

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO



Comportamiento de Fulvatos y Reguladores de Crecimiento en la Producción y  
Calidad de Fresa (*Fragaria x ananassa*)

Por:

**EDGAR SILVA HERNÁNDEZ**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.

Febrero de 2020

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE FITOMEJORAMIENTO

Comportamiento de Fulvatos y Reguladores de Crecimiento en la Producción y  
Calidad de Fresa (*Fragaria x ananassa*)

Por:

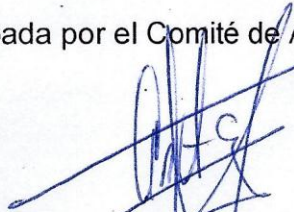
**EDGAR SILVA HERNÁNDEZ**

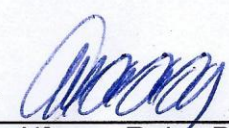
TESIS

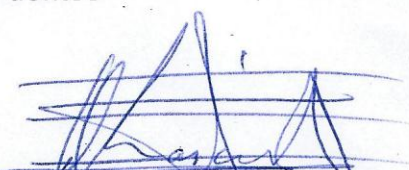
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:


**INGENIERO AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Asesor Principal

  
M.C. Alfonso Rojas Duarte  
Coasesor

  
Dr. Emilio Rascon Alvarado  
Coasesor

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coordinador de la División de Agronomía

Buenavista, Saltillo, Coahuila, México.  
Febrero de 2020

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”**

Por darme la oportunidad de seguir estudiando para ejercer una carrera profesional y por todos los momentos vividos en ésta institución, cuatro años de trayectoria estudiantil adquiriendo conocimientos y experiencias, para lograr la superación profesional.

### **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

Francisco Riquelme, Filadelfo Curiel, Rafael Sanluis, Sergio Hernández, Antonio Domínguez, Jantes Galindo, Juan Carlos, Aguilar Ruiz, Yaneth Pacheco, Ronaldo Villasana, Ruben Villasana, Misael Martínez, les agradezco por todas sus excelentes ayudas y al igual que todos los momentos pasados. Gracias por su gran apoyo y amistad. Jamás los olvidaré.

### **AL DR. JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ FUENTES**

Por compartirme sus conocimientos e interés, por brindarme su paciencia y amistad en todo momento desde el primer día en que se realizó este proyecto de investigación hasta la culminación del mismo.

### **A MIS ASESORES DE TESIS**

**Al M.C. Alfonso Rojas Duarte y al Dr. Emilio Rascón Alvarado** por su gran apoyo y tiempo que me brindaron para poder realizar este proyecto.

## DEDICATORIA

### A MIS PADRES

**Miguel Silva Rosas y Amalia Hernández Moreno** por ser los principales promotores de mis sueños, por haber puesto su confianza, fe y esperanza en mí, para lograr mi formación profesional y por su inalcanzable lucha y dedicación para sacar adelante a cada uno de sus hijos, por ser mi fuente de inspiración y enseñarme a no darme nunca por vencido. Los amo.

### A MIS HERMANOS

**Erick Miguel Silva Hernández, Tania Silva Hernández y Uriel Silva Hernández** por todos aquellos momentos que hemos compartido juntos, por todos los sueños que hemos y tenemos de construir. Siempre tengo en mente sus buenos consejos gracias por confiar en mí, los quiero mucho.

### A MIS TIOS

Por darme sus buenos consejos y motivarme para seguir adelante. Gracias por siempre brindarme su apoyo, siempre los tengo en mi mente.

### A MI MUJER

**Z. Carolina Saucedo Godina** por estar siempre a mi lado, por apoyarme en todo momento, por tu cariño y por darme lo más valioso que tengo en la vida que es mi pequeña hija. Te amo.

### A MI HIJA

**Ali Elizabeth Silva Saucedo** por ser lo más valioso que tengo en la vida, eres mi motivación. Este logro es para ti. Te amo.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
I. INTRODUCCIÓN .....	1
1.1. OBJETIVOS .....	2
1.1.1. Objetivo general.....	2
1.1.2. Objetivos Específicos.....	2
1.2. HIPÓTESIS .....	2
II. REVISIÓN DE LITERATURA.....	3
2.1. Origen del cultivo de la fresa.....	3
2.2. Descripción botánica y morfológica de la planta de fresa .....	4
2.1. Fases Fenológicas .....	11
2.2. Requerimientos Edafoclimáticos .....	12
2.3. Producción de fresa a nivel mundial.....	14
2.4. Producción de fresa en México .....	14
2.5. Importancia social de la fresa.....	15
2.6. Definición de sustrato.....	16
2.7. Fibra de coco .....	16
2.8. Sistemas abiertos y cerrados .....	17
2.9. Sustancias húmicas .....	17
2.10. Ácidos fúlvicos.....	18
2.11. Reguladores de crecimiento.....	19
III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1. Localización del sitio experimental.....	20
3.2. Metodología .....	20
3.3. Tratamientos .....	21

3.4. Diseño experimental.....	22
3.5. Variables evaluadas .....	22
Diámetro Polar del Fruto (DPF).....	22
Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF).....	22
Peso del Fruto (PF).....	22
Sólidos Solubles Totales (SST-° Brix).....	23
Altura de Planta (AP).....	23
Número de Coronas (NC).....	23
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	24
Diámetro Polar del Fruto (DPF).....	24
Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF).....	25
Peso del Fruto (PF).....	27
Sólidos Solubles Totales (SST-° Brix).....	28
Altura de Planta (AP).....	30
Número de Coronas (NC).....	31
V. CONCLUSIONES .....	33
VI. LITERATURA CITADA .....	34

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Figura 1.</b>	Morfología general de una planta de fresa.....	11
<b>Figura 2.</b>	Fases fenológicas de fresa .....	12
<b>Figura 3.</b>	Producción de fresa en México .....	15
<b>Figura 4.</b>	Localización del área experimental.....	20
<b>Figura 5.</b>	Respuesta en diámetro polar del fruto de fresa .....	25
<b>Figura 6.</b>	Respuesta en diámetro ecuatorial del fruto de fresa .....	26
<b>Figura 7.</b>	Respuesta en peso del fruto de fresa .....	28
<b>Figura 8.</b>	Respuesta en sólidos solubles totales del fruto de fresa .....	29
<b>Figura 9.</b>	Respuesta en altura de planta de fresa .....	31
<b>Figura 10.</b>	Respuesta en número de coronas en planta de fresa.....	32

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro</b>	<b>Título</b>	<b>Página</b>
<b>Cuadro 1.</b>	Distribución de los tratamientos.....	21



## RESUMEN

Con el objetivo de estimular los procesos biológicos en las plantas de fresa para mejorar la fruta cosechada, en el presente trabajo se evaluó el efecto de diferentes fulvatos y reguladores de crecimiento sobre la producción y calidad de Fresa (*Fragaria x ananassa*), cv San Andreas, cultivadas en ambiente protegido con un sistema hidropónico cerrado con fibra de coco como sustrato al cual se aplicaron trece tratamientos en forma de aspersion foliar: X-Cyte (4 ml.L), Stol (.25 ml.L), Fulvato de P y K (4 ml.L), Fulvato de B+Zn+Mo (4 ml.L), Fulvato de K y Mg (4 ml.L), N-Large (.25 ml.L), Sulfato de Mg (4 ml.L), Silicio (1 ml.L), Silicio 2 (2 ml.L), Fulvato de B y Mg (8 ml.L), Sugar Mover (2 ml.L), Fulvato de K (4 ml.L), Fulvato de B+Zn+Mo 2 (8 ml.L) y como testigo agua, con cuatro repeticiones por tratamiento. Las variables evaluadas fueron: Diámetro Polar del Fruto (DPF), Diámetro Ecuatorial del fruto (DEF), Peso del Fruto (PF), Sólidos Solubles Totales (SST), Altura de Planta (AP) Y Número de Coronas (NC). Con la aspersion foliar de Fulvato de B+Zn+Mo incremento el diámetro ecuatorial (DEF) y el peso del fruto (PF) en comparación al testigo. Con la aplicación foliar de Fulvato de K incremento el número de coronas (NC) superando al Testigo. Con la aplicación de: X-Cyte, N-Large y Stol se incrementó altura de planta (AP) y sólidos solubles totales (SST) en comparación a las plantas testigo. No se encontró ningún efecto significativo en cuanto a la aplicación de los tratamientos en cuanto al diámetro polar del fruto (DPF).

**Palabras clave:** Fulvatos, Reguladores de crecimiento, (*Fragaria x ananassa*), sistema hidropónico cerrado y aspersion.

**Correo electrónico:** edgar\_silva-hernandez@hotmail.com

## I. INTRODUCCIÓN

La fresa (*Fragaria* spp.) es la fruta de las berrys con mayor producción y comercializada en el mundo, además, es una de las frutas más populares en el mundo. Las características como el tamaño, la forma, el color, la firmeza, la acidez, la dulzura y el sabor hace que la fresa sea una de las frutas más populares y consumidas (Roussos, 2009).

México es uno de los principales productores y exportadores de fresa (*Fragaria*). Los cinco principales estados productores de fresa en México son Michoacán que contribuye con el 68.75 del volumen total; Baja California Norte, 17.9%; Guanajuato, 9.4%; Baja California Sur, 1.9% y el Estado de México, 1.2%. El valor estimado de la producción nacional de fresa es de cinco mil setecientos setenta y nueve millones de pesos, con un consumo per cápita anual de 1.4 kilogramos (SAGARPA, 2017) Los principales mercados importadores son Canadá, Estados Unidos de América, Alemania y Francia. La fresa es reconocida y demandada por su sabor, contenido de vitamina C y minerales (hierro, ácido fólico y ácido salicílico). Además, tiene una diversidad de usos en el sector industrial en la elaboración de mermeladas, purés, concentrados o helados (Santoyo, 2009).

La producción de fresa es una actividad de alta importancia socioeconómica: es el cultivo con mayor índice de empleo por hectárea cultivada, con un estimado de 725,000 jornales anuales por cada 1000 ha. El empleo en el campo en la producción de fresa mitiga en cierta medida las migraciones al extranjero, mejora el nivel de vida de la población en el medio rural, genera empleo en la industrialización de la fruta en los centros urbanos y genera divisas al país al exportar fruta fresca y congelada (INIFAP, 2011).

