



COLEGIO DE POSTGRADUADOS

INSTITUCIÓN DE ENSEÑANZA E INVESTIGACIÓN EN CIENCIAS AGRÍCOLAS

CAMPUS MONTECILLO

POSTGRADO DE EDAFOLOGÍA

**PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria x
annanasa* Duch.) UTILIZANDO
POTENCIALIZADORES ORGÁNICOS Y
MINERALES EN CONDICIONES
PROTEGIDAS**

BEATRIZ BLANCAS ESPEJEL

T E S I S

**PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:**

MAESTRA EN CIENCIAS

MONTECILLO, TEXCOCO, ESTADO DE MÉXICO

2019

CARTA DE CONSENTIMIENTO DE USO DE LOS DERECHOS DE AUTOR Y DE LAS REGALIAS COMERCIALES DE PRODUCTOS DE INVESTIGACION

En adición al beneficio ético, moral y académico que he obtenido durante mis estudios en el Colegio de Postgraduados, el que suscribe Beatriz Blancas Espejel, Alumno (a) de esta Institución, estoy de acuerdo en ser partícipe de las regalías económicas y/o académicas, de procedencia nacional e internacional, que se deriven del trabajo de investigación que realicé en esta institución, bajo la dirección del Profesor ^{Dr} Victor M. Ordaz Chaparro, por lo que otorgo los derechos de autor de mi tesis PRODUCCIÓN DE FRESA (Fragaria x annanasa Duch)UTILIZANDO POTENCIALIZADORES ORGÁNICOS Y MINERALES EN CONDICIONES PROTEGIDAS

y de los productos de dicha investigación al Colegio de Postgraduados. Las patentes y secretos industriales que se puedan derivar serán registrados a nombre del colegio de Postgraduados y las regalías económicas que se deriven serán distribuidas entre la Institución, El Consejero o Director de Tesis y el que suscribe, de acuerdo a las negociaciones entre las tres partes, por ello me comprometo a no realizar ninguna acción que dañe el proceso de explotación comercial de dichos productos a favor de esta Institución.

Montecillo, Mpio. de Texcoco, Edo. de México, a 24 de Junio de 2019



Firma del
Alumno (a)



Dr Víctor Manuel Ordaz Chaparro
Vo. Bo. del Consejero o Director de Tesis

La presente tesis titulada: **“PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria x annanasa* Duch.) UTILIZANDO POTENCIALIZADORES ORGÁNICOS Y MINERALES EN CONDICIONES PROTEGIDAS”** realizada por el (la) alumno (a): **BEATRIZ BLANCAS ESPEJEL** bajo la dirección del Consejo Particular indicado, ha sido aprobada por el mismo y aceptada como requisito parcial para obtener el grado de:

MAESTRA EN CIENCIAS
EDAFOLOGÍA

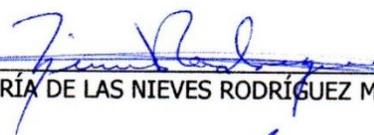
CONSEJO PARTICULAR

CONSEJERO (A)



DR. VÍCTOR MANUEL ORDAZ CHAPARRO

ASESOR (A)



DRA. MARÍA DE LAS NIEVES RODRÍGUEZ MENDOZA

ASESOR (A)



M.C. DAVID JAÉN CONTRERAS

Montecillo, Texcoco, Estado de México, junio de 2019

PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria x annanasa* Duch.) UTILIZANDO
POTENCIALIZADORES ORGÁNICOS Y MINERALES EN CONDICIONES PROTEGIDAS

Beatriz Blancas Espejel, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2019

RESUMEN

El cultivo de fresa ha dado un giro en las técnicas de producción, al incluir variedades mejoradas desarrolladas en México, cultivadas en sustratos y sistemas de hidroponía, con la finalidad de ampliar la superficie cultivada incrementando su producción, incorporando potencializadores tanto orgánicos (hongos micorrízicos arbusculares HMA) como inorgánicos (minerales pulverizados Zeofert® y Leonardita) que promueven el desarrollo de las plantas al mejorar la absorción de nutrientes que impacta en la calidad del fruto. El objetivo de este trabajo fue evaluar el rendimiento y el efecto de estos potencializadores para el cultivo de fresa variedad mexicana CP-Zamorana cultivada en fibra de coco en condiciones de hidroponía. Se evaluaron 12 tratamientos, con combinaciones de Zeofert®, Leonardita y de inóculo de HMA (*Funneliformis mosseae*), con solución nutritiva de Stainer a dos niveles de CE. La combinación de potencializadores influyeron positivamente en la respuesta fisiológica del cultivo, en el rendimiento en g planta⁻¹, así como en los atributos de calidad en los frutos.

Palabras clave: sustratos, hongos micorrízicos, hidroponía, leonardita

PRODUCCIÓN DE FRESA (*Fragaria x annanasa* Duch.) UTILIZANDO
POTENCIALIZADORES ORGÁNICOS Y MINERALES EN CONDICIONES PROTEGIDAS

Beatriz Blancas Espejel, M. en C.
Colegio de Postgraduados, 2019

ABSTRACT

Strawberry cultivation has taken a turn in production techniques, improved varieties developed in Mexico, substrates crops and hydroponics systems, in order to expand the cultivation surface, incorporating both organic potentizers (arbuscular mycorrhizal fungi HMA) as inorganic (mineral powdered Zeofert® and Leonardite) that promote the development of plants to improve the absorption of nutrients that impacts on the quality of the fruit. The objective of this work was to evaluate the yield and effect of these potentials for the cultivation of the Mexican variety CP-Zamorana cultivated in coconut fiber under hydroponic conditions. 12 treatments were evaluated, combinations of Zeofert®, Leonardite and inoculum of AMF (*Funneliformis mosseae*), nutritive solution of Steiner at two levels of CE. The combination of potentizers positively influenced the physiological response of the crop, the yield in plant⁻¹, as well as the attributes of quality in the fruits.

Keywords: substrates, mycorrhizal fungi, hydroponics, leonardite

DEDICATORIA

A mi papá Juan Blancas Pineda (q.e.p.d.), que siempre lo llevo en mi corazón.

A mi mamá Lidia Espejel Olguin, por ser la persona que más amo, el pilar más importante en mi vida, por su amor, motivación y confianza.

A mis hermanos Juan Carlos, Sonia y Octavio Blancas Espejel, por estar y apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTOS

A la vida por permitirme lograr las metas propuestas.

A mis padres por darme la vida y motivarme siempre a continuar mis estudios.

A mi consejo particular: Dr. Víctor Manuel Ordaz Chaparro, Dra. María de las Nieves Rodríguez Mendoza y al M. C. David Jaén Contreras, por su apoyo incondicional para la realización de esta investigación, por sus consejos y aportaciones.

A los trabajadores del laboratorio de física de suelos y de fruticultura, por su apoyo y conocimiento compartido.

A compañeros y amigos que contribuyeron en esta experiencia de vida.

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por su apoyo para la realización de esta maestría.

Agradezco al Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, por abrirme sus puertas y brindarme la oportunidad de formarme académicamente y profesionalmente durante mi estancia en sus instalaciones.

CONTENIDO

RESUMEN.....	iv
ABSTRACT	v
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE CUADROS	xiii
LISTA DE ANEXO	xiv
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVO GENERAL	3
OBJETIVOS PARTICULARES.....	3
III. HIPOTESIS GENERAL	4
HIPOTESIS PARTICULARES	4
IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	5
4.1 Generalidades	5
4.2 Importancia Nutricional	5
4.3 Importancia económica del cultivo de fresa.....	6
4.4 Condiciones de cultivo	7
4.4.1 Fotoperiodo	8
4.4.2 Temperatura	8
4.4.4 Agua y suelo.....	9
4.4.5 Fibra de coco como sustrato de producción	10
4.5 p H.....	11
4.6 Requerimientos nutricionales	12
4.6.1 Aplicación y uso de potencializadores en el cultivo de fresa.....	13
4.6.2-Leonardita	14
4.6.3-Zeofert®.....	15
4.6.4-Micorrizas en la agricultura	16
4.6.4.2Colonización micorrízica en raíces de fresa.....	17
4.7 Atributos de calidad en el fruto	18
4.7.1 Firmeza.....	19
4.7.2 Tamaño de fruto (diámetro polar y ecuatorial)	19

4.7.3 Sabor y aroma.....	20
4.7.4 Contenido de vitamina C.....	20
4.8 Cultivo hidropónico en invernadero.....	21
4.8.2 Sistema hidropónico óptimo para fresa.....	21
4.8.3 Producción de fresa en invernadero	22
4.9 Conclusiones de revisión de literatura	23
V. MATERIALES Y MÉTODOS	25
5.1 Sitio de Investigación	25
5.2 Material vegetal.....	26
5.3 Tratamientos.....	27
5.4 Solución nutritiva	31
5.5 Potencializadores inorgánicos	32
5.6 Inóculo de micorriza.....	33
5.7 Diseño experimental.....	34
5.8 Densidad de población	34
5.9 Variables evaluadas.....	35
5.9.1 -Primera fase: vegetativa-floración	35
5.9.1.1 Altura de la planta	35
5.9.1.2 Numero de hojas.....	35
5.9.1.3 Valores SPAD (Soil Plant Analysis Development)	36
5.9.2 -Segunda fase floración-fructificación.....	36
5.9.2.1 Rendimiento (número y peso de frutos).....	36
5.9.2.2 Diámetro de fruto	36
5.9.2.3 Forma del fruto.....	37
5.9.3 -Calidad postcosecha.....	37
5.9.3.1 Firmeza del fruto	37
5.9.3.2 Solidos solubles totales (%SST o °Brix).....	38
5.9.3.3 Acidez titulable	38
5.9.3.4 Vitamina C	39
5.9.4 -Cosecha de material vegetal.....	40
5.9.4.2 Contenido de materia seca.....	41

5.9.4.3 Área foliar	41
5.9.5 -Colonización de Micorriza.....	41
5.10 Análisis de datos.....	43
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	44
6.1 Perfil mineralógico de potencializadores minerales.....	44
6.2 Respuesta Fisiológica de la fresa en etapa de vegetativa a floración.....	46
6.2.1 Altura.....	46
6.2.2 Número de hojas compuestas (3-folioladas)	49
6.2.3 SPAD (Soil Plant Analysis Development).....	50
6.2.4 Área Foliar.....	54
6.2.5 Materia Seca.....	55
6.3 Rendimiento	56
6.3.1 Número de frutos.....	56
6.3.2 Rendimiento acumulado.....	57
6.4 Calidad post-cosecha.....	59
6.4.1 Diámetro del fruto	59
6.4.1.1 -Diámetro polar	59
6.4.1.2 -Diámetro ecuatorial.....	59
6.4.2 Forma del fruto.....	61
6.4.3 Firmeza del fruto	61
6.4.4 °Brix o Solidos Solubles Totales (SST).....	63
6.4.5 Acidez titulable (%)	64
6.4.7 Vitamina C	65
6.5 Proporción de colonización micorrízica.....	66
VII. CONCLUSIONES	69
VIII. LITERATURA CITADA.....	70
IX. ANEXO.....	80

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Curva de liberación de agua.....	10
Figura 2. Efecto del pH en la disponibilidad de elementos esenciales que afectan la absorción de raíces en suelo (izquierda), en producción en hidroponía sin suelo (derecha)	12
Figura 3. Registro de temperatura máxima y mínima obtenida en el invernadero en la fase experimental	25
Figura 4. Proceso de obtención de material vegetal. a) camas de propagación. b) Proceso de colocar estolones en vasos de unicel para generación de raíces. c) Corte de estolones de plantas enraizadas.	26
Figura 5. Acomodo de los bolis en el invernadero.....	28
Figura 6. a) Lavados pesados de bolis con agua acidificada. b) Monitoreo constante de CE en invernadero. c) Monitoreo de pH y CE de fibra de coco después de los lavados, realizado en el laboratorio.	29
Figura 7. Monitoreo de la CE a lo largo del experimento.....	29
Figura 8. a) Esquema del acomodo de las plantas de fresa por unidad experimental "boli". b) Instalación del sistema de riego.....	30
Figura 9. Difractómetro de rayos X, modelo SPELLMAN DF3	33
Figura 10. Distribución de tratamientos en el experimento de invernadero	35
Figura 11. a) Diámetro polar. b) Diámetro ecuatorial.....	37
Figura 12. Texturómetro Wagner para determinar textura de en frutos de fresa	37
Figura 13. Refractómetro digital para determinar %SST o °Brix en frutos de fresa	38
Figura 14 Metodología de acidez titulable. a) Acomodo de fruto por tratamientos. b) Pesado de 10g de fruta fresca. c) Homogeneización de la muestra con 50 mL de agua destilada para ser licuado. d) Filtrado del paso c). e) Titulación con hidróxido de sodio (NaOH).	39
Figura 15. Curva de calibración de ácido ascórbico	40
Figura 16. Cosecha de plantas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) a los 220 ddt.....	40
Figura 17. a) Material vegetal cosechado a los 220 ddt por tratamiento. b) Integrador de área foliar LI-3100 AREA METER LI-COR	41
Figura 18. Raíces de fresa montadas en cubreobjetos, para evaluar proporción de colonización de micorrizas.....	42

Figura 19. Refractómetro de leonardita.....	44
Figura 20. Fractograma de Zeofert®.....	45
Figura 21. Altura de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana (cm) en CE=0.5 dS m ⁻¹ ¹ . Datos tomados del Cuadro 1a de Anexos	47
Figura 22. Altura en cm de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana en CE=1.0 dS m ⁻¹ . Datos tomados del Cuadro 1a de Anexos.	47
Figura 23. Numero de hojas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana y fases de desarrollo	50
Figura 24. Valores SPAD en hojas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana con CE=0.5 dS m ⁻¹	51
Figura 25. Valores SPAD de plantas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana con CE=1.0 dS m ⁻¹	53
Figura 26. Área foliar (cm ²) de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt.....	54
Figura 27. Contenido de materia seca (kg ha ⁻¹) de plantas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt	56
Figura 28. Número de frutos acumulado de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana por tratamiento.	57
Figura 29. Rendimiento acumulado de fruto de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt por UE.....	58
Figura 30. Rendimiento acumulado de fruto de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt g por planta ⁻¹	59
Figura 31. Firmeza en Newtons de frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana evaluados a los 170 ddt	62
Figura 32. Valores promedio de °Brix de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana.....	64
Figura 33. Concentración de Vitamina C o ácido ascórbico (mg 100g de fruto) en frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt.....	66

LISTA DE CUADROS

Cuadro 1. Requerimientos nutricional para el cultivo de fresa (<i>Fragaria x ananassa</i> Duch.).....	13
Cuadro 2. Características de tres fuentes de leonardita.....	15
Cuadro 3. Especificaciones de calidad de diámetro ecuatorial	20
Cuadro 4. Tratamientos	27
Cuadro 5. Propiedades de la fibra de coco utilizada como sustrato	28
Cuadro 6. Composición de aniones y cationes en la solución Nutritiva de Steiner	31
Cuadro 7. Fuentes empleadas para cubrir los requerimientos de Solución Nutritiva durante el experimento	31
Cuadro 8. Composición química de leonardita, proporcionada por el fabricante	32
Cuadro 9. Composición química de Zeofert® proporcionada por el fabricante	32
Cuadro 10. Elementos analizados de los potencializadores inorgánicos	45
Cuadro 11. Tamaño promedio de fruto (diámetro polar y ecuatorial) de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana.....	60
Cuadro 12. Proporción de colonización micorrízica en raíces de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana.....	67

LISTA DE ANEXO

Cuadro. 1a Altura de plantas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana por tratamiento.....	80
Cuadro. 2a Numero de hojas compuestas (3-folioladas) de plantas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana.....	81
Cuadro. 3a Valores SPAD en hojas de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana entre tratamientos	82
Cuadro. 4a Área foliar de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana por tratamiento en (cm ²)	83
Cuadro. 5a Materia seca de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana por tratamientos al momento de la cosecha (220 ddt).....	84
Cuadro. 6a Número de frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana acumulado por tratamiento.....	85
Cuadro. 7a Rendimiento acumulado de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana por tratamiento (g)	86
Cuadro. 8a Diámetro polar (mm) de los frutos evaluados de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana.....	87
Cuadro. 9a Diámetro ecuatorial (mm) de los frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana cosechados.....	88
Cuadro. 10a Forma de los frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana.....	89
Cuadro. 11a Firmeza en Newtons de frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana.....	90
Cuadro. 12a Evaluación de °Brix o Solidos Solubles Totales (SST) en frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana por tratamiento.....	91
Cuadro. 13a Acidez titulable (% de ácido cítrico) en frutos de fresa (<i>Fragaria x annanasa</i> Duch.) CP-Zamorana por tratamientos	92

I. INTRODUCCIÓN

El consumo de fresas nacional e internacional se ha incrementado en los últimos años debido a los beneficios que aporta a la salud su consumo frecuente, por los nutrientes esenciales que posee (Giampieri *et al.*, 2012), el contenido de micro-minerales (Hossain *et al.*, 2016) y de antioxidantes principalmente vitamina C (Yu *et al.*, 2015) que determina su capacidad y eficiencia en la eliminación de radicales de oxígeno (Giampieri *et al.*, 2012).

Este incremento en el consumo, ha aumentado la superficie sembrada. La producción de fresa en México se ha realizado principalmente con variedades o cultivares importados, que han sido desarrollados por la Universidad de California y la Universidad de Florida en Estados Unidos, que las prefieren por el rendimiento y calidad del fruto; aunque genera un costo extra en la producción (CONAFRE, 2012: Ledesma *et al.*, 2016). Sin embargo diversas instituciones de investigación han trabajado en desarrollar variedades mexicanas, entre ellas el Colegio de Postgraduados quien desarrollo y liberó dos variedades CP-Jacona y CP-Zamorana como nuevas variedades mexicanas (Ledesma *et al.*, 2016), con la finalidad de disminuir los costos de producción pero manteniendo los estándares de calidad y de rendimiento de las variedades estadounidenses.

La necesidad que enfrenta México es la de producir fresas de calidad, para satisfacer la demanda del mercado, la propuesta para lograrlo es cultivar la variedad mexicana (CP-Zamorana) desarrollada por el Colegio de Postgraduados, disminuyendo así los costos generados al cultivar variedades extranjeras, pero conservando rendimientos parecidos bajo las mismas condiciones de producción, en invernadero, utilizando fibra de coco como sustrato para brindar a la planta el soporte necesario y evitar problemas por patógenos en la raíz (Pastor, 1999 :Palencia *et al.*, 2016) mejorando el rendimiento y la calidad del fruto (Recamales *et al.*, 2007). La fibra de coco es considerada como sustrato prometedor para el cultivo de fresa al mejorar la eficiencia agronómica, además de los beneficios económicos y ambientales que proporciona, al ser un sustrato económico, recurso renovable que puede ser utilizado en más de un ciclo de producción (hasta 3-5 años), no contamina al medio ambiente, por su alta retención de humedad, disminuye las pérdidas de agua favoreciendo la fertirrigación (Martínez *et al.*, 2017: Crespo *et al.*, 2012).

Otro de los aspectos por lo que es criticada la producción de fresa y la mayoría de los cultivos, es el uso indiscriminado de agroquímicos, por los daños que causan a la salud tanto de los consumidores como de quien los produce. Una propuesta es el uso de potencializadores tanto orgánicos (hongos micorrízicos arbusculares HMA) como inorgánicos (minerales pulverizados ricos en algún nutrimento: zeofert® y leonardita).

Los potencializadores inorgánicos tienen la capacidad de mejorar el crecimiento de las plantas (Conselvan *et al.*, 2017), al estar en contacto con un sistema hidropónico éstos compuestos tienen la capacidad de mejorar el intercambio catiónico (Benton, 2004) haciendo más eficiente la asimilación de nutrientes. La interacción con potencializadores orgánicos (HMA) se da a través de estímulos en la raíz para formar estructuras llamadas “arbusculos” para hacer el intercambio de nutrimentos a través de la red hifal (Jung *et al.*, 2012), aportando beneficios al cultivo que van desde una mejora en la absorción de nutrientes (Jia-Dong *et al.*, 2018) mejorar la calidad de los frutos producidos (Bona *et al.*, 2015) hasta protección del cultivo ante ataques de patógenos (Baath *et al.*, 1984).

El objetivo de este trabajo fue evaluar el uso de estos potencializadores (HMA y minerales pulverizados) para el cultivo de fresa sobre sustratos (fibra de coco), con una baja dosis de fertilización hidropónica, para satisfacer los requerimientos nutricionales del cultivo. Se utilizó la solución nutritiva de Steiner a dos niveles de $CE = 0.5$ y 1.0 dS m^{-1} y el efecto de la interacción con los potencializadores en la respuesta fisiológica de la planta en el crecimiento vegetativo, rendimiento del cultivo, calidad del fruto, así como la proporción de colonización micorrízica de la raíz.

II. OBJETIVO GENERAL

Evaluar el efecto de potencializadores orgánicos e inorgánicos en la producción de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana en invernadero.

OBJETIVOS PARTICULARES

- Comparar la respuesta fisiológica de las plantas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana al incluir potencializadores orgánicos (micorriza) e inorgánicos (leonardita y zeofert) en la producción.
- Cuantificar el rendimiento del cultivo de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana, como respuesta a la incorporación de micorrizas y potencializadores inorgánicos.
- Evaluar la calidad post-cosecha del fruto en los diferentes cortes de fresa en función de los tratamientos aplicados.
- Cuantificar el porcentaje de colonización micorrízica de raíces de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana.

III. HIPOTESIS GENERAL

La producción de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) en condiciones protegidas responde de igual manera a las aplicaciones de potencializadores orgánicos que minerales

HIPOTESIS PARTICULARES

- La incorporación de mejoradores orgánicos e inorgánicos, modifican la respuesta fisiológica de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana, cultivada en sustratos y contenedores en invernadero.
- El rendimiento de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana, se incrementa con la interacción de micorrizas y/o compuestos inorgánicos.
- La calidad post-cosecha de los frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana, depende del tipo de enmienda aplicada para su nutrición.
- La proporción de colonización micorrízica en las raíces de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) var. CP-Zamorana, se potencializa mediante la interacción de compuestos minerales.

IV. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

4.1 Generalidades

El mejoramiento genético ha propiciado que el cultivo de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) se adapte a diversas condiciones ambientales desde templadas como tropicales, esto se ha logrado por medio de la generación de variedades específicas que desarrollan exitosamente en las diferentes regiones productoras. Las plantas de fresa poseen un sistema radicular poco profundo, y su reproducción es a través de estolones. Es una planta herbácea, con sistema fasciculado (manejo de raíces adventicias originadas en la base del tallo, que se ramifican pero no hay crecimiento secundario), de altura menor a los 50 cm, formadas por una corona que constituye la base de crecimiento de la planta (SAGARPA, 2017).

4.2 Importancia Nutricional

Dado que la alta ingesta de frutas y verduras está inversamente relacionada con la incidencia de varias enfermedades degenerativas, la importancia de una dieta equilibrada en la salud humana ha aumentado la atención de los consumidores en todo el mundo (Gündüz, 2016). Las fresas (*Fragaria x annanasa* Duch.) son una fuente rica de una amplia variedad de compuestos nutritivos como azúcares, vitaminas y minerales, así como compuestos bioactivos no nutritivos como flavonoides, antocianinas y ácidos fenólicos. Estos últimos pueden (i) desintoxicar los radicales libres bloqueando su producción, (ii) modular la expresión de los genes implicados en el metabolismo, la supervivencia y proliferación celular y la defensa antioxidante, y (iii) proteger y reparar el daño del ADN (Giampieri et al., 2012).

Las fresas son fuente importante de fibra dietética, ácidos grasos esenciales (Giampieri *et al.*, 2012) y micro-minerales, los frutos de fresas contienen Mn, Cu, Zn, Fe (Hossain *et al.*, 2016), además de vitaminas y folato (Gündüz, 2016) que en conjunto generan un efecto benéfico en la salud humana (Giampieri *et al.*, 2012) al grado de considerarla como cultivo candidato para preservar y/o mejorar la salud a nivel mundial al aportar vitaminas, minerales y mejorar la dieta de los consumidores (Yu *et al.*, 2015). Aunado al efecto anticancerígeno, antimutagénico y antioxidante (Gündüz, 2016) reduciendo el riesgo de varias enfermedades cardiovasculares, oftalmológicas, gastrointestinales, trastornos neurodegenerativos, reduce la presión sanguínea, refuerza el sistema inmunológico, entre otras virtudes biológicas (Crecente-Campo *et al.*, 2012).

El antioxidante que más prolifera en la fresa es la vitamina C, éste se puede encontrar en la mayoría de frutas y verduras (Crecente-Campo *et al.*, 2012), sin embargo los altos contenidos encontrados en los frutos de fresa le ha dado una especial relevancia por su capacidad y eficiencia para eliminar radicales de oxígeno (Giampieri *et al.*, 2012) y participar en funciones biológicas en la formación de colágeno, absorción de hierro inorgánico, reducción de colesterol en plasma (Lee & Kader, 2000). Estas características son las que han aumentado la demanda de consumo debido a que las generaciones actuales prefieren los productos que fomentan el cuidado de la salud (FIRA, 2016). El incremento en la demanda ha beneficiado al aspecto económico (Giampieri *et al.*, 2012), ya que el consumo de fresa es amplio, puede ser fresco, congelado y/o procesado (principalmente en mermeladas) (Morris *et al.*, 2017), jugos y jaleas (Giampieri *et al.*, 2012), por lo que la producción de fresa se encuentra estrechamente vinculada con la industria agroalimentaria tanto para consumo nacional como internacional (FIRA, 2016).

4.3 Importancia económica del cultivo de fresa

La fresa es considerada como un fruto exótico, que se ha posicionado de manera importante en el mercado, desde el año 1849 en el cual la fresa llegó a nuestro país a la región del Bajío. En los años 40's Guanajuato se posicionó como el mayor productor de fresa, llegando a considerarse "La Capital Mundial de la Fresa". Años después la producción de fresa, se extiende a Michoacán (Zamora) y Baja California (Ensenada) (López *et al.*, 2014).

Michoacán, Jalisco, Baja California, Puebla y el Estado de México son los principales estados dedicados a la producción de "berries" (que incluyen arándanos, zarzamoras, frambuesas y fresas), hablando específicamente de la producción de fresa los estados en los que destacan son Baja California, Michoacán y Guanajuato, recientemente incursionando el Estado de Oaxaca (FIRA, 2016).

En los primeros años del establecimiento del cultivo de fresa, el manejo era a través de melgas para irrigación obteniendo un rendimiento de 2.7 t ha⁻¹ (en los años 50's), más tarde mediante el surgimiento de "La Revolución Verde" y a mediados de la década de los 60's con el uso de fertilizantes y plaguicidas de síntesis química, el rendimiento del cultivo de fresa alcanzó 16.5 t·ha⁻¹; más tarde en el 2007 Guanajuato alcanzó un rendimiento de 20.3 t·ha⁻¹ (López *et al.*, 2014). En 2010 la fresa alcanzó un rendimiento promedio de 33.86 t ha⁻¹ (Ledesma *et al.*, 2016), convirtiendo a México como el cuarto productor de fresa a nivel mundial (Avitia-García *et al.*,

2014) en cuanto a las exportaciones se ha aumentado una tasa anual promedio de 17 % durante el periodo 2008-2015 (FIRA, 2016).

El rendimiento en el cultivo de fresa cobro relevancia en los años 50's cuando se incorporaron variedades mejoradas provenientes de Estados Unidos de Norte América (López *et al.*, 2014), con características específicas de mejora en rendimiento, alargar la época de producción, mejorar la resistencia a plagas y enfermedades, mejorar características físicas del fruto (color, tamaño, sabor, etc.), la mayoría de las variedades que se cultivan en nuestro país son desarrolladas por la Universidad de California y la Universidad de Florida en Estados Unidos de Norte América, las principales son: Festival, Camino Real, Albión y San Andreas (CONAFRE, 2012), así como Sweet, Charlie, Galexia, Camarosa, Aromas, Ventana y Diamante, desarrolladas de igual manera por las Universidades estadounidenses (Ledesma *et al.*, 2016).

En México algunas instituciones agropecuarias como el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales y Pecuarias (INIFAP), el Centro de Investigación y de Estudios Avanzados (CINVESTAV), Unidad Irapuato, la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (UNIMICH) y el Colegio de Postgraduados (COLPOS), han mostrado interés al desarrollar investigaciones para el mejoramiento de fresa. (Ledesma *et al.*, 2016).

El Colegio de Postgraduados a través del apoyo financiero de la fundación Produce Michoacán, A.C., trabajaron en desarrollar variedades que permitieran reducir costos de producción, generar variedades mejor adaptadas al subtrópico, obteniendo frutos de buena calidad, resistente a plagas y enfermedades, como resultado desarrollaron dos variedades de fresa “CP-Jacona (CP 02-04)” y “CP-Zamorana (CP 02-01)”, mismas que se encuentran en el catálogo del Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS) como nuevas variedades mexicanas (Ledesma *et al.*, 2016).

4.4 Condiciones de cultivo

Para el cultivo de fresa, las mejores condiciones son los climas templados pero se han adaptado al subtrópico y a temperaturas frías, aunque presenta cierta afectación por factores climáticos como el fotoperiodo y la temperatura (Sánchez, 2006).

Es un cultivo que se desarrolla en diferentes partes del mundo, incluyendo zonas tropicales, subtropicales y templadas (Bona *et al.*, 2015); sin embargo prefiere los suelos arenosos

ligeramente ácidos, aireados y bien drenados, para un adecuado desarrollo radicular, es sensible a la salinidad, aunque va en aumento la superficie cultivada en sistemas hidropónicos (López *et al.*, 2014; Ávila, 2015).

4.4.1 Fotoperiodo

El cultivo de fresa se agrupa de acuerdo a las horas luz que necesite para completar su ciclo, y pueden ser de día largo, corto o neutro. Las variedades de día corto requieren de días con duración menor a 14 horas de luz para el desarrollo de yemas florales, estas variedades pueden presentar dos periodos de cosecha por temporada.

Las variedades de día neutro, no presentan respuesta al fotoperiodo, pero requieren de temperaturas del suelo superiores a 12°C para el desarrollo de yemas (Ávila, 2015).

