

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efectos de Bioestimulantes en Plantas de Fresa (cv. Aromas) Bajo Estrés Hídrico

Por:

DANTE JOSAFAT GÓMEZ VILLEDA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México
Noviembre 2023

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

DIVISIÓN DE AGRONOMÍA

DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efectos de Bioestimulantes en Plantas de Fresa (cv. Aromas) Bajo Estrés Hídrico

Por:

DANTE JOSAFAT GÓMEZ VILLEDA

TESIS

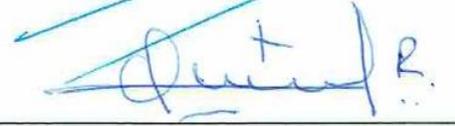
Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

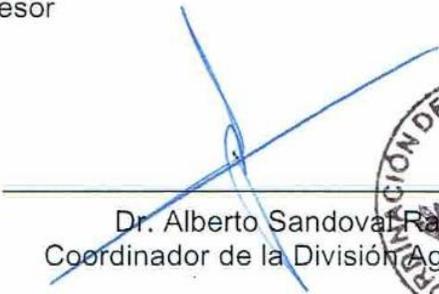
Aprobada por el Comité de Asesoría:


Dr. José Antonio González Fuentes
Asesor Principal


Dr. Serafín Cruz Izquierdo
Asesor Principal Externo


Ing. Antonio Ramírez Hernández
Coasesor


Dr. Fernando Castillo González
Coasesor


Dr. Alberto Sandoval Rangel
Coordinador de la División Agronómica



Saltillo, Coahuila, México
Noviembre, 2023

DERECHOS DE AUTOR Y DECLARACIÓN DE NO PLAGIO

Todo material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor de los Estados Unidos Mexicanos, y pertenece al autor principal, quién es el responsable directo y jura bajo protesta de decir verdad que no se incurrió en plagio o conducta académica incorrecta en los siguientes aspectos:

Reproducción de fragmentos o textos sin citar la fuente o autor original (cortar y pegar); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (autoplagio); comprar, robar o pedir prestado los datos de tesis para presentarla como propio; omitir referencias bibliográficas o citar textualmente sin usar comillas; utilizar ideas o razonamientos de un autor sin citarlo; utilizar material digital como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente. Así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo no ha sido previamente presentado en ningún otra institución educativa, organización, medio publicado o privado.

Presenta



Dante Josafat Gomez Villeda

AGRADECIMIENTOS

A la **Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro**, por abrirme las puertas de esta gran alma mater y brindarme las herramientas necesarias a través de mi estancia para adquirir los conocimientos y por poder realizarme como profesionalista. Me llevaré enormes recuerdos vividos en esta institución.

Al **Dr. Serafin Cruz Izquierdo**. Por el apoyo y confianza que me brindo a lo largo de mi proyecto y por compartir todo su conocimiento para llevar de buena manera mi trabajo, adquiriendo nuevos conocimientos que me ayudaron a mejorar. Del mismo modo, por facilitarme el espacio y equipo necesario para realizar mi experimento.

A mi asesor de tesis **Dr. José Antonio Fuentes González**. Gracias por su apoyo y por compartirme sus conocimientos y experiencias para la realización del trabajo. Pero sobre todo, por su paciencia y amistad brindada para el desarrollo de este proyecto de investigación.

A mis asesores externos **Ing. Antonio Ramírez Hernández y Christian Alberto Moreno Rodas**. Por el apoyo incondicional y orientación, aportando sus conocimientos, experiencias, pero sobre todo, en su tiempo para aconsejarme y guiarme en mi trabajo de tesis.

Al **Dr. Fernando Castillo González**. Gracias por apoyarme y auxiliarme con sus conocimientos en la parte estadística de mi trabajo de investigación, pero especialmente, por su paciencia y tiempo que me brindo a lo largo de este tiempo.

A mis amigos de la Universidad. **Susana, Marcos, Liz, María Luisa, Tafoya**, por su amistad incondicional. Gracias por esos maravillosos momentos en la universidad y por acompañarme durante nuestros años de estudios. Nunca los olvidaré.

DEDICATORIA

A MIS PADRES

Mirna Villeda Botello y Edgar Ulices Gomez Sánchez. Gracias por confiar en mí y por apoyarme incondicionalmente en mis sueños y lograr mi formación profesional, por su inagotable lucha y dedicación, por todos los sacrificios que hacen por nosotros, por sacar adelante a cada uno de sus hijos y por siempre estar cuando los necesito. Pero sobre todo, por ser mi fuente de inspiración y enseñarme a no darme nunca por vencido. Los amo con toda mi alma.

A MIS ABUELITOS

Carolina Botello Espinosa y José Francisco Villeda Hernández (†). Gracias por confiar en mí, por nunca dejarme solo y apoyarme, por quererme tanto y sobre todo, por guiarme y darme los mejores consejos, ya que fueron fundamentales para formarme como persona. Gracias a mi papá Pancho por quererme tanto, que a pesar de que ya no estás conmigo sé que donde quiera que estés, estás muy orgulloso de mí porque era un sueño que teníamos los dos. Los amo.

A MIS HERMANOS

Mitzi Carolina y Edgar Alejandro. Por todo el cariño que me brindan, ya que a pesar de la distancia que tuvimos, nunca me dejaron solo, siempre estuvieron pendiente de mí, sé que sin ustedes y su apoyo esto no hubiera sido posible.

A MI AMIGA

Andrea Ramírez López. Gracias por siempre estar a mi lado incondicionalmente, por ser mi apoyo en todo momento y la luz en mi vida, por nunca dejarme solo en momentos buenos y no tan buenos, por ser una de mis motivaciones día con día, por tu cariño tan sincero y bonito. Fuiste un gran apoyo para realizar este trabajo de tesis. Gracias por todo tu amor. Te amo demasiado.