La eficiencia de la fertilización foliar en relación a la absorción de nutrientes, es superior a la fertilización al suelo y permite la aplicación de cualquiera de los

nutrientes que las plantas necesitan para lograr un óptimo rendimiento (Venegas, 2007).

Los ácidos fúlvicos, son resultado de la descomposición química y microbiana que actúa sobre los residuos de plantas y animales (Pereira y Zezzi-Arruda, 2003); estos forman parte de las sustancias húmicas, los cuales promueven la absorción de nutrimentos, y por su poder quelatante favorece la translocación de compuestos indispensables para las plantas.

## **1.1. OBJETIVOS**

### **1.1.1. Objetivo general**

Determinar el comportamiento de fulvatos y reguladores de crecimiento, en la producción y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa*).

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Establecer la dosis optima de fulvatos y reguladores de crecimiento, en la producción y calidad de fresa (*Fragaria x ananassa*).

## **1.2. HIPÓTESIS**

La aplicación de fulvatos y reguladores dará como resultado que al menos uno de los tratamientos sobresalga con respecto al testigo en cuanto a las variables evaluadas en este trabajo.

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Origen del cultivo de la fresa

Las noticias más creíbles acerca del inicio del uso y cultivo de la fresa se remontan a la época romana, según constatan autores clásicos de los siglos I a III a.C. como Cato o Virgilio, u otros como Ovidio o Plinio, ya en el siglo I d.C. Todos ellos citan en sus escritos las fresas como plantas de frutos muy apreciados por su sabor y fragancia. Con el paso del tiempo, su utilización como planta medicinal intensificó su cultivo, pues a su zumo se le atribuyeron propiedades curativas para combatir las afecciones de garganta, la fiebre y la transpiración.

El cultivo en Europa no comenzó hasta el siglo XIV. Las primeras referencias hablan de plantas silvestres de *F. vesca* traídas desde sus hábitats naturales a los jardines de la corte francesa. La primera descripción botánica data de 1484, realizada en el Herbario Latino de Mainz, publicado en Alemania. En España, existen referencias a su cultivo desde 1539. Gabriel Alonso de Herrera dijo que las fresas eran plantas favoritas en pequeños huertos y jardines, donde crecían exuberantemente. Es muy probable que las especies cultivadas en España fuesen *F. vesca* y *F. moschata*.

A finales del S. XVI e inicios del XVII, los primeros colonizadores introdujeron simultáneamente en Francia e Inglaterra una especie americana, *F. virginiana* o fresa de Virginia. Los detalles de la introducción de *F. virginiana* son desconocidos, pero es probable que Jacques Cartier, descubridor del río San Lorenzo en Canadá (1534), fuese el primero en traerla del viejo continente. La fresa de Virginia resultó ser más productiva y mostraba un fruto de mayor tamaño, por lo que su cultivo se extendió por toda Europa.

Poco después, tras la conquista de Chile por Pedro de Valdivia, los españoles

conocieron una nueva especie, *F. chilensis* que, como su 'hermana' *F. virginiana*, presentaba grandes frutos y era conocida y utilizada desde los albores del segundo milenio por los nativos. Su llegada a Europa se produjo *via* Marsella en 1714, de la mano de François Frézier, oficial de Luis XIV, que trajo consigo 5 plantas vivas traídas desde Concepción. Desde París, la fresa chilena se distribuyó a jardines botánicos de Holanda, Inglaterra, Bélgica y Alemania, desde donde pronto se recibieron informes negativos, en tanto que muestra importantes problemas de esterilidad.

En Brest, y en especial en la cercana comunidad de Plougastel, los jardineros descubrieron que la esterilidad de la fresa chilena podía ser superada mediante polinización cruzada, de manera que la famosa fresa de Bretaña pasó a ser un híbrido entre *F. chilensis* y *F. virginiana*. Phillip Miller fue el primero en describir la nueva fresa en el *Gardener's Dictionary* de 1759. Pocos años después, en 1766, Duchesne afirmó en su libro Historia Natural de las Fresas, que la nueva fresa es un híbrido entre *F. virginiana* y *F. chilensis*, y nombra a este híbrido como fresa-ananás o fresa-piña, ya que encuentra en ella que su olor es como el de la piña tropical (*Ananas spp.*). Así, poco después la clasifica como *Fragaria x ananassa*, híbrido que hoy se cultiva en todo el mundo (Medina, 2008).

## **2.2. Descripción botánica y morfológica de la planta de fresa**

La fresa es una planta perenne de pequeño porte, que se reproduce de manera sexual y asexual (mediante el desarrollo de estolones). Aunque tradicionalmente se considera como una planta herbácea, en realidad se trata de una especie leñosa perenne con las mismas o similares pautas fisiológicas que los árboles y arbustos frutales de hoja caduca (Stevens, 2013).

### **La planta**

La planta de fresa es herbácea, de porte bajo, generalmente no supera los 30 cm de altura; su ciclo vegetativo es perenne en estado silvestre, aunque la durabilidad

de las plantaciones comerciales presenta dos facetas: en ambientes situados en latitudes frías el cultivo permanece hasta tres años sin ser renovado, pero sólo tiene un periodo de producción de dos meses máximo cada año; en cambio, en ambientes mediterráneos y subtropicales, la fresa registra un ciclo de producción largo (hasta de un año), con alta productividad y calidad de fruta. En estos ambientes el cultivo permanece en campo máximo un año; con esa frecuencia es renovado.

El tallo de la planta de fresa, denominado corona, es un órgano corto, fibroso, donde se originan las raíces, hojas, frutas y estolones. La velocidad con que se forman los distintos órganos, y su cantidad, así como la predominancia o coexistencia del estado vegetativo y el reproductivo, son determinados por la interacción de factores ambientales, por las características genéticas propias de la variedad y por el manejo a que es sometida la planta (Dana, 1981; Maas, 1998).

### **El sistema radical**

El sistema radical de la fresa está formado por raíces primarias y secundarias. Las primeras son producidas en una sucesión acrópeta en los nudos que se forman en la corona y son de naturaleza fibrosa; tienen una vida media, de uno a dos años (Darrow, 1966).

Las raíces de la fresa pueden crecer en diversas texturas de suelo, aunque su desarrollo es más profuso en suelos de textura gruesa que en arcillosos.

Las plantas adultas tienen de 20 a 35 raíces primarias, aunque en condiciones excepcionales llegan a tener hasta 100 (Dana, 1981; Darrow, 1966).

El sistema radical de la fresa es superficial, considerando que más del 50 % se ubica en los primeros 30 cm de profundidad; en suelos de textura gruesa ocasionalmente las raíces alcanzan profundidades de 2 a 3 m (Dana, 1981; Wilhelm y Nelson, 1981).

Las raíces primarias, además de conducir el agua y los nutrimentos, y dar protección, funcionan como órganos para almacenar carbohidratos en el invierno (Wilhelm y Nelson, 1981).

Las raíces secundarias son muy abundantes y se originan directamente en las primarias; de su cantidad y sanidad depende en gran medida la productividad de la planta (Wilhelm, 1984).

Su periodo de vida es de alrededor de dos semanas, después de ese lapso mueren y son reemplazadas rápidamente por nuevas raicillas originadas en el mismo sitio que las senescentes (Nelson y Wilhelm, 1957; Wilhelm, 1998).

El sistema radical de la fresa presenta diferencias tanto entre especies como entre variedades; a ello se atribuye la alta adaptación del cultivo (Darrow, 1966).

Dentro de ciertos límites, el sistema radical de la fresa puede ser modificado o influido tanto por prácticas de cultivo (densidad, sistema de plantación, altura del surco) como por la nutrición (Darrow, 1966).

En variedades de día corto se ha observado que la mayor producción y desarrollo de las raíces ocurre durante el periodo de inactividad vegetativa y reproductiva (otoño e invierno). En las de día neutro, las cuales sí presentan actividad en otoño e invierno, no hay acumulación de carbohidratos en las raíces, lo que repercute en falta de vigor y poco desarrollo del sistema radical, consecuentemente las variedades de día neutro son más susceptibles al ataque de patógenos (Wilhelm, 1984).

### **Corona**

Al órgano de la fresa que botánicamente es un tallo se le denomina corona. Es de tamaño corto, de entre 2 y 3 cm de longitud. La corona está compuesta de tejido leñoso y vascular. La parte central, llamada médula, está constituida por células

alargadas, las cuales son altamente susceptibles a daños por bajas temperaturas (Darrow, 1966).

La planta de fresa está constituida sólo por una corona primaria, pero con el transcurso de los días, alrededor de la corona primaria se desarrollan nuevas coronas, cuya formación es estimulada por temperaturas cálidas y fotoperiodos relativamente largos. Por lo tanto, las plantas adultas de fresa pueden tener de cuatro hasta siete coronas o más, lo que depende de la variedad, del sistema de plantación y de la densidad de población utilizados. Las coronas son importantes porque es ahí donde se originan los racimos florales y los estolones. Por lo tanto, a mayor cantidad de coronas mayor número de flores o estolones primarios. Para cada variedad es deseable estimar su crecimiento vegetativo y la cantidad de coronas, de lo cual depende el máximo rendimiento de fruta. Sin embargo, cuando la planta de fresa registra un crecimiento y vigor excesivos, el rendimiento de fruta y de planta es afectado negativamente. (INIFAP, 2011).

En plantaciones comerciales una forma alternativa de propagación vegetativa es la siembra de la corona, especialmente en variedades de día largo con poca producción de estolones, o en variedades de día corto o neutro, cuya fructificación continua limita su propagación por estolones. (Meneses, 1945).

### **Estolón**

Botánicamente el estolón es un tallo rastrero que es emitido por la planta cuando el fotoperiodo y la temperatura son favorables. El estolón o guía es una de las dos formas de propagación asexual de la fresa; la otra forma de propagación asexual convencional es por coronas. (INIFAP, 2011).

Los estolones primarios son producidos por las plantas a partir de yemas axilares que se localizan en la corona, en la base de las hojas. El primer entrenudo del estolón se elonga 20 cm o más antes de formar una nueva corona que dará origen a una planta hija. Entre los entrenudos de los estolones primarios están situadas



yemas laterales, que al brotar dan lugar a estolones secundarios, ya que normalmente existe dominancia apical. La aplicación de giberelinas rompe la latencia de las yemas laterales, lo que favorece la emisión de estolones secundarios (Dana, 1981).