La luz juega un papel importante en el desarrollo del cultivo de fresa, aumentado la cantidad de materia seca y el tamaño de frutos (Sánchez, 2006).

4.4.2 Temperatura

La temperatura del suelo es un factor importante al influir en el crecimiento de la raíz, por lo tanto afecta la absorción de agua y de nutrientes, la temperatura optima es menor a 20°C para el desarrollo de raíces, temperaturas más bajas puede provocar reducción del sistema radicular, generando deficiencias nutrimentales (P, Fe y Mn). Las raíces pueden tolerar temperaturas máximas de 30°C-35°C, por lo tanto se habla que el rango de temperatura óptima para el desarrollo de raíces esta entre 20 y 30°C. (Benton, 2004).

Temperaturas extremas tienden a reducir la velocidad fotosintética y aumentar la evaporación, ocasionando estrés a la planta reflejándose en disminución de crecimiento y por lo tanto en el rendimiento (Wang y Lin 2006).

Temperaturas de 30°C día y 22°C por la noche inhibieron el crecimiento de plantas, frutos y calidad de frutos (Wang y Camp, 2000). Mientras que a temperaturas de 18° durante el día y 12°C por la noche presento una mayor intensidad de pigmento, mayor contenido en solidos solubles, acidez titulable y contenido de ácido ascórbico; mientras que un aumento de las temperaturas generó una disminución de sólidos solubles, acidez titulable, además del contenido de ácido ascórbico en los frutos a causa de un aumento en las cantidades de fructosa, glucosa,

ácido cítrico y carbohidratos totales en las frutas, aunque los frutos maduraron más rápido la calidad no fue la óptima (Wang y Lin, 2006; Wang y Camp, 2000).

4.4.4 Agua y suelo

Las raíces de las plantas cumplen con dos funciones principales, la primera es la de anclarse físicamente al medio de cultivo y la segunda al ser el medio por la que el agua y los iones entran y se distribuyen por toda la planta. La calidad del agua es un aspecto importante, que no contenga sustancias o elementos que puedan afectar el crecimiento de la planta como carbonatos y bicarbonatos, los elementos esenciales para el cultivo presentes en el agua son Ca y Mg (Benton, 2004).

El tipo de sustrato empleado determina en gran medida el desarrollo de la planta, los parámetros físicos importantes del sustrato son:

Agua fácilmente disponible (AFD) se refiere a la cantidad de agua (% en volumen) que se libera al aplicar tensión al sustrato de entre 10 y 50 cm de columna de agua. Valor óptimo de 20-30%

Agua de reserva (AR) hace referencia a cantidad de agua (% en volumen), que se libera al aplicar una tensión al sustrato entre 50 y 100 cm de columna de agua. Valor óptimo de 4 a 10%.

Agua difícilmente disponible (ADD). Es el agua (% en volumen) que queda retenida en el sustrato después de aplicar una tensión de 100 cm de columna de agua.

Capacidad de aireación (CA) es la proporción del volumen del sustrato que contiene aire después que dicho sustrato ha sido llevado a saturación y dejado drenar (normalmente a 10 cm de columna de agua). Valores entre 10 y 30 % se consideran óptimos.

Espacio poroso total (EPT) Es el volumen total del sustrato de cultivo que no está ocupado por partículas orgánicas o minerales. Se determina a partir de las densidades real y aparente, en valores superiores a 85% se consideran óptimos (Pastor, 1999).

Dichos parámetros se obtienen a partir de la curva de liberación, desarrollada por De Boodt *et al.*, (1974) (Figura 1).

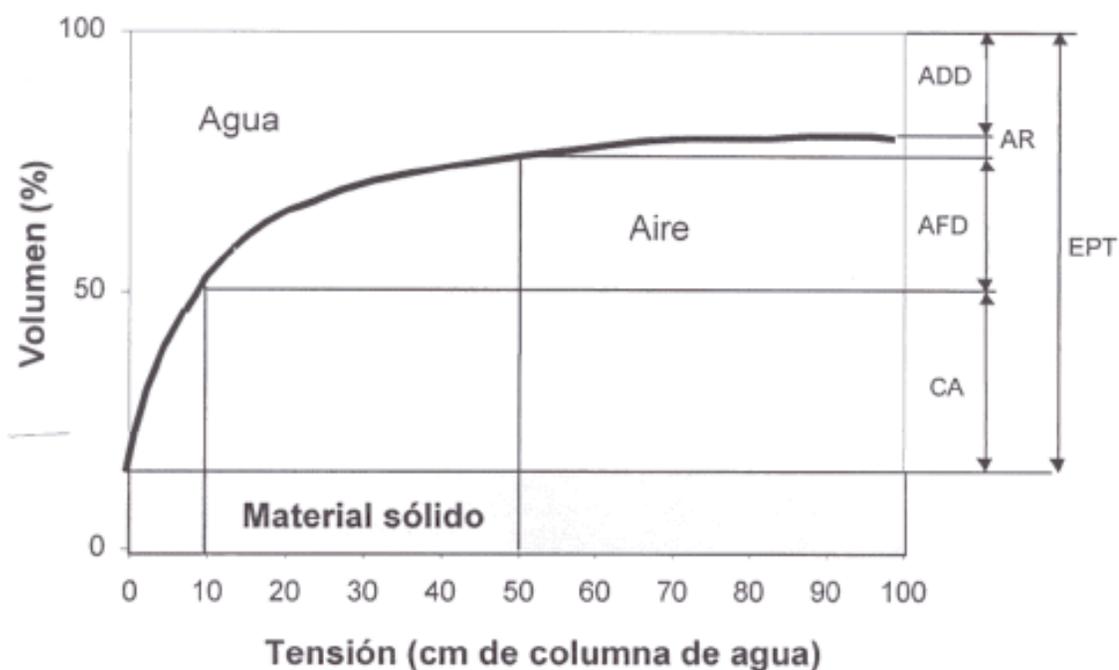


Figura 1. Curva de liberación de agua
 Fuente: De Boodt *et al.*, (1974)

4.4.5 Fibra de coco como sustrato de producción

La utilización de sustratos en la agricultura permite el anclaje del sistema radical y desempeña una función de soporte para la planta, los sustratos pueden o no intervenir en la nutrición mineral (Pastor, 1999), además de ser una alternativa potencial para evitar los problemas por patógenos en el suelo (Palencia *et al.*, 2016).

El cultivo sin suelo se ha desarrollado con la finalidad de reducir problemas fitosanitarios transmitidas por el suelo, así como mejorar el rendimiento y calidad de los cultivos. En el caso del cultivo de fresa la producción con sustratos son más tempranos y mejora el rendimiento por hectárea (Recamales *et al.*, 2007). La utilización de fibra de coco como sustrato se ha orientado a la germinación de semillas o propagación vegetativa, no tanto al crecimiento y desarrollo de plantas de fresa (López-Pérez *et al.*, 2005).

La fibra de coco es un material orgánico que se obtiene del mesocarpio del fruto de coco (*Cocos nucifera L.*) es un material fibroso procedente de la primera corteza de la cáscara del coco maduro. Sus principales componentes son la celulosa y lignina, por lo que es una fibra resistente

y rígida. Dentro de sus propiedades se encuentra su larga durabilidad sin modificar sus características, tiene buena porosidad que favorece el vigor de las raíces manteniendo su estructura, permitiendo el desarrollo de plantas de calidad, capaz de retener altos niveles de humedad sin saturarse, drenando los excesos y manteniendo una relación adecuada aire-agua (Baque, 2015).

La fibra de coco es considerada un material prometedor para ser utilizado como sustrato para mejorar rendimiento y calidad de fresa, mejorando la eficiencia agronómica del cultivo y de la aportación de beneficios económicos y medio ambientales, (Martínez *et al.*, 2017).

Para que un sustrato se considere óptimo o adecuado para el uso agrícola debe cumplir con ciertas propiedades físicas y químicas Carrijo, *et al.*, (2002) menciona que la fibra de coco debe tener un pH de 5.4, conductividad eléctrica de 1.8 dS m^{-1} , 95.6% de porosidad total, retención de agua $538 \text{ mL}\cdot\text{L}^{-1}$, 45.5% capacidad de aireación, 19.8% agua fácilmente asimilable; estas características hace comparable a la fibra de coco como un posible sustituto del *peat moss* debido a su alta retención de agua (9 veces su peso en agua), excelente drenaje, ausencia de malezas y patógenos, además de ser un recurso renovable con bajo impacto ambiental (Escobar, 2009). Los sustratos en particular la fibra de coco tiene como propiedad el ser liviano y bajo contenido de complejos químicos lo que favorece el proceso de fertilizar satisfaciendo los requerimientos del cultivo o conservando la concentración nutrimental deseada (Martínez *et al.*, 2017).

4.5 p H

El rango de pH del suelo para el adecuado crecimiento y desarrollo de la mayoría de los cultivos es entre 5.0 y 7.5. Sin embargo en producción en hidroponía el pH de las soluciones nutritivas está dentro del rango entre 5.8 y 6.5, permitiendo la mayor asimilación de nutrientes para la planta (Figura 2). El pH se ve afectado por la temperatura, contenido y tipo de iones presentes, así como el contenido y solubilidad del CO_2 , generando fluctuaciones diurnas en el pH de 0.5 unidades, por lo que monitorear y corregir diario el pH de la solución es una actividad costosa y sin beneficio real. Cuando el pH de la solución se encuentra fuera del rango 5.8-6.5, si se requiere elevar el pH se agregan elementos OH, los más comunes son hidróxido de sodio (NaOH) o hidróxido de potasio (KOH), si lo que se requiere es bajar el pH se agrega algún ácido los más utilizados son ácido nítrico (HNO_3) y ácido sulfúrico (H_2SO_4) (Benton, 2004). El cultivo de fresa se desarrolla adecuadamente en pH entre 5.5-6.5 (Ávila, 2015).

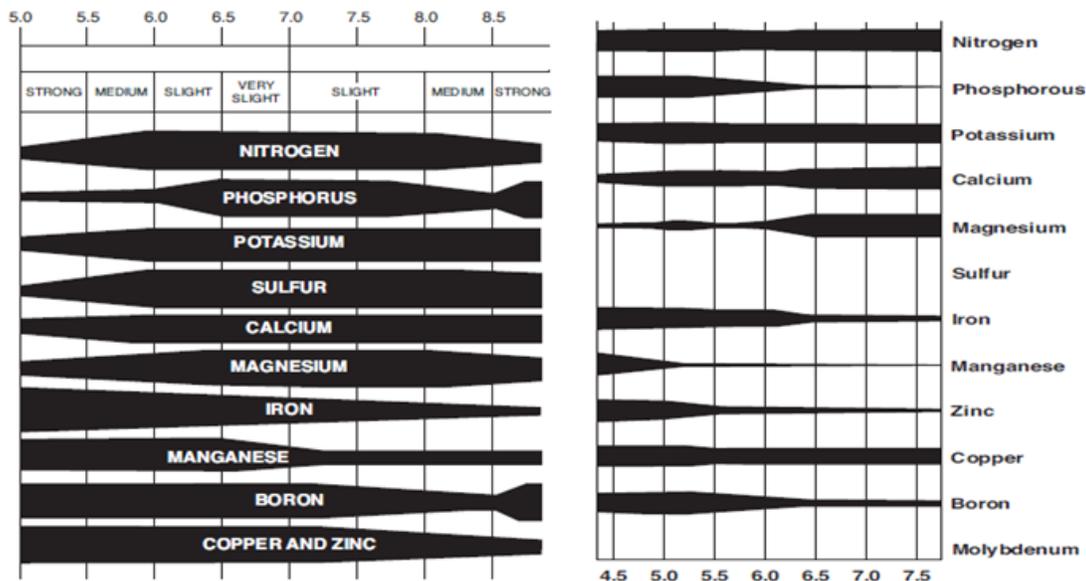


Figura 2. Efecto del pH en la disponibilidad de elementos esenciales que afectan la absorción de raíces en suelo (izquierda), en producción en hidroponía sin suelo (derecha)
Fuente:(Benton, 2004)

4.6 Requerimientos nutricionales

Hablando de cultivo de fresa, el aspecto más importante que se debe tomar en cuenta es la nutrición ya que de eso depende el desarrollo y vigor, que se refleja en la cantidad y calidad del fruto adecuado a la demanda del mercado.

Conocer los requerimientos específicos de cada cultivar de fresa, es un factor importante para el óptimo desarrollo del cultivo, a través de curvas de absorción de nutrientes que determina su dinámica de absorción a lo largo de su ciclo de vida (Avitia-García et al., 2014). Sin embargo no existen estas las curvas para todas las variedades; aunque existen parámetros generales para lograr un buen desarrollo, Ávila, (2015) enlista los elementos y las cantidades necesarias para que el cultivo de fresa (Cuadro 1).

Cuadro 1. Requerimientos nutricional para el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.)

Elemento	Cantidad (ppm)
Nitrógeno asimilable	100 a 200
Fósforo (P ₂ O ₅)	20 a 30
Potasio (K ₂ O)	120 a 180
Calcio (Ca)	1000 a 1500
Magnesio (Mg)	150 a 200
Sulfatos (SO ₄)	100 a 200
Cloruros (Cl)	Menos de 20
Sodio (Na)	Menos de 100
Manganeso (Mn)	4
Hierro (Fe)	10
Zinc (Zn)	3
Boro (B)	2
Cobre (Cu)	1

4.6.1 Aplicación y uso de potencializadores en el cultivo de fresa

Los potencializadores o bioestimulantes como también se conocen son compuestos y/o microorganismos, que mejoran el crecimiento de las plantas así como el uso de nutrientes en el cultivo (Conselvan *et al.*, 2017), estos productos son comunes en la naturaleza y van desde aminoácidos, algas, ácidos húmicos, azúcares, microorganismos, minerales pulverizados, entre otros. Cumplen una función complementaria a la nutrición de cultivos que impacta en el vigor de las plantas y mejoran el rendimiento. Estos bioestimulantes brindan cierta protección ante afectaciones por temperaturas extremas, falta de agua, salinidad y otros estreses abióticos (Benton, 2004).

Los bioestimulantes son sustancias consideradas como límite entre productos fitosanitarios y fertilizantes, ya que no protege directamente contra plagas o enfermedades, y no tienen una actividad nutricional directa; sin embargo tienen un efecto positivo en la captación de macro y micronutrientes, teniendo efecto similar al de las hormonas (auxina o giberina) (Conselvan *et al.*, 2017).

Los potencializadores orgánicos e inorgánicos tienen capacidad de regular y favorecer el intercambio catiónico, en el caso de los inorgánicos actúan como arcillas expandidas, teniendo un efecto amortiguador similar a las plantas cultivadas en suelos. Con los orgánicos funcionan mejorando la disponibilidad de nutrientes para su absorción y aprovechamiento por la planta (Benton, 2004).

4.6.2-Leonardita

La leonardita es un material fósil orgánico de origen vegetal, es la forma más oxidada del carbón de lignito (Ciavatta *et al.*, 1996), la cual se considera como fuente mineral de ácidos húmicos y fúlvicos, utilizado para la enmienda de suelos degradados, para mejorar la retención de humedad y proporcionar nutrientes al suelo (Canellas *et al.*, 2015). La tiene apariencia de carbón pardo medio, se encuentra a poca profundidad sobre minas de carbón (Conselvan *et al.*, 2017).

El efecto de las sustancias húmicas en la fisiología de las plantas se caracterizan por cambios estructurales como fisiológicos en raíces y brotes relacionado con absorción, asimilación y distribución de nutrientes (Canellas *et al.*, 2015).

La utilización de leonardita, no saliniza suelos, regula el pH, retiene humedad, la asimilación de nutrientes es lenta compatible con todo tipo de fertilizantes tanto químicos como orgánicos, así como con cualquier tipo de suelo y clima, óptimo para todos los cultivos, al proporcionar micronutrientes (Zeolitech, 2018).

De acuerdo con Canellas *et al.*, (2015) las sustancias húmicas poseen una velocidad de mineralización lenta, y aunque estas sustancias sean ricas en N y S, no se consideran como una fuente directa de nutrientes para los cultivos, sin embargo esta incorporación de bioestimulantes puede ayudar a reducir las tasas de fertilización y mejorando la eficiencia del uso de nutrientes, por su efecto amortiguador antes descrito.

Se ha utilizado leonardita como enmienda en suelos, para aumentar el contenido de materia orgánica, al ser el resultado de una fuente fósil; sin embargo las características de los compuestos dependen de la naturaleza de donde se extrae el material (Bellera *et al.*, 2015).

En 1995 caracterizaron tres fuentes de leonardita, determinaron porcentaje de carbono orgánico total, nitrógeno, los valores reportados se presentan en el Cuadro 2. (Ciavatta *et al.*, 1996)

Cuadro 2. Características de tres fuentes de leonardita

Origen	Carbono orgánico total (%)	pH	N (mg kg⁻¹)
N. Dakota (U.S.A.)	45.4	4.6	5.2
Norte de Europa	39.1	5.2	9.5
Europa	34.5	7.3	6.0

Fuente: Zeolitech, 2018

En España se realizó un experimento donde se incorporó leonardita para evaluar su efecto en cultivo hidropónico de cebada en cuanto a la absorción de nutrientes. Los resultados mostraron que dosis bajas de leonardita favoreció el desarrollo de la parte aérea, hubo una mayor absorción de N, P y K así como de micronutrientes. En dosis mayores a 10 mg de carbono L⁻¹ se inhibió la absorción de nutrientes (Julca-Otiniano *et al.*, 2006), estos resultados coinciden con los reportados por Conselvan *et al.*, (2017) donde la incorporación de leonardita favoreció la absorción de nutrientes (N, P, K y S) en canola, en condiciones de invernadero, así como el aumento en el rendimiento y el contenido de materia seca.

Se probó el efecto de Leonardita en *Zea mays* cultivado bajo condiciones controladas, donde evaluaron parámetros de crecimiento, respuesta de enzimas involucradas en nitrógeno y proteína, azúcares y fenoles en raíces y hojas, donde se comprobó que aumento los procesos metabólicos, promovió el alargamiento y proliferación de raíces secundarias, mejorando la absorción de nutrientes, por lo que concluyeron que la leonardita tienen fuertes propiedades bioestimulantes (Conselvan *et al.*, 2017).

La incorporación de leonardita en cultivo de pepino (*Cucumis sativus* L cv. Ashley) favoreció el crecimiento de la raíz, así como el contenido de materia seca tanto de raíz como en hojas (García *et al.*, 2016).

4.6.3-Zeofert®

Es una mezcla física de minerales realizados por la empresa que la distribuye y que se reservó la información. En la ficha técnica señalan que contiene elementos mayores así como micro-elementos necesarios para que los cultivos se desarrollen de manera óptima al mejorar la nutrición del suelo, generando un aumento en la productividad, mientras que mejora la estructura del suelo, estabiliza el pH, estimula aireación y aprovechamiento del agua, reduce costos de fertilización, no se lixivia, no contamina ni saliniza el suelo al no contener portadores químicos. El costo del producto con la empresa zeolitech es de \$5,200.00 MXN ton⁻¹ (Zeolitech, 2018).

4.6.4-Micorrizas en la agricultura

Los microorganismos de la rizosfera tienen un papel importante al asegurar el crecimiento y desarrollo de la planta (Vestberg *et al.*, 2004). Los hongos micorrízicos arbusculares son biótrosos obligados de la raíz (Berruti *et al.*, 2017), la colonización ocurre a través de estímulos en la raíz con el hongo formando estructuras intracelulares llamadas “arbusculos”, donde se produce el intercambio de nutrientes que es llevado a través de la red hifal extracelular (Jung *et al.*, 2012), que se extienden en el suelo alrededor de las raíces (Jia-Dong *et al.*, 2018), aumentando la distancia y volumen de suelo explorado (Borowicz, 2010).

El proceso de colonización ocurre a través de exudados de la raíz, compuesto de varios metabolitos secundarios como compuestos fenólicos y compuestos alelopáticos que regulan las interacciones en la rizosfera (Jung *et al.*, 2012).

Durante el proceso de colonización en fresa, las hifas son las primeras estructuras que aparecen al infectar a la raíz, después de que las vesículas aparecieron 1 o 2 días después del trasplante de los tratamientos. Las hifas colonizaron todas las raíces de la planta después de 7 días y continuaron durante 4-5 semanas (Williams, 1990).

La colonización con hongos micorrízicos arbusculares trae consigo cambios fisiológicos profundos (Jung *et al.*, 2012) que genera una simbiosis con la planta huésped proporcionándole múltiples beneficios (Jia-Dong *et al.*, 2018) a cambio de productos fotosintéticos que el hongo necesita para completar su ciclo de vida (Berruti *et al.*, 2017). Estos beneficios incluyen mejorar la absorción de nutrientes, promover la absorción de agua (Jia-Dong *et al.*, 2018). Se ha demostrado que esta asociación ayuda a contrarrestar el efecto de estrés tanto biótico como abiótico (Jung *et al.*, 2012; Sowik *et al.*, 2016) disminuyendo los efectos adversos a la sequía (Borowicz, 2010). Jia-Dong *et al.*, (2018) comprobó que dicha asociación genera cierta resistencia de las plantas contra ataques de patógenos, siguiendo con los antecedentes de Baath *et al.*, (1984) en el control de enfermedades causadas por *Phytophthora* en fresa, además de reducción en los efectos perjudiciales causados por nematodos (Jung *et al.*, 2012).

Mientras que en frutales la colonización estimula el crecimiento y la calidad de los frutos a través de mejorar la fotosíntesis (Bona *et al.*, 2015), en el caso de banano (*Musa paradisiaca*) las

micorrizas han mejorado la supervivencia y el crecimiento de las plantas en la fase de vivero, mejorando el rendimiento de la planta en condiciones de campo (Mwangi *et al.*, 2013).

Se han realizado estudios de *Funneliformis mosseae*, para disminuir estrés por sequía en naranja (*Citrus X sinensis*), donde el cultivo presentó mayor crecimiento, mayor diámetro del tallo, número de hojas y biomasa, así como aumento en los niveles de ácido abscísico en la raíz (ABA) a partir de una colonización micorrízica en la raíz del 19.5% con respecto al tratamiento testigo (Jia-Dong *et al.*, 2018).

Boyer *et al.*, (2015) demostraron un aumento del 40% en cuanto a crecimiento de las plantas influenciado por la colonización de *Funneliformis mosseae* de las raíces con respecto al testigo, aunque concluyen que el estrés por sequía no siempre es consecuencia de la colonización, esta afecta positivamente la tolerancia de la planta.

Los hongos micorrízicos arbusculares y bacterias promotoras de crecimiento impactaron positivamente en el número de flores, producción de frutos de mayor tamaño en fresa, mejorando el rendimiento del cultivo y la calidad al incrementar las concentraciones de azúcares, ácidos orgánicos y vitaminas, con respecto a las plantas sin inocular (Bona *et al.*, 2015).

4.6.4.2 Colonización micorrízica en raíces de fresa

Los hongos micorrízicos arbusculares (HMA) forman una relación simbiótica con las raíces de las plantas, es una interacción altamente dinámica que afecta muchos aspectos de la planta huésped (Fan *et al.*, 2008) que se refleja en un aumento en el crecimiento de la planta, y un mejor aprovechamiento de nutrientes, siendo una alternativa para disminuir la aplicación de fertilizantes (Matsubara *et al.*, 2009).

El cultivo de fresa es altamente micotrófico, fuertemente colonizada por hongos micorrízicos (Vestberg *et al.*, 2004).

La asociación simbiótica de los hongos micorrízicos con plantas se evalúa a través del porcentaje de colonización en raíces estos valores son variables. Baath *et al.*, (1984) disminuyó el efecto de los daños ocasionados por *Phytophthora* en raíces de fresa, mediante 35% de colonización de *Funneliformis mosseae* al momento de la cosecha, aunque no hubo total control de la enfermedad por lo agresivo del patógeno.

Vestberg *et al.*, (2004) realizó un experimento con *Funneliformis mosseae*, (antes *Glomus mosseae*); así como otros tratamientos con bacterias y demás microorganismos para controlar pudrición de la corona causada por *P. cactorum* en plantas de fresa, a partir de micro propagación, utilizando turba ligera como sustrato, y en cuanto a la colonización de *F. mosseae* dio respuestas positivas, sin embargo la colonización de raíces se mantuvo baja y no presentó los resultados necesarios para considerarlo como tratamiento de control biológico.

4.7 Atributos de calidad en el fruto

Para producir frutos de calidad es preciso considerar tres factores importantes, el tipo de cultivar, las condiciones en las que se desarrolla el cultivo y el transporte/almacenamiento (Martínez-Soto *et al.*, 2008).

La selección del cultivar consiste en buscar las características deseadas, como firmeza, apariencia del fruto, grado de madurez, ausencia de daños, resistencia a ciertas plagas y enfermedades (Casierra-Posada *et al.*, 2011), la calidad se define por atributos sensoriales como sabor, textura o firmeza, que se encuentran ligados a las condiciones del cultivo de la variedad de fresa utilizada (Azodanlou *et al.*, 2004).

La nutrición y manejo del cultivo es el segundo aspecto importante para cosechar frutos de calidad, mismos que se encuentra influenciados por la maduración y por el sistema de cultivo utilizado (Martínez *et al.*, 2017), así como los factores genéticos y ambientales, como la intensidad de luz y temperatura (Bautista *et al.*, 2012).

Como tercer aspecto se encuentra el manejo postcosecha que incluye el transporte y almacenamiento, la calidad y frescura del fruto se afecta fácilmente por el tiempo y el proceso de manejo y condiciones ambientales al que se someta (Cheng *et al.*, 2013), el fruto suele ser muy susceptible al ataque de microorganismos (Martínez-Soto *et al.*, 2008), y susceptibles a lesiones mecánicas, deterioros físicos, causados por pérdida de agua (Zheng, Wang, Wang, & Zheng, 2007) así como al ataque de hongos (Contigiani *et al.*, 2018) por lo que son consideradas como frutos altamente perecederos (Zheng *et al.*, 2007).

Por lo que la calidad del fruto es un concepto amplio y puede ser un proceso complejo, que no solo incluye las características visuales (Crecente-Campo *et al.*, 2012), también incluye

aparición del fruto, acidez total, concentración de sacarosa y valor nutritivo (Gündüz, 2016), la calidad incluye atributos como el sabor, olor y textura (Azodanlou *et al.*, 2004).

La industria es la principal interesada en buscar tratamientos postcosecha para poder extender la vida útil de la fresa, conservando su calidad (Contigiani *et al.*, 2018), que se traduce en beneficios comerciales (Caner *et al.*, 2008).

4.7.1 Firmeza

La firmeza altera la calidad del fruto al ser una característica importante de la textura (Martínez *et al.*, 2017), está directamente relacionada con la pérdida de agua y el deterioro del fruto debido a la presencia de enzimas como poligalacturonasa que solubiliza y degrada la pared celular (Caner *et al.*, 2008). Tomando en cuenta que la composición del fruto (CONAFRE, 2012), 95% agua y 5% de materia seca con porcentajes variados de proteínas, lípidos, azúcares, vitaminas y minerales (Recamales *et al.*, 2007), esta pérdida de agua es causada por su alta tasa de respiración, dichas pérdidas alcanzan hasta 40% durante el almacenamiento, convirtiéndolo en un producto altamente perecedero de vida de anaquel corta (Caner *et al.*, 2008).

La firmeza resulta ser un atributo importante si el destino es el mercado en fresco (Martínez-Soto *et al.*, 2008), esta disminución de la firmeza es consecuencia de cambios en la estructura química de los polisacáridos de la pared celular (celulosa, hemicelulosas y pectinas) (Azodanlou *et al.*, 2004)

4.7.2 Tamaño de fruto (diámetro polar y ecuatorial)

El tamaño del fruto suele ser un aspecto importante para determinar su calidad, principalmente el diámetro ecuatorial, el cual se encuentra regulado en el (Programa & Alimentos, 2002) NMX-FF-062-2002, en el apartado de los parámetros de tamaño establecidos de fresa con la finalidad de agrupar los frutos en categorías de calidad, como se muestra en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Especificaciones de calidad de diámetro ecuatorial

Tamaño	Intervalo de diámetro ecuatorial (cm)		
A	3.2	de	Mayor
B	2.6	a	3.1
C	2.0	a	2.6
D	1.6	a	1.9

Fuente: NMX-FF-062-2002

4.7.3 Sabor y aroma

El sabor del fruto está ligado al grado maduración por la presencia de azúcares y ácidos que modifican la composición de la pared celular, ya que se lleva a cabo un proceso complejo influenciado por la síntesis y acción de hormonas del metabolismo de azúcares utilizados como fuente de energía, estos son los precursores de los compuestos del sabor (furanonas), además de ácidos y compuestos volátiles (Azodanlou *et al.*, 2004).

4.7.4 Contenido de vitamina C

El ácido ascórbico o contenido de vitamina C es el ácido más importante en el fruto de fresa (Martínez *et al.*, 2017) así como de ácido fólico (Bautista *et al.*, 2012). Por lo que es considerada como una fuente relevante de compuestos bioactivos (Giampieri *et al.*, 2012). Debido a estos compuestos flavonoides, fenólicos y vitaminas es que se atribuye sus propiedades antioxidantes (Contigiani *et al.*, 2018). Las fresas tienen una mayor capacidad antioxidante (2 a 11 veces más que las manzanas, melocotones, peras, uvas (29 mg por 100g de fruto⁻¹), tomates, naranjas, piña (27.82 mg 100g fruto⁻¹), mango (10.88 mg por 100g de fruto⁻¹) o kiwi) (Giampieri *et al.*, 2012; Hossain *et al.*, 2016).

El ácido ascórbico es el derivado de azúcar de seis carbonos L-threo-hex-2-enono-1,4-lactona, mismo que tiene importantes funciones antioxidantes y metabólicas, haciendo esencial su incorporación a la dieta humana (Bona *et al.*, 2015).

Las condiciones de almacenamiento influyen en el contenido de vitamina C, por estrés oxidativo, aumento de temperatura provocando pérdida de agua en el fruto (Mditshwa *et al.*, 2017) y con ello efecto adverso en el contenido de ácido ascórbico o vitamina C (Wang y Camp, 2000; Wang y Lin, 2006). Lee *et al.*, (2000) encontraron que un aumento en la intensidad de luz influye en el contenido de azúcar o Sólidos Solubles Totales (SST) y de ácido ascórbico en muchas frutas.