A MI SOBRINO

Ethan Herrera Gomez. Por ser la alegría de la familia. Te quiero Mucho.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Contenido

AGRADECIMIENTOS	III
DEDICATORIA.....	IV
ÍNDICE DE CUADROS	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	VII
RESUMEN	VII
I.- INTRODUCCIÓN	1
1.1 OBJETIVO GENERAL	3
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	3
1.3 HIPÓTESIS	3
II.- REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
2.1 Estrés.....	4
2.2 Estrés Hídrico	4
2.2.1 Efectos del estrés hídrico en cultivo de la fresa.....	6
2.3 Fibra de coco como sustrato en cultivos de producción.	6
2.4 Algas marinas en la agricultura.....	8
2.4.1 Clasificación de las algas.	9
2.4.2 Composición química de las algas	11
2.4.3 Productos elaborados a partir de algas	12
2.4.4 El efectos y el uso de las algas en la agricultura	13
2.5 Aminoácidos	14
2.5.1 Los aminoácidos en la agricultura	15
2.6 Silicio	16
2.6.1 Comportamiento de las plantas ante el Silicio.	17
2.6.2 Beneficios Agronómicos del Silicio	18
2.7 Color	18
2.8 Grados Brix.....	20
2.9 Características Generales de la Variedad	20

2.10 Descripción de la Variedad	20
2.10.1 Respuesta a enfermedades y plagas.	21
III. MATERIALES Y MÉTODOS	21
3.1 Localización geográfica del sitio experimental.	21
3.2 Material Vegetal	22
3.3 Selección de Sustrato	22
3.4 Trasplante	23
3.5 Solución Nutritiva	24
3.6 Tratamientos	25
3.7 Método de aplicación de tratamientos	26
3.8 Diseño experimental y análisis estadístico	27
3.9 Variables evaluadas.....	27
3.9.1 Diámetro Polar del Fruto (DPF)	27
3.9.2 Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF).....	28
3.9.3 Peso del Fruto (PF)	28
3.9.4 Sólidos Solubles Totales (SST- °Brix)	28
3.9.5 Fotosíntesis “IRGA”	28
3.9.6 Número de días de flor a fruto (NDFF).	29
IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN	29
4.1 Análisis de Varianza General.....	29
4.1.1 Análisis de correlación de factor A por factor B.	32
4.1.2 Análisis de correlación de Factor A y Factor B	33
4.2 Peso del Fruto (PF).....	35
4.3 Diámetro ecuatorial (DE)	35
4.4 Diámetro Polar (DP).....	36
4.5 Sólidos Solubles Totales (SST - °Brix).....	38
4.6 Días de Flor a Fruto (DFF).....	40
4.7 Fotosíntesis “IRGA”	41
4.8 Interacción de Factores a las variables evaluadas	43
V. CONCLUSIÓN.....	44
VI. LITERATURA CITADA	45

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Clasificación de algas.	9
Cuadro 2. Descripción de la tabla de colores según NMX-FF-062-SCFI-2002	19
Cuadro 3. Cantidades de fertilizantes comerciales empleadas para la elaboración de la solución nutritiva.....	24
Cuadro 4. Tratamientos elegidos para determinar los efectos sobre el cultivo de la fresa, aplicados vía foliar.	25
Cuadro 5. Cuadros medios, grados de libertad y coeficiente de variación del grupos de variables Fotosíntesis, Rendimiento y Calidad del Fruto respondiendo al modelo experimental Factorial Completamente al azar.	30
Cuadro 6. Cuadro de comparación de medias por Tratamientos de Factor A.	30
Cuadro 7. Cuadro de comparación de medias por Tratamientos de Factor B.	31
Cuadro 1. Cuadro de comparación de medias por la interacción de Factor A * Factor B.	31

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tabla de madurez de acuerdo con la norma NMX-FF-062-SCFI-2002.19	
Figura 2. Invernadero No.12 del área de Mejoramiento Genético Vegetal COLPOS. Extraída de Google Earth marzo, 2023.....	22
Figura 3. Elaboración practica de propiedades físicas (aireación) de sustratos...	23
Figura 4. Trasplante de plántula de fresa Aromas en Invernadero del COLPOS.	24
Figura 5. Medición de diámetro polar en fresa” Aromas”	27
Figura 6. Medición de número de días de flor a fruto.	29
Figura 7. Coeficientes de correlación de Factor A por factor B de las variables estudias.....	32
Figura 8. Coeficientes de correlación de Factor A de las variables estudias.	33
Figura 9. Coeficientes de correlación de Factor B de las variables estudias.	34
Figura 10. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas sobre el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso del fruto.	38
Figura 11. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas sobre solidos solubles totales.....	39
Figura 12. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas sobre días de flor a fruto.	41
Figura 13. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas vía foliar sobre variable de fotosíntesis.	42
Figura 14. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas vía foliar sobre variable de Conductancia Estomática.	43
Figura 15. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas vía foliar sobre variable de transpiración.....	43
Figura 16. Gráficas de la medias a la interacción de factores de las variables evaluadas.....	43
Figura 17. Gráficas de la medias a la interacción de factores de las variables evaluadas.....	44