La planta hija del primer nudo emite un estolón que se elonga unos centímetros y da origen a un nuevo nudo y a una nueva planta. El proceso se repite ininterrumpidamente si las condiciones de fotoperiodo, temperatura y humedad son favorables para la propagación, misma que cesará al presentarse limitantes de fotoperiodo corto y/o bajas temperaturas, principalmente (Dana, 1981).

En suelo húmedo cada nudo de una planta hija forma raíces rápidamente, y en un lapso de dos a tres semanas se convierte en una planta adulta capaz de sobrevivir por sí misma sin depender del aporte de nutrimentos y agua de la planta madre (Dana, 1981).

Además de formar nuevas plantas, la función del estolón es conducir los nutrimentos y el agua indispensables para la sobrevivencia de las plantas hijas mientras estas desarrollan su propio sistema radical.

## **Hojas**

Dependiendo de la variedad, las hojas de la fresa varían en cantidad, tamaño, forma de la base, forma de los bordes, con lámina cóncava, plana o convexa, disposición en la planta, grosor, color, pubescencia, durabilidad y número de folíolos. Normalmente el número de folíolos es de tres, pero en variedades como Solana, una misma planta puede emitir hojas de tres, cuatro y cinco folíolos (Maas, 1998).

La producción de hojas también es regulada por condiciones ambientales, entre ellas fotoperiodo y temperatura: fotoperiodo largo y temperatura alta la favorecen; fotoperiodo corto y baja temperatura la detienen parcial o totalmente. Las

condiciones propicias para la emisión de hojas favorecen el crecimiento de la superficie foliar, en tanto que las adversas la reducen.

La disposición y conformación de las hojas, así como el vigor del follaje, son afectados tanto por el fotoperiodo y la temperatura como por el tratamiento de refrigeración que recibió la planta madre. Periodos de refrigeración mayores de un mes estimulan la formación de un moderado número de hojas, con peciolo largos, extensa lámina foliar y porte erecto del dosel de la planta, respuestas que son semejantes e interactúan positivamente con fotoperiodos largos y altas temperaturas. Sin embargo, a medida que los días se acortan y ocurren temperaturas inferiores a 10°C, el follaje formado en primavera y verano entra en senescencia y éste es sustituido por hojas pequeñas con peciolo cortos, las plantas en el vivero detienen su crecimiento en invierno, las hojas se tornan de color rojo y entran a un periodo de letargo (dormancia), (INIFAP, 2011).

El ciclo de vida de las hojas es de uno a tres meses, pero puede ser acortado por plagas y enfermedades (Maas, 1998) y al morir son reemplazadas secuencialmente por hojas nuevas a lo largo del ciclo.

En virtud de que en las hojas la energía solar, el bióxido de carbono y los elementos se transforman en nutrimentos para la planta, resulta comprensible formar y preservar una determinada superficie foliar para el óptimo desarrollo del vivero.

En latitudes como las del estado de Florida, E.U.A., en el otoño, Darrow (1966) reportó una correlación positiva entre el número de hojas y el rendimiento de fruta. Este autor observó que las variedades que en esta estación tienen mayor cantidad de hojas, están más adaptadas y son más productivas.

## **Flor y Fruto**

El fruto se origina en el racimo floral que depende directamente del tallo. Por lo general cada racimo consta de cuatro flores llamadas primaria, secundaria, terciaria y cuaternaria en razón de su tamaño y secuencia en que se forman. La flor primaria produce el fruto de mayor tamaño, mismo que disminuye en las flores secundarias y terciarias. La flor cuaternaria ocasionalmente es estéril; si llega a dar frutos éstos son pequeños, sin valor comercial. Una inflorescencia tiene alrededor de 15 flores o más (Strand, 1994).

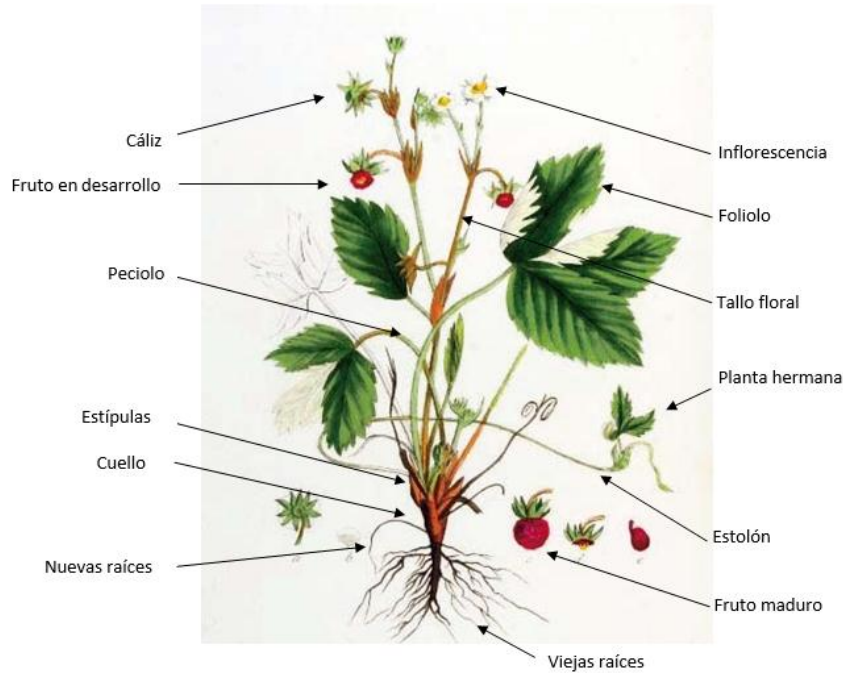
Las flores de las variedades comerciales son hermafroditas y autofértiles, aunque probablemente hay un alto porcentaje de polinización cruzada atribuible a las abejas y al viento (Strand, 1994). La flor de la fresa está conformada por 10 sépalos, cinco pétalos y 20 a 30 estambres con un promedio de 60 a 600 pistilos (Hancock, 1998) dependiendo de si es flor terciaria o primaria respectivamente. Para que la fruta alcance un desarrollo uniforme es indispensable que todos los pistilos sean fecundados; de lo contrario, la fruta crecerá deforme, según el porcentaje de fallas en la fecundación.

El fruto madura entre 25 y 35 días después de la fecundación, dependiendo de la variedad y época del año. En presencia de temperaturas relativamente cálidas, el fruto madura con mayor rapidez.

El fruto está adherido al racimo floral por el pedúnculo. Cuando el pedúnculo es largo (da la apariencia de que cada fruto depende directamente de la corona) se denomina inflorescencia basal, y cuando el pedúnculo es corto (el racimo floral se aprecia totalmente) se denomina inflorescencia distal (Maas, 1998).

Dependiendo de la variedad y del ambiente de producción los frutos adquieren diferentes formas: ovalada, esférica arriñonada, cónica corta, cónica larga, cuña corta, cuña larga y cilíndrica. Excepto la forma de la fruta primaria, el resto son representativas de la forma predominante de determinada variedad. Generalmente

en algunas variedades la forma de la fruta se mantiene sin grandes cambios bajo distintos ambientes, pero en otras la forma se modifica en función del ambiente y de la época del año. La fresa es un fruto agregado, donde los aquenios presentes en la superficie son el fruto, y la parte comestible es el receptáculo, alargado por efecto de los estímulos hormonales debido a los aquenios (INIFAP, 2011).



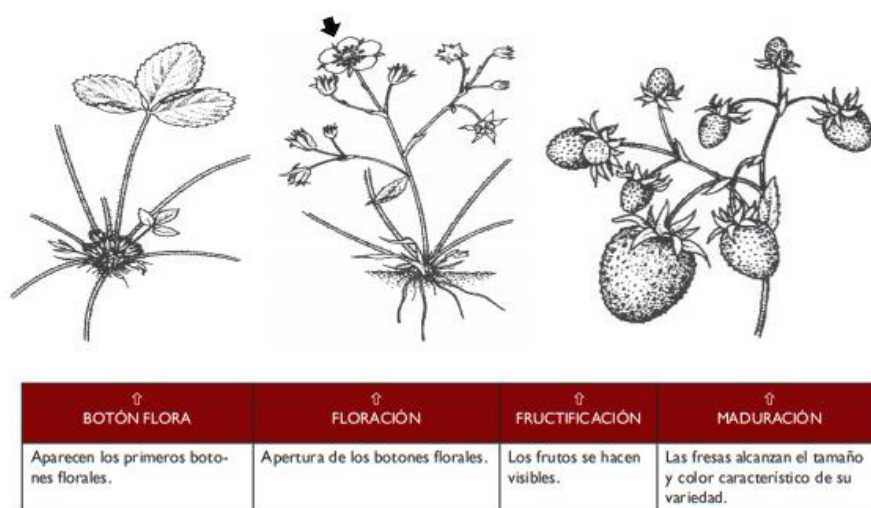
**Figura 1: Morfología general de una planta de fresa.** Imagen de Kops *et al.* (1844).

## 2.1. Fases Fenológicas

En condiciones de cultivo normales, la fresa no dura más de tres a cuatro años, debido a la exigencia de producción, su longevidad se reduce inclusive a un año (Bianchi, 1999). Maroto y López (1988) colocan las fases fenológicas de la siguiente manera:

- Fase de reposo vegetativo; en esta etapa hay poco crecimiento foliar y se observan hojas rojizas y secas.

- Fase de iniciación de la actividad vegetativa; se manifiesta por la aparición de brotes y por la formación incipiente de hojas.
- Fase de botones verdes; crecen entre las hojas en estado rudimentario.
- Fase de botones blancos; se observan sin que los pétalos hayan desplegado.
- Fase de iniciación de la floración; cuando se cuentan entre tres y cinco flores abiertas por planta.
- Fase de plena floración; cuando un 50% de flores están abiertas.
- Fase de fin de floración; cuando se observa la caída de los pétalos y se inicia el cuajado de los frutos.
- Fase de fructificación; cuando los frutos verdes se observan claramente.



**Figura 2:** Fases fenológicas de fresa, SENAMHI, (2011).

## 2.2. Requerimientos Edafoclimáticos

### Clima

La planta de fresa es termo y fotoperiódica, o sea que su crecimiento depende de las condiciones de luz y temperatura. Las altas temperaturas y los días largos

(más de doce horas de luz) provocan crecimiento vegetativo excesivo; las bajas temperaturas y días cortos inducen floración. (PROMOSTA, 2005).