4.8 Cultivo hidropónico en invernadero

Hidroponía hace referencia a un conjunto de técnicas para cultivar plantas en un medio sin suelo, lo cual es posible debido al suministro adecuado de los requerimientos hídrico-nutricionales, a través de agua y solución nutritiva (Beltrano y Gimenez, 2015). Los nutrientes que las plantas necesitan se dividen en macronutrientes (Carbono (C), Hidrogeno (H), Oxígeno (O) (que los obtiene de la atmosfera), Fósforo (P), Potasio (K), Nitrógeno (N), Azufre (S), Calcio (Ca) y Magnesio (Mg)) y en micronutrientes (Boro (B), Zinc (Zn), Manganeso (Mn), Cobre (Cu), Molibdeno (Mo), Hierro (Fe), Níquel (Ni) y Cloro (Cl)) (Krikorian, 1993). Los cuales se suministran de manera controlada a partir de fertilizantes comerciales, sobre sustratos preferentemente inertes para el desarrollo del cultivo (Espinosa *et al.*, 2014).

Un factor importante para la preparación de soluciones nutritivas es la calidad del agua empleada, debido a su contenido de sales solubles como Ca, Mg, Na, B, sulfatos, carbonatos, pH, por lo que entre más limpia sea el agua utilizada mejor respuesta del cultivo en cuanto a la asimilación de nutrientes (Pandey *et al.*, 2009).

4.8.2 Sistema hidropónico óptimo para fresa

La función de las soluciones nutritivas es proporcionar todos los nutrientes que las plantas necesitan para su óptimo desarrollo; sin embargo al no existir el efecto de amortiguador que el suelo posee, cualquier error en la composición puede causar un efecto adverso en la planta (Benton, 2004).

La producción hidropónica hace referencia a la forma de proporcionar los nutrientes a las plantas, estos son utilizados en su forma inorgánica e iónica, disueltos en agua y aplicado en el riego.

Esta forma de producción requiere de controlar factores ambientales como intensidad y duración de la luz, temperatura, humedad, pH de la solución nutritiva, así como utilizar contenedores preferentemente de plástico que se excluya el paso de luz para evitar el crecimiento de algas en la solución nutritiva (Pandey *et al.*, 2009).

Existen varios sistemas de riego utilizando hidroponía, en fresa se realiza a través de riego por goteo que consiste en que las plantas se cultivan en un medio poroso inerte (fibra de coco) que permite más espacio de aire, por lo tanto mayor oxigenación en las raíces (Pandey *et al.*, 2009),

bajo un sistema abierto en donde los nutrientes se desechan después de pasar a través de las raíces (Benton, 2004).

Es importante que las soluciones nutritivas mantengan un pH entre 5.6 a 5.8, para de esta forma optimizar el valor nutricional de la misma, de tal forma que los elementos se encuentren disponibles para la planta (Pandey *et al.*, 2009).

La producción mediante hidroponía es una alternativa práctica, además que ha demostrado generar mayores rendimientos con respecto a la agricultura convencional, el número de plantas por unidad es mayor. El crecimiento de las plantas es más rápido debido a la disponibilidad de los nutrientes y se tiene un uso más eficiente del agua, y disminuyen las afectaciones causadas por patógenos del suelo (Pandey *et al.*, 2009). La producción de fresa con este sistema lo hace más rentable al elevar el potencial productivo, lo cual permite producir en periodos fuera de la estación (Juárez-Rosete *et al.*, 2007).

4.8.3 Producción de fresa en invernadero

El cultivo de fresa es compacto y con bajos requerimientos (Massa *et al.*, 2015), al ser una planta de porte bajo, de fácil manejo, cuenta con un amplio periodo de cosecha (Yu *et al.*, 2015), además de tener un sistema radicular poco profundo, la maduración del fruto tarda poco tiempo (20-40 días después de la polinización) (Li *et al.*, 2010), el cultivo se realiza comúnmente en invernaderos de plástico de película de polietileno y láminas de múltiples paredes de policarbonato con techo curvo (Khoshnevisan *et al.*, 2013 : Martínez-Ferri *et al.*, 2016).

En la producción intensiva de fresa se diferencian dos etapas fenológicas que definen el rendimiento y calidad del fruto, siendo la etapa vegetativa-floración y floración-fructificación (Campos-García *et al.*, 2016).

La irrigación por goteo en la producción de fresa, se ha considerado un componente esencial para aumentar el rendimiento del cultivo (Morris *et al.*, 2017). La solución nutritiva se conduce a través de tuberías principales de PVC y secundarias de plástico, que descarga la solución por medio de goteros en forma de espagueti (Espinosa, *et al.*, 2014). En cuanto a la solución nutritiva Juárez-Rosete *et al.*, (2007) evaluaron tres concentraciones de soluciones nutritivas Steiner (50, 100 y 150%) para producir fresa en invernadero y concluye que los mejores resultados fue con solución Steiner a 50% o $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$ en cuanto a producción y calidad postcosecha.

La temperatura es un factor que influye directamente en el rendimiento del cultivo, a temperaturas de 24-32°C se reduce la formación de flores y la calidad de fruta, por lo que la temperatura está estrechamente relacionada con la inducción de botones florales (Li *et al.*, 2010). La fresa es susceptible a reducción en número y tamaño de los frutos en exposiciones de temperaturas mayores a 30°C, presentando menor peso fresco de las frutas (Ledesma *et al.*, 2016), este comportamiento se vio reflejado por Khoshnevisan *et al.*, (2013) donde la temperatura afectó significativamente la floración y el rendimiento de fresa en invernadero. Se considera como temperatura óptima para el desarrollo del cultivo y que las hojas de la planta tuvieran un color verde brillante, temperaturas día/noche (18/12°C), obteniendo como resultado altas cantidades de fructuosa, glucosa, ácido ascórbico en los frutos (Wang y Lin, 2006).

El cultivo de fresa en el país mantiene cierto comportamiento estacional donde la mayor producción se concentra en tres meses de mayo a julio, cosechando casi la mitad de la producción, disminuyendo la productividad en invierno (FIRA, 2016).

4.9 Conclusiones de revisión de literatura

Las propiedades del consumo de fresa han hecho que este fruto aumente su demanda tanto en el consumo nacional como el internacional favoreciendo la economía del país. Dando oportunidad de innovar en su producción con variedades mexicanas, aprovechando la adaptabilidad que tiene el cultivo para desarrollarse en casi cualquier tipo de suelos, aunque se ha visto un incremento en el rendimiento al cultivarse en condiciones protegidas y con el uso de sustratos, en donde las soluciones nutritivas son aplicadas como sistema de nutrición sin embargo; existen compuestos conocidos como potencializadores o bioestimulantes que son productos que no pueden considerarse como fertilizantes o productos fitosanitarios, pero presentan efectos similares a las hormonas haciendo el efecto amortiguador del suelo. La leonardita es una forma oxidada de lignito que es fuente mineral de ácidos húmicos aunque; su aplicación directa al suelo como arcillas esta poco fundamentado, se tienen algunos antecedentes en su uso para enmienda de suelos, aumentar el contenido de materia orgánica; en los cultivos ha favorecido la proliferación de raíces y con ello la absorción de nutrientes, aumento el rendimiento y contenido de materia seca en varios cultivos. Mientras que la mezcla comercial utilizada de nombre zeofert®, no se tiene suficiente información científica.

Uno de los potencializadores orgánicos que ha sido abordado en diversas investigaciones científicas del tema agronómico es el uso de micorrizas debido a los beneficios que su uso aporta a los cultivos que van desde la mejora en la absorción de nutrientes, contrarrestar estrés bióticos como abióticos, control de enfermedades o reducción de sus efectos, por otro lado el beneficio más apreciado es el de mejorar el rendimiento y calidad de los frutos producidos.

La combinación positiva de estos bioestimulantes tanto orgánicos como inorgánicos en la producción de fresa puede significar un aporte importante para el campo mexicano.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Sitio de Investigación

El experimento se realizó en un invernadero tipo Cenital del Colegio de Postgraduados (19° 29' latitud norte y 98° 54' longitud oeste, a 2 250 msnm de altitud).

Durante la etapa experimental se registraron las temperaturas dentro del invernadero, mediante un Data logger A-series marca WatchDog, programado para registrar y guardar la temperatura ambiental cada hora, los datos mostraron el registro de temperatura mínima de 0.6°C el 30 de enero y de temperaturas máximas de 44.4°C el 19 de mayo (Figura 3).

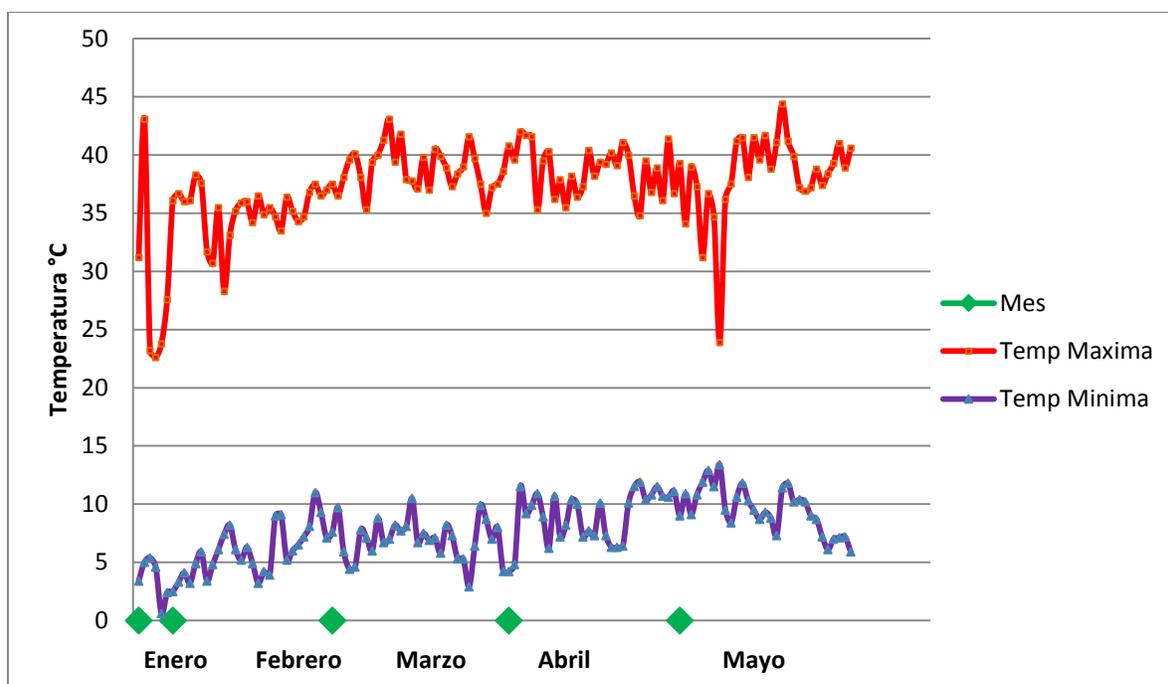


Figura 3. Registro de temperatura máxima y mínima obtenida en el invernadero en la fase experimental

5.2 Material vegetal

Se utilizaron plántulas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana (CP 02-01), propagadas dentro del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo, como se muestra en la Figura 4, las plantas madres fueron establecidas a partir del método de propagación de “raíz desnuda”, en camas de planta madre establecidas a cielo abierto y con riego constante (Figura 4a), una vez que empezaron a crecer y a producir estolones, se colocaron en contenedores con *peat moss* como sustrato, para que se formara el cepellón de las plantas hijas (Figura 4b), el proceso se llevó a cabo en 25 días y se cortó el estolón epigeo (Figura 4c), dichas plantas hijas fueron las utilizadas en la presente investigación.



Figura 4. Proceso de obtención de material vegetal. a) camas de propagación. b) Proceso de colocar estolones en vasos de unicel para generación de raíces. c) Corte de estolones de plantas enraizadas.

La variedad CP-Zamorana es una variedad de día corto, son plantas vigorosas que producen frutos grandes de color rojo intenso, brillantes, con poco o ningún hueco, son frutos firmes, la forma del fruto es entre cónicas y cordiforme (forma de corazón), muestra cierta resistencia a diversas plagas como gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*), trips (*Frankiniella* sp), mosquita blanca (*Trialeurodes vaporariorum*), cenicilla (*Sphaerotheca macularis*), botrytis (*Botrytis cinerea*), *Rizhoctonia* sp., *Phytophthora* sp. y virosis, esta variedad presenta moderada sensibilidad a cenicilla (*Sphaerotheca macularis*). Si la temperatura se eleva a final del ciclo (marzo-mayo), el fruto tiende a deformarse debido a una deficiente polinización causada por deficiencia en la ventilación en macrotuneles.

5.3 Tratamientos

Se evaluaron tres fuentes de potencializadores leonardita, zeofert® (mezclas comerciales de diversos materiales) y hongos micorrízicos (*Funneliformis mosseae*), así como un tratamiento testigo y su interacción entre ellos, con dos concentraciones de solución nutritiva (CE=0.5 dS m⁻¹ y CE=1.0 dS m⁻¹), siendo en total 12 tratamientos como se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Tratamientos

Número	Nomenclatura	CE (dS m ⁻¹)	Tratamiento
1	TZ-5	0.5	Zeofert®
2	TL-5	0.5	Leonardita
3	TM-5	0.5	Micorrizas
4	TZ+M-5	0.5	Zeofert® + Micorrizas
5	TL+M-5	0.5	Leonardita + Micorrizas
6	TT-5	0.5	Testigo
7	TZ-1	1.0	Zeofert®
8	TL-1	1.0	Leonardita
9	TM-1	1.0	Micorrizas
10	TZ+M-1	1.0	Zeofert® + Micorrizas
11	TL+M-1	1.0	Leonardita + Micorrizas
12	TT-1	1.0	Testigo

En un espacio de 60 m² se colocaron 48 bolsas de plástico de 100 cm de largo y 15 cm de ancho con un volumen de 23 L (húmedo) (Figura 5) conocidos como “*slab*” o bolis rellenas de fibra de coco, granulo y chip de la marca SUHM. Se determinaron las características físicas de la fibra en el laboratorio de Física de suelos CP Cuadro 5.

Cuadro 5. Propiedades de la fibra de coco utilizada como sustrato

Características	Valor
Índice de grosor (e)	77
Densidad aparente (Da)	0.07 g cm ⁻³
Capacidad de Intercambio Catiónico (CIC)	36.8 cmol _c kg ⁻¹
pH	6.0
Espacio poroso total (Pt)	91%
Porosidad de aireación (Pai)	12%
Porosidad de retención de agua (Pra)	55%
Volumen de Solidos	9%



Figura 5. Acomodo de los bolis en el invernadero

Antes de iniciar el trasplante se monitoreó la CE de la fibra de coco, teniendo un valor inicial de 6.24 dS m⁻¹ por lo que se realizaron 5 lavados pesados con agua acidulada al 10% con ácido sulfúrico (H₂SO₄) (Figura 6a -6c) hasta que los valores de CE fueron de 1.24 dS m⁻¹. Durante todo el experimento se monitoreó la conductividad eléctrica obteniendo un extracto para su medición (Figura 7).



Figura 6. a) Lavados pesados de bolis con agua acidificada. b) Monitoreo constante de CE en invernadero. c) Monitoreo de pH y CE de fibra de coco después de los lavados, realizado en el laboratorio.

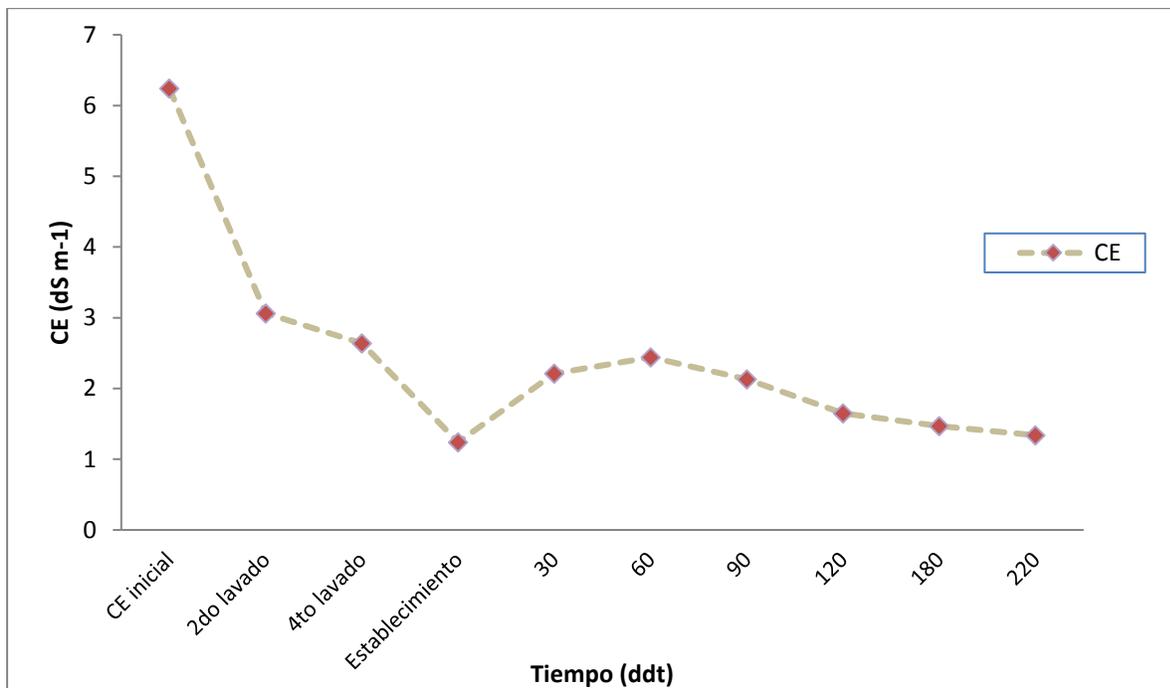


Figura 7. Monitoreo de la CE a lo largo del experimento

Por cada unidad experimental (un boli), se trasplantaron 4 plántulas de $5 \text{ cm} \pm 2 \text{ cm}$ de altura, con un espaciamento entre plántulas de 20 cm (Figura 8 a), sumando 192 plántulas de fresa en 48

unidades experimentales. Irrigadas con un sistema de riego por goteo, abastecidos por dos tinacos de capacidad de 1200 L cada uno, con solución de Steiner a dos diferentes conductividades eléctricas ($CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$ y $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$) (Figura 8b). La frecuencia y duración del riego fue controlado mediante un Temporizador timer Digital de 9 eventos marca Steren. En la primera fase del experimento (crecimiento vegetativo) los riegos fueron de 1 minuto, dos veces al día, para la segunda fase (floración-fructificación) los riegos fueron de 2 minutos dos veces al día, haciendo encender dos bombas de agua de $\frac{1}{4}$ Hp con salida de $\frac{1}{2}$ pulgada y una tubería secundaria que alimentaba los bolis de manguera portaemisores simples donde se insertaron los goteros autocompensantes de 8 L min^{-1} , un gotero por planta.

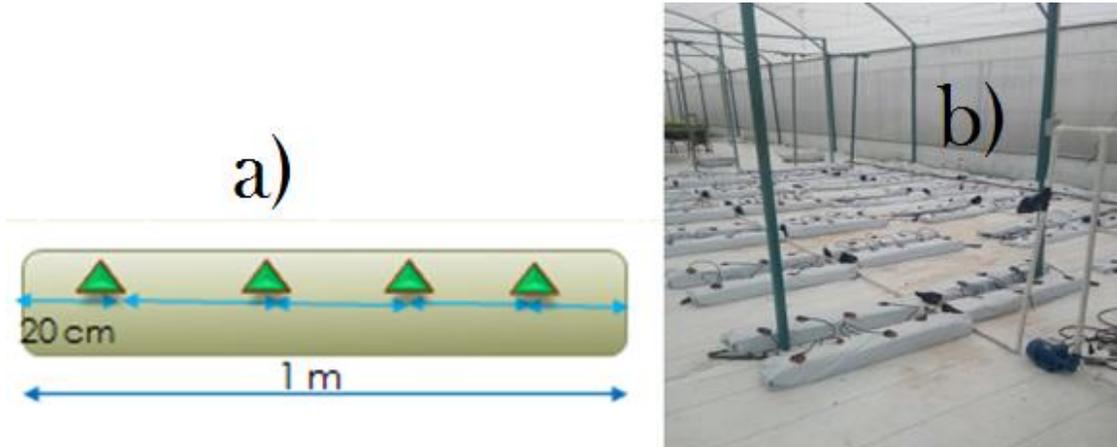


Figura 8. a) Esquema del acomodo de las plantas de fresa por unidad experimental "boli". b) Instalación del sistema de riego.

5.4 Solución nutritiva

Se empleó la solución nutritiva bajo la formulación de Steiner (1984) (Cuadro 6), a dos concentraciones de conductividad eléctrica, las fuentes para hacer las soluciones nutritivas fue a partir de fertilizantes comerciales (Cuadro 7).

Cuadro 6. Composición de aniones y cationes en la solución Nutritiva de Steiner

Conductividad eléctrica	Aniones (meq L ⁻¹)			Cationes (meq L ⁻¹)		
	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻	K ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺
CE=0.5 dS m ⁻¹	3	0.25	1.75	1.75	2.25	1
CE=1.0 dS m ⁻¹	6	0.5	3.5	3.5	4.5	2

Cuadro 7. Fuentes empleadas para cubrir los requerimientos de Solución Nutritiva durante el experimento

Fuente	Nombre comercial	Elemento que aporta	Cantidad (g L ⁻¹)	
			CE=0.5 dS m ⁻¹	CE=1.0 dS m ⁻¹
Ca(NO ₃) ₂	Yara Liva Calcinit	Ca y NO ₃	0.265	0.531
KNO ₃	Ultrasol NKS 46	K y NO ₃	0.075	0.151
K ₂ SO ₄	Ultrasol SOP Diamante	K y SO ₄	0.065	0.130
MgSO ₄ 7 H ₂ O	Sulfato de Magnesio	Mg y SO ₄	0.123	0.246
KH ₂ PO ₄	Ultrasol MKP	K y PO ₄	0.034	0.068
Micronutrientes	Ultrasol micro Mix	Fe, Mn, B, Zn, Cu, Mo, *.	0.04	0.04

*En la solución nutritiva no se agrega cloro (Cl), a pesar de ser un micro elemento, pero como se requiere en pequeñas cantidades, se espera que sea aportado a partir del agua de riego o a partir de impurezas de los fertilizantes (Espinosa, *et al.*, 2014).

5.5 Potencializadores inorgánicos

Los potencializadores inorgánicos fueron leonardita y zeofert®, la fórmula química de leonardita es $\text{Si}_2(\text{KAl}_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10})$, cuyo nombre comercial es AHF-325 de la marca ZEOLITECH, que es una fuente mineral de ácidos húmicos y fúlvicos, con capacidad de retener humedad y proporcionar nutrientes de manera natural, la composición química presentada por el fabricante presentada en el Cuadro 8 y Cuadro 9.

Cuadro 8. Composición química de leonardita, proporcionada por el fabricante

<u>Elemento</u>	<u>Sólido (%)</u>	<u>Soluble (%) *</u>
Carbono (C)	3.07	ND
Nitrógeno (N)	3.76	ND
Sodio (Na)	0.24	1.86
Magnesio (MgO)	1.05	12.4
Aluminio (Al_2O_3)	20.14	ND
Silicio (SiO_2)	43.08	ND
Potasio (K_2O)	4.39	1.56
Calcio (CaO)	1.30	ND
Hierro (Fe)	4.09	ND
Ácidos Húmicos	0.78 g 100 mL ⁻¹	
Ácidos Fúlvicos	10.69 g 100 mL ⁻¹	

*El análisis en base soluble muestra el porcentaje real aprovechable por la planta, los nutrientes los adsorbe debido a las diferentes cargas de cada elemento, por medio de intercambio catiónico, que requiere los nutrientes en solución. ND= No datos.

Cuadro 9. Composición química de Zeofert® proporcionada por el fabricante

<u>Elemento</u>	<u>Contenido</u>
Nitrogeno (N)	3 %
Fósforo (P)	9 %
Potasio (K)	2 %
Calcio (Ca)	15 %
Magnesio (Mg)	2 %
Azufre (S)	1 %
Silice (Si)	19 %
Hierro (Fe)	2 %
Manganeso (Mn)	0.05 %
Cobre (Cu)	6 PPM
Boro (B)	16 PPM
Zinc (Zn)	281 PPM
Molibdeno (Mo)	3 PPM
Cobalto (Co)	13 PPM
pH	7.65

Se realizó un perfil mineralógico de leonardita y zeofert®, en un Difractómetro de Rayos X, modelo SPELLMAN DF3 (Figura 9), que es una de las técnicas más eficaces para el análisis de compuestos minerales, al medir la separación entre átomos recorriendo un ángulo desde 3.5° a 60° dicha separación se busca en una base de datos de aproximadamente 2000 muestras. El resultado es un fractógrama que una vez comparado con la base de datos arroja los minerales más abundantes en la muestra.

Las dosis de zeofert® y leonardita utilizada por planta fueron 30g.



Figura 9. Difractómetro de rayos X, modelo SPELLMAN DF3

5.6 Inóculo de micorriza

Se utilizó el inóculo de hongos micorrízicos arbusculares *Funneliformis mosseae*, desarrollado en el área de Recursos Genéticos y Productividad-Fruticultura del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo. Se utilizó la planta *Impatiens balfourii* de 7 días de germinada, comúnmente conocida como “Nometoques o balsamino”, planta de origen Himalaya.

Se colocaron las plántulas en un sustrato de cascarilla de arroz-arena-suelo de monte, con una proporción de (1:2:1). En dicho sustrato se agregaron los hongos micorrízicos arbusculares *Funneliformis mosseae*, las plantas se regaron con agua destilada durante 2 meses, cabe mencionar que previamente a la instalación del experimento se constató la pureza del inoculante. El porcentaje de colonización de la planta utilizada como huésped (*Impatiens balfourii*) y el número de esporas por gramo de suelo, los resultados fueron del 80% de colonización y 35 esporas por gramo de suelo, donde crecieron las plantas mencionadas, motivo por el que se determinó utilizar 13g de inóculo (suelo con raíces) por planta al momento de establecer el experimento.

5.7 Diseño experimental

El diseño experimental fue en parcelas divididas completamente al azar, con dos parcelas grandes “PG” (Niveles de CE de la solución nutritiva 0.5 y 1.0 dS m⁻¹) y seis parcelas chicas “PCH” (Con Micorrizas, Zeofert®, Leonardita, Zeofert® con Micorrizas, Leonardita con Micorrizas, Testigo), con cuatro repeticiones.

La distribución de los bolis con los tratamientos se hizo mediante una aleatorización de tratamientos, para disminuir el sesgo o error experimental, realizada en SAS 9.3, como se muestra en la Figura 10, la instalación consistió en el trasplante de 4 plantas de fresa por boli y en ese momento se aplicaron los tratamientos.

5.8 Densidad de población

De acuerdo con la Figura 10 la distribución se realizó colocando 48 bolis en una superficie de 60 m², que fue el área de invernadero utilizada, sumando 192 plantas en esa superficie.

Se realizó una extrapolación para tener un valor de densidad por hectárea se estima que en esa superficie caben 8,000 bolis y en ellos 32,000 plantas ha⁻¹.

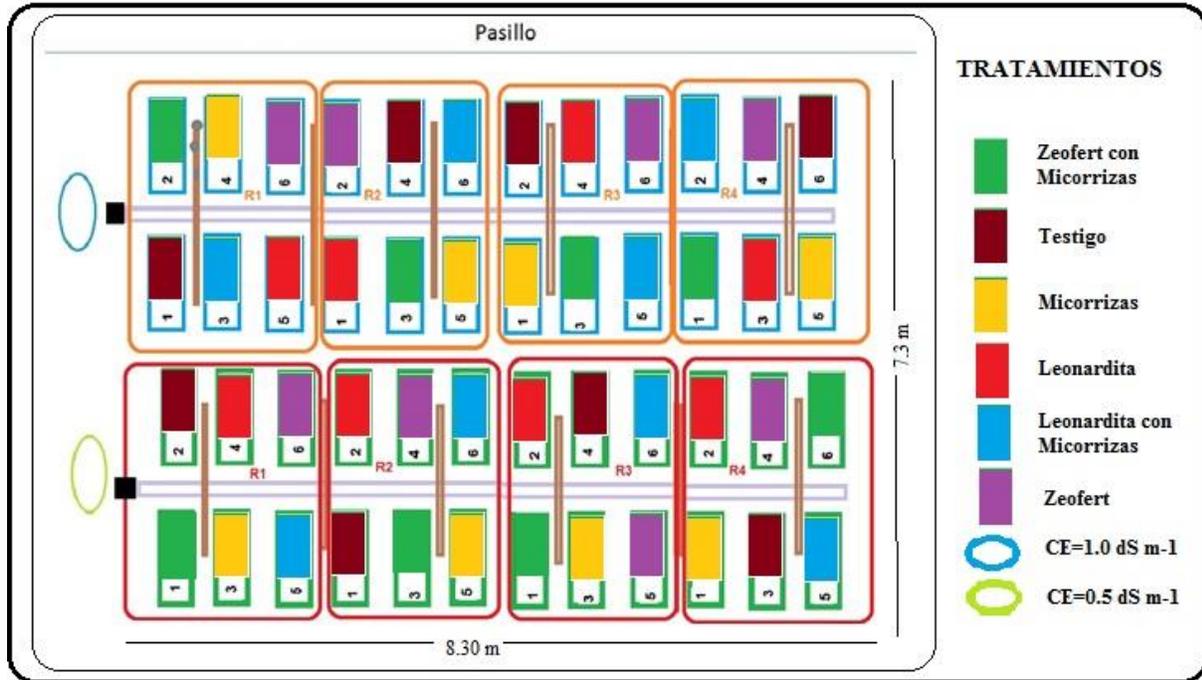


Figura 10. Distribución de tratamientos en el experimento de invernadero

5.9 Variables evaluadas

5.9.1 -Primera fase: vegetativa-floración

5.9.1.1 Altura de la planta

Se midió periódicamente durante todo el desarrollo del cultivo, al momento de establecer el experimento las plantas tenían una altura promedio de ± 5 cm. Se realizaron 8 mediciones a partir de los 12 ddt (días después del trasplante) hasta el momento de la cosecha a los 220 ddt.