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con la finalidad de buscar alternativas benéficas para resolver el problema de estrés hídrico a causa del cambio climático que la actualidad se vive en el mundo; evaluando el efecto de bioestimulantes (Brinda Sil, Delta Plus, Xtra Alga) en plantas de fresa (cv. Aromas) cultivadas en un invernadero del colegio de posgraduados (área de mejoramiento genético vegetal), utilizando bolsas de polietileno llenadas con fibra y polvo de coco como sustrato al cual se aplicaron tres productos bioestimulantes en diferentes periodos de estrés hídrico y riegos de medio litro con solución nutritiva cada tercer día con excepción de las plantas con estrés. Donde se evaluaron 12 tratamientos los cuales fueron: tratamiento 1 (Estrés Hídrico 15 días y 3 ml/L SiO₂), tratamiento 2 (Estrés Hídrico 15 días y 5 ml/L aminoácido), tratamiento 3 (Estrés Hídrico 15 días y 1.5 ml/L algas marinas), tratamiento 4 (Estrés Hídrico 15 días Sin Bioest), tratamiento 5 (Estrés Hídrico 30 días y 3 ml/L SiO₂), tratamiento 6 (Estrés Hídrico 30 días y 5 ml/L aminoácidos), Tratamiento 7 (Estrés Hídrico 30 días y 1.5 ml/L algas marinas), tratamiento 8 (Estrés Hídrico 30 días Sin Bioest), tratamiento 9 (Sin Estrés Hídrico y 3 ml/L SiO₂), tratamiento 10 (Sin Estrés Hídrico y 5 ml/L aminoácidos), tratamiento 11 (Sin Estrés Hídrico y 1.5 ml/L algas marinas), tratamiento 12 (testigo), con siete repeticiones por tratamiento, obteniendo un total de 84 unidades experimentales y con variables evaluadas como diámetro polar y ecuatorial, peso del fruto, sólidos solubles totales, fotosíntesis, número de días de flor a fruto. Se concluye que las plantas tratadas vía foliar con aminoácidos y silicio mostraron los mejores efectos en la fotosíntesis, así como en la aceleración de flor a fruto y mantienen la calidad del futo. Para el tratamiento 4 resulta relevante; ya que fue sometido a un periodo de estrés de 15 días y sin ningún producto bioestimulante y es muy similar a la planta testigo (T12).

Palabras claves: Aminoácidos, Silicio, Algas Marinas, Estrés Hídrico, Calidad.

I.- INTRODUCCIÓN

En la actualidad, el cambio climático que es uno de los problemas que afecta a la humanidad ya que el aumento de las temperaturas altera los parámetros de precipitación y todo el ciclo del agua, por consecuencia acelera la escasez de agua (sequías) ONU (Organización de la Naciones Unidas) (2022). El agua en la agricultura juega un papel indispensable; si no se cuenta con este recurso natural, las plantas no se puedan desarrollar óptimamente, esto sucede con frecuencia en diferentes zonas por la escases que actualmente existe, por ende, nos aproximamos al punto donde habrá desabasto de alimentos para la humanidad y por ello, la importancia de estudiar y buscar alternativas favorables y económicas para este efecto ambiental. Algunas organizaciones como la FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura) (2017), que abordan e investigan estos temas, señalan que a lo largo de la última década la población ha aumentado considerablemente, de seguir así, sin crear nuevas alternativas, nos enfrentaremos a problemas mucho más graves.

A lo largo del tiempo, todos los seres vivos han desarrollado la capacidad de adaptación, por ejemplo, las plantas se han adecuado al déficit hídrico. Algunas especies de hortalizas son sometidas a diversos grados de estrés por lo que generan diferentes respuestas de supervivencia. (Kramer, 1983).

El cultivo de *Fragaria ananassa Duch* demanda gran cantidad de agua durante su fenología, lo que conlleva a que sea muy susceptible al déficit hídrico (Mass, 1987) influyendo en la calidad del fruto. El estrés hídrico está considerado como un factor, que delimita la productividad y el desarrollo de los cultivos. Afectando considerablemente el proceso de la fotosíntesis (Míriam, 2017). Las principales consecuencias del estrés hídrico en las plantas cultivadas son la disminución específica en la altura del tallo, raíces, área foliar y biomasa de la planta (Engelbrecht, 2001, Farooqi *et al.* 1994, Khurana y Singh, 2004; Singh y Singh, 2006)

Actualmente en las regiones donde el cultivo de la de la fresa tiene importancia agrícola, monopolizan la fibra de coco como alternativa de sustrato ya que ofrece a la planta, el soporte necesario; se ha demostrado que mejora la eficiencia agronómica, beneficiando también económicamente al reutilizar un producto que se considera desecho, e impide problemas ocasionados con patógenos en la raíz (Recamales *et al.*, 2007). Es un recurso renovable utilizado por los productores en más de un ciclo de producción (hasta 3-5 años), por su alta retención de humedad, disminuye notoriamente la pérdida de agua, favoreciendo la retención de macronutrientes y micronutrientes (Martínez *et al.*, 2017: Crespo *et al.*, 2012).

En los años recientes, la fresa ha tenido una gran importancia en el mercado nacional, así como, también en el mercado internacional, por su alto contenido nutricional con gran aporte en la salud en su consumo frecuente. Enero del año 2017, existió un incremento del 51% en ventas para exportación en relación con el mismo mes del año anterior (SADER, 2017). Entre los países que mayormente consumen la fresa se encuentran: Canadá, Estados Unidos, Brasil, Reino Unido y Arabia Saudita, que, en conjunto, se adjudicaron 649.1 millones de dólares de esta importante frutilla (SADER, 2017). En México el 52.21% de la producción se destina al mercado externo, en consecuencia, la fresa, es un producto exitoso en comercio internacional (SIAP, 2017) y con ello México mantiene gran presencia a nivel mundial y derrama económica importante para los productores.

Para el periodo del 2016 al 2020 México ocupó el tercer lugar a nivel mundial en la producción de fresa en fresco, con un promedio de 639 mil toneladas (SADER, 2022). Los ingresos en promedio, solamente en el periodo de 2017-2021 para los productores de esta frutilla, ascendieron a 784 millones de dólares (mdd) (SADER, 2022).

A nivel nacional los tres estados líderes en producción de la fresa, en el periodo de 2019-2021 son: Michoacán, Baja California y Guanajuato con 329 184, 105 403 y 97 499 toneladas, correspondientes (Panorama Agroalimentario, 2021).

