foliar y la SN, al aumentar la dosis los valores disminuyeron y al aplicar el FCa al sustrato, esta situación se presentó a la inversa; es decir, al aumentar la dosis, los valores aumentaron. Además, con la agregación de la dosis mayor del FCa aplicado al sustrato, se sobrepasó en 27, 28 y 40 por ciento, respectivamente al adicionar la SN al 50, 75 y 100 por ciento.

Cuadro 8. Análisis de varianza del número de frutos de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	8	2.700	0.3375	1.19	0.325 <sup>NS</sup>
Error	45	12.737	0.2830		
Total	53	15.437			

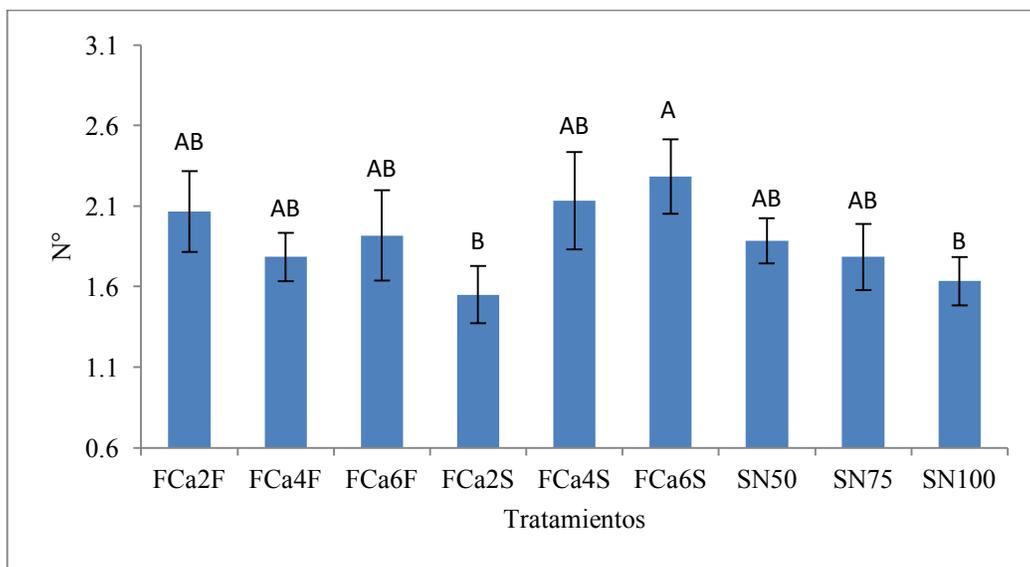


Figura 9. Número de frutos de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

### Contenido de Calcio en el Fruto

Los tratamientos realizaron efecto altamente significativo en esta variable medida (Cuadro X). Con la aplicación del FCa por vía foliar y con las tres cantidades de SN, al aumentar las dosis los valores disminuyeron y con la adición del FCa por vía foliar, los valores aumentaron; de tal manera que, al aplicar la dosis baja del FCa por vía foliar (FCa2F), se aventajó a la SN al 50 por ciento en 125 por ciento, a la SN al 75 por ciento en 428 por ciento y en 805 por ciento al agregar la SN al 100 por ciento (Figura X).

Cuadro 9. Análisis de varianza del contenido de calcio de frutos de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

Fuente	GL	SC	CM	F	p
Tratamientos	8	220365	27545.6	27.62	0.000**
Error	45	44872	997.2		
Total	53	265237			