5.9.1.2 Numero de hojas

El experimento se estableció a finales del otoño (2017) con plantas de tamaño homogéneo, hojas compuestas por 3 folíolos en total 3 hojas. La evaluación fue mensual, a partir del día 12 ddt, para ver efecto de tratamientos.

5.9.1.3 Valores SPAD (Soil Plant Analysis Development)

Las mediciones se realizaron en las hojas con el equipo SPAD 502 Plus Chlorophyll Meter, estos parámetros también se conocen como medición de clorofila *in situ*, se tomaron desde los 12 ddt, hasta que inicio la floración 150 ddt. Después de 70 días (220 ddt), que coincide con la etapa de fructificación, tomando la última lectura, sumando en total 8 evaluaciones.

Estos valores determinan la cantidad relativa de clorofila a partir de la absorbancia de la hoja en el rojo y cerca de las regiones infrarroja y a partir de éstas el medidor calcula un valor numérico proporcional a la cantidad de clorofila en la hoja, estos valores se relacionan con la condición nutrimental de la planta. Esta correlación entre unidades SPAD, concentración de clorofila extractable y porcentaje de nitrógeno, representa una ventaja al sustituir estas determinaciones por lecturas SPAD para medir estos valores de manera rápida y en campo (Rodríguez *et al.*, 1998; Kumar *et al.*, 2016)

El uso que se le ha dado a los valores SPAD han sido variados e importantes como el medir nitrógeno en tiempo real estimando el rendimiento del grano de arroz, con la finalidad de realizar variaciones espaciales de rendimiento (Gholizadeh, Mohammadmehdi, Boruvka, Wayayok, & Mohd Soom, 2017), estimar concentraciones de nitrógeno y clorofila en tomate (De et al., 1998).

5.9.2 -Segunda fase floración-fructificación

5.9.2.1 Rendimiento (número y peso de frutos)

Se realizaron 21 cortes del (22 marzo-31 mayo) y se formaron 8 grupos para facilitar el manejo de datos estadísticos. El reporte se realizó de manera acumulada por unidad experimental. La primera evaluación de número de frutos y peso correspondió a los 150 ddt y la última al concluir la fase experimental que fue a los 220 ddt.

5.9.2.2 Diámetro de fruto

El diámetro polar (Figura 11a) y diámetro ecuatorial (Figura 11b) se obtuvieron a partir del promedio de los diámetros de 3 frutos por cada tratamiento, de esta variable, se presentan 12 fechas muestreadas, la primera fue a los 165 ddt y la última los 220 ddt (cada 5 días). Los cuales se clasificaron de acuerdo a los parámetros establecidos por la NMX-FF-062-2002.

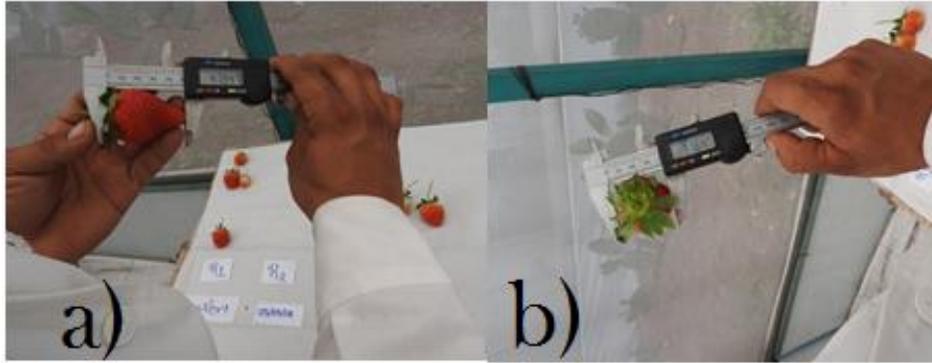


Figura 11. a) Diámetro polar. b) Diámetro ecuatorial

5.9.2.3 Forma del fruto

Se determinó con los datos de longitud/diámetro de frutos, donde valores menores a 1 fueron considerados como frutos achatados, valores mayores a 1 fueron considerados como frutos alargados y valores de 0 considerados como frutos redondos (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008).

5.9.3 -Calidad postcosecha

5.9.3.1 Firmeza del fruto

Se determinó mediante un texturómetro Wagner modelo FDV-30 con una base metálica marca Chatillón con puntal cónico Magness Taylor (diámetro 12 mm) (Figura 12), reportando los datos en Newtons (N); se realizaron 6 evaluaciones a partir de los 170 ddt hasta los 220 ddt.



Figura 12. Texturómetro Wagner para determinar textura de en frutos de fresa

5.9.3.2 Sólidos solubles totales (%SST o °Brix)

Se realizaron 6 determinaciones con un refractómetro digital (Atago, modelo PR-100), tomando directamente algunas gotas de jugo sobre el lector digital (Figura 13), con una escala de 0-32% de acuerdo al método de la (AOAC, 1990).



Figura 13. Refractómetro digital para determinar %SST o °Brix en frutos de fresa

5.9.3.3 Acidez titulable

Se empleó la metodología de la (AOAC, 1990), se organizaron los frutos por tratamientos (Figura 14a) se tomaron 10g de pulpa fresca (Figura 14b) y se homogeneizaron con 50 mL de agua destilada (Figura 14c), se licuó y se tomó una alícuota de 5 mL de la solución y se agregaron 3 gotas de fenolftaleína al 2.5% como indicador (Figura 14d), se tituló con hidróxido de sodio (NaOH) al 0.1 N (Figura 14e), hasta el momento en que la solución mostró un cambio a color rojo (Figura 14F). El porcentaje de acidez se calculó con relación a ácido cítrico que es el que tiene en mayor cantidad en el fruto de fresa, la proporción de ácido cítrico se calculó de acuerdo a la ecuación

$$\% \text{ de ácido cítrico} = \frac{(mL \text{ NaOH gastados})(N \text{ NaOH})(Meq)(100)}{(alícuota)}$$

Dónde:

N NaOH= Normalidad de NaOH 0.1

Meq= Miliequivalentes de ácido cítrico 0.064

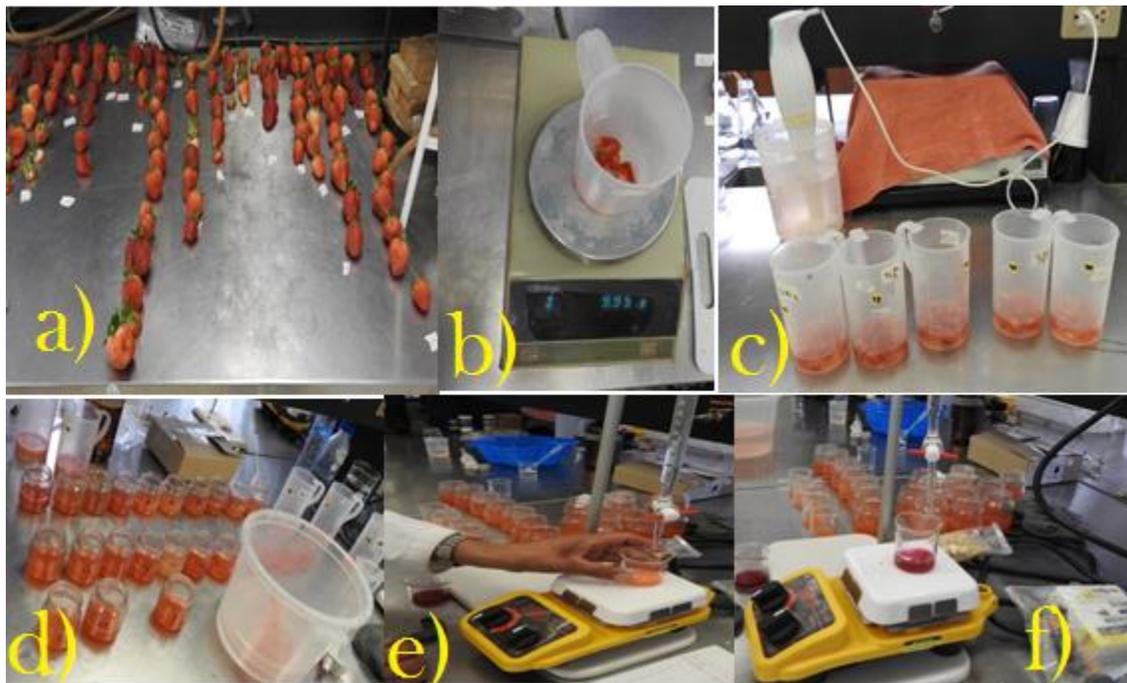


Figura 14 Metodología de acidez titulable. a) Acomodo de fruto por tratamientos. b) Pesado de 10g de fruta fresca. c) Homogeneización de la muestra con 50 mL de agua destilada para ser licuado. d) Filtrado del paso c). e) Titulación con hidróxido de sodio (NaOH).

5.9.3.4 Vitamina C

La concentración de vitamina C o ácido ascórbico por cada 100 g de fruto fresco, se evaluó una vez en la última cosecha de fruto (220 ddt) esta variable se determinó a través del método de 2,6-diclorofenol indofenol o método Tillman descrito por la (AOAC, 1990) reportado en (mg 100 g de fruto⁻¹).

Se tomó una muestra de 3g de pulpa de fresa (muestra compuesta de al menos 3 frutos por tratamiento), macerada, filtrada y homogeneizada en 30 mL de ácido oxálico al 0.5 %, se tomó una alícuota de 5 mL y se tituló con la solución de Tillman (FDI-2,6 dicloroindofenol), hasta obtener un cambio a color rosado y que el color permanezca visible por al menos un minuto, los datos se reportaron en mg 100 g de fruto fresco. Para la lectura de datos se realizó una curva de calibración de ácido ascórbico (Figura 15).

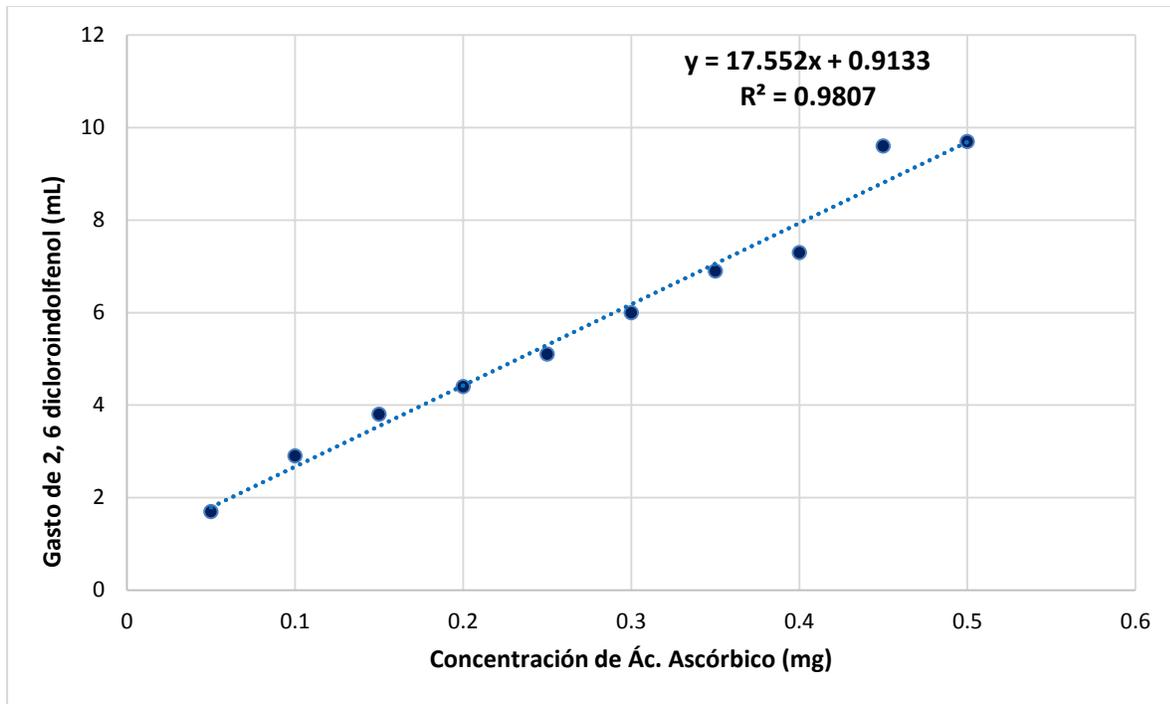


Figura 15. Curva de calibración de ácido ascórbico

Estas determinaciones se realizaron en el laboratorio de postcosecha de Fruticultura del Colegio de Postgraduados Campus Montecillo.

5.9.4 -Cosecha de material vegetal

Al finalizar la etapa experimental a los 220 ddt, se cosecharon las plantas, se cortó la corona de las plantas (Figura 16) y se colocaron en bolsas de papel rotuladas por tratamientos. El material vegetal fresco se pesó utilizando una báscula analítica, posteriormente se separó en frutos, tallos y hojas, se lavó el material vegetal con agua destilada, se eliminó el exceso de humedad y se colocó en diferentes bolsas de papel para su posterior secado.



Figura 16. Cosecha de plantas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) a los 220 ddt

5.9.4.2 Contenido de materia seca

La parte aérea de la planta se secó en estufa de aire forzado por 72 h a 70°C o hasta peso constante, en el Laboratorio de Física de Suelos, para después pesar el material en una balanza analítica, este proceso se llevó a cabo en el Postgrado de Edafología, Campus Montecillo.

5.9.4.3 Área foliar

Se separaron los folíolos (hojas) por tratamientos (Figura 17a) en una prensa para material vegetal y así conservar su forma, esta variable se determinó mediante un integrador de área foliar LI-3100 AREA METER, LI-COR, ine. Lincoln, Nebraska USA (Figura 17b), Una vez determinada esta variable, el material vegetal se secó en estufas de aire forzado.

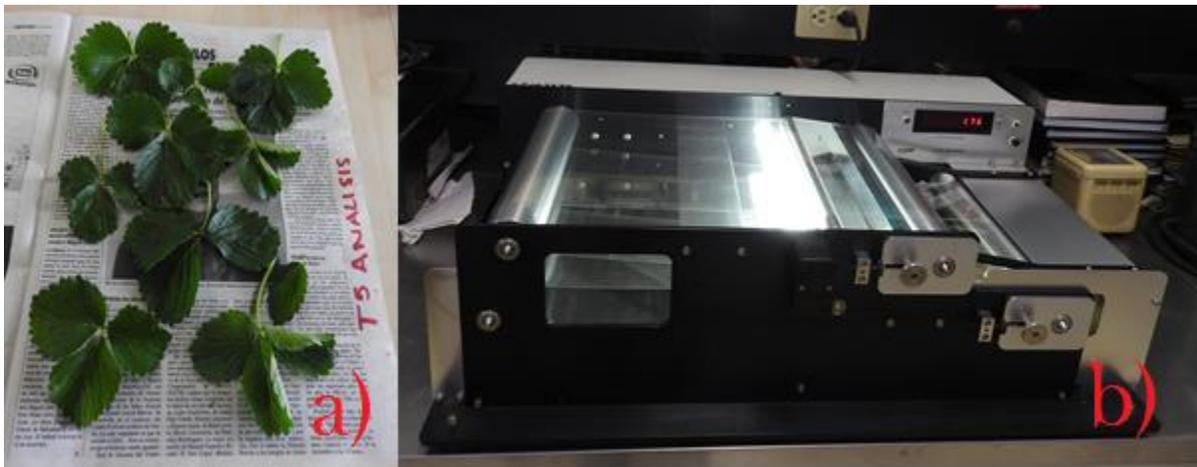


Figura 17. a) Material vegetal cosechado a los 220 ddt por tratamiento. b) Integrador de área foliar LI-3100 AREA METER LI-COR

5.9.5 -Colonización de Micorriza

Después de la cosecha del material vegetal se tomó una muestra compuesta de raíces finas y medias por tratamientos con micorrizas. Utilizando la técnica de clareo y tinción de raíces propuesta por Phillips y Hayman. (1970), que consistió en tomar una muestra de raíces finas y medias, las cuales se colocaron en una cápsula de plástico esterilizable para raíz. Las raíces se lavaron con agua de la llave para eliminar fibra adherida, se colocaron en un vaso de precipitados con hidróxido de potasio (KOH) al 10% hasta cubrir las raíces, reposó durante 24 horas, se enjuagó con agua destilada y se repitió el procedimiento 2 veces más hasta que el KOH quedara menos turbio. Ingresaron a la autoclave por 10 min a 4.5kg⁻¹ de presión, para llevar a cabo el clareo de raíces (eliminar pigmentos).

Posteriormente se agregó HCl al 10% durante 15 minutos para acidificar el medio, las raíces se enjuagaron con agua destilada, después se le adicionó azul de tripano en lactoglicerol, sometiendo a las raíces a calor húmedo en el autoclave por 5 min a 4.5 kg^{-1} de presión para que se efectuará el proceso de tinción.

Finalmente se montaron 25 segmentos de raíz en cada portaobjetos de cristal, por tratamiento evaluado, cada segmento de 2 cm de largo, una vez montados se agregó una gota de lacto glicerol para fijar y se cubrió con cubreobjetos (Figura 18).

Los portaobjetos se observaron al microscopio óptico, se evaluó el porcentaje de hongos micorrízicos, la frecuencia e intensidad de la colonización, a través de visualización al microscopio compuesto, conocido como método de deslizamiento, que consiste en observar los segmentos de raíz en tres pasajes equidistantes, registrando la cantidad e intensidad de colonización de hifas, vesículas o arbusculos.



Figura 18. Raíces de fresa montadas en cubreobjetos, para evaluar proporción de colonización de micorrizas

5.10 Análisis de datos

Los datos de las variables se analizaron a través de un análisis de varianza ANOVA, y una comparación de medias a través del programa estadístico SAS 9.3.

El modelo utilizado fue de parcelas divididas en completamente al azar

$$y_{ijk} = \mu + A_i + \varepsilon_{ik} + B_j + AB_{ij} + \varepsilon_{ijk};$$

Donde;

.i=1,2. Niveles del factor A (PG) (2 niveles Solución Nutritiva de Steiner 0.5 y 1.0 dS·m⁻¹)

.j=1,2...6. Niveles del factor B (PP) (6 tratamientos “Zeofert con micorrizas”, “Testigo”, “Micorrizas”, “Leonardita”, “Leonardita con micorrizas”, “Zeofert”)

.k=1,2...4. Número de repeticiones de la PG

.μ= Media general

.ε= Error experimental

Se realizó verificación de supuestos de normalidad, homogeneidad de varianza e independencia. Se obtuvo comparación de medias con un alpha 0.05, así como una prueba de Tukey para ver si existían diferencias significativas entre tratamientos de cada una de las variables evaluadas.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Perfil mineralógico de potencializadores minerales

El perfil mineralógico de leonardita utilizada en el experimento, se muestra en el fractograma (Figura 19), donde se observa que el 80% contiene cuarzo, 20% estalactita y el 10% montmorillonita.

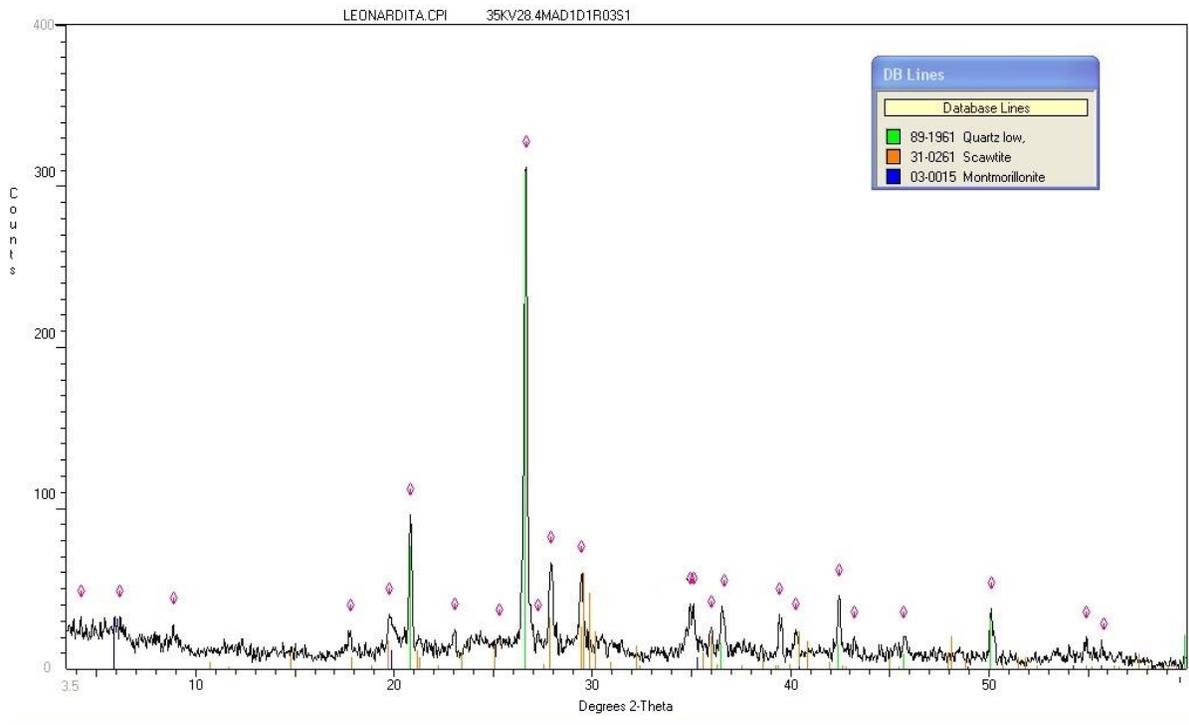


Figura 19. Refractómetro de leonardita

El perfil mineralógico de la mezcla comercial “Zeofert®”, se muestra en el siguiente fractograma (Figura 20). Se identificaron 6 minerales principales y al menos el 60% de la muestra está compuesto por cuarzo, y en el 40% restante se identificó calcopirita, ojuelaite, olivino, cascandite y montmorillonita.

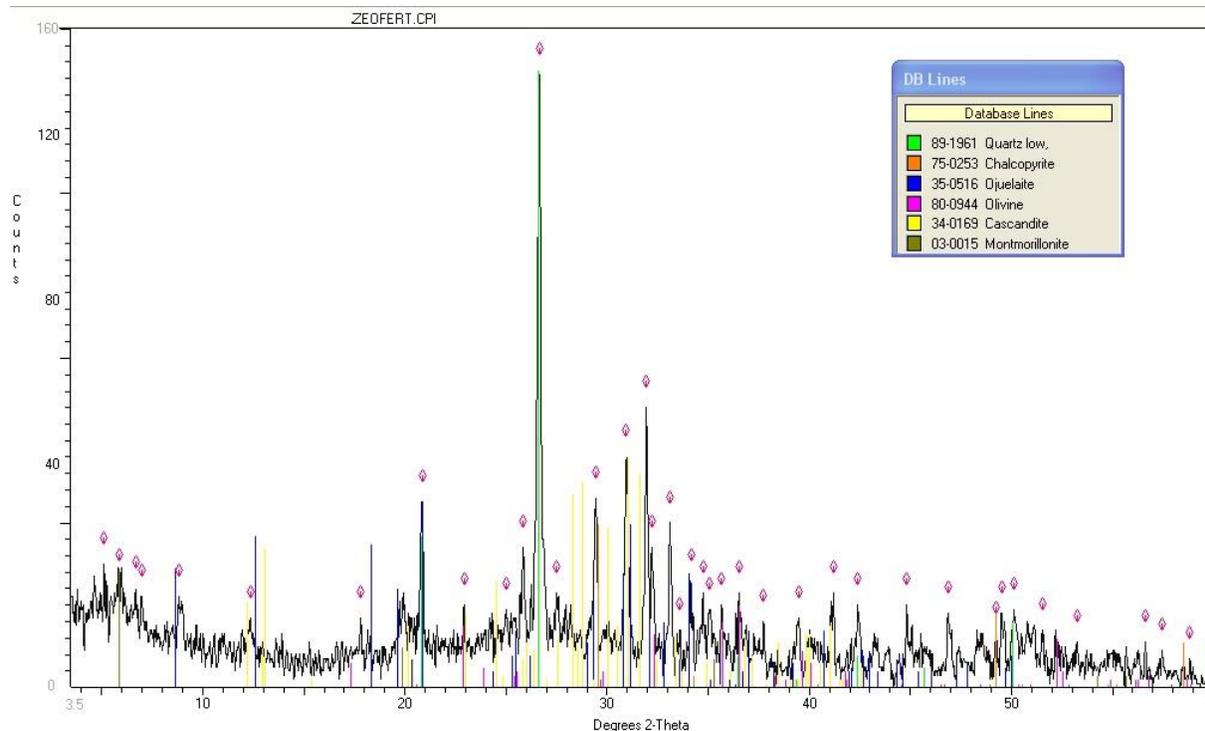


Figura 20. Fractograma de Zeofert®

El resultado de estos análisis no refleja contenidos de compuestos orgánicos que pudieran ser equivalentes a humus fosilizado, en la presente investigación no se realizó la extracción específica para conocer su contenido, solamente se determinaron los elementos presentes en el Cuadro 10.

Cuadro 10. Elementos analizados de los potencializadores inorgánicos

Mineral	pH	CE (dS m ⁻¹)	CIC (cmolc kg ⁻¹)	%N	P (mg kg ⁻¹)	K (cmolc kg ⁻¹)
Zeofert	8.08	1.3	24.4	0.50	0.01	0.2
Leonardita	8.17	1.1	0.28	0.33	0.01	0.4

6.2 Respuesta Fisiológica de la fresa en etapa de vegetativa a floración

6.2.1 Altura

El tratamiento TL-1 presentó diferencias significativas al propiciar un mayor desarrollo en altura ya que creció 5 cm en 18 días, hasta la evaluación a los 30 ddt en la que destacó el tratamiento TL+M-1 que se mantuvo con esta tendencia durante los siguientes 6 muestreos (30-150 ddt), periodo que coincidió con los meses de invierno e inicio de primavera. En total las plantas crecieron 8.25 cm desde el momento de su establecimiento hasta la evaluación final (Cuadro 1a).

En las Figuras 21 y 22 se observa disminución del crecimiento de las plantas en los días 60 a 120 ddt, que correspondió al invierno, de acuerdo con Fernández y Johnston, (2006) es un efecto debido a las bajas temperaturas la planta sufre el efecto de termoperiodicidad, que se presenta cuando existe una gran diferencia entre las temperaturas de día y de la noche. Las temperaturas en el invernadero durante el día fueron en promedio 33.9°C y en la noche en promedio 5.4°C llegando a bajar hasta 0.6°C. Las temperaturas extremas tienden a reducir la velocidad fotosintética y aumentar la transpiración Wang y Lin, (2006) sostienen que el aumento de temperaturas generan un desequilibrio entre fotoasimilados y respiración. Estos procesos se llevan a cabo a determinadas temperaturas: fotosíntesis se entre 20 y 25°C, mientras que la tasa de respiración se incrementa con temperaturas superiores a 30°C. De acuerdo a Fernández y Johnston, (2006) estas diferencias en temperatura limitan el suministro de azúcar y transporte a los tallos limitando o retardando el crecimiento.

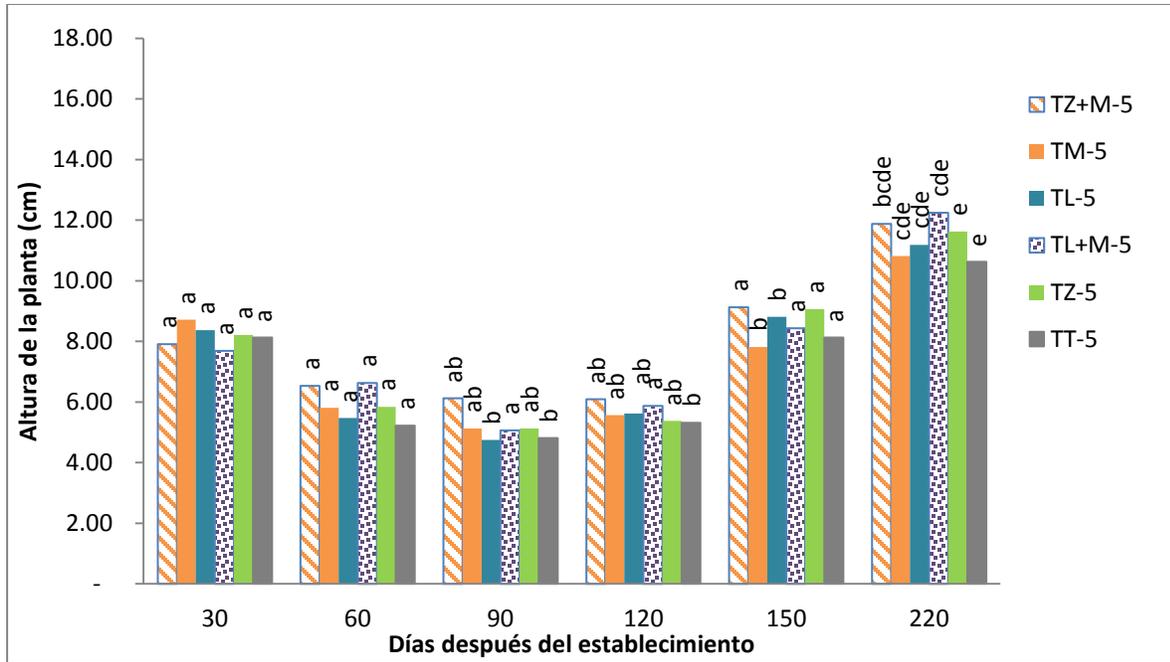


Figura 21. Altura de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana (cm) en CE=0.5 dS m⁻¹. Datos tomados del Cuadro 1a de Anexos

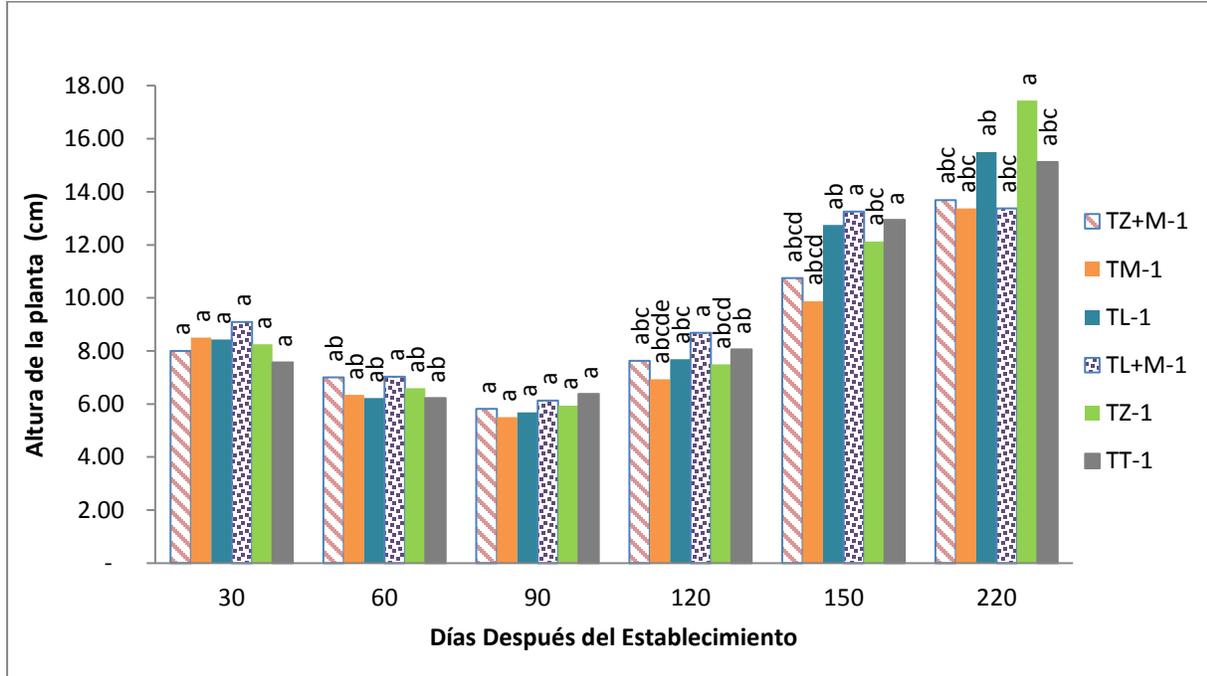


Figura 22. Altura en cm de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana en CE=1.0 dS m⁻¹. Datos tomados del Cuadro 1a de Anexos.