1.1 OBJETIVO GENERAL

Determinar el comportamiento fisiológico en diferentes periodos de estrés hídrico en producción de *Fragaria x ananassa Duch* variedad "Aromas".

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- a) Conocer la respuesta de los tratamientos ante la fisiología de la planta en fresa bajo estrés por déficit hídrico.
- b) Evaluar la calidad del fruto de la fresa y dar información en función a las diferentes concentraciones de silicio, aminoácidos y algas marinas que se aplicaron.
- c) Evaluar la respuesta de la planta al estrés hídrico a que fue sometido.

1.3 HIPÓTESIS

Cuando menos uno de los bioestimulantes aplicados en plantas de fresa sometido a estrés hídrico, tendrá una respuesta en la producción y calidad de fruto.

II.- REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 Estrés

El origen de la palabra estrés, proviene del griego *Stringere*, y significa “provocar tensión”. En la biología el concepto de estrés según J. Levitt en 1980 se define como algún factor ambiental posiblemente desfavorable para un organismo vivo. Sin embargo, el uso correcto del término según Dr. Adalberto. B, en el año 2002, señala que estrés es: “La mezcla de respuestas fisiológicas y bioquímicas que precisa un estado particular del organismo diferente a lo visto, bajo la calidad de condiciones óptimas”. Por otra parte, los autores Taiz y Zeiger en el año 1996 lo definen, como “El estado de una planta cuando se somete a una fuerza”.

Cuando una planta es sometida a condiciones desfavorables para su desarrollo, se entiende que está sometida a estrés, incluso cuando las diferentes variedades difieren en sus requerimientos. (Kremer y Boyer 1995, Lambers *et al.* 1998).

Los seres vivos a lo largo del tiempo, han desarrollado adaptaciones evolutivas, por ejemplo, las plantas han buscado mecanismos para el estrés, por consecuencia han evolucionado y adaptado a nivel morfológico, anatómico y celular, que les ha permitido vivir en condiciones no aptas (Nilsen y Orcutt, 1996).

2.2 Estrés Hídrico

El estrés hídrico es considerado como la limitación al manejo óptimo de las plantas, obligada por una falta a la disponibilidad de agua. En el término anterior concurren algunos términos relacionados, como “déficit hídrico” y “sequía” (Medrano y Flexas, 2002). Ambos términos relacionados a una respuesta de ambiente escaso de agua (Levitt, 1980).

El estado hídrico de las plantas resulta de los intercambios que se dan por medio del agua disponible en el suelo y la atmósfera, cuando una planta pierde más agua de la que absorben se da el déficit hídrico (Acevedo, 1979).

Las plantas, a lo largo de su desarrollo, experimentan diferentes grados de estrés hídrico. En el entorno de la naturaleza, la escasez de agua logra ser por el resultado de bajas precipitaciones, la poca capacidad de retención de agua en los suelos, demasiada salinidad, temperaturas extremas y la baja presión de vapor atmosférico o una combinación de todos ellos (Nilsen y Orcutt, 1996).

Cada una de las plantas reaccionan diferente al estrés por falta de agua esto se observa tanto a nivel celular y molecular (Shinozaki y Yamaguchi Shinozaki, 2007). En el momento en que el déficit hídrico se realiza lentamente, las plantas pueden tener algunas respuestas desfavorables con el tema de aclimatación, que conlleva a un efecto sobre el desarrollo, como la reducción del crecimiento foliar y el aumento del sistema radicular (Potters *et al.*, 2007). La problemática más sensible hacia el estrés hídrico es relacionada al crecimiento celular, durante este proceso, las hojas manejan un menor desarrollo y las células permanecen más pequeñas, por lo tanto, se reduce el área foliar fotosintéticamente activa (Parra *et al.*, 1999).

Se considera al estrés hídrico, como uno de los factores determinantes en la producción de alimentos a nivel mundial (Medrano y Flexas, 2002; Bruce *et al.*, 2002). Desde un punto de vista agronómico, las posibles respuestas al problema que nos aqueja sobre el estrés hídrico pasan por la modernización de los sistemas de riego y por la utilización de cultivos con pocas necesidades hídricas. Por lo tanto, existen trabajos de investigación a nivel global, donde se propone la obtención de variedades, que sean capaces de resistir a condiciones desfavorables debido a la escasez de agua (Parry *et al.*, 2005).

La falta de agua induce en las plantas disminución del potencial hídrico (Ψ_w) en sus tejidos, el cual se manifiesta sintetizando grandes cantidades de compuestos denominados osmoprotectores, que se desarrollan como osmolitos, proporcionando la detención de agua por el citoplasma o como verdaderos compuestos protectores, que garantizan la estructura de las membranas y de las macromoléculas (Carlos, 2015). Varios estudios mencionan que se ha detectado que las plantas resisten al déficit hídrico cuando se les hacen aplicaciones de aminoácidos, respondiendo fisiológicamente y mostrando modificaciones morfológicas a corto y largo plazo;

lograr estos cambios ayudan a minimizar el estrés en la planta y aumentar o llevar al máximo los recursos externos e internos (Alarcón, 2000).

2.2.1 Efectos del estrés hídrico en cultivo de la fresa.

En la última década, el cultivo de la fresa ha tenido un gran significado económico para los productores, por lo tanto, es de gran importancia la problemática de estrés hídrico, ya que este cultivo es uno de los que requieren más agua, su demanda es de 1254.6 mm de agua durante su ciclo, pero los productores, regularmente exceden de este recurso aplicando cantidades superiores a las requeridas (Vázquez, *et al.*, 2008). Por consiguiente es un problema que perjudica el crecimiento y el rendimiento de la fresa (Kirmak *et al.*, 2003), al igual, que afecta a la apertura de los estomas, ya que dicho proceso es uno de los más importantes, debido a que es el principal controlador del paso de agua en el mecanismo de los intercambios gaseosos (Taiz y Zeiger, 2006).