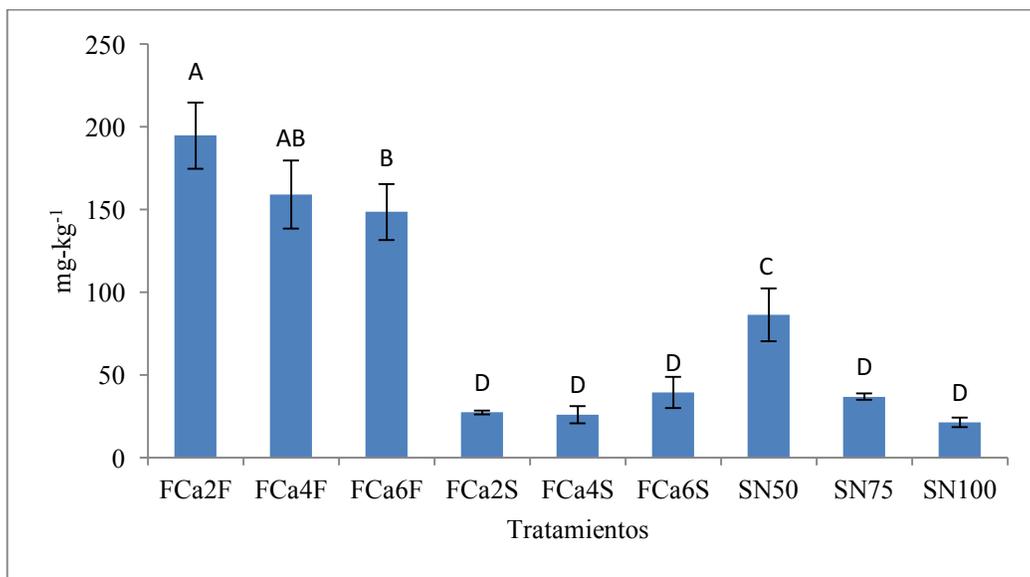


Figura 10. Contenidos de calcio de frutos de fresa, Variedad "Festival", con la adición de un Fulvato de calcio.

A forma de discusión, se puede decir que de acuerdo con Ryabova, (2010), los complejos orgánico-minerales, permiten a las plantas mejorar la absorción y

disponibilidad de los nutrientes, que sean aplicados al suelo, sustratos o por vía foliar. Lo anterior, es debido a que el uso de sustancias húmicas (SH) se perfilan como algo viable, ya que como característica fundamental, es que poseen grupos funcionales oxigenados ( $-\text{COOH}^-$ ,  $-\text{OH}^-$ ,  $-\text{COO}^-$ ) y nitrogenados ( $\text{NH}^-$ ,  $\text{NH}_2$ ). De los dos tipos de grupos funcionales, los primeros forman más del 80 por ciento de la molécula de las sustancias orgánicas mencionadas y con capacidad de intercambiar cationes hasta  $1200 \text{ cmolc.kg}^{-1}$  (Schnitzer, 2000), que tienen la particularidad de complejar y/o quelatar a los nutrientes (cationes).

Además, dado su pequeño tamaño molecular, los AF pueden pasar a través de microporos de sistemas biológicos o membranas artificiales y los AH no pueden. La capacidad combinada de los AF de quelatar nutrientes como el Ca y moverse a través de las membranas, sugiere que estos compuestos pueden desempeñar un rol similar a quelatantes naturales en la movilización y transporte de nutrientes (Bocanegra *et al.* 2006). Aminifard *et al.* (2012), aplicaron AF a Chile para determinar el efecto en la calidad y encontraron que especialmente los compuestos orgánicos, aumentan la actividad antioxidante; también, los sólidos solubles totales y los carbohidratos totales.

En el presente trabajo, con lo comentado hasta aquí, concuerda con la información obtenida, ya que en la dos dosis más bajas; es decir,  $200 \text{ mg.kg}^{-1}$  del FCa aplicado por vía foliar, aumentó el peso, la firmeza, los sólidos solubles totales y el contenido de Calcio en el fruto de la fresa. Lo anterior, denota que el Ca fue llevado del follaje hasta el fruto por los AF y con esto, se pone de manifiesto el efecto del Ca en las variables de calidad medidas, con excepción del número de frutos y en los dos diámetros medidos, lo efectuó la solución nutritiva. Lo anterior, está de acuerdo con lo establecido por Karakurt *et al.* (2009), Ertani *et al.* (2015) y Marschner, (2015).

## **CONCLUSIÓN**

El Fulvato de calcio, adicionado por vía foliar, realizó efecto positivo en las variables medidas al fruto de fresa Variedad "Festival", con excepción del número de frutos ya que en esta variable medida lo efectuó el que se aplicó al sustrato y en los diámetros polar y ecuatorial, lo realizó la solución nutritiva a la cantidad media.