Las plantas de fresa retomaron su crecimiento a partir de los 120 ddt hasta el momento de la cosecha. En la última toma de datos al finalizar la etapa experimental a los 220 ddt, el tratamiento que mostró diferencias significativas fue TZ-1 debido a la altura de las plantas con 17.44 ± 4.1 cm, lo que significó un crecimiento en altura mayor a 12 cm (248.8%), desde el establecimiento hasta el término del experimento. Se esperaba que las plantas más altas pertenecieran a los tratamientos con HM como lo dicen Jung *et al.*, (2012) que la inoculación con HM promueven el crecimiento de las plantas así como se ha comprobado en otros estudios realizados como en banano, donde además de incrementar la altura aumento la supervivencia de plantas (Kavoo-Mwangi *et al.*, 2013). Sin embargo el crecimiento generado en el tratamiento con zeofert fue respuesta al estímulo de la rizosfera y la producción de hormonas que funcionan como reguladores de crecimiento como lo afirman Conselvan *et al.*, (2017) favoreciendo así la altura en plantas de fresa.

Las plantas más altas con $CE=0.5 \text{ dS} \cdot \text{m}^{-1}$, fueron las del tratamiento TL+M-5, presentando alturas de 12.25 ± 1.02 cm, el incremento de altura fue de más de 7 cm a lo largo del experimento y este tratamiento con respecto al testigo tuvo un incremento en altura del 15.2% (Figura 21), que presentaron un comportamiento similar al reportado por Boyer *et al.*, (2015) donde la inoculación con HM en fresa obtuvo un mayor crecimiento de las plantas, esta asociación con leonardita generó una influencia positiva en los cambios en la arquitectura de la raíz que mejoró la absorción de nutrientes (Canellas *et al.*, 2015).

6.2.2 Número de hojas compuestas (3-folioladas)

De los 12 a 30 ddt, el tratamiento que destacó estadísticamente, fue TZ+M-5, con un incremento del 125% (Figura 23). El mayor número de hojas compuestas se presentaron en TL+M-5 (19.31 ± 2.58) que representa el 38.5 % con respecto al tratamiento TT-5 de la misma CE=0.5 dS m^{-1} (Cuadro 2a), durante el periodo de evaluación todos los tratamientos con esta CE tuvieron un menor desarrollo esta respuesta concuerda con lo reportado por Juárez-Rosete *et al.*, (2007) donde la disponibilidad de nutrientes afectó el desarrollo de numero de hojas.

El comportamiento de los tratamientos con CE=1.0 dS m^{-1} a los 50 ddt que fue el inicio del invierno, las plantas con mayor número de hojas correspondieron a TL+M-1 hasta la fructificación de la planta (150ddt) presentando un incremento en el número de hojas de 13.45% respecto al tratamiento testigo con la misma CE.

En la Figura 23 se observa la dinámica de formación de hojas. El desarrollo máximo de hojas fue a los 150 ddt, y hubo una disminución por senectud o deterioro durante la fase de fructificación y maduración de frutos.

A los 220 ddt, en el análisis estadístico no mostró diferencias significativas entre los tratamientos de la CE=1.0 dS m^{-1} , las plantas con mayor número de hojas (19.56 ± 4.72) fue el tratamiento TZ+M-1. Benton (2004) afirma que las plantas cultivadas en invernaderos suelen ser más sensibles a la absorción de agua y nutrientes a través de las raíces, que generalmente impacta en la tasa de crecimiento y desarrollo mismo de la planta.

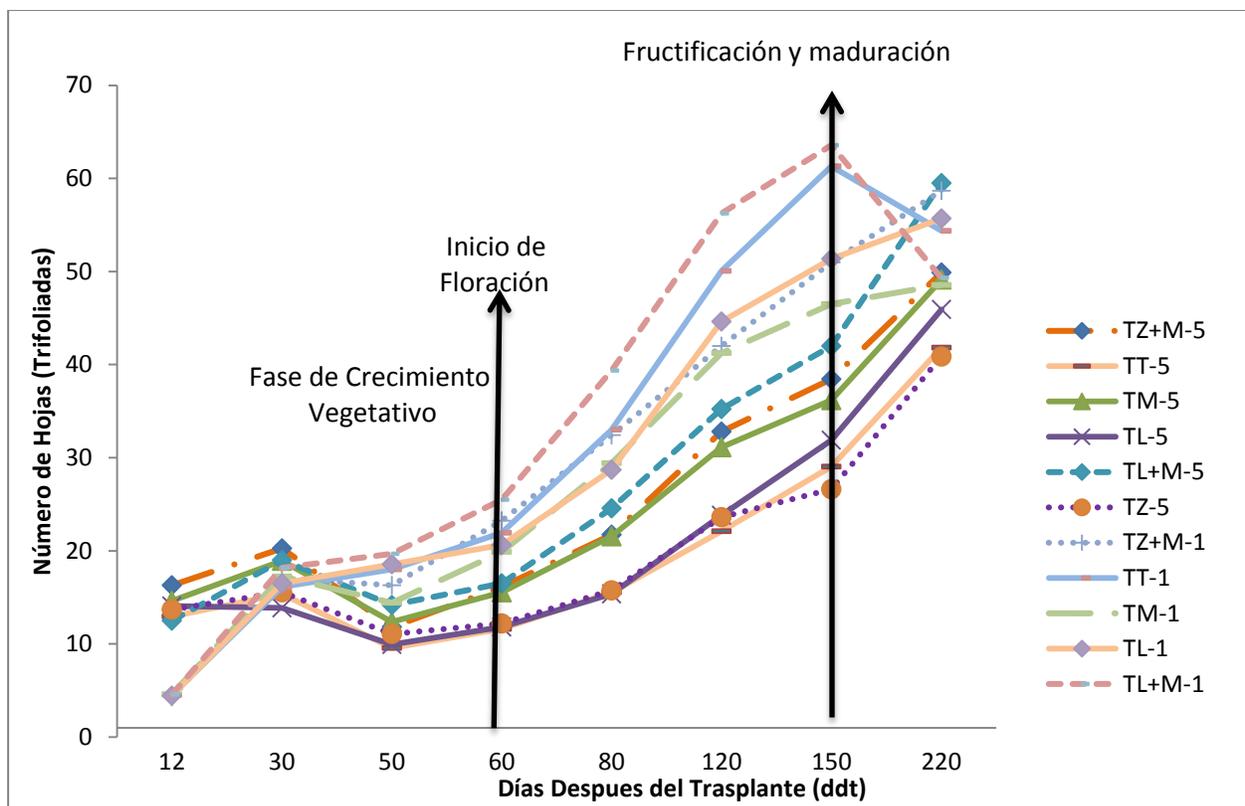


Figura 23. Numero de hojas de fresa (*Fragaria x annanasa Duch.*) CP-Zamorana y fases de desarrollo

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

6.2.3 SPAD (Soil Plant Analysis Development)

Los valores SPAD presentaron diferencias estadísticas desde la primera evaluación (12 ddt), donde destacaron los tratamientos de interacción de potencializadores orgánicos+ inorgánicos en ambas CE, seguido del tratamiento con micorrizas.

Los valores SPAD más bajos se presentaron a los 60 ddt en la CE=0.5 dS m⁻¹ (Cuadro 3a) que coincidió con el inicio de la floración, así como en fructificación y maduración del fruto (Figura 24) esta tendencia concuerda con lo reportado por Juárez-Rosete *et al.*, (2007) donde los valores

SPAD disminuyen en función de las etapas fenológicas del cultivo, lo cual tiene relación con el contenido de nitrógeno y su relación con estos valores en las hojas como lo menciona Rodríguez *et al.*, (1998) en donde citan el contenido de nitrógeno como representante de estos.

Durante la temporada de invierno que comprendió de los 40 a 120 ddt se encontraron los valores SPAD más bajos que de acuerdo a Benton, (2004) la disminución en la temperatura provoca pérdida de turgencia en las hojas afectando los valores SPAD (Figura 24).

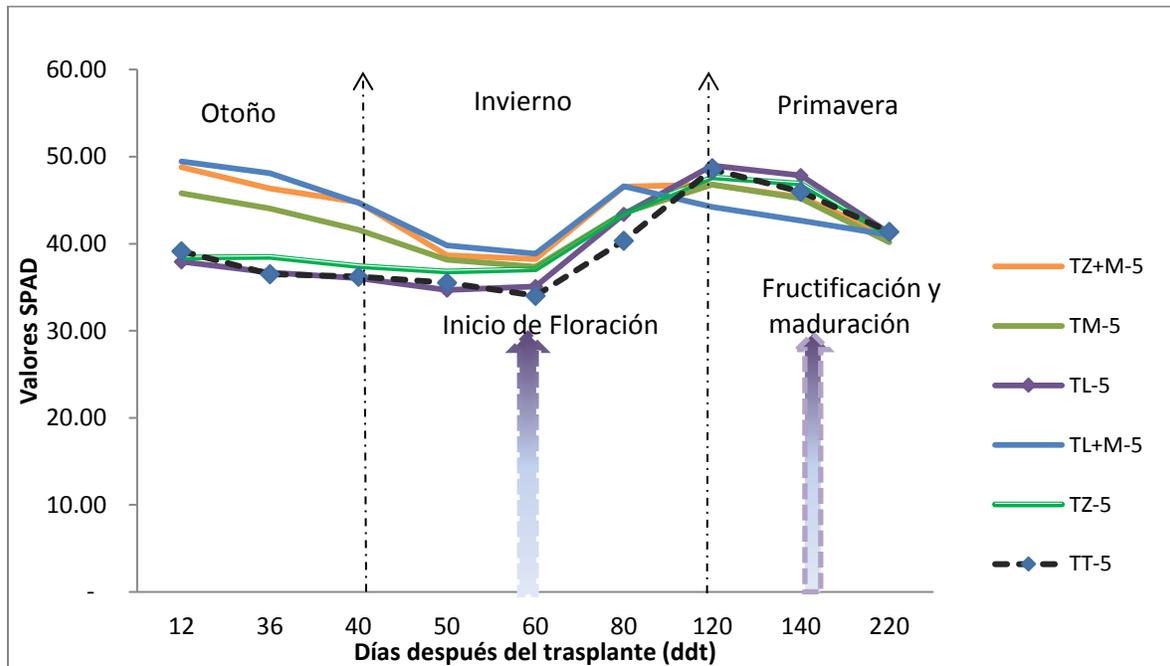


Figura 24. Valores SPAD en hojas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana con $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TT-5= Tratamiento Testigo $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TM-5=Tratamiento con Micorrizas $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TL-5=Tratamiento con Leonardita $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TZ-5=Tratamiento con Zeofert $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$.

En cuanto al comportamiento de los tratamientos de $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$ (Figura 25), la primera toma de datos (12 ddt) los tratamientos tuvieron el mismo comportamiento de $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$ antes descritos.

La temperatura influyo en el comportamiento de los valores SPAD en los tratamientos con mayor disponibilidad de nutrientes con $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. La tendencia de todos los tratamientos fue similar donde los valores SPAD más bajos coincidió con el inicio de la floración a los 80 ddt y con el mes más frío durante la fase experimental (enero) (ver Figura 3 de materiales y métodos). De acuerdo a Benton, (2004) la disminución de la temperatura afecta la tasa de fotosíntesis, por esta razón afirmamos que la baja de temperatura repercutió en los valores SPAD.

Al inicio de la primavera (120 ddt) los factores climáticos afectaron nuevamente los valores SPAD disminuyéndolos hasta el momento de la cosecha (220 ddt) sin presentar diferencias significativas entre tratamientos (Cuadro 3a). En la Figura 25 se aprecia una relación entre los valores SPAD con las etapas fenológicas del cultivo debido a disponibilidad de nutrimentos y a factores ambientales como la temperatura.

Los valores SPAD más altos, durante todo el experimento fueron en las plantas del tratamiento TL+M-5 (Cuadro 3a), como respuesta al uso de potencializadores al estimular los procesos fotosintéticos que de acuerdo a Conselvan *et al.*, (2017) estos mejoran la asimilación de N, aumentando el contenido de clorofila, estimulando la actividad de la enzima RuBisCo. La leonardita proporciona esqueletos de Carbono, mejorando la actividad y asimilación de nitrógeno. De acuerdo a Jung *et al.*, (2012) la simbiosis con micorrizas aumenta la tasa de fotosíntesis e influye en la asimilación de carbono.

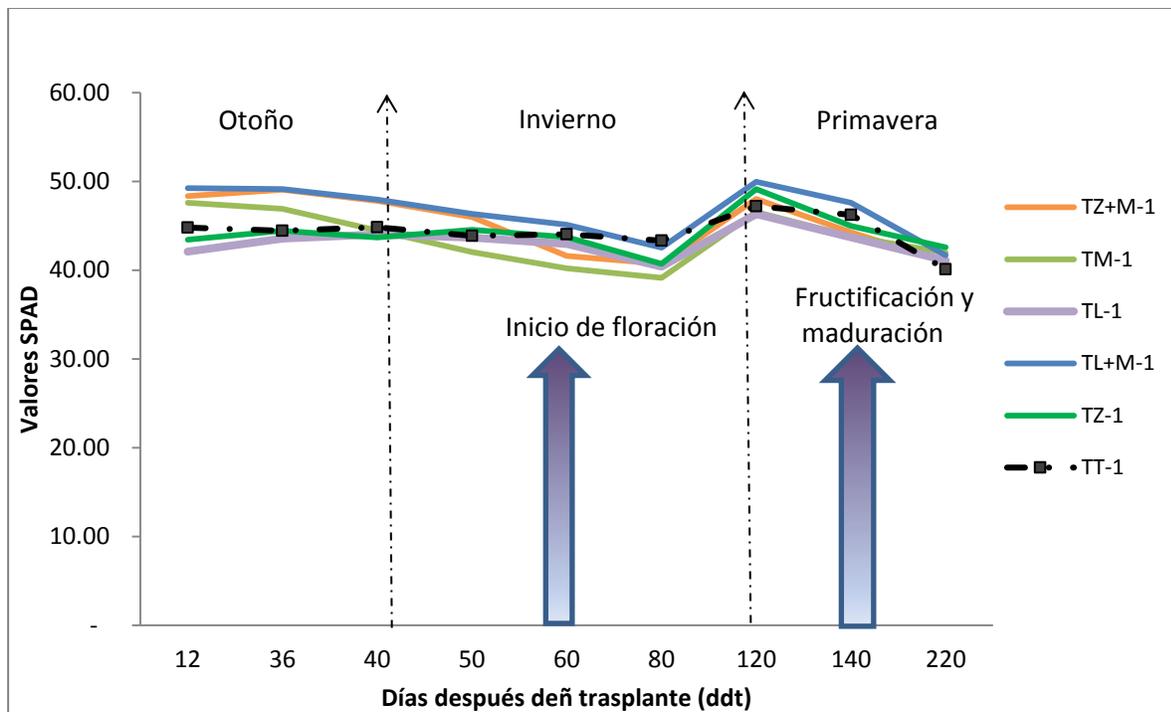


Figura 25. Valores SPAD de plantas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana con $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$.

Tratamientos: TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TT-1= Tratamiento Testigo $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TM-1= Tratamiento con Micorrizas $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TL-1= Tratamiento con Leonardita $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$.

6.2.4 Área Foliar

La importancia de este parámetro es por su asociación con los procesos agronómicos como fotosíntesis, transpiración e interceptación de luz (Cabezas-Gutiérrez *et al.*, 2009), que refiere a que hojas más grandes tienen una mayor superficie fotosintética disponible. Los valores obtenidos de área foliar de todos los tratamientos fueron mayores a los reportados por (Ortiz *et al.*, 2016) de $1384 \text{ cm}^2 \text{ planta}^{-1}$ de la misma variedad, pero fue debido al estrés por pH propio de su investigación.

En la presente investigación se realizó una evaluación a los 220 ddt, el valor presentado es por UE (boli), el análisis estadístico no arrojó diferencias significativas entre tratamientos pertenecientes a la $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$, sin embargo el tratamiento con mayor área foliar fue el TT-5 con $2,297.07 \pm 1,078.49 \text{ cm}^2$, seguido de TL-5 con $2,151.91 \pm 695.93 \text{ cm}^2$ (Cuadro 4a),

Esta variable mantiene una relación entre acumulación de biomasa y rendimiento (Acosta *et al.*, 2008) en nuestro caso los tratamientos con diferencias significativas en área foliar fueron TZ-1 ($3,201.37 \pm 439.15 \text{ cm}^2$), TT-1 ($2,869.86 \pm 1,092.02 \text{ cm}^2$), TL+M-1 ($2,714.47 \pm 946.94 \text{ cm}^2$) y TZ+M-1 ($2,641.08 \pm 551.22 \text{ cm}^2$) Figura 26, mismos que destacan en rendimiento por planta, así como en acumulación de materia seca.

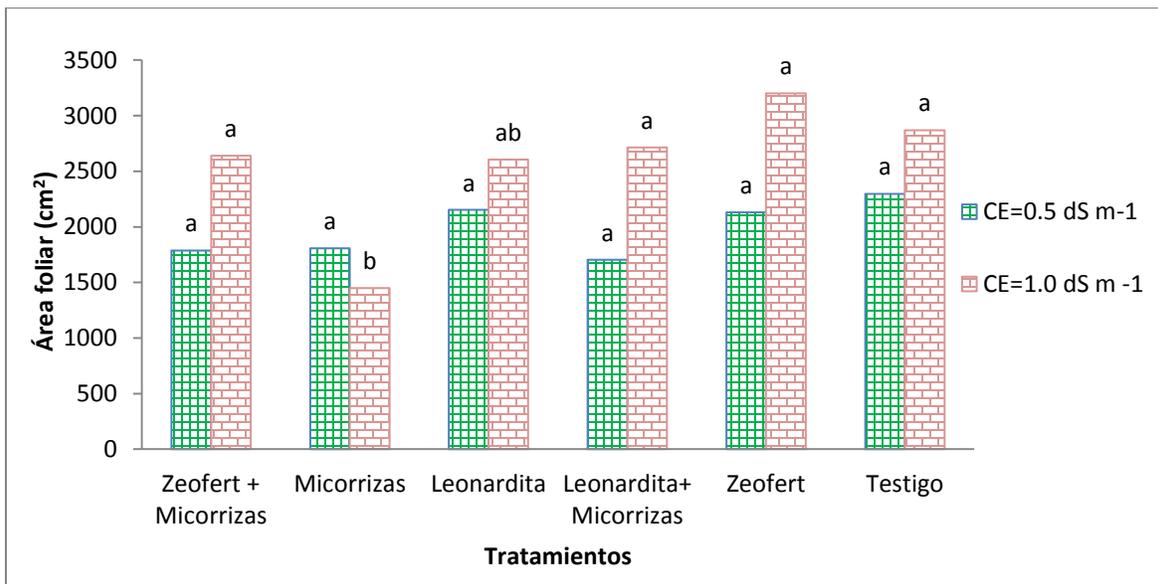


Figura 26. Área foliar (cm^2) de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt.

6.2.5 Materia Seca

El contenido de materia seca se determinó de la parte aérea (hojas, corona, flores y frutos) de las plantas al momento de la cosecha a los 220 ddt. No se evaluaron las raíces, debido a que resultó imposible separarlas por completo de la fibra de coco. Tampoco se consideraron los estolones, ya que fueron removidos al momento de su aparición, debido al propósito de la investigación que fue evaluar rendimiento, acorde a lo mencionado por Ávila (2015) la remoción de estas estructuras intensifica el desarrollo de las coronas para evitar pérdida de energía durante la fructificación.

Los tratamientos con mayor acumulación de materia seca fueron TL+M-1 y TT-1.

El orden de acumulación de materia por los órganos evaluados fue hojas >corona>flores y frutos (Cuadro 5a), valores que difieren de los reportados por Avitia-García *et al.*, (2014) donde las flores y frutos presentaron mayor acumulación de materia seca sobre la corona; sin embargo la razón de estas diferencias fue que al momento de la cosecha del material vegetal se cortaron los frutos para la última evaluación de calidad, por lo que los frutos contabilizados en la presente variable fueron los que se encontraban en desarrollo.

La mayor acumulación de materia seca fue en las hojas jóvenes considerados los órganos de mayor actividad de crecimiento y por lo tanto mayor acumulación de nutrientes

La acumulación de materia seca en las plantas de fresa se encuentra en función a la disponibilidad nutrimental, en la Figura 27 se muestra una mayor acumulación de materia seca en los tratamientos con CE=1.0 dS m⁻¹ que los tratamientos de CE=0.5 dS m⁻¹ que coincide con lo reportado por Avitia-García *et al.*, (2014) quienes reportan que una mayor acumulación de materia seca representa mayor absorción de nutrimentos. El tratamiento TL+M-1 presentó diferencia estadística significativa con una concentración de materia seca de 20.98 g planta⁻¹, similar a los 21.26 g planta⁻¹ reportado por Ortiz *et al.*, (2016) para la misma variedad pero cultivado en suelo y utilizando bacterias promotoras de crecimiento; mientras que el tratamiento evaluado con menor concentración nutrimental (TL+M-5) redujo este contenido 49.8% (10.46 g planta⁻¹).

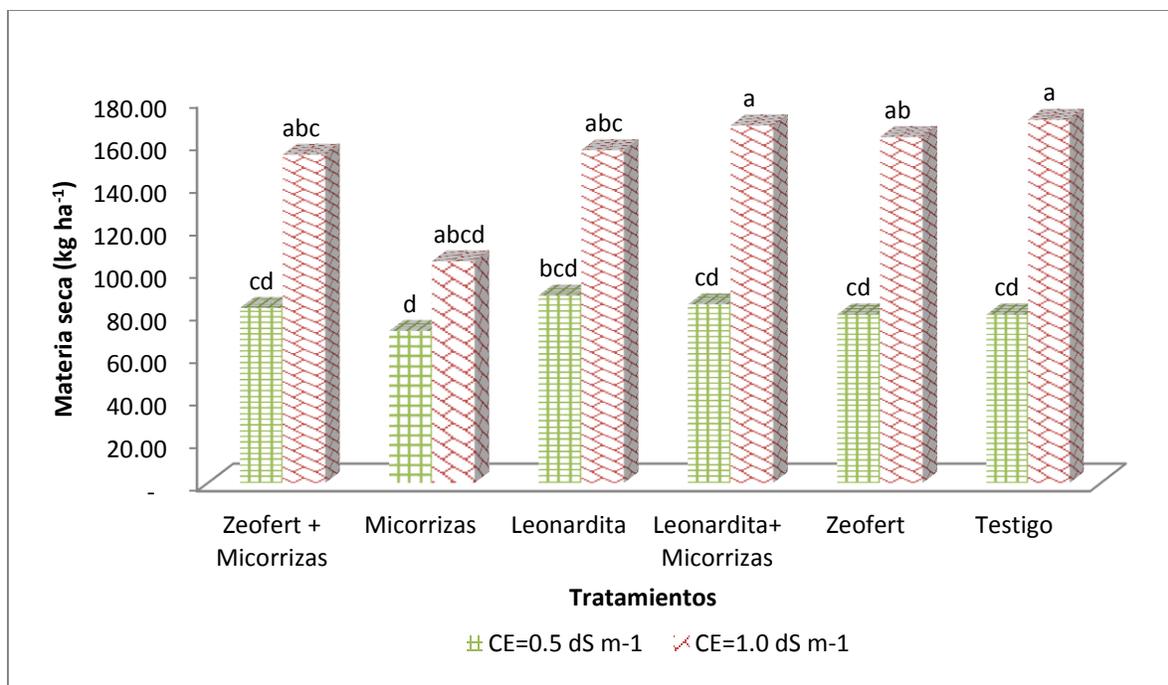


Figura 27. Contenido de materia seca (kg ha⁻¹) de plantas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt

6.3 Rendimiento

6.3.1 Número de frutos

La primera evaluación se efectuó a los 150 ddt el tratamiento que tuvo mayor número de frutos (6) fue TL+M-5, mientras que los tratamientos TL-1, TZ-1 y TT-1 no tuvieron frutos.

En la última evaluación del experimento a los 220 ddt el tratamiento con mayor número de frutos fue TL+M-1, mismo que presentó diferencias estadísticas en 6 de las 8 evaluaciones, destacando desde los 170 ddt hasta el término del experimento (220 ddt), sumando 465 ± 15.74 frutos, que es 23% con respecto al tratamiento con menor número de frutos con la misma CE (TZ+M-1 con 378 ± 17.18 frutos) (Cuadro 6a representa el número de frutos por tratamientos acumulado en 8 evaluaciones).

En la Figura 28, se observa que en la mayor parte de la fase experimental destacaron los tratamientos TL+M-1 y TL+M-5 con 465 ± 15.74 y 253 ± 18.54 respectivamente. Al comparar ambos tratamientos con diferente concentración nutrimental la diferencia fue una disminución de

frutos del 54.4%, que difiere a lo reportado por Juárez-Rosete *et al.*, (2007) donde afirma que la concentración de la solución nutritiva no afecta al número de frutos durante la fructificación.

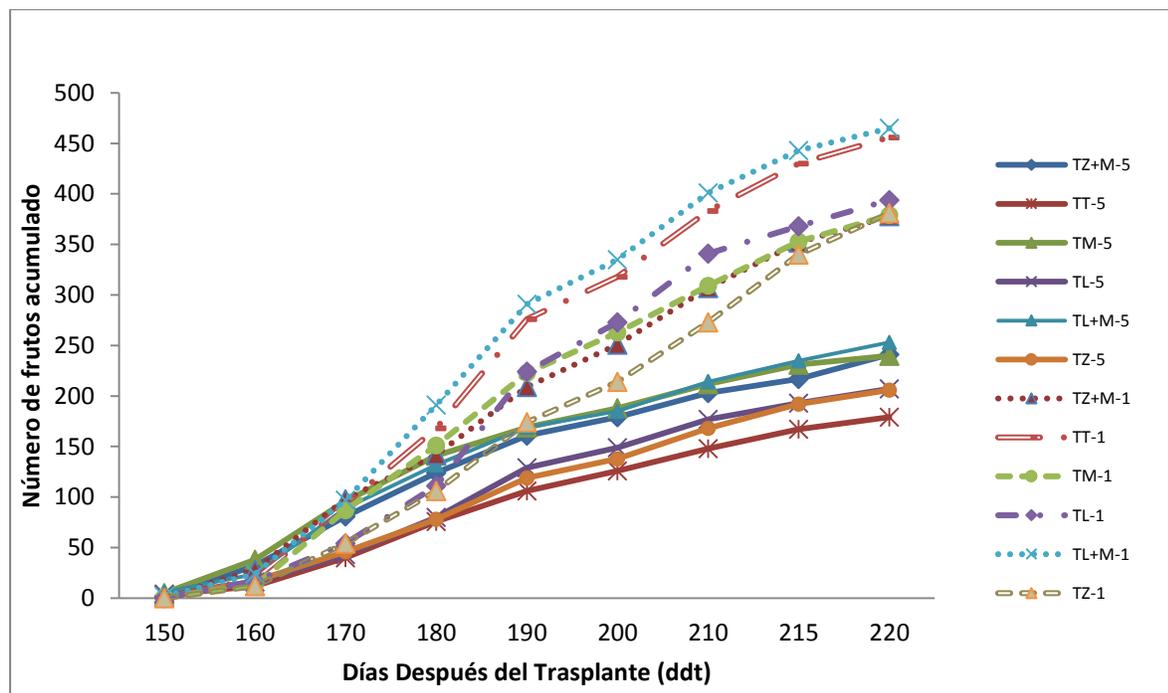


Figura 28. Número de frutos acumulado de fresa (*Fragaria x annanasa Duch.*) CP-Zamorana por tratamiento.

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹.

6.3.2 Rendimiento acumulado

Se realizaron un total de 20 cortes en 70 días iniciando a los 150 ddt, el tratamiento que mostró diferencias significativas fue TL+M-5, a los 160 ddt los tratamientos TZ+M-5 y TZ+M-1 (Cuadro 7a) fueron significativamente distintos de los otros tratamientos evaluados. Estos resultados son consistentes con lo reportado por (Bona et al., 2015) quienes señalan que la

incorporación de hongos micorrízicos afecta en el rendimiento de fresa incluso en condiciones de reducción de fertilizantes químicos.