Los riegos se deben hacer de forma adecuada, es decir, con la cantidad de agua requerida para el cultivo de la fresa, ya que afecta mucho el déficit hídrico (Hanson y Bendixen, 2004), en el crecimiento de la planta y la producción (Kruger *et al.*, 1999). El estado hídrico de la planta de fresa tiene efectos directos sobre el proceso metabólico y fisiológico, expresado como respuesta una elevada resistencia estomática (Pires *et al.*, 2006).

2.3 Fibra de coco como sustrato en cultivos de producción.

La fibra de coco es un residuo orgánico de zonas tropicales que se incorpora como sustrato en sistemas de cultivo sin suelo, que tiene diferentes aplicaciones en la agricultura, donde la presentación del producto más utilizado es de forma deshidratada, comprimida y en bolsas de polietileno que reciben comúnmente el nombre de “boli”. La obtención de esta fibra se da después de obtener el jugo del fruto y extraer endosperma (pulpa); se desecha lo que es mesocarpio (fibra del futo de coco) y se extraen las fibras más largas; desechando grandes cantidades de lo

que es polvo y fibra más corta; a estos dos desechos se les consideran como subproductos y se emplean como compuestos orgánicos (Mario, 2014).

Se recomienda, previo al uso del sustrato (fibra de coco), realizar un análisis para establecer parámetros adecuados en cuanto a las solución nutritiva y elaborar un lavado de sustrato para evitar los excesos de sales que pudieran dañar a los cultivos (Baixauli Soria y Aguilar Olivert, 2002).

En la actualidad, el uso de sustratos en la agricultura ha tenido una gran relevancia en cultivos sin suelo, debido a que desempeñan la función fundamental de soporte para la planta (Pastor, 1999), siendo una excelente alternativa con gran potencial a largo plazo, evitando los futuros problemas por patógenos en el suelo (Palencia *et al.*, 2016).

Las propiedades físicas y químicas más importantes para que se le dé un uso adecuado en la agricultura según Carrijo, *et al.*, (2002) indica que el sustrato a base de fibra de coco debe de tener un pH de 5.4, una conductividad eléctrica de 1.8 dS m⁻¹, un 95.6% de porosidad total, una retención de agua de 538 mL · L⁻¹, 45.5% de capacidad de aireación y 19.8% agua fácilmente asimilable. La mayoría de los sustratos, en especial los de fibra de coco poseen como propiedad el ser ligero, de rápida descomposición (debido a la actividad biológica que se crea en su interior) y con bajo contenido de compuestos químicos, de igual manera llega a favorecer los métodos de fertilización, ya que satisface los requerimientos del cultivo, al igual que conserva las concentraciones nutrimentales deseadas (Martínez *et al.*, 2017, Cánovas, 1999).

Las características descritas anteriormente, hacen que la fibra de coco como sustrato sea favorable sustituto del peat moss, debido que cuenta con mayor retención de agua (9 veces su peso en agua), ausencia de malezas y patógenos en comparación con el peat moss; asimismo, de ser un gran recurso renovable con bajo impacto ambiental (Escobar, 2009).

Cerca de 12 500 cáscaras de coco producen aproximadamente de 2.5 toneladas de producto de fibra, con un promedio de peso de las cáscaras, aproximado a los 800 gramos (Fernández, 2014).

Los sustratos presentan una gran ventaja, en específico la fibra de coco ya que es sustrato 100% natural al igual que es un material renovable, tiene una fácil rehidratación y con ello ayuda a que sea cómoda su trasportación y así minimizar gastos (Martínez, 2017).

Presenta una fortaleza a problemas de estos hídricos, ya que es un excelente retenedor de agua y con alta capacidad de aireación, con ello nos ayuda optimizar el agua y los fertilizantes. Los estudios revelan que este sustrato tiene un buen pH y EC que es muy aceptable, de igual manera promueve el crecimiento de las raíces. Es un producto íntegramente biodegradable, una vez acabado su ciclo de productividad, el sustrato se puede incorporar al suelo como compost.

2.4 Algas marinas en la agricultura.

El uso irracional de los productos químicos a lo largo del tiempo, en la agricultura ha originado la pérdida de las capas fértiles de los suelos y ha disminuido su biodiversidad, de igual manera han eliminado a los enemigos naturales de las plagas, por lo tanto, ha incrementado el uso de agroquímicos para combatir dichas plagas (Battacharyya, 2015).

En la actualidad, la necesidad de cuidar al medio ambiente y enfrentar las adversidades que ocasiona el cambio climático en la agricultura, el uso de extractos vegetales y de algas ha traído aceptación como alternativas, para acrecentar los rendimientos y para prevenir el efecto de enfermedades en los cultivos. Los extractos, son productos amigables con el medio ambiente y biodegradables con baja toxicidad para los animales y humanos (Crouch, 1993 y Povero, 2016).

Las algas, pertenecientes en su mayor parte al reino protista, son organismos fotosintetizadores de organización sencilla, donde su hábitat se encuentra en el agua o en los ambientes muy húmedos (Preston, 2006 y Collins, 1993). Al hablar de las algas para el uso en la agricultura como fertilizantes benéficos, tenemos que

retroceder en el siglo XIX, donde los habitantes de esa época y que vivían en las costas, hacían la recolección de algas pardas que era arrastradas por la marea del mar, las ubicaban en sus terrenos y observaban el efecto benéfico de estas en las plantas y en los suelos agrícolas (Lembi, 1988).

En los años cincuenta, el uso de las algas se ha suplido por los extractos a base de diferentes especies de macroalgas; ya que se ha detectado, qué es un gran bioestimulante para las plantas, donde induce respuestas fisiológicas, tales como el crecimiento vegetal, el mejoramiento de la floración y el de su rendimiento, la estimulación de la calidad, así como del contenido nutricional. Además, la aplicación de diferentes tipos de extractos ha estimulado la tolerancia de las plantas a un amplio rango de estrés abiótico (Battacharyya, 2015).