### **Temperatura**

El rango óptimo de temperatura durante la fructificación debe oscilar entorno a los 15-20°C de media anual. Temperaturas por debajo de 12°C durante el cuajado dan lugar a frutos deformados por el frío. Un periodo prolongado de tiempo muy caluroso (>25°C), puede originar una maduración y coloración del fruto demasiado rápida, lo cual le impide adquirir un tamaño adecuado para su comercialización. No obstante, el fresón necesita acumular una serie de horas frío, con temperaturas por debajo de 7°C, para que su vegetación y fructificación sea abundante (AGRI-NOVA, 2011).

### **Humedad**

El rango óptimo de humedad relativa oscila entre el 65 y 70%. Si la presencia de humedad es excesiva, favorece la presencia de enfermedades, mientras que si es deficiente, provoca daños en la producción. (AGRI-NOVA, 2011).

### **Luz**

En cuanto a la luz, necesitan 12h de luz diarias para tener buena productividad. (AGRI-NOVA, 2011).

### **Suelos**

Como la planta de fresa tiene un sistema radical que en un 80% ó más se ubica en los primeros 15 cm. del suelo, los suelos para el cultivo de fresa no tienen que ser muy profundos, preferiblemente arenosos o franco-arenosos, con buena capacidad de aireación y drenaje y alto contenido en materia orgánica. En pH debe estar entre 5,5 a 6,5 y el suelo debe tener buena fertilidad. La granulometría óptima de un suelo para el cultivo del fresón aproximadamente es de: 1- 50% de arena silíceo, 2- 20% de arcilla, 3- 15% de calizas y 4- 5% de materia orgánica. En cuanto a la salinidad, la fresa no tolera altos niveles. (PROMOSTA, 2005).

## **Riego**

En el cultivo de fresa se fertirriega. La frecuencia y duración del riego depende de las condiciones climáticas, textura del suelo y necesidades de la planta. (PROMOSTA, 2005).

### **2.3. Producción de fresa a nivel mundial**

Los principales productores de fresa a nivel mundial en 2012 fueron Estados Unidos de América con 1366,850 t, representando 33% de la producción mundial. México con 360,426 t aparece como el segundo productor de fresa, aportando 9% del total de la producción mundial, seguidos de Turquía con 353,173 t, lo que representa 7% y España con 289,900 t equivalente a 7%. Los principales países importadores de fresa en 2012 fueron Estados Unidos de América con 159,331 t, representando 28% de las importaciones mundiales, Canadá con 127,017 t, importando 23% del total mundial, Alemania con 116,534 t, representando 21% de las importaciones, y Francia con 104,413 t, importando 19% mundial. Los principales países exportadores de fresa en 2012 fueron: España, con 287,903 t, aportando 39% del total mundial; Estados Unidos de América, con 150,722 t, equivalente a 20% del volumen de fresa exportado en el mundo, y México, con 113,634 t, con 15% del total mundial. En 2012 México exportó 113,634 t, con un valor de 224,400 miles de dólares (FAOSTAT, 2016).

### **2.4. Producción de fresa en México**

Los principales estados productores de fresa en México, en orden de importancia, son: Michoacán, Baja California, Jalisco, Baja California Sur y Estado de México. Michoacán produce más de 60 % del total de la producción nacional, y de 2005 a 2014 presentó un incremento de 27 %. En 2015, las exportaciones de berries

tuvieron un valor de 1,501 millones de dólares, México ocupa el tercer lugar en exportación de fresas. (SIAP, 2016).

Variable	Superficie cosechada (ha)	Producción (t)	Valor de la producción (\$ millones de dólares)	Rendimiento (t/ha)
2005	5657	162627	122.16	28.02
2006	6403	191843	144.11	28.75
2007	6238	176396	132.51	29.96
2008	6176	207485	155.86	28.27
2009	6678	233041	175.068	33.59
2010	6282	226657	170.26	34.90
2011	6978	228900	171.95	36.08
2012	8664	360426	270.75	32.80
2013	8496	379464	285.05	41.60
2014	9966	458972	344.77	44.66
2015	5657	162627	122.16	46.05

**Figura 3:** Producción de fresa en México, FAOSTAT, (2017).

## 2.5. Importancia social de la fresa

Existen numerosas publicaciones recientes que señalan a la fresa como una excelente fuente de polifenoles antioxidantes, vitamina C y fibra alimentaria soluble e insoluble de buena calidad dietética (Hannum, 2004; Zafra-Stone *et al.* 2007). Los pigmentos antociánicos y taninos hidrolizables (elagitaninos) y no hidrolizables (proantocianidinas) son sus principales constituyentes interesantes para la salud (Atkinson *et al.* 2006). Estos compuestos parecen aportar beneficios disminuyendo el riesgo de padecer determinados tipos de cáncer (sobre todo aquellos del aparato digestivo (Chung *et al.* 2002; Damianaki *et al.* 2000)) y enfermedades cardiovasculares (Díaz *et al.* 1997). Las fresas son una fuente de polifenoles que pueden presentar propiedades positivas para la prevención y erradicación de enfermedades neurodegenerativas (Andres-Lacueva *et al.* 2005;



Bickford *et al.* 2000), la diabetes tipo II y el envejecimiento en general (Miller *et al.* 1998).

## **2.6. Definición de sustrato**

El término sustrato se aplica a todos los materiales sólidos distintos de los suelos naturales, minerales u orgánicos, que colocado en un contenedor, en forma pura o mezclada, permite el anclaje del sistema radical para el soporte de la planta. El sustrato puede ser de material químicamente inerte o activo, que puede o no aportar nutrientes al complejo proceso de la nutrición de las plantas.

Desde el punto de vista hortícola, la finalidad de cualquier sustrato de cultivo es producir una planta/cosecha de calidad en el más corto período de tiempo, con los más bajos costos de producción. En adición, el sustrato utilizado no debería provocar un impacto ambiental de importancia (Cadahía, 2005). Además de mantener erguida a la planta durante su crecimiento, además de contener el agua y los nutrientes que ésta necesita, el objetivo del sustrato es dar soporte a la planta, aireación, y tiene características químicas de no proporcionar nutriente alguno (Martínez y León, 2004).

## **2.7. Fibra de coco**

Quintero, González y Guzmán, (2011), menciona que la fibra de coco (*Cocos nucifera*) es un material orgánico de lenta descomposición que resulta como subproducto de las plantaciones de coco de los países situados en los trópicos, como Sri Lanka, India, Filipinas, Costa de Marfil y México. Los productos resultantes del desfibrado de la nuez de coco que proceden del mesocarpio son fibras largas, que se suelen utilizar para diversas actividades de manufactura. La fibra de coco consiste en partículas de lignina y celulosa, con una relación C/N de 80; en general, la fibra de coco se utiliza fresca. Para algunos tipos de fibra que

presentan toxicidad en el material fresco es aconsejable el compostaje antes de su uso en mezcla para sustratos, debiendo añadir nitrógeno durante el proceso de compostaje.

## **2.8. Sistemas abiertos y cerrados**

Se les denomina sistema abierto cuando la solución nutritiva no se reutiliza en las mismas plantas y cerrado cuando se reutiliza la solución nutritiva una o varias veces en las mismas plantas. Armando y Campos, (2012).

## **2.9. Sustancias húmicas**

Las sustancias húmicas son una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química compleja, distinta y más estable que su forma original; provienen de la descomposición de residuos de plantas y animales, así como de la actividad de síntesis de microorganismos (Schnitzer, 1978 y Stevenson, 1982).

Narro (1996) describen las sustancias húmicas como compuestos orgánicos de color marrón y amarillo que se extraen del suelo con soluciones álcalis, sales neutras, o disolventes orgánicos. El humus contiene alrededor de una tercera parte de ácidos húmicos y dos terceras partes de huminas, o restos de materia orgánica no transformada. Solo una pequeña parte de las sustancias húmicas se encuentran libres, la mayoría se encuentra unida a la partícula de suelo. El nombre de ácidos, o sustancias húmicas son genéricas para los materiales que se pueden extraer del suelo por varios extractores y precipitados por ácido mineral diluido. Las comerciales se extraen generalmente de la leonardita, del lignito y de las turbas y se les da el término de bioactivadores húmicos porque su principal función agrícola es de estimular el metabolismo vegetal.

Las sustancias húmicas (SH) son los ácidos húmicos (AH), los ácidos fúlvicos (AF) y las huminas residuales (HR) y son definidas como una mezcla heterogénea de macromoléculas orgánicas, con estructura química muy compleja, distinta y más estable que su forma original y proviene de la degradación de residuos de plantas y animales, gracias a la actividad enzimática de los microorganismos y por metamorfismo de residuos orgánicos, después de millones de años, sepultados por arcillas en deltas de ríos (minerales fósiles).(Fründ et al., 1994;Schnitzer,2000).

## **2.10. Ácidos fúlvicos**

Ácidos fúlvicos (AF): es la porción soluble en agua bajo todas las condiciones de pH. Ellos permanecen en solución después de la separación de los ácidos húmicos (AH) por acidificación. Los AF son de color amarillo claro a café-amarillento, de bajo peso molecular (de 170 a 2000 KDa), 45% de carbón y 48% de oxígeno. Los ácidos fúlvicos tienen bajo peso molecular, alto contenido de oxígeno, pero bajo contenido de carbón: contienen más grupos funcionales de naturaleza ácida, particularmente carboxilos (COOH).La acidez total es de 900 a 1400 meq/100g y considerablemente más altos que los ácidos húmicos (400 a 870 meq/100g) (Stevenson, 1982).

Los AF participan en la apertura de los estomas e incrementa la permeabilidad de las membranas celulares. Por esta razón, la absorción foliar de nutrientes o reguladores de crecimiento, es más eficiente cuando se utiliza en la mezcla los ácidos fúlvicos, además la translocación dentro de la planta también se mejora. Estos son más eficientes como potenciadores de aplicaciones foliares que los AH, además, la solubilidad de los fúlvicos es completa en cualquier nivel de pH de la solución de aspersión. En tanto que los AH tienden a precipitarse en soluciones ácidas (FAGRO, 2001).

## **2.11. Reguladores de crecimiento**

Los reguladores de las plantas se definen como compuestos orgánicos, ya sean sintéticos o naturales que en pequeñas cantidades fomentan, inhiben o modifican de alguna otra forma cualquier proceso fisiológico vegetal. Las hormonas de las plantas (fitohormonas) son reguladores producidos por las mismas plantas que, en bajas concentraciones, regulan los procesos fisiológicos de aquellas.