A los 170 y 180 ddt el tratamiento TL+M-1 acumuló 728.15 ± 112.74 g UE⁻¹, destacando hasta finalizar el experimento a los 220 ddt, sumando $1,449.95 \pm 320.79$ g UE⁻¹ (Cuadro 7a).

El rendimiento está relacionado con la disponibilidad de nutrientes, puesto que en el mismo tratamiento pero con CE menor, el rendimiento disminuyó 48.76% (Figura 29), Bona *et al.*, (2015) mencionan los beneficios del uso de organismos rizosféricos en la agricultura, su contribución y mejora en la calidad y rendimiento; sin embargo en esta investigación no sucedió de esta manera, los tratamientos solo con micorrizas, no presentaron significancias estadísticas.

Para esta variable los potencializadores aplicados no mostraron efecto, ya que el tratamiento testigo mostró significancia estadística en la última evaluación, resultados que difieren con los reportados por Canellas *et al.*, (2015) donde los tratamientos evaluados presentaron un aumento de 10-14% de rendimiento del fruto con respecto al tratamiento testigo.

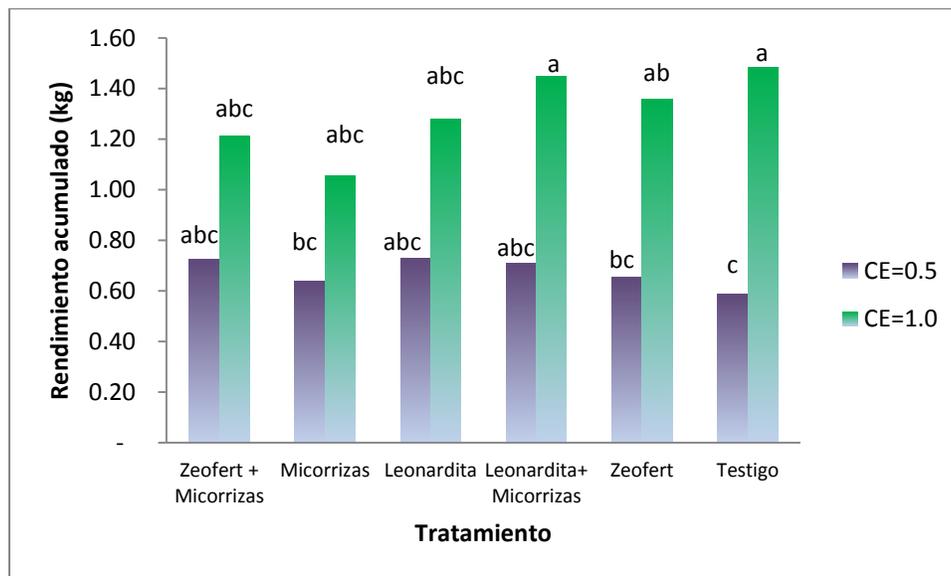


Figura 29. Rendimiento acumulado de fruto de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt por UE

El rendimiento por planta, para el tratamiento TL+M-1 fue de 362.48 g planta⁻¹, siendo menor a los documentados por Palencia *et al.*, (2016) y Martínez *et al.*, (2017) que registraron 930.7 g planta⁻¹ y 375.25 g planta⁻¹ respectivamente en cultivo con fibra de coco; sin embargo fueron

mayores a los registrados en suelos $187.30 \text{ g planta}^{-1}$ y a los 21 g planta^{-1} en sistema de técnica de película nutritiva (NFT) obtenido por Juárez-Rosete *et al.*, (2007) (Figura 30)

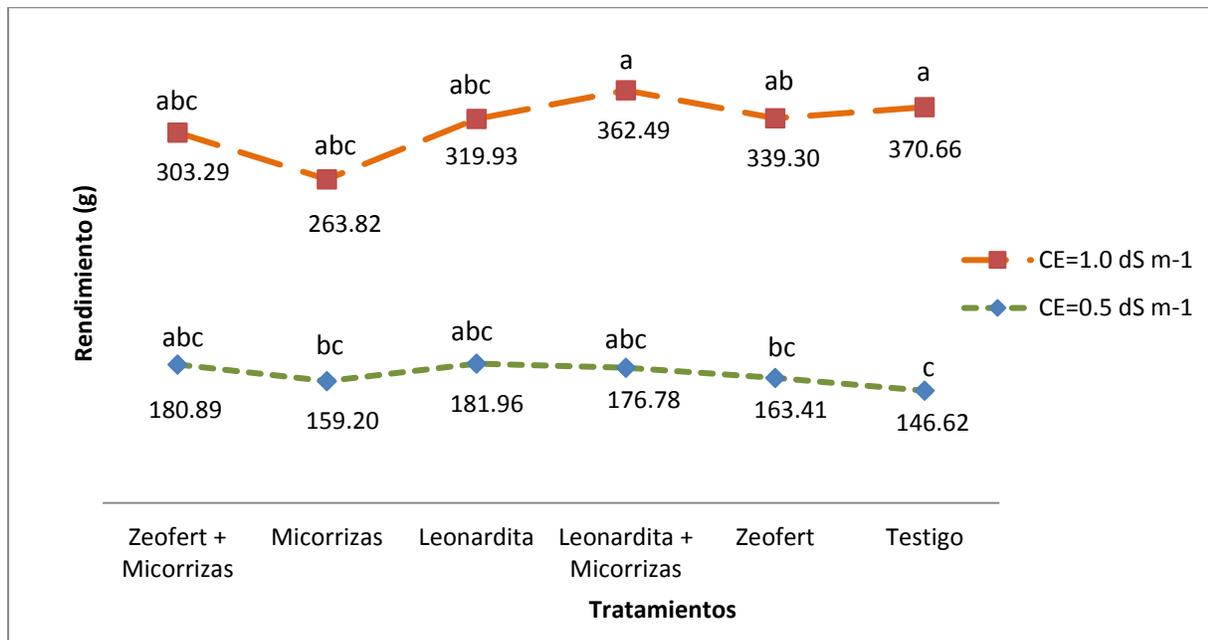


Figura 30. Rendimiento acumulado de fruto de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt g por planta⁻¹.

6.4 Calidad post-cosecha

6.4.1 Diámetro del fruto

6.4.1.1 -Diámetro polar

El largo del fruto o diámetro polar, es un indicador del tamaño de fruto, en la primera evaluación a los 165 ddt, el tratamiento TT-5 desarrollaron los frutos más largos. De los 170 a 180 ddt, no presentaron diferencias estadísticas significativas. A los 215 días los frutos más grandes fueron los del tratamiento TZ-1 ($43.48 \pm 5.42 \text{ mm}$) (Cuadro 8a).

El Cuadro 11 muestra el promedio de 12 mediciones evaluadas de diámetro polar y ecuatorial.

6.4.1.2 -Diámetro ecuatorial

El diámetro ecuatorial indica el ancho de los frutos, a los 165 ddt el TT-5 los frutos presentaron $36.02 \pm 2.11 \text{ mm}$ de diámetro, mientras que en las siguientes evaluaciones (195-205, 215 y 220

ddt) el tratamiento TZ-1 presento los frutos más anchos de hasta 35.96 ± 4.15 mm, con frutos de 10 mm más anchos con respecto al tratamiento testigo de la misma CE (26.12 ± 5.65 mm) (Cuadro 9a).

De acuerdo a los parámetros establecidos en la NMX-FF-062-2002 (ver Cuadro 3 de revisión bibliográfica), el promedio de las 12 evaluaciones (Cuadro 11) entran en la clasificación de frutos B (de 2.6 a 3.1 cm) de diámetro ecuatorial. Destacando los de los tratamientos con Zeofert de ambas CE.

Los tratamiento con inoculación de HM no destacaron con diferencias estadísticas significativas; sin embargo el diámetro promedio de las 12 evaluaciones fue de 25.90 mm para $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$ (Cuadro 11), siendo mayor al reportado por Bona *et al.*, (2015) de 24.2 mm de diámetro de fruto en fresas inoculadas con HM y baja fertilización química.

Cuadro 11. Tamaño promedio de fruto (diámetro polar y ecuatorial) de fresa (*Fragaria x annanasa Duch.*) CP-Zamorana.

Tratamiento	DP ₁₂ (mm)	DE ₁₂ (mm)
TZ+M-5	33.98 ± 4.12	25.90 ± 3.23
TM-5	33.74 ± 5.20	25.90 ± 3.49
TL-5	36.47 ± 3.50	27.86 ± 2.99
TL+M-5	35.58 ± 4.59	26.58 ± 3.08
TZ-5	37.60 ± 4.98	28.54 ± 2.65
TT-5	35.70 ± 4.64	27.64 ± 3.39
TZ+M-1	37.51 ± 4.42	29.16 ± 3.54
TM-1	35.57 ± 4.08	27.32 ± 3.34
TL-1	37.25 ± 2.86	29.59 ± 2.38
TL+M-1	38.57 ± 4.10	29.80 ± 2.75
TZ-1	39.76 ± 4.10	31.04 ± 2.75
TT-1	34.66 ± 3.93	27.36 ± 3.72

DP₁₂=Promedio de las 12 evaluaciones de diámetro polar. DE₁₂= Valor promedio de diámetro ecuatorial de las 12 evaluaciones. Valores extraídos del Cuadro 8a y 9a del Anexo. Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TM-5=Tratamiento con Micorrizas $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TL-5=Tratamiento con Leonardita $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TZ-5=Tratamiento con Zeofert $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TT-5= Tratamiento Testigo $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TM-1= Tratamiento con Micorrizas $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TL-1= Tratamiento con Leonardita $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$. TT-1= Tratamiento Testigo $CE=1.0 \text{ dS m}^{-1}$.

6.4.2 Forma del fruto

La forma del fruto de la variedad de fresa zamorana es alargada o de forma de corazón. En el Cuadro 10a se observa que todas las evaluaciones son mayores a 1.

Cuanto más alejado sea el valor de 1 en este parámetro, indica que los frutos son más alargados. A los 165 ddt el tratamiento con diferencias significativas fue TL-5 y TZ+M-5, en la última evaluación a los 220 ddt fue el tratamiento TT-5 con los frutos más alargados.

Como se aprecia en el Cuadro 10a las diferencias estadísticamente significativas de los frutos más alargados se encuentran en su mayoría en la $CE=0.5 \text{ dS m}^{-1}$, teniendo una diferencia mayor a 1 en la relación diámetro polar/diámetro ecuatorial del mismo.

6.4.3 Firmeza del fruto

De acuerdo con Ortiz *et al.*, (2016) la firmeza del fruto es una variable que depende del estado nutrimental de las plantas, representa un parámetro importante en la calidad del fruto por su asociación con la vida de anaquel. En la primera evaluación a los 170 ddt los frutos más firmes (0.67N) fueron de los tratamientos TL+M-5 y TL-1 (Figura 31). García *et al.*, (2017) reportó 0.693 N de firmeza en la variedad CP-Zamorana.

De acuerdo con Martínez-Bolaños *et al.*, (2008) la firmeza se relaciona con frutos más resistentes al transporte y al ataque de patógenos, concluyendo que frutos con firmeza de 0.72 N son suficientemente resistentes (Caner *et al.*, 2008). En la última evaluación se superaron estos valores en todos los tratamientos, haciendo referencia a que los frutos de esta variedad presentaron suficiente resistencia a no sufrir deformaciones durante su manejo, así como al ataque de patógenos.

De acuerdo a estudios recopilados por Canellas *et al.*, (2015), el efecto de ácidos húmicos de leonardita en fresa obtuvieron frutos más firmes; sin embargo en este experimento no ocurrió de esta manera, ya que los frutos pertenecientes a TL-5, fueron los más blandos (0.61 N) probablemente como consecuencia de la degradación de pectina en la pared celular (Azodanlou *et al.*, 2004). Aunque con su interacción con HM el tratamiento TL+M-5 se incrementó la firmeza de frutos en 4 de las 6 evaluaciones con un rango de firmeza de 1.06-1.86 N, fueron frutos más firmes que los reportados por Martínez-Bolaños *et al.*, (2008) donde los frutos que reportaron como más blandos presentaron una firmeza de 0.22 N.

A los 180 ddt los frutos más firmes con 2.14 ± 0.95 N fueron del tratamiento TZ+M-5, en las últimas dos evaluaciones (210-220) (Cuadro 11a), cuya firmeza fue parecida a la reportada por Martínez-Soto *et al.*, (2008) de 2.38 N para la variedad Festivall.

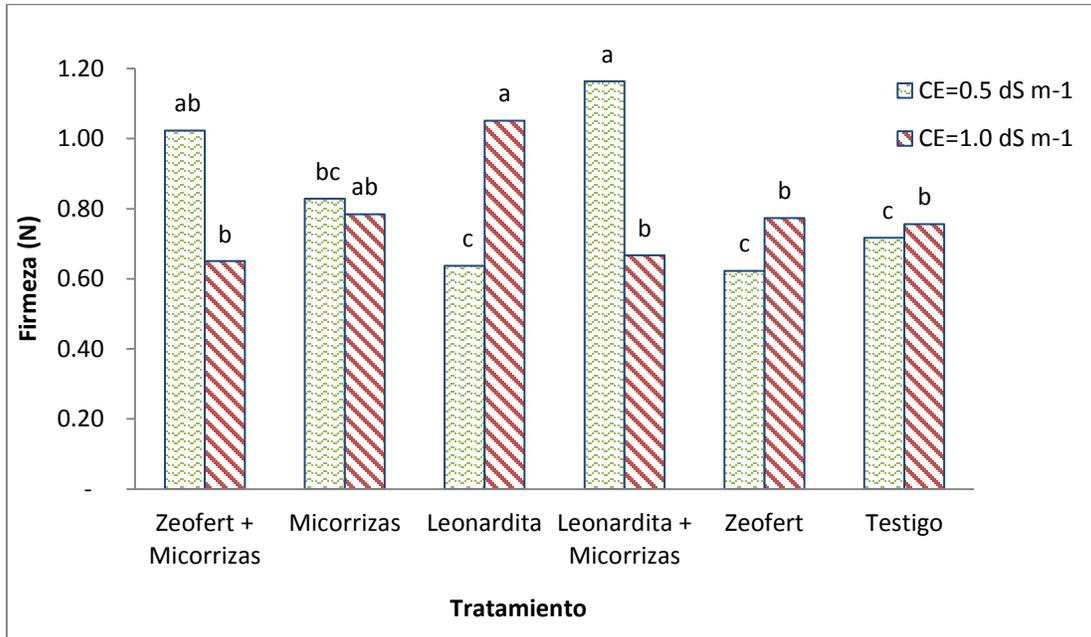


Figura 31. Firmeza en Newtons de frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana evaluados a los 170 ddt

6.4.4 °Brix o Sólidos Solubles Totales (SST)

El dulzor del fruto se mide a través de esta variable, las primeras tres evaluaciones (170-180) los tratamientos que destacaron fueron los tratamientos TL y TM para ambas CE con frutos con valores de hasta 10.7 °Brix.

En las últimas 3 evaluaciones de 200 a 220 ddt el tratamiento que destacó en la dulzura de frutos fue TL+M-1, al finalizar el experimento los frutos presentaron valores de 12.05 °Brix, frutos 28.19% más dulces con respecto al tratamiento testigo de la misma CE, como se aprecia en la Figura 32. Ortiz *et al.*, (2016) reportó 9.51°Brix para esta variedad, quien afirma que el contenido de °Brix es un efecto de concentración nutrimental; sin embargo en los datos obtenidos en la presente investigación, ese no fue un factor determinante debido a que ambas CE tuvieron un grado de dulzor aceptable mayor a 7 °Brix

En variedades extranjeras la cantidad de °Brix es menor como los reportados por Casierra-Posada *et al.*, (2011) donde probaron cobertura de diferentes colores y evaluaron propiedades fisicoquímicas del fruto y los valores que obtuvieron se encuentran entre el rango de 5.35-9.67 °Brix; Martínez-Soto *et al.*, (2008) evaluaron cuatro variedades extranjeras de fresa cuyo rango de °Brix fue de 7.54 °Brix para la variedad Camino Real y 10.74 °Brix para la variedad Sweet Charly, mientras que Caner *et al.*, (2008) reporta 7.12 °Brix para la variedad Camarosa y Palencia *et al.*, (2016) registró en fresa cultivada con fibra de coco 7.70 °Brix en var. Camarosa, 8.23 °Brix del cultivar Candonga y 7.58 °Brix para la variedad Festivall, por lo que los resultados obtenidos en la variedad CP-Zamorana la hace competitiva en este parámetro.

Martínez-Bolaños *et al.*, (2008) afirma que a mayor concentración de SST mejora la calidad del fruto ya que los compuestos que dan el dulzor son principalmente azúcares (fructuosa, glucosa y sacarosa), estos parámetros se pueden ver afectadas por la temperatura, de acuerdo a (Wang y Lin, 2006; Wang y Camp, 2000) un aumento en la temperatura mayores a 30°C en el día, genera una disminución de SST, aunque este efecto no se vio en la presente investigación.

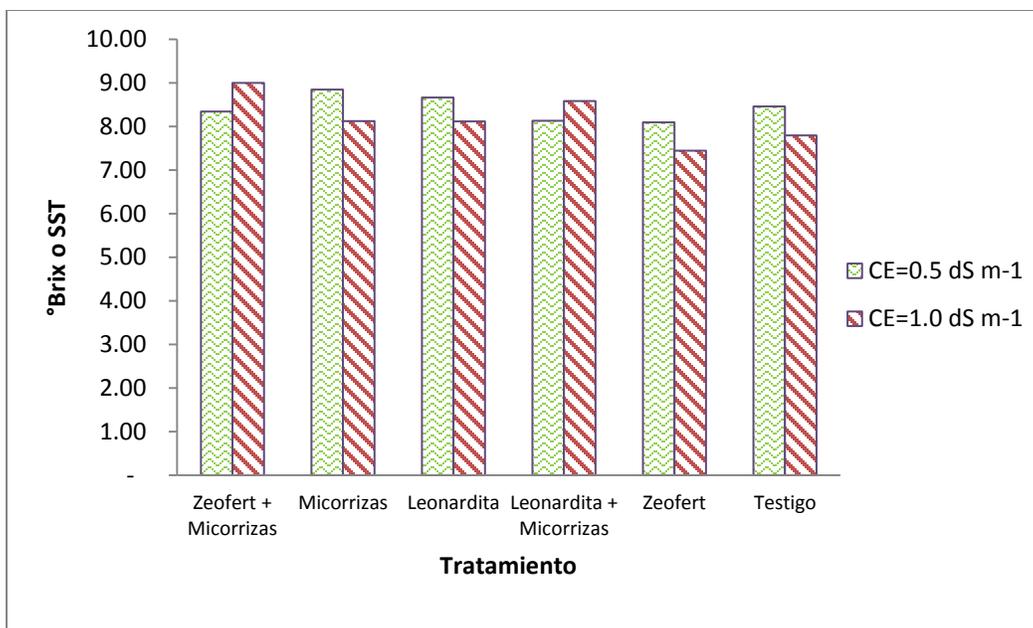


Figura 32. Valores promedio de °Brix de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana

6.4.5 Acidez titulable (%)

De las 6 evaluaciones de acidez titulable o proporción de ácido cítrico en fresa, la primer toma de muestras (170 ddt) y la última (220 ddt) presentaron diferencia estadística significativa; sin embargo todos los tratamientos presentaron una proporción menor a 0.32 de ácido cítrico (Cuadro 13a), que concuerda con el trabajo de Martínez-Bolaños *et al.*, (2008) donde evalúa cultivares mexicanos y la variedad CP-Paola presenta proporciones de ácido cítrico de 0.236%, similar a los obtenidos en la variedad CP-Zamorana.

La acidez titulable tiene relación inversa al contenido de SST en el fruto ya que a medida que los azúcares se incrementan, la proporción de ácido cítrico se reduce. Casierra-Posada *et al.*, (2011) y Martínez-Bolaños *et al.*, (2008) mencionan que una menor concentración de ácido cítrico les confiere a los frutos una mayor calidad para su consumo en fresco.

Las variedades extranjeras presentaron proporciones mayores de ácido cítrico en el fruto, como la var. Camarosa con 0.609 % (Caner *et al.*, 2008), mientras que la variedad Sweet reportada por Gündüz (2016) con 0.5 %.

6.4.7 Vitamina C

El contenido de ácido ascórbico se reportó en mg por cada 100 g de fruto fresco. El valor más alto de este antioxidante fue de 80.13 mg 100 g de fruto fresco, correspondiendo a los tratamientos TT-5 y TL+M-1(Figura 33). Donde la asociación de ambos potencializadores afectaron positivamente la concentración, este efecto concuerda con Bona *et al.*, (2015) quienes afirman que las plantas inoculadas con micorrizas presentaron una mayor concentración de ácido ascórbico, aunque en este caso se potencializó con la interacción con leonardita. De acuerdo con Canellas *et al.*, (2015) las sustancias húmicas utilizadas como bioestimulantes, han tenido importantes beneficios mejorando significativamente la calidad comercial de los frutos.

El contenido de vitamina C en fresa se relaciona con una mayor disponibilidad de azúcares. Martínez *et al.*, (2017) reportaron 58.80 y 56.53 mg 100 g de fruto fresco, concentraciones parecidas al tratamiento TL-5 (53.56 ± 2.42) que fue el que presentó menor concentración de vitamina C (Figura 33); sin embargo son concentraciones mayores a las reportadas por (García *et al.* 2017) de 36.81 mg 100 g de fruto fresco para la misma variedad CP-Zamorana.

La concentración de vitamina C en fresa es un parámetro importante por su eficiencia en la eliminación de radicales de oxígeno (Giampieri *et al.*, 2012), sin embargo su contenido es variable. Hossain *et al.*, (2016) estimó la concentración de Vitamina C en un rango de 26.46 ± 1.31 a 37.77 ± 2.72 mg por 100 g de fruto fresco mientras que Lee y Kader (2000) documentaron concentraciones de 60 mg 100 g fruto fresco de esta vitamina, (Pastor Sáez, 1999) sostiene que el contenido de vitamina C varía entre cultivares y entre diferentes ubicaciones geográficas, estableciendo un rango amplio para fresa que va 19.36 a 71.5 mg por cada 100 g fruto fresco. Estas concentraciones varían por la pérdida de agua causada por altas temperaturas al ser una sustancia altamente termolábil, sensible a la oxidación química y enzimática (Mditshwa *et al.*, 2017), por lo que su contenido se ve afectado por el método de cosecha, así como el manejo postcosecha (Lee y Kader, 2000: Crecente-Campo *et al.*, 2012). ,

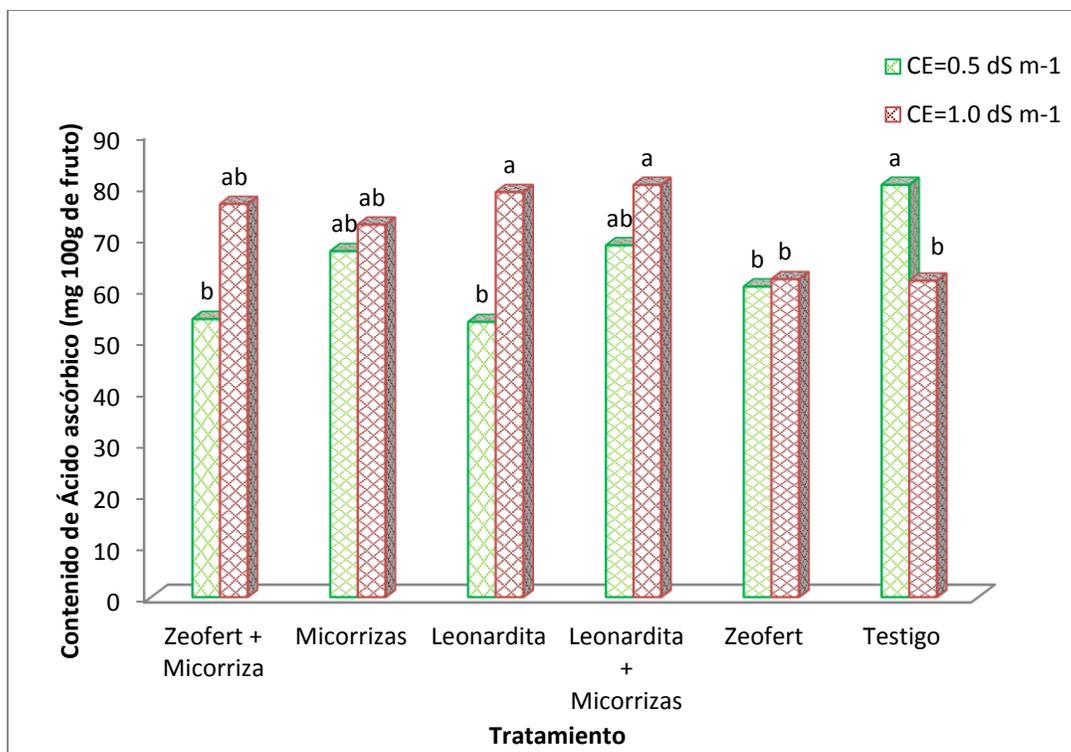


Figura 33. Concentración de Vitamina C o ácido ascórbico (mg 100g de fruto) en frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana a los 220 ddt

6.5 Proporción de colonización micorrízica

La evaluación de proporción de colonización micorrízica en raíces a los 220 ddt se encontraron en su mayoría hifas, el tratamiento con la mayor proporción de estas estructuras fueron TZ+M-5 y TZ+1 con 17.67 ± 9.06 % y 17.33 ± 7.62 % respectivamente, valores similares (17.11 %) de colonización reportado por Bona *et al.*, (2015), la colonización más baja de hifas fue en el tratamiento TM-5 (10.67 ± 2.18 %).

En cuanto a la presencia de vesículas la mayor proporción de colonización en la raíz fue en el tratamiento TZ+M-1 con 35.33 ± 15.33 %.

La presencia de estructuras llamadas arbusculos, solo fueron visibles en 4 de los 6 tratamientos con micorrizas, con 16.67 % de raíces colonizadas con estas estructuras en el tratamiento TM-1.

La proporción más alta de total de colonización de raíz que incluye las 3 estructuras (hifas, vesículas y arbusculos) fue en el tratamiento TM-1 con 42 ± 15.28 % (Cuadro 12), seguido del TZ+M-5 con 36 ± 24.77 % aunque no se encontraron arbusculos en las raíces.

Cuadro 12. Proporción de colonización micorrízica en raíces de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana

Tratamiento				
	Hifas	Vesículas	Arbusculos	Total
TZ+M-5	17.67±9.06	35.33± 15.33		36.00 ± 24.77
TM-5	10.67± 2.18	12.00 ± 4.00	4.89 ± 2.74	22.67 ± 5.73
TL+M-5	15.00± 6.49	28.00 ±	2.67 ±	23.33 ± 11.53
TZ+M-1	17.33±7.62	15.33 ± 14.00	3.33 ± 2.00	22.00 ± 16.61
TM-1	14.67± 7.83	18.67 ± 7.83	16.67 ± 3.33	42.00 ± 15.28
TL+M-1	17.00 ± 3.70	16.00 ±		27.67 ± 4.36

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

La proporción de colonización del presente experimento está dentro de los rangos de colonización micorrízica que obtuvo Baath *et al.*, (1984) de 35% al momento de trasplantar las fresas y 38% de colonización al momento de la cosecha de las raíces inoculadas con *Glomus spp.*

El porcentaje de colonización con *F. mosseae* se caracteriza por su rápida capacidad de desarrollar hifas y aumentar la tasa de colonización (Jia-Dong *et al.*, 2018). Sin embargo estos porcentajes son variados. Boyer *et al.*, (2015) reportaron porcentajes de colonización de 55 a 70% al evaluar la respuesta a estrés hídrico en fresa, empleando el mismo inóculo. Considerados como valores altos con respecto a los obtenidos en la presente investigación (Cuadro 12), pero que coinciden con los reportados por Jia-Dong *et al.*, (2018) de 34.65% a 43.04% de colonización de *F. mosseae* en naranjo.

La respuesta al bajo porcentaje de colonización según Bona *et al.*, (2015) puede deberse a una baja disponibilidad de carbohidratos, que no permitió llevar a cabo la relación simbiótica con los hongos, de igual manera puede ser el resultado a la inhibición de la germinación de las esporas y crecimiento de hifas al momento de ser cosechada la planta (Jia-Dong *et al.*, 2018).

El porcentaje de colonización no se relacionó con el rendimiento, puesto que el tratamiento con mejor rendimiento de fruto fue TL+M+1, siendo de los tratamientos con menor proporción de colonización en raíces, que concuerda con lo reportado por (Fan et al., 2008); sin embargo favoreció en la firmeza del fruto ya que los frutos con mayor firmeza fueron del TZ+M-5, que destacó en la proporción de raíces colonizadas por HM.

VII. CONCLUSIONES

La incorporación de potencializadores en el cultivo de fresa afectaron positivamente a la respuesta fisiológica de las plantas, la combinación de estos estimulantes orgánicos y minerales favoreció en la altura de las plantas, en el número de hojas, así como en su área foliar y materia seca acumulada y mostraron mayor vigor. La temperatura y el estado fisiológico de la planta influyeron en los valores SPAD asociados al verdor y vigor de las hojas. Se observó mayor efecto en tratamientos donde se aplicó la interacción de estos potencializadores.

La disponibilidad de nutrientes influyo en el rendimiento del fruto en la variedad CP-Zamorana puesto que los mejores rendimientos se obtuvieron en los tratamientos de CE=1.0 dS m⁻¹ al duplicar el rendimiento de los tratamientos con respecto a los tratamientos con CE menor. De la misma forma que en la respuesta fisiológica el tratamiento que destaco fue cuando se aplicó leonardita y micorrizas.

En cuanto a calidad de frutos: la aplicación de zeofert aumento el tamaño, la incorporación de leonardita con micorrizas dio mayor firmeza fue con, haciendo referencia a frutos con mayor vida de anaquel y resistencia al manejo. En cuanto al sabor se obtuvieron frutos dulces mayores a 7 y hasta 12°Brix en todos los tratamientos, no hubo efecto por concentración nutrimental, presentaron una baja concentración de ácido cítrico confiriéndole una mayor calidad para su consumo en fresco. Con respecto al contenido de vitamina C, concluimos que en general la variedad CP-Zamorana presenta concentraciones superiores al reportado en algunas variedades extranjeras.