Según Renuka, (2018), las algas verdes y las cianobacterias están envueltas en la producción de metabolitos, tales como hormonas vegetales, polisacáridos, compuestos antimicrobianos, entre otros; que llegan a tener un papel muy importante en la fisiología de la planta y en la proliferación de comunidades microbianas en el suelo.

2.4.1 Clasificación de las algas.

Existen diferencias en cuanto a la clasificación de las algas; sin embargo, de una forma general se pueden dividir en tres grupos importantes, tales como: microalgas, macroalgas y verdaderas plantas vasculares, las cuales a su vez se subdividen en diferentes grupos (Preston, 2006., Collins, 1993., Van Walree, 2005 y Rafiee, 2016).

Cuadro 2. Clasificación de algas.

Tipo de Algas	Características
Microalgas	
Filo-pirrofitas(dinoflagelados)	En su mayoría son unicelulares, que contiene dos flagelos por lo que se encuentran desnuda o tienen una cubierta

	prácticamente dura. Muestra vida parasitaria o deprecativa (Preston, 2006 y Collins,1993).
Filo-crisófitas	Se conocen como algas amarillas y son organismos unicelulares o pluricelulares. Una de sus características principales es la presencia de cromatóforos de pigmentos amarillos. Su reproducción es vegetativa (Soni, 2017 y Oliveira, 2017).
Filo-euglenófitas	Algas con una estructura sencilla y con una característica muy importante que es la presencia de manchas con pigmento fotosensible que tiene de uno a dos flagelos, lo que es posible cambiar su forma y se multiplica por división longitudinal (Presto, 2006., Soni, 2017 y Olivera, 2017).
Filo-bacilariofitas(diatomáceas)	Mejor conocidas como diatomeas, son de forma solitarias que forman colonias estrelladas (Presto, 2006 y Collins, 1993).
Cianofíceas	Mejor conocidas como algas verde-azules (cianobacterias), son un tipo de bacterias fotosintetizadoras. Tiene una resistencia a circunstancias extremas de temperatura, pH y salinidad. Producen una cubierta mucilaginosa que lo aísla del exterior cuando existen cambios bruscos de temperatura (Soni, 2017 y Oliveira, 2017).
Macroalgas	
Clorófitas	Mejor conocidas como algas verdes, tiene un organismo unicelular o pluricelular. La mayoría de las especies son de agua dulce, por lo existen numerosos grupos marinos que alcanzan tamaños grandes. Es una especie que se multiplica por división celular o sexualmente por la función de dos gametos de diferentes tamaños (Soni, 2017 y Biffard, 2005).
Feófitas	Son algas que tienen un tamaño de 100 m. Sin embargo, poseen clorofilas, presentan coloraciones marrones o pardas, que eso hace que se escondan con la vegetación de su

	entorno. Este tipo de algas son de agua salda, eso hace que vivan muy poco en aguas dulces. Este grupo de algas se usa comúnmente en la agricultura tales como la <i>Ascophyllum nodosum</i> que son de las comunes de este grupo (Biffard, 2005 y Calvo, 2014).
Rodófitas	Se conocen comúnmente como algas rojas, con una longitud que oscilan desde tamaños muy pequeños hasta un metro aproximadamente, y se encuentran regularmente en aguas marinas de grandes profundidades, zona donde otras especies no pueden sobrevivir por la falta de luz. Además de ser color rojo también presentan colores como purpura o color rojo pardo, a pesar de todo, presentan clorofila. Su reproducción es sexual y asexual (Soni, 2017 y Biffard, 2005).
Verdaderas plantas vasculares	
	Son algas muy complejas de color verde en la mayoría de las especies, se encuentran frecuentemente en las orillas de los ríos y lagos, su reproducen sexualmente o por vías vegetativas (Soni, 2017 y Oliveira, 2017).

Fuente: Indira 2018.

2.4.2 Composición química de las algas

La composición química de las algas depende de ciertos factores, tales como, su localización y las condiciones del lugar donde se desarrollan, la disponibilidad de nutrientes, luz, salinidad, profundidad, la presencia de corrientes de agua dulce, y algo muy importante, si existe contaminación por contenido de metales pesados en su habidad (Crouch,1993).

En el caso de las algas, se identificaron fitohormonas y reguladores de crecimiento como citoquininas, auxinas y giberelinas, ácido abscísico y brasinoesteroides (Calvo, 2014 y Du Jardin, 2015); minerales como: hierro, calcio, magnesio, fosforo, iodo, nitrógeno, potasio, bario, boro, cobalto, cobre, magnesio, manganeso,

molibdato, níquel y zinc y algunos materiales orgánicos (Rafiee, 2016; Rai,20117; Calvo, 2014; Van,2017; López, 1999; Du Jardin, 2015), vitaminas, aminoácidos, proteínas (Khan, 2009 y Sharma, 2014) y enzimas (Hong,1995 y López,1999). Gracias a la gran cantidad de elementos que poseen al momento de su aplicación en las plantas, logran tener efectos benéficos importantes en diferentes procesos fisiológicos de la planta.

2.4.3 Productos elaborados a partir de algas

La importancia de las algas radica en que son organismos capaces de incorporar compuestos químicos importantes en la planta, y por lo mismo, es de gran interés el uso en la agricultura, en estos tiempos se elaboran una infinidad de variedades de productos, dentro de los que se encuentran:

Macroalgas troceadas y en polvo.