El término “Hormona”, empleado correctamente, se aplica en exclusiva a los productos naturales de las plantas; sin embargo, el término “Regulador” no se limita a los compuestos sintéticos, sino que puede influir también en las hormonas. Dicho término cubre un terreno muy amplio, puede aplicarse a cualquier material que pueda modificar los procesos fisiológicos de cualquier planta (Weaver, 1976).

### III. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Localización del sitio experimental

La presente investigación se llevó a cabo durante el periodo 2018-2019 en el invernadero de ornamentales que se encuentra en el Departamento de Horticultura en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada en Saltillo, Coahuila, la cual se encuentra localizada en la latitud norte  $25^{\circ} 23'$  y longitud oeste  $101^{\circ} 02'$ , con una altitud de 1743 msnm.



**Figura 4:** Localización del área experimental.

#### 3.2. Metodología

Se utilizaron plantas de la variedad San Andreas (*Fragaria x ananassa*). Las cuales se establecieron bajo un invernadero tipo túnel de mediana tecnología que cuenta con pared húmeda, extractores y calefactor de gas. El experimento se realizó en el periodo del 28 de enero del 2019 al 25 de junio del 2019. Las plantas fueron cultivadas en bloques de fibra de coco como sustrato de crecimiento con dimensiones de 12 centímetros de ancho por 8 centímetros de alto y 100 centímetros de longitud. La densidad de plantación fue de cinco plantas por bloque de fibra de coco. Las aplicaciones fueron de forma foliar utilizando un atomizador

de 1 litro para cada tratamiento ajustando el pH del agua de entre 6 y 6.5 lo cual se logró con la adición de 5 ml de ácido por cada litro de agua al cual, posterior al ajuste de pH se agregó la dosis correspondiente de cada tratamiento. Las aplicaciones de tratamientos se realizaron cada 15 días, siendo la primera aplicación el 27 de marzo y el 5 de junio fue la última aplicación.

Las plantas fueron expuestas a la misma solución nutritiva universal Steiner (Steiner, 1984) con una salinidad de 1.5 dS m<sup>-1</sup>, mediante un sistema cerrado de riego por goteo. Se aplicó un riego diario con una duración de 15 minutos con el cual se logró un volumen de drenaje de 20 al 30%.

### 3.3. Tratamientos

TRATAMIENTO	PRODUCTO	DOSIS
T1	X-Cyte	4 ml/L
T2	Stol	.25 ml/L
T3	Fulvato de P y K	4 ml/L
T4	Fulvato de B+Zn+Mo	4 ml/L
T5	Fulvato de K y Mg	4 ml/L
T6	N-Large	.25 ml/L
T7	Sulfato de Mg	4 ml/L
T8	Silicio	1 ml/L
T9	Silicio 2	2 ml/L
T10	Fulvato de B y Mg	8 ml/L
T11	Sugar Mover	2 ml/L
T12	Fulvato de K	4 ml/L
T13	Fulvato de B+Zn+Mo 2	8 ml/L
TESTIGO	Agua	0 ml/L

**Cuadro 1:** Distribución de los tratamientos.

### **3.4. Diseño experimental**

Los trece tratamientos en las plantas de fresa (*Fragaria x ananassa*) se distribuyeron de acuerdo a un Diseño Experimental Completamente al Azar, con cuatro repeticiones. A cada repetición se asignaron cuatro plantas, con un total de 16 por tratamiento y 112 plantas en total por todo el experimento. Los datos obtenidos de este experimento se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (versión 9.1, SAS Institute). Para la separación de medias de los tratamientos se utilizó la prueba simultánea de Tukey.

### **3.5. Variables evaluadas**

#### **Diámetro Polar del Fruto (DPF)**

Las mediciones se realizaron en frutos maduros de fresa en cada tratamiento para lo cual se utilizó un vernier digital marca Truper modelo xxxx. El diámetro polar de cada fruto se obtuvo del promedio de 2 mediciones de los puntos más altos del fruto, tomándolo verticalmente.

#### **Diámetro Ecuatorial de Fruto (DEF)**

Las mediciones se realizaron en frutos maduros de fresa en cada tratamiento para lo cual se utilizó un vernier digital marca Truper modelo xxxx. El diámetro polar de cada fruto se obtuvo del promedio de 2 mediciones de los puntos más anchos del fruto, tomándolo horizontalmente

#### **Peso del Fruto (PF)**

Las mediciones se realizaron en frutos maduros de fresa en cada tratamiento para lo cual se utilizó una balanza digital marca OHAUS modelo LS2000 con capacidad de 200 g. El peso del fruto se obtuvo cosechando los frutos maduros de cada tratamiento y pesándolos individualmente.

**Sólidos Solubles Totales (SST-° Brix)**

Se seleccionaron frutos cosechados completamente rojos en cada tratamiento para posteriormente extraerles el jugo y así obtener el índice de refracción. Las mediciones se realizaron mediante la utilización de un refractómetro portátil Marca ATAGO con una escala de 0 a 32%, reportando el resultado en °Brix.

**Altura de Planta (AP)**

Las mediciones se realizaron mediante la utilización de una cinta métrica, reportándose en (cm). Se determinó desde la corona hasta la última hoja.

**Número de Coronas (NC)**

Se realizó un conteo por planta de cada tratamiento determinando el número de coronas al iniciar y al concluir el experimento. Las mediciones se realizaron por medio de la observación.

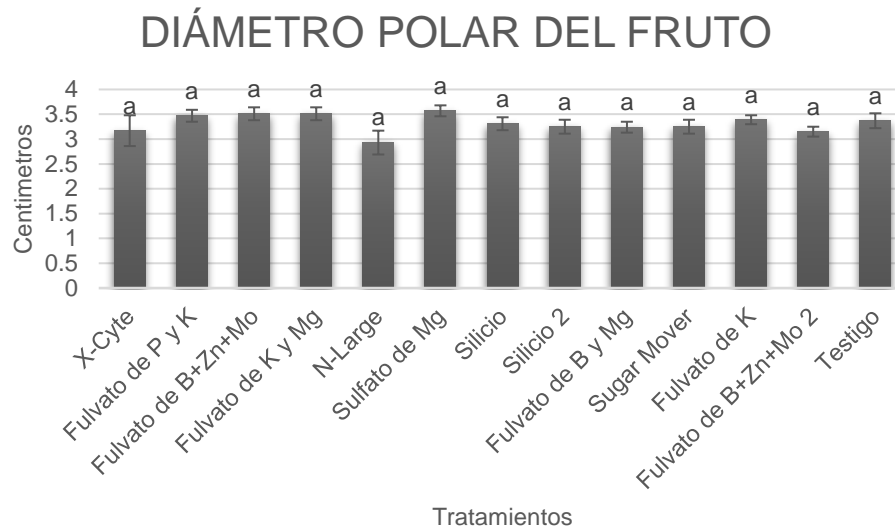


## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Diámetro Polar del Fruto (DPF)

Para esta variable, de acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados no mostraron diferencia significativa, ya que todos los tratamientos aplicados no favorecen el incremento en diámetro polar del fruto (DPF). En la Figura 5 se observa, que todos los tratamientos fueron similares estadísticamente. Sin embargo; numéricamente el tratamiento N-Large presentó una media de 2.91 centímetros, siendo este el valor más bajo. Por el contrario los tratamientos Fulvato de P y K, Fulvato de B+Zn+Mo, Fulvato de K y Mg, Sulfato de Mg presentaron las medias más altas oscilando entre 3.49 y 3.58 centímetros superando la media del Testigo que fue de 3.37 centímetros.

Zimmer (2004) y Ameri y Tehranifar (2010), indicaron que la adición de compuestos húmicos líquidos, hacen más disponibles los nutrientes esenciales e incrementan la resistencia de la planta a factores bióticos y abióticos y así, se puede mejorar la calidad y cantidad de la producción. Guerra (2008), expone que en la utilización de ácidos húmicos y ácidos fúlvicos tuvo una diferencia significativa en los rendimientos del fruto en comparación a su testigo que era una fertilización química. Esto sugiere que el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos, a las dosis aplicadas en nuestro experimento, fue similar ya que se observó un incremento numérico, mas no significativo, en esta variable. En contraste, Farnia y Moradi (2015), obtuvieron un incremento significativo comparado con las plantas testigo en el diámetro de fruto de tomate en respuesta a la aplicación de sustancias húmicas con dosis de 0.08 gr/L, lo que sugiere que en algunas plantas al aplicar una dosis más baja de la que se aplicó en este experimento (4 mL/L) se obtienen mejores resultados. Con respecto al tratamiento de N-large en el cual se produjeron los frutos con menor diámetro polar, coincide con el hecho de que este tratamiento incremento el tamaño de plantas lo que sugiere que el producto al estimular el crecimiento vegetativo ocasiono competencia por fotosíntesis y en consecuencia se produjeron frutos de menor tamaño.



**Figura 5:** Respuesta del diámetro polar del fruto de fresa cultivar “San Andreas”, a la aplicación de X-Cyte (4 ml/L), Fulvato de P y K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo (4 ml/L), Fulvato de K y Mg (4 ml/L), N-Large (.25 ml/L), Sulfato de Mg (4 ml/L), Silicio (1 ml/L), Silicio 2 (2 ml/L), Fulvato de B y Mg (8 ml/L), Sugar Mover (2 ml/L), Fulvato de K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo 2 (8 ml/L), comparadas con un Testigo (solo agua). Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de separación de medias por Tukey al 0.05. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

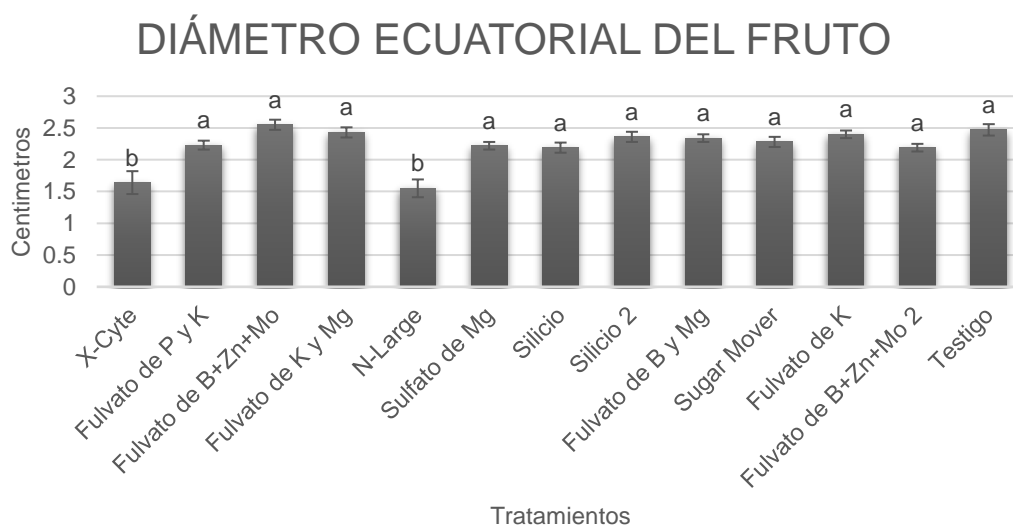
### Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF)