La colonización micorrízica, no presentó una relación directa con los parámetros de calidad o de rendimiento; sin embargo la asociación de HM con potencializadores minerales favoreció en la respuesta a la mayoría de las variables evaluadas en fresa.

VIII. LITERATURA CITADA

- Acosta, D. E., Acosta, G. J. A., Amador, R. M. D. y Padilla R. J. S. 2008. Relationship between the leaf area index and yield of dry bean grown under. *Revista Agricultura Técnica En México* 34: 13–20.
- AOAC. 1990. *AOAC Official Methods of Analysis*. Association of Official Agricultural Chemists. Washington, D.C. 15th (Volume 1): 136–38.
- Ávila, C.E.P. 2015. “Manual de Fresa.” Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de comercio. Bogotá, Colombia.
- Avitia-García, E., Pineda-Pineda, J. Castillo-González, A. M., Trejo-Téllez, L. I., Corona-Torres, T. y Cervantes-Urbán, E. 2014. Extracción Nutrimental En Fresa (*Fragaria x Ananassa Duch.*). *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* Vol. 5 Núm 3. P. 519–24.
- Azodanlou, R., Darbellay, C., Luisier, J. L., Villettaz J.C., y Amadò R. 2004. Changes in Flavour and Texture during the Ripening of Strawberries. *European Food Research and Technology* 218 (2): 167–72.
- Baath, E., y Hayman, D.S. 1984. “No Effect of VA Mycorrhiza on Red Core Disease of Strawberry.” *Trans. Br. Mycol. Soc.* 82 (3): 534–536. [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(84\)80018-2](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(84)80018-2).
- Baque, A. (2015). Estudio de Factibilidad Para El Aprovechamiento de La Fibra de Coco En La Elaboración de Sustrato. En La Provincia de Santa Elena. 1–108. <https://es.scribd.com/document/318389003/ESTUDIO-DE-FACTIBILIDAD-PARA-EL-APROVECHAMIENTO-DE-LA-FIBRA-DE-COCO-EN-LA-ELABORACION-DE-SUSTRATO>.
- Bautista, G., Calderón Z., Jaén, D. y Curiel, A. 2012. Propagation Capacity and Plant Quality of Mexican and Foreign. *Departamento de Fitotecnia, Universidad Autónoma Chapingo* 18 (1): 113–23.

- Bellera, C., Abaalkheel, I., Rovira, P. y Alrefai, J. 2015. "Obtaining Commercial Humic Products from Uncomposted Manures: Previous Acid Hydrolysis to Enhance Yields." *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture* 4 (3): 219–31. <https://doi.org/10.1007/s40093-015-0102-6>.
- Beltrano, J., y Gimenez, O. 2015. *Cultivo En Hidroponía*. Editorial de la Universidad de la Plata. 1a ed. Buenos Aires, Argentina. 80-98
- Benton J. Jr. 2004. *Hydroponics. A Practical Guide for the Soilless Grower*. Hydroponics. 2da. Edición. <https://doi.org/doi:10.1201/9781420037708.ch1>.
- Berruti, A., Lumini, E. y Bianciotto, V. 2017. AMF Components from a Microbial Inoculum Fail to Colonize Roots and Lack Soil Persistence in an Arable Maize Field. *Symbiosis* 72 (1): 73–80. <https://doi.org/10.1007/s13199-016-0442-7>.
- Bona, E., Lingua, G., Manassero, P., Cantamessa, S., Marsano, F., Todeschini, V., Copetta, A. 2015. AM Fungi and PGP Pseudomonads Increase Flowering, Fruit Production, and Vitamin Content in Strawberry Grown at Low Nitrogen and Phosphorus Levels. *Mycorrhiza* 25 (3): 181–93. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0599-y>.
- Borowicz, V. A. 2010. The Impact of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Strawberry Tolerance to Root Damage and Drought Stress. *Pedobiologia* 53 (4): 265–70. <https://doi.org/10.1016/j.pedobi.2010.01.001>.
- Boyer, L. R., Brain, P., Ming, X. y Jeffries, P. 2015. Inoculation of Drought-Stressed Strawberry with a Mixed Inoculum of Two Arbuscular Mycorrhizal Fungi: Effects on Population Dynamics of Fungal Species in Roots and Consequential Plant Tolerance to Water Deficiency. *Mycorrhiza* 25 (3): 215–227. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0603-6>.
- Cabezas-Gutiérrez, M., Peña, F., William D. H., Colorado, J. F. y Lora S. R. 2009. Un Modelo Para La Estimación Del Área Foliar En Tres Especies Forestales de Forma No Destructiva. *Revista U.D.C.A.* 12 (55): 121–130.

- Campos-García, T., Sánchez-García, P., Alcántar-González, G., y Calderón-Zavala G. 2016. Respuesta Agronómica y Nutricional de Fresa a Soluciones Nutritivas Con Diferente Relación NH₄⁺ / NO₃⁻ Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas 7.
- Canellas, L. P., Olivares F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P. y Piccolo, A. 2015. Humic and Fulvic Acids as Biostimulants in Horticulture. *Scientia Horticulturae* 196: 15–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>.
- Caner, C., Seckin M. A. y Demir M. 2008. Extending the Quality of Fresh Strawberries by Equilibrium Modified Atmosphere Packaging. *European Food Research and Technology* 227 (6): 1575–1583. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0881-3>.
- Carrijo, O. A., Setti R., y Makishima, N. 2002. Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. *Horticultura Brasileira* 20 (4): 533–535. <https://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400003>.
- Casierra-Posada, F., Peña-Olmos, J. E. y Vargas-Martínez, A. y F. 2011. Propiedades fisicoquímicas de fresas (*Fragaria Sp*) cultivadas bajo filtros fotoselectivos. *Rev. Fac. Nal. Agr. Medellín* 64 (2): 221–228. <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnam/v64n2/v64n2a19.pdf>.
- Ciavatta, C., Govi, M., Bonoretti G. y Gessa., C. 1996. Identification of Peat and Leonardites Using Humification Parameters and Isoelectric Focusing (IEF): A First Approach. *Fertilizer Research* 44 (3): 225–30. <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-0000840984%7B&%7DpartnerID=tZOtx3y1>.
- CONAFRE, 2012. Plan Rector Nacional 2012. 1–43. http://dev.pue.itesm.mx/sagarpa/nacionales/EXP_CNSP_FRESA/PLAN_RECTOR_QUE_CONTIENE_PROGRAMA_DE_TRABAJO_2012/PR_CNSP_FRESA_2012.pdf.
- Conselvan, G., Battista, D., Ornella F., Di Foggia, M., Nardi, N., y Carletti, P. 2017. Biostimulant activity of humic substances extracted from leonardites. *Plant and Soil* 420 (1–2): 119–134. <https://doi.org/10.1007/s11104-017-3373-z>.
- Contigiani, E.V., Jaramillo-Sánchez, G., Castro, M. A., Gómez, P.L. y Alzamora, S. M. 2018. Postharvest quality of strawberry fruit (*Fragaria x Ananassa Duch Cv. Albion*) as

Affected by Ozone Washing: Fungal Spoilage, Mechanical Properties, and Structure. *Food and Bioprocess Technology* 11 (9): 1639–1650. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2127-0>.

Crecente-Campo, J., Nunes-Damaceno, M., Romero-Rodriguez, M. A. y Vazquez-Oderiz, M. L., 2012. Color, Anthocyanin Pigment, Ascorbic Acid and Total Phenolic Compound Determination in Organic versus Conventional Strawberries (*Fragaria x Ananassa* Duch, Cv Selva). *Journal of Food Composition and Analysis* 28 (1): 23–30. <https://doi.org/DOI 10.1016/j.jfca.2012.07.004>.

Crespo, C. E.; Chulim, C. A.; Villa, S. M.; Montoya, B. R.; Bermúdez, R. A.; López, J. P. 2012. Sustratos en la horticultura. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México. 10 p.

De Boodt, M. Verdonck, O. Cappaert, I. 1997. Method for measuring the water release curve of organic substrates. *Acta Hort.* 37:2050-2062

Escobar, H. 2009. Propiedades hídricas de mezclas de sustratos con diferentes proporciones y tamaños de partículas. Tesis de postgrado. Colegio de Postgraduados. Campus Montecillo. http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/256/Sanchez_Borja_M_DC_Fitosanidad_2010.pdf?sequence=1.

Espinosa, R. P., Espinosa, M. L. 2014. Hidroponía Rústica. SAGARPA

Fan, Y., Luan, Y., An L., y Yu, K. 2008. Arbuscular Mycorrhizae Formed by *Penicillium Pinophilum* Improve the Growth, Nutrient Uptake and Photosynthesis of Strawberry with Two Inoculum-Types. *Biotechnology Letters* 30 (8): 1489–1494. <https://doi.org/10.1007/s10529-008-9691-8>.

Fernández, G., Johnston, M. 2006. Capítulo XX Crecimiento y Temperatura. In *Fisiología Vegetal*. Ed. Universidad de la Serena. La Serena, Chile.

FIRA. 2016. “Panorama Agroalimentario. Berries 2016.” FIRA. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial 2016: 42. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200633/Panorama_Agroalimentario_Be

rries_2016.pdf%0Ahttp://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/200631/Panorama_Agroalimentario_Avicultura_Carne_2016.pdf.

- García, A. C., Tavares, O. C. H., Balmori, D. M., Santos Almeida, V. dos, Canellas, L. P., García-Mina, J. M., & Louro Berbara, R. L. 2016. Structure-function relationship of vermicompost humic fractions for use in agriculture. *Journal of Soils and Sediments* 18 (4): 1365–1375. <https://doi.org/10.1007/s11368-016-1521-3>.
- García, E. F., Saucedo V. C., Saucedo R. D., y Chavez F. S. H.. 2017. Calidad de Frutos de Dos Variedades de Fresa Mexicana y Una Introducida Frigoconservados En Alto CO 2. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 8: 747–57.
- Gholizadeh, A., Mohammadmehdi, S., Boruvka, L., Wayayok, A., y Mohd. S. M. A. 2017. Leaf Chlorophyll and Nitrogen Dynamics and Their Relationship to Lowland Rice Yield for Site-Specific Paddy Management 4: 259–68. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2017.08.002>.
- Giampieri, F., Tulipani, S., Alvarez-Suarez, J.M., Quiles, J. L., Mezzetti, B., y Battino, M.. 2012. The Strawberry: Composition, Nutritional Quality, and Impact on Human Health. *Nutrition* 28 (1): 9–19. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2011.08.009>.
- Gündüz, K. 2016. Strawberry: Phytochemical Composition of Strawberry (*Fragaria* × *Ananassa*). *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*, 733–52. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-408117-8.00030-1>.
- Hossain, A., Begum, P., Zannat, S., Rahman, H., Ahsan, M., y Nazrul S. 2016. Nutrient Composition of Strawberry Genotypes Cultivated in a Horticulture Farm. *Food Chemistry* 199: 648–52. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.12.056>.
- Cheng, H. J., Sun, D. W., Nagata J. G. 2013. Quality Evaluation of Strawberry Juice. In , 327–50.
- Jia-Dong, H., Dong T., Hui-Hui, W., Ning, W., Qiang S., y Kamil, K. 2018. Mycorrhizas Induce Diverse Responses of Root TIP Aquaporin Gene Expression to Drought Stress in Trifoliolate Orange. *Scientia Horticulturae* 243 (April 2018): 64–69. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.010>.

- Juárez-Rosete, C., Rodríguez-Mendoza M.N., Sandoval-Villa, M., y Muratalla-Lúa, A. 2007. Comparison of Three Strawberry Production Systems in Greenhouse. *Terra Latinoamericana* 25: 8.
- Julca-Otiniano, A., Meneses-Florián, L., Blas-Sevillano, R., y Bello-Amez, S. 2006. La Materia Orgánica, Importancia y Experiencias de Su Uso En La Agricultura. *Idesia* 24: 49–61. <https://doi.org/10.4067/S0718-34292006000100009>.
- Jung, S. C., Martínez-Medina, A., López-Raez, J. A., y Pozo M. J. 2012. Mycorrhiza-Induced Resistance and Priming of Plant Defenses. *Journal of Chemical Ecology* 38 (6): 651–64. <https://doi.org/10.1007/s10886-012-0134-6>.
- Kavoo-Mwangi, A.M., E. M. Kahangi, E. Ateka, J. Onguso, R. W. Mukhongo, E. K. Mwangi, y J. M. Jefwa. 2013. “Growth Effects of Microorganisms Based Commercial Products Inoculated to Tissue Cultured Banana Cultivated in Three Different Soils in Kenya.” *Applied Soil Ecology* 64: 152–62. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2012.12.002>.
- Khoshnevisan, B, S R. y Mousazadeh, H. 2013. Environmental Impact Assessment of Open Field and Greenhouse Strawberry Production. *European Journal of Agronomy* 50: 29–37. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2013.05.003>.
- Krikorian, A. D. 1993. Medios de Cultivo: Generalidades, Composición y Preparación. *Cultivo de Tejidos En La Agricultura. Fundamentos y Aplicaciones*.
- Kumar, A., Manisha, S., y Meshram, M. R.. 2016. An Analysis of Leaf Chlorophyll Measurement Method Using Chlorophyll Meter and Image Processing Technique. *Procedia - Procedia Computer Science* 85 (Cms): 286–92. <https://doi.org/10.1016/j.procs.2016.05.235>.
- Ledesma, C. M., González G. G., y Gómez E. M. G. 2016. Fresa Transgénica: Importancia, Beneficios y Avances Científicos En México. *Revista arbitrada de divulgación científica de la Universidad Tecnológica de León. Revista REAXION Ciencia y Tecnología Universitaria* Núm 2: 1–4.

- Ledesma, N.A., y S. Kawabata. 2016. Responses of two strawberry cultivars to severe high temperature stress at different flower development stages. *Scientia Horticulturae* 211: 319–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.09.007>.
- Lee, S. K., y Kader, A. 2000. Preharvest and postharvest factors influencing vitamin c content of horticultural crops. *Postharvest Biology and Technology* 20 (3): 207–20. [https://doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00133-2](https://doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00133-2).
- Li, H., Tingxian L., Gordon, R., Asiedu, S. y Kelin H. 2010. Strawberry plant fruiting efficiency and its correlation with solar irradiance, Temperature and Reflectance Water Index Variation. *Environmental and Experimental Botany* 68 (2): 165–74. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.12.001>.
- López-Pérez, L., Cárdenas-Navarro, R., Lobit, P., Martínez-Castro, O y Escalante-Linares, O. 2005. Selección de un sustrato para el crecimiento de fresa en hidroponía selection of a substrate for strawberry growth in hydroponics. *Revista Fitotecnia Mexicana*. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=61028211>.
- López, L.L., Guzmán-Ortiz, D.L., García B., Gerardo, C., Chávez M., y Peña-Cabriales, J.J. 2014. Consideraciones para mejorar la compertitividad de la región ‘el bajío. en la producción nacional de fresa. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas* 5 (4): 673–686.
- Sánchez S. J. 2006. Producción orgánica de fresa (*Fragaria x Ananasa*), en tubos de PVC. Universidad Autónoma de Sinaloa; Mazatlán Sinaloa, 1–4.
- Martínez-Bolaños M., Nieto-Angel Téliz-Ortiz D., Rodríguez-Alcazar J., Martínez-Damian Ma. T., Vaquera-Huerta H., Carrillo-Mendoza O. 2008. Comparación cualitativa de fresas (*fragaria x ananassa duch.*) de cultivares mexicanos. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 14 (2): 113–1191.
- Martínez-Ferri, E, Soria, C., Ariza, M. T., Medina, J.J., Miranda, L., Domínguez, P., y Muriel, J. L. 2016. Water relations, growth and physiological response of seven strawberry cultivars (*Fragaria × Ananassa Duch.*) to different water availability. *Agricultural Water Management* 164, Part: 73–82.

- Martínez-Soto, G, Mercado-Flores, J., López-Orozco, M., y Prieto-Velásquez, B. Z. 2008. Propiedades fisicoquímicas de seis variedades de fresa (*fragaria ananassa*) que se cultivan en Guanajuato. *revista salud pública*.
- Martínez, F., Oliveira, J. A., Oliveira E., y Palencia, P. 2017. Influence of growth medium on yield, quality indexes and SPAD values in strawberry plants. *Scientia Horticulturae* 217: 17–27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.024>.
- Massa, G. D., Chase, E., Santini, J. B. y Mitchell, C. A.. 2015. Temperature affects long-term productivity and quality attributes of day-neutral strawberry for a space life-support system. *Life Sciences in Space Research* 5: 39–46. <https://doi.org/10.1016/j.lssr.2015.04.003>.
- Matsubara, Y., Ishigaki, T., y Koshikawa, K. 2009. Changes in free amino acid concentrations in mycorrhizal strawberry plants. *Scientia Horticulturae* 119 (4): 392–96. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2008.08.025>.
- Mditshwa, A., Samukelo, L. M., Zeray T. S., y Linus O. U. 2017. Postharvest factors affecting vitamin c content of citrus fruits. *Scientia Horticulturae* 218: 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.02.024>.
- Morris, J., Else, M. A., Chami, D. E., Daccache, A., Rey, D., y Knox, J. K. 2017. Essential irrigation and the economics of strawberries in a temperate climate. *Agricultural Water Management* 194: 90–99. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.09.004>.
- Ortiz, T. J. A., Delgadillo M. J., Rodríguez, M. M., y Calderón, Z. G. 2016. Inoculación bacteriana en el crecimiento y calidad del fruto de cinco variedades de fresa en suelos con pH contrastante. *Terra Latinoamericana* 34 (2): 177–85.
- Palencia, P., Giné, B. J., Martínez, F., y Terry L. A.. 2016. Investigating the effect of different soilless substrates on strawberry productivity and fruit composition. *Scientia Horticulturae* 203: 12–19. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.03.005>.
- Pandey, R. y Jain, A. 2009. “Hydroponics Agriculture : Its status, scope and limitations. *Researchgate*. January 2009: 20–29.

- Pastor S., Narciso, J. 1999. Use of growing mediums in the nursery production. *Terra Latinoamericana* 17 (3): 231–35.
- Norma Mexicana. 2002. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano -fruta fresca- fresa (*Fragaria***ananassa*, Dutch)- especificaciones y método de prueba. Diario Oficial de la Federación. NMX-FF-062-SCFI-2002.
- Recamales, A. F., López M. J. y Hernanz, D. 2007. Physicochemical characteristics and mineral content of strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality* 30 (5): 837–53. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00154.x>.
- Rodríguez, M. M. N., Alcántar G. G., Santelises A. A., D Etchevers B. J., y Santizó R. J. A. 1998. Estimation of nitrogen and chlorophyll status of tomato with a portable chlorophyll meter. *Terra Latinoamericana* 16: 135–41.
- SAGARPA. 2017. Fresa Mexicana. Planeación Agrícola Nacional 2017-2030.
- Steiner, A. A. 1984. The universal nutrient solution. In: Sixth International Congress on Soilless Culture. ISOSC Proceeding. The Netherlands. pp: 633-649
- Sowik, I., Borkowska, B., y Markiewicz, M. 2016. The activity of mycorrhizal symbiosis in suppressing verticillium wilt in susceptible and tolerant strawberry (*Fragaria* x *Ananassa* Duch.) genotypes. *Applied Soil Ecology* 101: 152–64. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2016.01.021>.
- Vestberg, M., Kukkonen, S., Saari, K., Parikka, P., Huttunen, J., Tainio, L., Devos, N. 2004. Microbial Inoculation for improving the growth and health of micropropagated strawberry. *Applied Soil Ecology* 27 (3): 243–58.
- Wang, S. y Camp, M. A. 2000. Temperatures after bloom affect plant growth and fruit quality of strawberry. *Scientia Horticulturae* 85 (3): 183–99. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(99\)00143-0](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(99)00143-0).
- Wang, S. y Lin, H. S. 2006. Effect of plant growth temperature on membrane lipids in strawberry (*Fragaria* x *Ananassa* Duch.). *Scientia Horticulturae* 108 (1): 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.01.005>.

- Williams, P. G. 1990. Disinfecting vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Mycological Research* 94 (7): 995–97. [https://doi.org/10.1016/S0953-7562\(09\)81319-1](https://doi.org/10.1016/S0953-7562(09)81319-1).
- Yu, J., Wang, M., Dong, C., Xie, B. Liu, G., Fu, Y., y Liu, H. 2015. Analysis and evaluation of strawberry growth, photosynthetic characteristics, biomass yield and quality in an artificial closed ecosystem. *Scientia Horticulturae* 195: 188–94. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.009>.
- Zheng, Y., Shiow Y. Wang, C., Wang, Y. y Zheng, W. 2007. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments. *LWT - Food Science and Technology* 40 (1): 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2005.08.013>.
- Zeolitech. 2018. Consultado 20 Marzo 2018. <http://www.zeolitech.com.mx/>

IX. ANEXO

Cuadro. 1a Altura de plantas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana por tratamiento

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)							
	12	30	50	60	80	120	150	220
TZ+M-5	8.19±0.94 a	7.91±0.37 a	7.41±1.47 ab	6.53±0.94 ab	6.125± 0.14 a	6.09± 0.19 bcde	9.13 ±0.52 bcd	11.88±1.56 bc
TT-5	7.94±0.55 a	8.13±1.53 a	6.25±0.68 b	5.22±0.82 b	4.812± 0.43 b	5.31± 0.55 e	8.13± 0.63 d	10.63± 1.36 c
TM-5	7.94±1.92 a	8.72±1.41 a	6.91± 0.84 ab	5.81±0.75 ab	5.125± 0.43 b	5.56± 0.24 cde	7.81±1.20 d	10.81±0.63 bc
TL-5	8.56±1.85 a	8.38±2.14 a	6.09±0.79 b	5.47±0.63 ab	4.75± 0.71 b	5.63± 0.43 cde	8.81±1.01 cd	11.19±0.90 bc
TL+M-5	8.69±1.43 a	7.69±0.48 a	7.75±0.53 a	6.63±0.32 ab	5.062± 0.47 b	5.88± 0.60 cde	8.44±0.52 cd	12.25±1.02 bc
TZ-5	8.44±0.85 a	8.22±1.26 a	6.75± 1.64 ab	5.84±0.84 ab	5.125± 1.16 b	5.38± 0.78 de	9.06± 1.36 bcd	11.63±1.83 bc
TZ+M-1	7.81±0.69 b	8.00±1.40 ab	8.09± 0.90 a	7.00±0.71 ab	5.812± 1.14	7.63± 1.36 abc	10.75±1.67 abcd	13.69±1.09 abc
TT-1	8.56±1.09 ab	7.56±0.73 b	6.47± 0.53 b	6.22±1.03 ab	6.37± 1.48	8.06± 1.85 ab	12.94±1.55 a	15.13± 3.13 abc
TM-1	7.75±1.37 b	8.50±0.60 ab	7.44± 1.21 ab	6.34±0.62 ab	5.5± 0.29	6.94± 0.66 abcde	9.88±2.37 abcd	13.38± 2.45 abc
TL-1	10.13±2.37 a	8.44±1.13 ab	7.41±0.57 ab	6.22±0.62 ab	5.68± 0.88	7.69± 0.90 abc	12.75±2.38 ab	15.50±1.97 ab
TL+M	9.38±2.90 ab	9.09±1.14 a	8.00±1.45 a	7.03±0.60 a	6.12± 0.78	8.69± 1.25 a	13.25±1.76 a	13.38± 1.38 abc
TZ-1	8.19±1.43 ab	8.25±1.97 ab	7.00±1.02 ab	6.59±0.57 ab	5.93± 1.03	7.50± 0.74 abcd	12.13±2.47 abc	17.44±4.10 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 2a Numero de hojas compuestas (3-folioladas) de plantas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)							
	12	30	50	60	80	120	150	220
TZ+M-5	5.44 ± 0.57 a	6.75 ± 0.64 a	3.94 ± 0.60 de	5.38 ± 1.07 a	7.25 ± 1.82 bc	10.94 ± 2.55 bc	12.81 ± 2.60 bc	16.63 ± 5.05 ab
TT-5	4.31 ± 0.21 b	5.13 ± 0.45 ab	3.19 ± 0.60 e	3.88 ± 0.88 b	5.19 ± 0.48 c	7.38 ± 0.65 c	9.69 ± 1.12 c	13.94 ± 3.22 b
TM-5	4.88 ± 0.22 ab	6.31 ± 0.32 ab	4.13 ± 0.67 cde	5.19 ± 0.51 ab	7.19 ± 0.54 bc	10.38 ± 0.80 bc	12.06 ± 1.73 bc	16.38 ± 2.31 ab
TL-5	4.56 ± 0.32 ab	4.63 ± 1.13 b	3.31 ± 0.57 e	3.94 ± 0.51 b	5.13 ± 0.54 c	7.94 ± 0.69 c	10.63 ± 1.88 c	15.31 ± 1.73 ab
TL+M-5	4.81 ± 1.20 ab	5.81 ± 1.01 ab	4.50 ± 0.83 bcde	5.25 ± 0.77 ab	7.31 ± 1.65 bc	10.44 ± 3.05 bc	13.69 ± 2.22 bc	19.31 ± 2.58 a
TZ-5	4.56 ± 0.37 ab	5.19 ± 0.82 ab	3.69 ± 0.51 de	4.06 ± 0.62 ab	5.25 ± 0.75 c	7.88 ± 1.26 c	8.88 ± 2.41 c	13.63 ± 2.41 b
TZ+M-1	4.31 ± 0.51 a	5.69 ± 1.04 ab	5.44 ± 0.84 abcd	7.75 ± 1.30 ab	10.81 ± 0.82 ab	14.00 ± 1.98 abc	17.00 ± 1.87 abc	19.56 ± 4.72 a
TT-1	4.50 ± 0.40 a	5.38 ± 0.45	6.00 ± 0.92 abc	7.31 ± 1.08 abc	11.00 ± 2.60 ab	16.69 ± 4.43 ab	20.44 ± 5.47 ab	18.13 ± 2.75 a
TM-1	4.63 ± 0.41a	5.75 ± 0.64 ab	4.81 ± 0.48 abcde	6.63 ± 0.57 bc	9.81 ± 2.36 ab	13.75 ± 3.26 abc	15.50 ± 3.69 abc	16.19 ± 4.07 a
TL-1	4.44 ± 0.48 a	5.50 ± 0.61 ab	6.19 ± 0.27 ab	6.88 ± 0.54 bc	9.56 ± 0.80 ab	14.88 ± 0.94 abc	17.13 ± 1.35 abc	18.56 ± 5.30 a
TL+M	4.56 ± 0.37 a	6.06 ± 0.45 ab	6.56 ± 0.92 a	8.50 ± 0.79 a	13.13 ± 1.59 a	20.63 ± 5.44 a	23.19 ± 5.26 a	17.56 ± 4.42 a
TZ-1	4.75 ± 0.35 a	5.50 ± 1.19 ab	5.56 ± 0.37 abcd	6.19 ± 0.60 c	8.50 ± 0.47 bc	12.13 ± 0.45 bc	15.56 ± 1.47 abc	18.38 ± 4.22 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($P < 0.05$)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 3a Valores SPAD en hojas de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana entre tratamientos

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)								
	12	36	40	50	60	80	120	140	220
TZ+M-5	48.79 ± 5.30 a	46.35 ± 2.53 a	44.78±1.38 a	38.68± 2.36 cdef	38.23± 2.77 bcde	46.58± 3.89 a	46.79± 1.80 ab	45.34± 1.53ab	40.92± 1.73 a
TT-5	39.13 ± 1.03 b	36.52 ± 1.52 c	36.20±0.83 c	35.53± 0.69 f	34.03± 1.68 e	40.33± 4.91 a	48.53± 3.41 a	45.99± 1.69 ab	41.37± 2.11 a
TM-5	45.81 ± 2.70 ab	44.03 ± 0.63 ab	41.59±2.09 abc	38.15± 1.65 def	37.36± 1.44 cde	43.54± 3.51 a	46.76± 1.13 ab	45.19±1.44 ab	40.16±0.94 a
TL-5	37.92 ± 1.99 b	36.68 ± 1.54 c	36.04±1.78 c	34.70± 0.60 f	35.09± 2.42 de	43.39± 4.91 a	48.99± 1.43 a	47.83± 1.62 a	41.21± 0.80 a
TL+M-5	49.44 ± 2.32 a	48.09 ± 1.54 a	44.69±3.46 a	39.80± 2.01 bcdef	38.86± 1.43 bcde	46.59± 5.52 a	44.22± 2.93 b	42.66± 3.53 ab	41.01± 1.30 a
TZ-5	38.42 ± 1.52 b	38.49 ± 0.32 bc	37.42± 2.33 bc	36.81± 1.42 ef	37.04± 1.58 cde	43.46± 7.86 a	47.62± 1.68 ab	46.90± 0.70 a	40.98± 2.16 a
TZ+M-1	48.37± 2.45 a	49.06 ± 1.26 a	47.82± 2.83 a	46.01± 0.78 a	41.61± 1.73 abc	40.72± 1.43 a	48.03± 2.56 a	44.28± 2.77 ab	40.96± 2.12 a
TT-1	44.81 ± 4.82 ab	44.46± 3.63 ab	44.86± 3.89 a	43.89± 3.00 abc	44.07± 2.95 ab	43.34± 4.47 a	47.23± 1.83 a	46.24± 2.07 ab	40.12± 3.19 a
TM-1	47.62 ± 2.46 a	46.94± 3.23 a	44.51 ± 3.09 ab	42.05 ± 3.28 abcde	40.22± 3.17 abcd	39.15± 2.48 a	46.57± 2.65 a	43.81± 3.02 ab	41.97± 1.48 a
TL-1	42.09 ± 2.48 ab	43.57± 1.53 ab	44.04±1.67 ab	43.69± 1.41 abcd	42.96± 2.11 abc	40.42± 0.64 a	46.33± 0.59 a	43.74± 1.48 b	41.11± 4.43 a
TL+M	49.26 ± 1.84 a	49.16± 2.36 a	47.98 ± 1.62 a	46.37±1.80 a	45.13± 2.29 a	42.57± 0.98 a	49.98± 2.29 a	47.63± 3.11 a	41.69± 2.92 a
TZ-1	43.46 ± 1.02 ab	44.45± 1.37 ab	43.69± 1.06 ab	44.56 ± 1.91 ab	43.75± 1.97 ab	40.74± 2.65 a	49.16± 3.78 a	44.99± 1.11 ab	42.59± 2.77 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 4a Área foliar de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana por tratamiento en (cm²)

Tratamiento	(220 ddt)	
	CE=0.5 dS m ⁻¹	CE=1.0 dS m ⁻¹
TZ+M	1786.08±328.94 a	2641.08± 551.22 a
TT	2297.07±1078.49 a	2869.86±1092.02 a
TM	1807.18±699.03 a	1448.45± 606.39 b
TL	2151.91±695.93 a	2606.20±642.10 ab
TL+M	1702.58±753.55 a	2714.47± 946.94 a
TZ	2129.51±1331.81 a	3201.37±439.15 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M= Tratamiento Zeofert + Micorrizas TT= Tratamiento Testigo TM=Tratamiento con Micorrizas. TL=Tratamiento con Leonardita. TL+M= Tratamiento Leonardita + Micorrizas. TZ=Tratamiento con Zeofert.