La biomasa de las algas que proceden generalmente de poblaciones naturales de *Ascophyllum*, *Durvillea*, *Cystoseira*, *E. Macrocystis*, *Ecklonia*, *Fucus*, *Sargassum*, y *Laminaria*; se secan al sol, se fragmentan y/o muelen para dar forma de harina. Esta a su vez, se disuelve en agua para sistemas de hidroponía. También se logra dispersar en el suelo, para regenerar suelos pobres y con problemas de toxicidad, tratar campos deportivos de césped, entre otras cosas (Norrie, 2000 & Battacharyya, 2015).

Extractos líquidos de algas.

Se encuentran diversos métodos de extracción que cita la literatura a partir de algas marinas frescas o deshidratadas (Shukla *et al.*, 2019). Las técnicas más comunes deben introducir la lisis celular (desgaste de una célula debido a una lesión en su membrana plasmática) para liberar y extraer los componentes moleculares que más interesan y manejar bajas temperaturas para no dañar alguna actividad biológica (Battacharyya *et al.*,2015; Calvo *et al.*, 2014).

Para los productos comerciales su extracción más convencional, es con disolventes químicos o a una hidrólisis a diferente pH (Hernández- Herrera *et al.*, 2014). El

método más utilizado por su economía es la extracción basada en agua, ya que es uno de los más eficientes en la obtención de formulaciones ricas en compuestos con actividad estimulante de crecimiento de las plantas (Michalak y Chojnacka, 2014).

Los extractos líquidos de alga se emplean para aplicaciones foliares como biofertilizantes, pero también se llegan aplicar para los suelos, pero esta práctica no es tan común. Los productos más comerciales para este tipo de extracto contienen macroalgas, microalgas y cianobacterias, su aparición en el mercado fue a finales de la década de los noventa (Painter, 1995 & Norrie, 2000).

En el mercado existen numerosos bioestimulantes comerciales a base de algas, que en su mayoría son fabricados a partir de algas de la especie *Ascophyllum nodosum*, así mismo se pueden encontrar productos comerciales que se fabrican a partir de microalgas como la *Spirulina* o *Chlorella* (Verdelho, 2016).

2.4.4 El efecto y el uso de las algas en la agricultura

El impacto que tienen las algas marinas en la agricultura, depende en gran medida de los efectos sinérgicos de la acción de todos los componentes; también el efecto depende de la forma en que se aplican los extractos, logrando aplicarlos directamente al suelo, a través de aspersión foliar, por peletización de la semillas, tratamientos post-cosecha o por la mezcla de algunos tipos de aplicaciones, donde se realiza tratamientos de suelo con aspersión foliar que son los más comunes (Khan, 2009-Lopez, 1999 & Grzesik, 2017).

Entre los efectos más significativos de las algas, se encuentran: la estimulación de la germinación de las semillas (Calvo, 2014) en la floración y retrasar la senescencia (Crouch, 1993; Preston, 2006). Además que, estimulan el crecimiento de las raíces, adelantan la maduración de los frutos (Preston, 2006), el aumento a la tolerancia de las plantas a factores como el estrés hídrico, estrés abiótico como la salinidad, altas temperaturas y heladas y poseen efectos fortificantes (Tuhy, 2013; Calvo, 2014).

Se tiene que resaltar el efecto de las algas en los procesos fisiológicos de las plantas, así como: la fotosíntesis (Du Jardin, 2014), la respiración estomática y la

movilización de nutrientes hacia los organismos vegetativos (Méndez, 2014; Kamel, 2014). Así mismo, promueve la diversidad y acciones microbianas (Oliveira, 2017; McHugh, 2003; Khan, 2009), creando un suelo adecuado para el desarrollo radical de las plantas (Sharma, 2014; Rai, 2017).

Al contrario de los fertilizantes químicos, las algas liberan más lentamente el nitrógeno y a su vez, son muy ricas en macro y micronutrientes (Van, 2017; McHugh, 2003), por lo que han tenido una gran aceptación por los productores y se usan ampliamente como fertilizantes (Temple, 1988; Du Jardin, 2015).

2.5 Aminoácidos

Los aminoácidos en las plantas siempre han estado presentes ante efectos externos tales como: estrés hídrico, golpes de calor o frío, ataques de plagas y enfermedades. Actualmente, los aminoácidos se siguen usando para atenuar el efecto de estrés abiótico, incluso se utilizan cuando se requiere ayudar a la planta en momentos de crisis, como los que se presentan durante el proceso de enraizamiento, antes del cuaje del fruto, antes de la floración y en la asimilación del potasio (K), etc., (Sanabria, 2014).

Los aminoácidos son moléculas orgánicas, que están compuestos de carbono, hidrógeno, oxígeno y nitrógeno, en forma de grupo amino (-NH₂), y un grupo carboxilo (-COOH); en el momento en que la serie de aminoácidos se une por medio de los enlaces peptídicos, se forman las proteínas (Sonnio y Ruane, 2017). La proteína cumple un papel importante, ya que son macromoléculas que tienen participación en las variantes del crecimiento y desarrollo de la planta.

En el año 2016 Cabra y Hernández señalaron que, los aminoácidos además de que participan en la síntesis de proteínas, hacen lo mismo en algunas hormonas y algunas reacciones enzimáticas, por lo tanto, la importancia de los aminoácidos a lo largo del desarrollo y crecimiento de las plantas son indispensable.

Diferentes estudios en las plantas donde se documenta que la aplicación de aminoácidos presenta resistencia a estrés hídrico e involucran respuestas fisiológicas y modificaciones morfológicas de corto y largo plazo: los cambios

ayudan a retrasar el estrés en la planta y maximizar los recursos internos y externos (Reyes, 2013).

Alarcón en el año 2000 menciona y basado en las diferentes funciones que realizan los aminoácidos los clasifico en dos tipos:

De absorción radicular: aspártico y arginina, son los que ayudan a absorber y aprovechar todos los macro y micronutrientes que la planta necesita; donde la metionina, favorece el desarrollo de la raíz; el triptófano es el iniciador de la auxina que favorece la acción hormonal y la valina es la que realiza importantes funciones nutritivas en la germinación.