Para esta variable, de acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados mostraron diferencias altamente significativas, ya que los tratamientos aplicados favorecen el incremento en diámetro ecuatorial de fruto (DEF). Además en la Figura 6, se puede apreciar que aquellas plantas que fueron tratadas con Fulvato de B+Zn+Mo se obtuvo la mejor media que fue de 2.55 centímetros superando al Testigo que presenta 2.47 centímetros. Por el otro lado; las medias más bajas se obtuvieron de los tratamientos X-Cyte con 1.64 centímetros y N-Large con 1.55 centímetros

Narro (1987), menciona que los ácidos húmicos incrementan la permeabilidad de la membrana, favoreciendo así la asimilación radical y aplicaciones foliares de nutrientes, favorece la translocación de micro y macro elementos dentro de la

planta lográndose una mejor nutrición de esta; incrementa la clorofila y acelera la fotosíntesis aumentando la producción favorablemente. Aganga y Tshwenyane (2003), los cuales comentan que los ácidos húmicos activan los procesos bioquímicos en plantas, como la respiración y fotosíntesis, con lo que se incrementa el contenido de clorofil, absorción de nutrientes, crecimiento de organismos del suelo, desarrollo de raíces, calidad y rendimiento de muchas plantas.

En relación a esto, Moreno (2013), determino que los ácidos fúlvicos a una dosis similar de 4 ml/L tienen efecto positivo en el diámetro, longitud, peso y número de frutos en chile habanero, lo que corrobora los resultados obtenidos en nuestro experimento que indica que el efecto de los ácidos húmicos y fúlvicos es favorable al incrementar el diámetro ecuatorial del fruto, coincide con el hecho de que estos compuestos estimulan el desarrollo de raíces y en consecuencia la planta obtiene mayor capacidad para captar nutrientes en el suelo.



**Figura 6:** Respuesta del diámetro ecuatorial del fruto de fresa cultivar “San Andreas”, a la aplicación de X-Cyte (4 ml/L), Fulvato de P y K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo (4 ml/L), Fulvato de K y Mg (4 ml/L), N-Large (.25 ml/L), Sulfato de Mg (4 ml/L), Silicio (1 ml/L), Silicio 2 (2 ml/L), Fulvato de B y Mg (8 ml/L), Sugar Mover (2 ml/L), Fulvato de K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo 2 (8 ml/L), comparadas con un Testigo (solo agua). Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de separación de medias por Tukey al 0.05. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

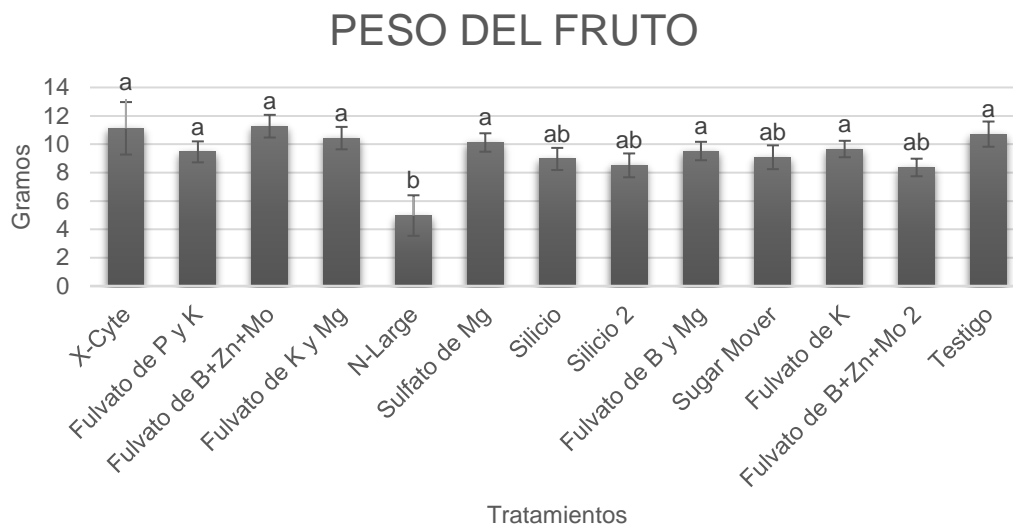
## **Peso del Fruto (PF)**

Para esta variable, de acuerdo a los resultados obtenidos, se puede observar que los tratamientos aplicados mostraron efectos significativos. Por lo que respecta a la variable peso de fruto (PF) esta fue mayor en aquellas que fueron tratadas con Fulvato de B+Zn+Mo con una media de 11.27 gramos también X-Cyte que presento una media de 11.12 gramos en comparación al Testigo con una media de 10.71 gramos.

Nardi (2015), indico que con la aplicación de sustancias húmicas (fúlvicos) a las plantas se conduce a un mayor contenido de nutrientes en su tejido y cambios metabólicos positivos y de acuerdo con Aza (2001), quien determina que los ácidos fúlvicos tienen efecto positivo al aumentar en número y peso al fruto, con respecto al testigo en más del 25 por ciento, al que solo se le aplico solución nutritiva.

Silva (2016), quien determino que el ácido fúlvico ejerció efecto positivo en la calidad de tomate ya que, a dosis baja (0.0216 ml/L), media (0.0432 ml/L) y alta (0.0648 ml/L), aumento peso del fruto, diámetro polar y sólidos solubles totales. Lo que sugiere que con la más mínima aplicación de ácido fúlvico se observan cambios morfológicos en algunas plantas tratadas.

Por otra parte con respecto al efecto del tratamiento X-Cyte, Famiani (2007), al añadir aplicaciones de citoquininas lograron un aumento significativo en el peso y el tamaño de los frutos en kiwi. Viasus (2013), reporta que al aplicar concentraciones de 300,600 y 900 mg/L de citoquinina sola o en combinación de AG4 + AG7 (Ácido giberelico) el rendimiento en plantas de fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) aumentó significativamente, por el efecto de la citoquinina, lo que sugiere que este tratamiento incremento el tamaño de plantas lo que sugiere que el producto al estimular el crecimiento vegetativo ocasiono un incremento en la fotosíntesis y en consecuencia se produjeron frutos de mayor tamaño.



**Figura 7:** Respuesta del peso del fruto de fresa cultivar “San Andreas”, a la aplicación de X-Cyte (4 ml/L), Fulvato de P y K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo (4 ml/L), Fulvato de K y Mg (4 ml/L), N-Large (.25 ml/L), Sulfato de Mg (4 ml/L), Silicio (1 ml/L), Silicio 2 (2 ml/L), Fulvato de B y Mg (8 ml/L), Sugar Mover (2 ml/L), Fulvato de K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo 2 (8 ml/L), comparadas con un Testigo (solo agua). Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de separación de medias por Tukey al 0.05. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

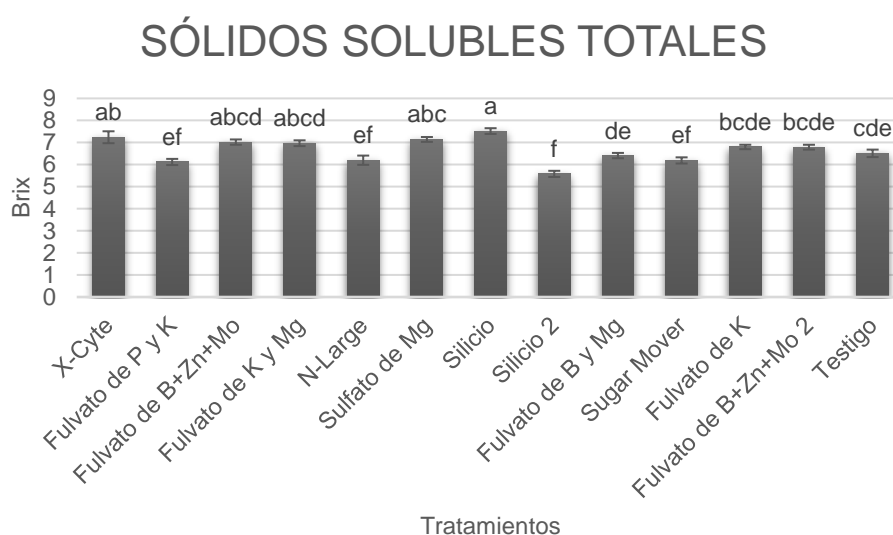
### Sólidos Solubles Totales (SST-° Brix)

Para esta variable, de acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados mostraron diferencias altamente significativas para la variable sólidos solubles totales (SST-° Brix). Como se observa en la Figura 8, se puede establecer que los valores de esta variable incrementaron con la aplicación de los tratamientos Silicio, X-Cyte, Sulfato de Mg, Fulvato de B+Zn+Mo, Fulvato de K y Mg mostrando las medias más altas oscilando entre 6.97 y 7.52 °Bx superando la media del Testigo que fue de 6.51 °Bx.

En contraste, Aguilar (2014), donde aplicaciones de ácido fúlvico a una dosis de 8 ml/L aumentaron los sólidos solubles totales en calabacita en un 26 por ciento, además, se determina que al aumentar la dosis de los ácidos húmicos los valores

también aumentaron. Esto sugiere que con una dosis media de ácidos fúlvicos en algunas plantas se obtiene un incremento en los sólidos solubles totales. .

Con respecto a la aplicación del tratamiento X-Cyte, Rojas (1987), menciona que la citoquinina influye sobre el transporte de nutrientes tal vez como efecto de la activación del metabolismo. Chino (2014), donde aplicaciones de citoquininas en el cultivo de sandía incrementaron los sólidos solubles totales. Este aumento de los sólidos solubles totales tal vez se deba a que este tratamiento incremento el proceso fotosintético, al aumentar este proceso se eleva la producción de azúcares.