Cuadro. 5a Materia seca de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana por tratamientos al momento de la cosecha (220 ddt)

Tratamiento	Órgano de la planta			
	Flores y Frutos (g)	Hojas	Corona	M.S. (g por planta ⁻¹)
TZ+M-5	4.17	24.11	12.73	10.25 cd
TM-5	4.25	21.03	10.32	8.90 d
TL-5	4.72	26.55	12.66	10.98 bcd
TL+M-5	5.54	21.98	14.30	10.46 cd
TZ-5	2.76	23.75	12.94	9.86 cd
TT-5	2.67	25.34	11.41	9.85 cd
TZ+M-1	4.48	40.65	31.91	19.26 abc
TM-1	5.15	25.12	21.70	12.99 abcd
TL-1	4.94	41.21	31.94	19.52 abc
TL+M-1	3.73	41.13	39.06	20.98 a
TZ-1	3.86	44.52	32.82	20.30 ab
TT-1	4.91	43.99	36.35	21.31a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 6a Número de frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana acumulado por tratamiento

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
TZ+M-5	2± 0.50 ab	32 ± 4.64 ab	81 ± 9.23 ab	124 ± 11.51 abc	161 ± 9.36 abc	179 ± 7.82 abc	203 ± 6.18 bcd	241 ± 9.83 bcd
TT-5	3± 0.83 ab	12 ± 1.41 b	40 ± 1.87 c	76 ± 2.55 c	106 ± 3.20 c	126 ± 3.64 c	148 ± 3.24 d	179 ± 5.26 d
TM-5	5± 0.83 ab	38 ± 1.12 a	96 ±	141 ± 2.49 a	169 ± 3.42 abc	188 ± 4.64 abc	212 ± 6.60 abcd	240 ± 6.82 bcd
TL-5	4± 0.71 ab	16 ± 1.22 ab	43 ± 0.43 bc	80 ± 2.45 bc	129± 5.45 bc	149 ± 5.80 bc	177 ± 5.54 cd	207 ± 4.60 cd
TL+M-5	6 ± 1.50 a	24 ± 2.55 ab	89 ± 7.98 a	132 ± 10.56 ab	169 ± 12.81 abc	185 ± 14.24 abc	214 ± 16.41 bcd	253 ± 18.54 abcd
TZ-5	1 ± 0.43 b	17± 0.43 ab	46 ± 2.69 bc	78 ± 3.20 bc	119 ± 4.87 bc	138 ± 5.50 bc	168 ± 7.18 d	206 ± 10.23 cd
TZ+M-1	1 ± 0.43 a	28 ± 2.12 ab	98 ± 3.64 a	142 ± 4.15 abc	209 ± 6.30 abc	251 ± 9.20 abc	307 ± 14.01 abcd	378 ± 17.18 abc
TT-1	ND	19 ± 1.48 ab	93± 8.53 ab	168 ± 14.82 ab	276 ± 26.33 a	318 ± 31.34 a	383 ± 35.33 ab	456 ± 38.35 ab
TM-1	1 ± 0.43 a	13 ± 2.49 b	87 ± 9.44 abc	151 ± 13.88 abc	223 ± 20.33 abc	263 ± 23.50 abc	309 ± 26.76 abcd	379 ± 33.66 abcd
TL-1	ND	17 ± 1.79 ab	54 ± 7.30 c	111 ± 10.06 bc	224 ± 11.00 ab	273 ± 10.59 ab	341 ± 10.54 abc	394 ± 8.87 abc
TL+M	2 ± 0.50 a	24 ± 1.87 ab	97 ± 2.17 a	191 ± 3.34 a	291 ± 6.30 a	335 ± 8.79 a	401 ± 11.30 a	465 ± 15.74 a
TZ-1	ND	12 ± 1.87 b	54± 3.35 bc	106 ± 6.80 c	174 ± 8.38 abc	214 ± 9.73 abc	273 ± 10.33 abcd	381 ± 13.59 abc

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con

Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 7a Rendimiento acumulado de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana por tratamiento (g)

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)							
	150	160	170	180	190	200	210	220
TZ+M-5	6.25± 6.50 ab	129.75 ±48.86 a	292.13 ± 100.65	412.45 ± 100.74 b	542.25 ± 72.87 ab	585.98 ± 62.25 a	640 ± 68.88 a	723.55 ± 94.42 abc
TT-5	13.75±15.63 ab	52.00 ± 28.38 b	194.18 ± 21.90	319.60 ± 14.38 b	404.63 ± 24.51 b	446.73 ± 38.92 a	513.25 ± 91.19 a	586.48 ± 155.59 c
TM-5	16± 11.85 ab	97.50 ± 40.97 ab	271.70 ± 75.41	396.23 ± 123.68 b	477.40 ± 140.00 ab	521.30 ± 155.95 a	568.70 ± 172.25 a	636.78 ± 187.39 bc
TL-5	16.5±10.59 ab	58.25 ± 16.22 b	184.08 ± 19.42	338.80 ± 59.89 b	520.63 ± 64.33 ab	583.25 ± 57.36 a	652.20 ± 49.19 a	727.83 ± 52.49 abc
TL+M-5	28.65±18.67 a	68.73 ± 25.97 b	235.08 ± 64.38	344.60 ± 91.93 b	448.93 ± 128.80 ab	504.30 ± 141.15 a	589.63 ± 142.97 a	707.10 ± 168.33 abc
TZ-5	4 ± 6.93 ab	69.50 ± 9.34 b	189.83 ± 55.95	320.43 ± 62.33 b	468.73 ± 65.78 ab	531.85 ± 73.78 a	590.78 ± 86.09 a	653.63 ± 94.92 bc
TZ+M-1	3 ± 5.20 ab	114.75 ±30.97 a	363.30 ± 125.20 ab	517.13 ± 110.87 ab	785.38 ± 219.90 ab	926.05 ± 280.82 a	1,051.00 ±299.13 a	1,213.15 ± 278.17 abc
TT-1	ND	78.50 ± 28.72 ab	382.13 ± 189.93 a	626.53 ± 255.52 ab	1,010.35 ± 426.49 ab	1,147.65 ± 492.52 a	1,322.98 ±512.25 a	1,482.65 ± 531.18 a
TM-1	4.25 ± 7.36 ab	46.75 ± 41.59 b	281.13 ± 126.15 ab	460.35 ± 163.73 ab	694.73 ± 277.91 ab	802.73 ± 332.84 a	921.13 ± 360.78 a	1,055.28 ± 440.09 abc
TL-1	ND	64.75 ± 36.96 ab	196.88 ± 104.32 b	419.63 ± 135.16 b	853.43 ± 144.21 a	991.93 ± 150.89 a	1,164.30 ±148.32 a	1,279.73 ± 151.70 abc
TL+M-1	6 ± 6.00 ab	97.25 ± 35.34 ab	382.55 ± 62.34 a	728.15 ± 112.74 a	1,055.95 ± 174.91 ab	1,182.58 ± 231.48 a	1,328.53 ±277.76 a	1,449.95 ± 320.79 a
TZ-1	ND	53.50 ± 37.45 b	247.58 ± 68.71 ab	433.25 ± 136.16 ab	719.15 ± 153.14 ab	866.58 ± 181.60 a	1,041.25 ±207.60 a	1,357.20 ± 290.00 ab

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 8a Diámetro polar (mm) de los frutos evaluados de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)											
	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220
TZ+M-5	38.07±3.50 b	44.53± 6.66 a	38.13± 1.26 a	37.56± 5.30 a	35.95± 2.09 ab	36.55 ± 0.05 a	30.70 ± 1.39 b	31.67 ± 3.03 ab	23.96 ± 5.94 b	33.36 ± 3.29 a	34.96± 6.07 a	31.87 ± 5.31 ab
TT-5	46.13±2.66 a	44.83± 3.87 a	42.36 ± 0.72 a	42.76± 3.07 a	33.04± 2.35 ab	41.40± 0.09 ab	30.22±3. 77 b	28.62 ± 8.18 b	31.22 ± 4.78 b	37.71±7.6 8 a	32.07 ± 10.04 a	27.98 ± 7.22 ab
TM-5	35.66± 5.51 b	41.67 ± 7.10 a	38.77±4 .34 a	37.49± 3.96 a	32.82± 3.66 ab	40.09 ±0.07 ab	32.39 ± 2.55 ab	31.10 ± 6.04 ab	26.95 ± 7.54 b	35.45 ± 1.23 a	34.29 ± 5.41 a	26.77 ± 12.61 b
TL-5	39.43±3.99 ab	42.47± 4.25 a	40.78± 2.04 a	42.48± 4.11 a	38.26± 3.40 a	42.97 ± 0.04 ab	38.44 ± 1.65 a	32.54 ± 5.31 ab	32.48 ± 4.91 ab	33.67 ± 5.60 a	31.37 ± 3.18 a	34.16 ± 1.85 ab
TL+M-5	35.84±6.52 b	38.10 ± 4.61 a	37.64± 2.43 a	36.45± 6.02 a	30.31± 6.63 b	41.29 ± 0.13 ab	34.55 ± 4.21 ab	33.53 ± 3.53 ab	34.50 ± 3.96 ab	33.72 ± 3.49 a	36.82 ± 3.89 a	36.12 ± 4.38 ab
TZ-5	39.68± 3.41 ab	42.28± 2.94 a	42.26± 4.76 a	42.00± 3.54 a	36.84± 6.52 ab	44.54 ± 0.09 b	36.79 ± 4.07ab	35.29 ± 3.02 ab	46.44 ± 21.62 a	35.39 ± 3.33 a	34.93 ± 3.73 a	29.98 ± 2.30 a
TZ+M-1	37.92±3.69 a	42.44± 1.29 a	37.59±3 .06 b	44.19± 2.79 a	41.55± 6.33 a	45.21 ± 0.15 a	35.38 ± 7.14 ab	38.28 ± 3.50 ab	34.79 ± 5.40	33.78 ± 7.31 a	37.5 9± 3.06 ab	31.16 ± 8.20 a
TT-1	38.15± 3.27 a	41.65± 3.00 a	40.90± 4.13 ab	40.97± 2.42 a	39.21± 3.12 a	44.80 ± 0.12 a	32.43 ± 6.13 b	41.03 ± 2.51 a		39.76 ± 4.16 a	36.16 ± 4.87 ab	29.84 ± 5.18 a
TM-1	36.15± 3.19 a	40.81± 3.00 a	38.68±1 .98 b	41.0± 7.00 a	35.38± 3.68 a	38.51 ± 0.23 a	30.79 ± 3.55 b	33.33 ± 8.80 ab	36.35 ± 4.14 a	37.22 ± 3.72 a	36.80 ± 5.86 ab	28.51 ± 5.83 a
TL-1	37.13 ± 3.89 a	38.87± 3.68 a	40.93± 2.36 ab	41.98± 1.45 a	41.87± 2.14	45.53 ± 0.03	35.31± 2.67 ab	37.19 ± 3.64 ab	37.66 ± 2.73 a	39.27 ± 3.47 a	36.49 ± 0.42 ab	29.93 ± 4.90 a
TL+M	41.57 ± 6.34 a	44.95± 2.85 a	44.39± 3.17 a	45.5± 1.86 a	40.78± 3.51 a	44.39 ± 0.10 a	36.11 ± 7.16 ab	37.27 ± 3.71 ab	37.02 ± 4.49 a	37.10 ± 7.62 a	33.93 ± 5.72 b	30.88 ± 3.37 a
TZ-1	41.13±4.99 a	42.54± 3.87 a	40.76± 4.60 ab	40.91± 7.31 a	36.89± 7.71 a	47.29 ± 0.15 a	40.87 ± 4.12 a	39.84 ± 1.60 ab	37.15 ± 1.95 a	39.44 ± 2.78 a	43.48 ± 5.42 a	38.15 ± 3.54 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 9a Diámetro ecuatorial (mm) de los frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana cosechados

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)											
	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220
TZ+M-5	27.10 ±	30.07±	29.18 ±	28.74 ±	25.72 ±	26.53 ±	23.49±	23.65 ±	20.60 ±	26.84 ±	28.08±	27.66±
	2.74 b	3.56 a	1.48 ab	4.24 b	1.19 a	2.49 a	1.27 c	1.63 b	4.27 b	2.26 bc	3.02 ab	4.41 a
TT-5	36.02 ±	29.39 ±	32.78 ±	36.38 ±	22.45 ±	29.80 ±	23.61±	23.80 ±	27.36 ±	32.15±	26.04 ±	21.79±
	2.11 a	2.44 a	1.04 a	1.84 a	1.67 ab	2.57 ab	3.17 bc	7.13 b	3.56 ab	5.96 a	5.71 b	3.76
TM-5	26.38 ±	27.09±	30.28 ±	29.43 ±	21.71 ±	28.45 ±	23.63 ±	25.74 ±	23.74 ±	31.13 ±	28.77 ±	23.25±
	2.65 b	3.78 ab	3.21 ab	5.14 b	2.05 ab	0.49 ab	0.76 bc	4.60 ab	5.22 ab	0.70 ab	2.75 ab	7.82 a
TL-5	28.22 ±	28.76 ±	32.80 ±	32.00 ±	24.65 ±	31.88 ±	27.87 ±	28.34 ±	27.86 ±	26.99 ±	27.21 ±	28.88±
	3.13 b	3.24 a	3.70 a	3.78 ab	3.12 ab	1.83 ab	1.98 abc	3.67 ab	2.84 ab	3.04 abc	1.50 ab	1.64 a
TL+M-5	26.11±	23.65 ±	27.31 ±	27.69 ±	19.74 ±	28.50 ±	30.31±	28.23 ±	28.83 ±	25.75 ±	30.29 ±	28.29±
	3.27 b	3.68 a	1.90 b	3.15 b	2.62 b	1.75 ab	5.04 a	0.40 ab	4.39 ab	2.11 c	3.02 ab	2.82 a
TZ-5	30.02 ±	31.38 ±	32.17 ±	33.16 ±	25.83 ±	32.63 ±	29.28 ±	31.31±	28.49 ±	27.89 ±	28.26 ±	24.58±
	2.21 b	2.57 a	3.33 a	2.76 ab	4.56 a	2.39 b	1.81 ab	2.55 a	1.86 ab	1.75 abc	2.54 ab	4.11 a
TZ+M-1	28.84 ±	28.68 ±	30.16 ±	34.34 ±	29.96 ±	32.70 ±	28.39 ±	33.06 ±	27.81 ±	27.91 ±	32.53 ±	25.80±
	2.41 b	0.80 a	2.95 ab	2.42 ab	4.04	4.90 b	5.36 b	2.80 ab	3.51 ab	4.56	1.62 ab	6.35 a
TT-1	34.72±	29.24±	32.51 ±	32.34 ±	27.49 ±	33.19 ±	27.25 ±	34.43 ±		31.31±	30.15 ±	26.12±
	5.74 a	2.74 a	1.32 a	3.31 ab	2.56	3.32 ab	4.77 b	2.71 a		3.43	4.45 ab	5.65 a
TM-1	26.44±	27.47 ±	27.83 ±	31.13 ±	26.78 ±	27.88 ±	26.77 ±	28.10 ±	30.42 ± 3	29.65 ±	30.25 ±	24.91±
	1.89 b	1.54 a	1.01 b	4.13 b	3.01	7.21 a	1.53 b	6.23 b	a	2.57	4.67 ab	4.08 a
TL-1	27.53±	28.50 ±	34.09 ±	33.96 ±	28.28 ±	33.40 ±	28.75 ±	30.80 ±	31.27 ±	32.34 ±	32.75 ±	26.81 ±
	2.82 b		2.90 a	2.31 ab	1.29	0.44 ab	1.86 b	3.19 ab	1.17 a	1.82	1.07 ab	4.40 a
TL+M	30.76 ±	30.73 ±	34.21 ±	37.80 ±	26.62 ±	31.75 ±	29.41±	30.57 ±	29.25 ±	29.29 ±	28.20 ±	27.15 ±
	3.70 ab		2.95 a	2.20 a	2.34	3.20 ab	4.14 b	3.22 ab	1.55 ab	4.76	2.17 ab	1.46 a
TZ-1	31.41±	29.54 ±	31.96 ±	30.03 ±	26.35 ±	35.23 ±	35.21±	34.24 ±	30.78 ±	32.72 ±	35.96 ±	30.65 ±
	3.10 ab		3.07 a	4.12 b	4.68	2.04 b	1.02 a	2.61 a	1.40 a	1.43	4.15 a	3.37 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 10a Forma de los frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)											
	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220
TZ+M-5	1.41± 0.03 a	1.48± 0.05 b	1.31± 0.07	1.31± 0.07 ab	1.40± 0.04 a	1.38± 0.10 a	1.31± 0.07 ab	1.34± 0.12 a	1.16 ± 0.18 a	1.24 ± 0.05 ab	1.24 ± 0.10 a	1.15 ± 0.03 ab
TT-5	1.29± 0.13 ab	1.52± 0.02 ab	1.29± 0.06	1.18± 0.07 b	1.48± 0.12 a	1.39 ± 0.09 a	1.28± 0.07 ab	1.21 ± 0.07 ab	1.14 ± 0.03a	1.17 ± 0.11 b	1.21 ± 0.12 a	1.26 ± 0.14 a
TM-5	1.35 ± 0.13 ab	1.53± 0.09 ab	1.28± 0.04	1.29± 0.10 ab	1.51± 0.05 a	1.41 ± 0.10 a	1.37± 0.13 a	1.21 ± 0.04 ab	1.12 ± 0.10 a	1.14 ± 0.06 b	1.19 ± 0.13 a	1.10 ± 0.19 b
TL-5	1.42 ± 0.25 a	1.48± 0.09 b	1.26± 0.12	1.33± 0.08 a	1.56± 0.12 a	1.35 ± 0.04 a	1.38± 0.06 ab	1.14 ± 0.08 ab	1.16 ± 0.09 a	1.24 ± 0.08 ab	1.15 ± 0.08 a	1.19 ± 0.09 ab
TL+M-5	1.36 ± 0.09 ab	1.62± 0.09 a	1.38± 0.06	1.31± 0.13 ab	1.53± 0.20 a	1.45 ± 0.17 a	1.16 ± 0.15 b	19 ± 0.12 ab	1.21 ± 0.08 a	1.31± 0.05 a	1.22 ± 0.04 a	1.28 ± 0.07 a
TZ-5	1.32 ± 0.04 ab	1.36± 0.16 c	1.31± 0.02	1.27± 0.15 ab	1.43± 0.02 a	1.37± 0.05 a	1.26± 0.13 ab	1.13 ± 0.03 b	1.68 ± 0.90 a	1.27 ± 0.06 ab	1.24 ± 0.11 a	1.24 ± 0.12 a
TZ+M-1	1.32 ± 0.08 ab	1.48± 0.03 ab	1.26± 0.13 b	1.29± 0.02 a	1.38± 0.03 ab	1.39 ± 0.14 a	1.25± 0.13 ab	1.16 ± 0.02 ab	1.25 ± 0.08 a	1.20 ± 0.10 a	1.16 ± 0.09 a	1.20 ± 0.04 a
TT-1	1.12 ± 0.12 b	1.43±	1.25± 0.08 b	1.27± 0.08 a	1.43± 0.06 ab	1.36 ± 0.09 a	1.19 ± 0.04 b	1.19 ± 0.02 ab		1.27 ± 0.03 a	1.20 ± 0.03 a	1.16 ± 0.07 a
TM-1	1.37 ± 0.11 ab	1.48±	1.39± 0.06 a	1.31± 0.08 a	1.34± 0.23 b	1.37 ± 0.05 a	1.15± 0.10 b	1.17 ± 0.06 ab	1.20 ± 0.07 a	1.25 ± 0.05 a	1.22 ± 0.13 a	1.14 ± 0.05 a
TL-1	1.35 ± 0 ab	1.37±	1.20 ± 0.04 b	1.24± 0.11 a	1.48± 0.06 ab	1.36 ± 0.02 a	1.23± 0.06 ab	1.21 ± 0.05 ab	1.20 ± 0.07 a	1.21 ± 0.04 a	1.12 ± 0.03 a	1.12 ± 0.07 a
TL+M	1.35 ± 0.05 ab	1.46±	1.30± 0.05	1.21± 0.05 a	1.53± 0.04 a	1.40 ± 0.08 a	1.22 ± 0.10 ab	1.22 ± 0.08 ab	1.26 ± 0.09 a	1.26 ± 0.18 a	1.20 ± 0.14 a	1.14 ± 0.09 a
TZ-1	1.31 ± 0.05 ab	1.44±	1.28± 0.08	1.36± 0.08 a	1.39± 0.13 ab	1.34± 0.05 a	1.16 ± 0.15 b	1.17 ± 0.06 ab	1.21± 0.05 a	1.20 ± 0.06 a	1.21 ± 0.03 a	1.25 ± 0.05 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 11a Firmeza en Newtons de frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)					
	170	175	180	200	210	220
TZ+M-5	1.02±0.16 ab	1.47±0.38 a	2.14 ±0.95 a	1.58 ± 0.36 ab	1.21± 0.68 a	1.92±0.50 a
TT-5	0.72± 0.30 c	1.13 ±0.49 a	0.95 ± 0.17 b	1.72 ± 0.62 a	0.85 ±0.25 ab	1.29±0.29 ab
TM-5	0.83± 0.13 bc	1.85± 0.44 a	1.50 ± 0.27 ab	1.70 ± 0.87 a	0.79 ±0.13 ab	1.16 ±0.36 b
TL-5	0.64 ± 0.07 c	1.33 ± 1.11 a	1.22 ± 0.28 b	1.40 ± 0.29 ab	0.61 ±0.13 b	1.35 ±0.56 ab
TL+M-5	1.16 ± 0.13 a	1.31± 0.33 a	1.36 ± 0.79 ab	1.86 ± 0.33 a	1.27 ±0.63 a	1.06 ±0.50 b
TZ-5	0.62 ± 0.07 c	1.17 ± 0.28 a	1.52 ± 0.26 ab	1.05 ±0.14 b	0.81 ±0.11 ab	1.17 ± 0.20 b
TZ+M-1	0.65 ± 0.11	1.33± 0.58 a	1.44 ± 0.51 a	1.52 ±0.54 a	1.50 ±0.18 a	1.41 ±0.25 a
TT-1	0.76 ± 0.21 b	1.01 ± 0.32 a	1.28 ± 0.29 a	1.56 ±0.13 a	0.93 ±0.30 b	1.43 ±0.53 a
TM-1	0.78 ± 0.22 ab	1.44± 0.75 a	0.91 ±0.19 a	1.12 ±0.35 a	1.55 ± 0.24 a	1.03 ±0.35 a
TL-1	1.05 ± 0.18 a	1.36± 0.43 a	1.22 ±0.49 a	1.65 ±0.49 a	1.32 ± 0.24 ab	1.36 ±0.19 a
TL+M	0.67 ± 0.13 b	1.23 ± 0.65 a	1.18 ± 0.35 a	1.13 ±0.17 a	1.28 ±0.19 ab	1.47 ±0.27 a
TZ-1	0.77 ± 0.20 b	1.72 ± 0.33 a	1.27 ± 0.37 a	1.27 ±0.40 a	1.28 ±0.25 ab	1.60 ± 0.49 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey ($P < 0.05$)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 12a Evaluación de °Brix o Solidos Solubles Totales (SST) en frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana por tratamiento

Tratamiento	Días Después del Trasplante (ddt)					
	170	175	180	200	210	220
TZ+M-5	5.55± 0.57 b	8.98 ± 0.79 ab	9.15 ± 1.08 a	8.59 ± 2.27 ab	8.83 ± 1.19 a	9.30 ± 1.91 a
TT-5	7.53 ± 0.36 ab	8.53 ± 1.57 ab	9.05 ± 0.65 a	8.58 ± 0.88 ab	9.20 ± 1.70 a	8.25 ± 1.18 a
TM-5	6.40 ± 0.95 ab	8.98 ± 0.95 ab	10.73 ± 0.82 a	9.18 ± 1.03 b	8.95 ± 0.58 a	10.08 ± 0.99 a
TL-5	7.28± 0.36 ab	8.68 ± 0.46 ab	10.60 ± 1.79 a	8.38 ± 0.86 ab	9.63 ± 1.57 a	9.95 ± 0.94 a
TL+M-5	6.83 ± 1.36 ab	7.05 ± 0.59 ab	9.15 ± 1.98 a	8.00 ± 1.06 a	9.45 ± 0.48 a	9.63 ± 1.70 a
TZ-5	7.23 ± 0.11 ab	7.23 ± 0.58 ab	8.60 ± 1.88 a	7.89 ± 1.55 ab	10.50 ± 2.14 a	8.05 ± 1.38 a
TZ+M-1	7.80 ± 1.36 ab	9.25 ± 1.23 ab	9.55 ± 1.67 a	8.36 ± 1.54 b	9.68 ± 1.53 ab	11.20 ± 2.74 ab
TT-1	7.18 ± 1.03 ab	7.40 ± 2.06 ab	8.28 ± 0.87 a	7.31 ± 0.49 ab	8.70 ± 0.88 ab	9.40 ± 1.32 abc
TM-1	7.90 ± 1.11 ab	9.58 ± 1.01 a	8.80 ± 2.18 a	7.80 ± 0.82 ab	8.18 ± 1.19 b	7.83 ± 1.44 c
TL-1	9.25 ± 1.88 a	7.30 ± 0.78 ab	9.08 ± 1.40 a	7.78 ± 0.61 b	7.75 ± 0.76 b	9.23 ± 0.46 bc
TL+M	8.30 ± 1.85 ab	6.78 ± 0.54 ab	7.98 ± 2.07 a	7.40 ± 0.92 a	10.78 ± 2.64 a	12.05 ± 2.03 a
TZ-1	7.78 ± 1.17 ab	6.18 ± 1.70 b	7.25 ± 0.61 a	6.90 ± 0.18 ab	8.88 ± 1.05 ab	8.63 ± 1.37 bc

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹.

Cuadro. 13a Acidez titulable (% de ácido cítrico) en frutos de fresa (*Fragaria x annanasa* Duch.) CP-Zamorana por tratamientos

Tratamiento*	Días Después del Trasplante (ddt)					
	170	175	180	200	210	220
TZ+M-5	0.32±0.07 a	0.24± 0.04 a	0.25± 0.03 a	0.21± 0.04 a	0.24±0.02 a	0.21± 0.02 ab
TM-5	0.25±0.02 b	0.25±0.03 a	0.21± 0.01	0.23±0.02 a	0.24±0.07 a	0.20±0.05 ab
TL-5	0.22± 0.02 b	0.24± 0.02 a	0.24±0.01 a	0.23± 0.02 a	0.24±0.05 a	0.22± 0.03 ab
TL+M-5	0.26± 0.02 b	0.24±0.05 a	0.22± 0.01 a	0.23±0.04 a	0.25±0.04 a	0.20± 0.07 ab
TZ-5	0.28±0.04 ab	0.30± 0.14 a	0.23± 0.03 a	0.20± 0.02 a	0.23± 0.01 a	0.21±0.04 ab
TT-5	0.27± 0.8 ab	0.26±0.03 a	0.21± 0.03 a	0.20±0.04 a	0.20± 0.02 a	0.15±0.04 b
TZ+M-1	0.27±0.04 a	0.25±0.04 a	0.20± 0.02 a	0.22± 0.03 a	0.24± 0.03 a	0.23± 0.03 ab
TM-1	0.27± 0.04 a	0.24± 0.01 a	0.23±0.02 a	0.24±0.01 a	0.26±0.01 a	0.25± 0.02 a
TL-1	0.23± 0.02 a	0.27±0.02 a	0.22±0.01 a	0.23±0.03 a	0.21±0.03 a	0.23± 0.02 ab
TL+M-1	0.24±0.04 a	0.26±0.07 a	0.21± 0.09 a	0.22±0.04 a	0.23±0.03 a	0.26±0.03 a
TZ-1	0.25±0.02 a	0.23±0.03 a	0.20± 0.01 a	0.21± 0.03 a	0.20± 0.02 a	0.23±0.03 ab
TT-1	0.27±0.08 a	0.24± 0.05 a	0.20± 0.03 a	0.21± 0.03 a	0.24±0.04 a	0.25±0.04 a

Medias con letras iguales dentro de columnas no son estadísticamente diferentes según la prueba de Tukey (P< 0.05)

Tratamientos*: TZ+M-5= Tratamiento Zeofert + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TM-5=Tratamiento con Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TL-5=Tratamiento con Leonardita CE=0.5 dS m⁻¹. TL+M-5= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=0.5 dS m⁻¹. TZ-5=Tratamiento con Zeofert CE=0.5 dS m⁻¹. TT-5= Tratamiento Testigo CE=0.5 dS m⁻¹. TZ+M-1= Tratamiento con Zeofert CE=1.0 dS m⁻¹. TM-1= Tratamiento con Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TL-1= Tratamiento con Leonardita CE=1.0 dS m⁻¹. TL+M-1= Tratamiento Leonardita + Micorrizas CE=1.0 dS m⁻¹. TT-1= Tratamiento Testigo CE=1.0 dS m⁻¹.