## BIBLIOGRAFÍA

- Aminifard M.H., Aroiee H, Nemati H, Azizi M. and Jaafar H.Z.E. 2012. Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *Afr. J. Biotechnol* 11:13179–13185.
- Bocanegra M.P., Lobartini J.C. and Orioli G.A. 2006. Plant uptake of iron chelated by humic acids of different molecular weights. *Commun Soil Sci. Plant Anal* 37:1–2
- Boyer J, y Rui H. L. (2004) Apple fotoquímicos y sus beneficios para la salud *journal*. 3:5.
- Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A., 2015. Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, 196, 15-27.
- Chen Y.,& 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.
- Durson A; I. Guven and Turan. 2007. CAP 52 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.
- Ertani, A., P. Sambo, C. Nicoletto, S. Santagata, M. Schiavon and S. Nardi. 2015. The use of organic bioestimulants in hot pepper plants to help low input sustainable agriculture. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2:11 DOI 10.1186/s40538-015-0039-z
- 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

- Financiera rural, 2015. Panorama de la fresa en México, secretaria de hacienda y crédito público (SHCP) disponible en: <<http://www.financierarural.gob.mx/informacionsectorrural/Panoramas/Ficha%20Fresa.pdf>>
- Hayes, M.H.B., 1997 emerging concepts of the compositions and structure of humic substances.
- Juan Barceló Coll, (2005) fisiología vegetal ciencia y técnica, editorial pirámide.
- Justafresa S.B. e Ibar, A.L. 1987. Fresas y fresones. Editorial aedos. Barcelona, España. Pp 10 – 16
- Kader A. A. (1991) Quality and its maintenance in relation to the postharvest physiology of strawberry, pp. 145-151. In: the strawberry into the 21<sup>st</sup> Century. J.J. Luby; A. Dale (eds.) Timbre Press. Portland, Oregon, USA. 288.
- Karakurt, Y., H. Unlu, H. Unlu and H. Padem. 2009. The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B – Soil and Plant Science*, 59:233-237. Taylor and Francis.
- Karanfil T., M. A. Schlautman, J. E. Kilduff, 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
- Larson, D. K. 2000. Comportamiento y manejo de la fresa: desarrollo de programas para máxima calidad y rendimiento en México In: memoria del simposio internacional de fresa J.Z. Castellanos y F. Guerra (editores) Zamora, Michoacán, México.
- MacCarthy P. 2001. The principles of humic substances: An introduction to the first principle. Pág. 19- 30. En: Humic substances. Structures, models and functions. Editado por E. A. Ghabbour y G. Davies. The Royal Society of Chemistry, Gateshead, UK.

- Maroto, J V., B. pascual, J. Alagarda, y S. Lopez Galarza. 1986. Mejora de la precocidad del cultivo del fresón (*Fragaria x ananassa* Duch. Cv pájaro) mediante aplicaciones invernales de ácido giberelico ITEA 63:36-38.
- Marschner, H. 1995. Functions of mineral nutrients: micronutrients. Iron, In Mineral Nutrition of Higher Plants, Academic Press, Cambridge, U.K., pp. 313-324.
- Neri, D., Lodolini, E. M., Savini, G., Sabbatini, P., Bonanomi, G., & Zucconi, F. (2002). Foliar application of humic acids on strawberry (cv Onda). *Acta horticulturae*. 594.
- Rodriguez, J. 1991 sustancias húmicas: origen, caracterización y uso en la agricultura. Intagri.
- Sánchez, R. G. 2008. La red de valor fresa: sistema de inteligencia de mercados. Fundación produce Michoacán. Pp 145.
- Schmilovitch Z, Mizrach A, Hoffman A, Egozi H, Fuchs Y. Determinación de índices fisiológicos de mango por espectrometría de infrarrojo cercano. *Postcosecha Biol Technol*. 2000; 19 : 245-252
- Schnitzer, M. 2000. Life Time Perspective on the Chemistry of Soil Organic Matter. D. L. Sparks (Ed.) Schnitzer and Khan. Soil Organic Matter. Elsevier, Amsterdam.
- Sistrunk, W. A. and Morris, J. R. (1985). Strawberry quality: influence of cultural and environmental factors. In: H. E. Patlee (Ed.). Evaluation of Quality of Fruit and Vegetables. AVI, Westport, Conn., pp. 217-256.
- Stevenson, F. 1994 Humus Chemistry génesis, composition, reactions. New York.
- Universidad de California (UC Davis). 2009 variedad San Andreas. <<http://www.ucdavis.edu/index.html>>
- Zachariakis, M., Tzorakakis, E., Kritsotakis, I., Siminis, C. I., & Manios, V. (1999, August). Humic substances stimulate plant growth and nutrient accumulation in grapevine rootstocks. In *International Symposium on Composting of Organic Matter* 549 (pp. 131-136).