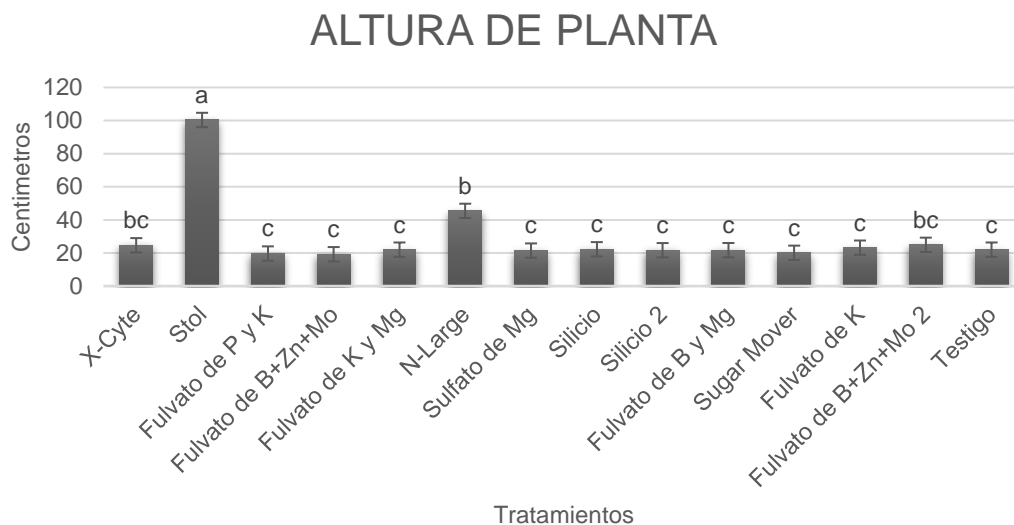
**Figura 8:** Respuesta de sólidos solubles totales del fruto de fresa cultivar “San Andreas”, a la aplicación de X-Cyte (4 ml/L), Fulvato de P y K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo (4 ml/L), Fulvato de K y Mg (4 ml/L), N-Large (.25 ml/L), Sulfato de Mg (4 ml/L), Silicio (1 ml/L), Silicio 2 (2 ml/L), Fulvato de B y Mg (8 ml/L), Sugar Mover (2 ml/L), Fulvato de K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo 2 (8 ml/L), comparadas con un Testigo (solo agua). Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de separación de medias por Tukey al 0.05. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

## **Altura de Planta (AP)**

Para esta variable, de acuerdo a los resultados obtenidos, los tratamientos aplicados afectaron significativamente el crecimiento vegetativo. Por lo que respecta a la variable altura de planta (AP) se registró un aumento con el tratamiento Stol alcanzando una media de 100.35 centímetros en comparación con el Testigo que presenta una media de 22 centímetros.

Stowe y Yamaki, (1959), indicaron que el efecto más sobresaliente de asperjar plantas con giberelinas, es la estimulación del crecimiento. Los tallos de las plantas asperjadas se vuelven generalmente más largos que lo normal.

Estos resultados concuerdan con la investigación realizada por Arteca (1984), donde con la aplicación de giberelinas en bajas concentraciones (10000  $\mu\text{g/L}$ ) a las raíces de las plantas (tomate) se produce un incremento en la fotosíntesis y aún más rápido crecimiento de la planta. Esto es importante debido a que produce aceleración del grado de crecimiento de los primeros estados del desarrollo con el cual nos hace obtener la máxima área foliar antes de lo normal. En combinación con esto, al aumentar la eficiencia de la fotosíntesis, aumenta la producción significativamente. Esto probablemente se deba a que las Gas tienen la capacidad de desempeñarse como reguladores endógenos del crecimiento controlando varios procesos del desarrollo de las plantas como la germinación, la expansión de las hojas, la elongación del tallo, el desarrollo de los tricomas y la inducción de flores y frutos (Huttly y Philips, 1995; Hedden y Kamiya, 1997). Con respecto a la aplicación de este tratamiento el cual estimulo el crecimiento vegetativo produjo plantas de mayor tamaño, esto puede deberse a que este producto estimulo el proceso fotosintetico mediante el cual las plantas transforman la materia inorgánica en materia orgánica que utilizan para su crecimiento y desarrollo.



**Figura 9:** Respuesta de altura de planta de fresa cultivar “San Andreas”, a la aplicación de X-Cyte (4 ml/L), Stol (.25 ml/L), Fulvato de P y K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo (4 ml/L), Fulvato de K y Mg (4 ml/L), N-Large (.25 ml/L), Sulfato de Mg (4 ml/L), Silicio (1 ml/L), Silicio 2 (2 ml/L), Fulvato de B y Mg (8 ml/L), Sugar Mover (2 ml/L), Fulvato de K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo 2 (8 ml/L), comparadas con un Testigo (solo agua). Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de separación de medias por Tukey al 0.05. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

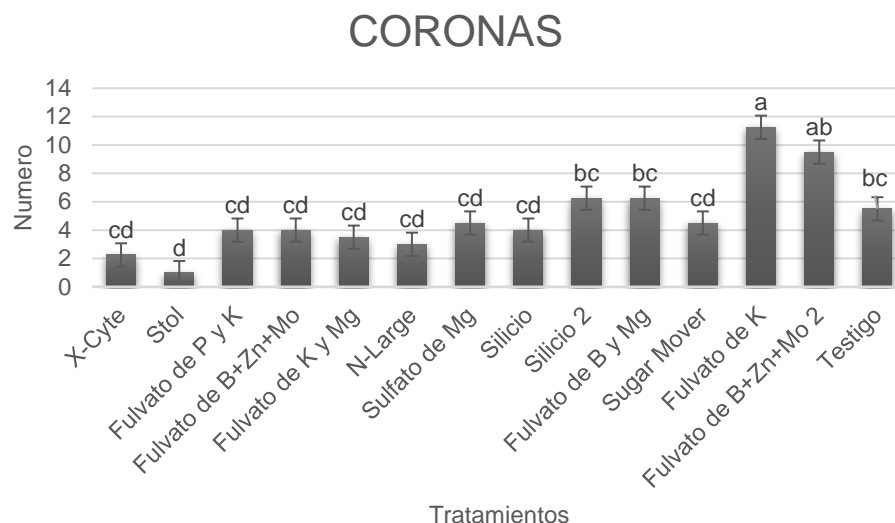
### Número de Coronas (NC)

Para esta variable, de acuerdo a los resultados obtenidos, se encontraron diferencias altamente significativas para la variable número de coronas (NC), esto indica que los tratamientos aplicados favorecen el incremento de coronas. Asimismo en la Figura 10, se puede apreciar que al adicionar los tratamientos Fulvato de K y Fulvato de B+Zn+Mo 2 los valores de esta variable incrementaron mostrando una media de 11.25 y 9.50 coronas respectivamente superando la media del Testigo que fue de 5.50 coronas.

Nardi (2002) y Salman (2005), comentan que, en recientes estudios las SH tienen efecto positivo en la germinación de semillas, crecimiento de la plúmula, iniciación y crecimiento de la raíz, desarrollo de tallos y disponibilidad de nutrimentos para la



planta. Estos resultados tienen relación con lo planteado por Reyes (2017), indico que el ácido húmico aumenta de manera significativa el largo y número de hojas ya que contienen una rica aportación de nutrientes que promueve el crecimiento en la planta.



**Figura 10:** Respuesta del número de coronas en planta de fresa cultivar “San Andreas”, a la aplicación de X-Cyte (4 ml/L), Stol (.25 ml/L), Fulvato de P y K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo (4 ml/L), Fulvato de K y Mg (4 ml/L), N-Large (.25 ml/L), Sulfato de Mg (4 ml/L), Silicio (1 ml/L), Silicio 2 (2 ml/L), Fulvato de B y Mg (8 ml/L), Sugar Mover (2 ml/L), Fulvato de K (4 ml/L), Fulvato de B+Zn+Mo 2 (8 ml/L), comparadas con un Testigo (solo agua). Las letras en la parte superior de las barras representan el grupo de separación de medias por Tukey al 0.05. La línea en la parte superior de las barras representa el error estándar.

## V. CONCLUSIONES

El cultivo de fresa presento cambios morfológicos probablemente a causa de la aplicación de diferentes productos, reflejándose en un aumento positivo en: diámetro ecuatorial del fruto, peso del fruto, sólidos solubles totales, altura de planta y número de coronas. Sin embargo la variable diámetro polar del fruto no se observó efecto con las aplicaciones foliares.

La aplicación de Fulvato de B+Zn+Mo en comparación con el testigo, mostro mejores resultados en las variables: diámetro ecuatorial del fruto y peso del fruto.

La aplicación de Fulvato de K en comparación con el testigo, mostro mejores resultados en cuanto a la variable número de coronas.

Los tratamientos a base de reguladores de crecimiento: X-Cyte, Stol y N-Large, mostraron mayor altura de planta y solidos solubles totales que el testigo.

## VI. LITERATURA CITADA

Aganga, A. A. and Tshwenyane, S. O. 2003. Luerne, lablab and Leucaena laucocephala: Production and utilization for liverstock. Production. Pakistan Journal of Nutrition 2:46-53.

AGRI-NOVA, 2011. El Cultivo de la Fresa. <https://www.agri-nova.com>.

Aguilar, R., A., (2014). Efectividad de Sustancias Húmicas de Leonardita en la Calidad de Calabacita Variedad "Grey zucchini". Tesis de Licenciatura. UAAAN. México.

Ameri, A., y Tehranifar, A. (2012). Effect of humic acid on nutrient uptake and physiological characteristic *Fragaria ananassa* cv. Camarosa. Journal of Biological and Environmental Science, 16, 77-79.

Andres-Lacueva C, Shukitt-Hale B, Galli RL, Jauregui O, Lamuela-Raventos RM, Joseph JA (2005) Anthocyanins in aged blueberry-fed rats are found centrally and may enhance memory. Nutritional Neuroscience 8:111-120.

Armando, T.R.A.J., y Campos, S. (2012). HIDROPONÍA Y ACUARISTICA DEL CARIBE 6° CURSO DE HIDROPONÍA BASICA PARA PRINCIPIANTES.

Atkinson CJ, Dodds PA, Ford YY, Le Miere J, Taylor JM, Blake PS, Paul N. (2006) Effects of cultivar, fruit number and reflected photosynthetically active radiation on *Fragaria x ananassa* productivity and fruit ellagic acid and ascorbic acid concentrations. Annals of Botany (London) 97(3):429-41.

Aza, A., E., 2001. Efecto de Ácidos Fúlvicos de Dos Orígenes en el Tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill.). Tesis de Licenciatura. UAAAN. México. 42 pp.

- Bianchi, P. G. 1999. Guía completa del cultivo de fresa. Editorial De Vianchi, España. 96p.
- Bickford PC, Gould T, Briederick L, Chadman K, Pollock A, Young D, Shukitt-Hale B, Joseph J (2000) Antioxidant-rich diets improve cerebellar physiology and motor learning in aged rats. *Brain Research* 866:211-217.
- Cadahía, L. C. 2005. Fertirrigación, cultivos hortícolas y Ornamentales. Ediciones Mundi Prensa. 3 edición, España.
- Chung MJ, Lee SH, Sung NJ (2002) Inhibitory effects of whole strawberries, garlic juice or kale juice on endogenous formation of N-nitrosodimethylamine in humans. *Cancer letters* 182:1-10.
- Damianaki A, Bakogeorgou E, Kampa M, Notas G, Hatzoglou A, Panagiotou S, Gemetzi C, Koroumalis E, Martin PM, Castanas E (2000) Potent inhibitory action of red wine polyphenols on human breast cancer cells. *Journal of Cell Biochemistry* 78:429-441.
- Dana, M.N. 1981. Strawberry plant and its environment. In: Childers, N.F.(ed.) *The strawberry: cultivars to marketing*. Horticultural Publications. Gainesville, FL. p.33-44.
- Darrow GM (1966) *Strawberry Breeding and Industry on the European Continent*. In: *The strawberry: History, Breeding and Physiology*. Holt, Rinehart and Winston, USA.
- Darrow, G.M. 1966. *The strawberry*. Holt, Rinehart and Winston. New York. 445 p.
- Chino, J., J., 2014. Efecto de la aplicación de la fitohormona triggrr foliar en el rendimiento y calidad de fruto de tres híbridos de sandía. Tacna- Perú.

- Díaz MN, Frei B, Vita JA, Keaney JF (1997) Mechanisms of disease: antioxidants and atherosclerotic heart disease. *New England Journal of Medicine* 337:408-416.
- Farnia, A., Moradi, E. 2015. Effect Of Soil And Foliar Application Of Humic Acid On Growth And Yield Of Tomato (*Lycopersicon Esculentum* L.). *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 706-716
- FAGRO de México. 2001. Boletín informativo de farmacin y fosfolnitro. Ramos, Arizpe. Coah., México. pp 4.
- FAOSTAT. 2016. The statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. [En línea]. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TP/S>.
- FAOSTAT. 2017. The statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. [En línea]. Disponible en: <http://faostat3.fao.org/faostat-gateway/go/to/download/T/TP/S>.
- FRÜND H.-C., J. GRABO, H.-D. REINKE, H.-B SCHIKORA & W. SCHULTZ (1994): Verzeichnis der Spinnen (Araneae) des nordwestdeutschen Tieflandes und Schleswig-Holsteins. - *Arachnol. Mitt.* 8: 1-46.
- Fründ, R.,k, Guggenberg,K.Haider,H. Knicker, I. Kugel- Knaber, H.-D. Lüderman,J.Luster,W. Zech and M. Spitteller. 1994. Recent advances in the spectroscopic characterization of soil humic substances and their ecological relevance. *Z. Pflanzenernähr. Bodenk*, 157: 175 – 186.
- Guerra, G. J. (2008). Efecto de biofertilizantes y abonos orgánicos en la producción de fresa (*Fragaria x ananassa. Duch*). Tesis de Mestria, Producción Agrícola Sustentable. Michoacán, México:CIIDIR-Michoacán.

- Hancock, J.F. 1998. Strawberries. CABI Publishing. New York, USA. 237 p.
- Hannum SA (2004). Potential impact of strawberries on human health: A review of the science. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition* 44:1-17.
- Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pesqueras (INIFAP). (2011). Tecnología para sembrar viveros de fresa, 2011.
- Kops J, van Hall HC (1844) Flora batava of of Afbeelding en Beschrijving van Nederlandsche Gewassen. Volúmen 8. Fuente: [www.biolib.de](http://www.biolib.de)
- Maas, J.L. 1998. Compendium of strawberries diseases. 2nd. Ed. Amer. Phytopathal. Soc. St.Paul, Minnessota.U.S.A.98 p.
- Maroto, B., J. V.; Lopez, G.S. 1988. Producción de fresas y fresones. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Martínez Télles J.. Y León Gallegos Héctor M. Producción de fresa de invernadero. Memorias de IV Simposio Nacional de Horticultura, Invernaderos; Diseño, Manejo y Producción. Torreón, Coahuila, México, 2004.
- Medina JJ (2008), Origen del cultivo: Un pionero. En: La fresa de Huelva. Junta de Andalucía (Ed). Pp. 17- 22.
- Meneses—Flores, R. 1945. La fresa en Irapuato. Tesis Profesional. Escuela Nacional de Agricultura. Chapingo, Méx. 87 p.
- Moreno, M., J., 2013. Efectividad de Substancias Húmicas de Leonardita en la Producción y Calidad de Chile Jalapeño. Tesis de Licenciatura. UAAAN. México. 30 pp.

- Miller ER, Apple LJ, Risby TH (1998) Effect of dietary patterns on measures of lipid peroxidation. Results from a randomized clinical trial. *Circulation* 98:699-710.
- Nardi, S., Pizzeghrillo, D., Schiavon, M., Ertani, A. 2015. Plant biostimulants: Physiological Responses Induced by Protein Hydrolyzed-Based Products and Humic Substances in Plant Metabolism. *Scientia Agrícola*, 17-22.
- Nelson, P.E. and S. Wilhelm. 1957. Some anatomic aspect of the strawberry root. *Hilgardia*.26 (15):631-642.
- Narro F. E. 1996 Sustancias húmicas en la Agricultura (resumen) VII Semana de Investigación científica Universidad Autónoma de Baja California Sur, La Paz B.C.S. México.
- Pereira, M. G. and Zezzi-Arruda, M. A. 2003. Vermicompost as a natural adsorbent material: Characterization and potentialities for cadmium adsorption. *Journal of the Brazilian Chemical Society* 14 (1): 39-47.
- Proyecto de Modernización de los Servicios de Tecnología Agrícola (PROMOSTA), (2005). El cultivo de fresa.
- Quintero, M.F., C.A. González y J.M. Guzmán. 2011. Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. pp. 79-108. En: Flórez R., V.J. (ed.). *Sustratos, manejo del clima, automatización y control en sistemas de cultivo sin suelo*. Editorial Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- Quintero, M y González, C. y, & Guzmán, J, 2011. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. *Sustratos, Manejo Del Clima, Automatización Y Control En Sistemas de Cultivo Sin Suelo*, (January), 1–38.

- Reyes, P. J., Abasolo, P. F., Yepéz, R. A., Luna, M. R., Zambrano, B. D., Vázquez, M. V., Rodríguez, M. O. (2017). Ácido Húmico y Su Efecto Sobre Variables Morfométricos en Plantas de Zanahoria (*Daucus carota*. L). *Biotecnia*, 19(2), 25-29.
- Rojas Ramírez, M. 1987. Control hormonal del desarrollo de las plantas. 1ra ed. Editorial Limusa. México D.F.
- ROUSSOS, P.A. N-K. Denaxa, and T.Damvakaris.2009. Strawberry Fillit Quality Attributes After Application Ofplant Growth Stimulating Compounds. *Sci. Hortic.*
- SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2017. <http://www.siap.gob.mx/>.
- SAGARPA. (2017). Aumentan Exportaciones de fresa “Hecho en México”. Ciudad de México.
- Santoyo J. 2009. Paquete tecnológico para la producción de fresa. Fundación PRODUCE Sinaloa A.C.
- Schnitzer, M. 1978. Humic Substances:Chemistry and Reactions: in Soil Organic Matter (Ed.) Schnitzer and Khan. Soil Organic Matter. Elsevier, Amsterdam.
- Schnitzer M., 2000. A lifetime perspective on the chemistry of soil organic matter. *Adv. Agron.* 68: 1-58.
- Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2016). Estadísticas del sector agropecuario, 1990-2016. México: Author. Retrieved from [http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola\\_siap\\_gb/icultivo/index.jsp](http://infosiap.siap.gob.mx/aagricola_siap_gb/icultivo/index.jsp).



- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), (2011).  
Manual de Observaciones Fenológicas.
- Silva, B., E., 2016. El comportamiento de las Substancias Húmicas y Ácidos Indolacético en la Calidad del Tomate. Tesis de Licenciatura. UAAAN. México.
- Staud G (2008) Strawberry Biogeography, Genetics and Systematics. Acta Horticulturae 842(1): 71 – 83.
- Steiner, A. A., 1980, The universal nutrient solution, in Proceedings of the 6th International Congress of Soiless Culture, The Hague, The Netherlands; pp.633-650.
- Stevenson, F. 1982. Humus Chemistry: Genesis, Composition and Reactions. Wiley, New York, USA.
- Strand, L.L. 1994. Integrated pest management for strawberries. University of California. Publication 3351. Oakland, CA. U.S.A. 142 p.
- Viasus- Quintero, G., Álvarez-Herrera, J., y Alvarado-Sanabria, O. (2013). Efecto de la aplicación de giberelinas y 6-bencilaminopurina en la producción y calidad de fresa (*Fragaria x Ananassa Duch.*). Bioagro, 25(3), 195-200.
- Weaver, R. J., 1976. Reguladores de crecimiento de las plantas en agricultura. 1ª. Edición, Editorial Trillas, México, D.F.
- Wilhelm, S. and R.D. Nelson. 1981. Fungal diseases of strawberry, 245-292. In: Childers, N.F. (ed). The strawberry; cultivars to marketing. Horticultural Publications, Gainesville, FL. U.S.A.

Wilhelm,S. 1984.Fungal diseases of the root and crown,p.78-79.In:Maas,J.L. (ed.).  
Compendium of strawberry diseases. American Phytopathological  
Society.St.Paul, Minn. U.S.A.

Zafra-Stone S, Yasmin T, Bagchi M, Chatterjee A,Vinson JA,Bagchi D (2007) Berry  
anthocyanins as novel antioxidants in human health and disease prevention.  
Molecular nutrition y food research 51:675-68.