De absorción foliar: prolina; son las encargadas de regular la presión osmótica, regulando la actividad de los estomas. Es uno de los iniciadores de las sustancias de la clorofila, en consecuencia, es de gran importancia en el proceso de la fotosíntesis.

2.5.1 Los aminoácidos en la agricultura

En la agricultura, los aminoácidos a menudo son utilizados por sus beneficios que tiene sobre la planta, actuando en diferentes procesos como la fotosíntesis, la polinización, la estimulación de fitohormonas y otras sustancias que ayudan al crecimiento, fortaleciendo diferentes niveles de estrés, equilibrando la flora en los suelos y los sistemas de absorción y traslocación de todos los microelementos a nivel de la planta; por lo que es relevante *la* importancia que tiene la aplicación de aminoácidos libres como fertilizantes (Méndez 2015, *Roca y Mrogiski, 2015*).

Las aplicaciones de aminoácidos no son solamente para intentar bajar los niveles de estrés a los que se somete la planta, sino que, también para ayudar en momentos críticos durante el proceso de su plantación (Yommi, 2020).

Los beneficios que se dan a través de la aplicación de aminoácidos en los cultivos se ven favorecidos en un ahorro de energía en la producción, expresándose en el vigor de la planta y el aumento en la tolerancia ante diferentes etapas de estrés, lo

que representa disminución del daño en el rendimiento y en la calidad del cultivo causado por los factores de estrés (Campozano, 2018).

Los aminoácidos participan en procesos importantes para la planta, como lo es la regulación de su crecimiento y desarrollo, suministrando la correcta absorción de los nutrientes. También, realizan actuaciones de antioxidantes, que da una correcta nutrición, lo que nos ayuda al envejecimiento prematuro, ayudando a la planta a suavizar los daños de estrés provocado por heladas, excesos de frío o calor o los cambios repentinos de temperatura (Chávez *et al.*, 2017).

Según Fernández (2008), asegura que, al tener una excelente aplicación de aminoácidos en nuestro cultivo, observaremos los siguientes beneficios:

- Abastecimiento de nitrógeno.
- Favorece el crecimiento radicular.
- Nutrición sin gasto energético.
- Aumento en la resistencia de la planta en factores de estrés.

Para el autor Cajal en el año 2020 los beneficios que proporcionan los aminoácidos a la planta son:

- Mejora el cuajado.
- Estimula la floración.
- Precocidad.
- Mejora en el tamaño y la coloración del fruto (Maduración).
- Mejor relación de azúcares en el fruto (Grados Brix).

2.6 Silicio

El Silicio (Si) es de los elementos más importantes por debajo del oxígeno, ya que representa uno de los elementos que tiene mayor presencia en el planeta tierra, donde se hace presente con un 28% de la corteza terrestre (Hans, 1995). Solo se puede encontrar de manera mezclada como es el caso de sílice y minerales silicatos; donde los silicatos, son minerales que a su vez se mezclan con moléculas de oxígeno o con otros elementos tales como Al, Ca, Fe, Mg, Na, K, entre otros

(Savant, 2015). Entre los silicatos más frecuentes encontramos los cuarzos, plagioclasas y los feldspatos (Exley, 1998).

En el tiempo reciente, la atención que le han dado al (Si) en los organismos vivos ha incrementado notoriamente, ya que ha tenido gran aumento en la litosfera en un 27.7%, solo por debajo del oxígeno que cuenta con un 47.4%. Todos los compuestos a base de silicio comprenden más del 60% de los compuestos del suelo (Quero, 2007).

De acuerdo con Otto Filgueiras (2007), el Silicio es de los elementos más importantes en la relación planta-ambiente, ya que puede aportar a los cultivos mejores condiciones para resistir adversidades climáticas, biológicas y del suelo, teniendo como beneficio el aumento en la producción, con un mejor manejo de producto.

2.6.1 Comportamiento de las plantas ante el Silicio.

En las plantas existen diferentes elementos esenciales para un mejor funcionamiento y productividad en los cultivos, pero con lo que respecta al silicio no es considerado un elemento esencial para la nutrición en las plantas, por lo mismo, no existen muchos estudios en la parte de la fisiología vegetal. Sin embargo, la absorción de este mineral ocasiona beneficios significativos para algunos cultivos, tales como resistencia a plagas, tolerancia a metales pesados, al estrés hídrico y de salinidad, menor evapotranspiración y aumento de la tasa fotosintética (Epstein, 1999 & Patricia, 2008).

El silicio tiene gran acción en la relación de suelo-agua-planta, ya que este elemento es removido del suelo en enormes cantidades, donde se encuentra presente de forma soluble y sólida dentro de los tejidos de la planta.

Se ha demostrado que, las estructuras de las plantas que crecen con falta de (Si) frecuentemente son débiles, por lo consecuente las hace más vulnerables al estrés abiótico y biótico, también como a la toxicidad por metales, facilidad de invasión por insectos y patógenos (Epstein, 1999).

El silicio agrega elementos insolubles (fitolitos) y solubles (polímeros del ácido ortosilícico) a la planta, que así mismo, están entrelazados con celulosa y componentes de la pared celular, lo que las hace resistentes y flexibles, el tejido epidérmico está recubierto de una cutícula, capa externa impermeable y traslúcida, que protege a la planta de elementos como el agua, el aire y de microorganismos (Quero, 2007).

En la mayoría de los cultivos, la absorción de este elemento de (Si) lo hace por medio de difusión pasiva, donde a través del xilema pasa el silicio y llega alcanzar partes áreas, acompañado del flujo de transpiración. Existen diferentes especies de la familia, *Equisetaceae*, *Cyperaceae*, que absorben (Si) de forma activa (Currie, 2007). Una vez que la planta ha absorbido el (Si) como ácido mono silícico, el agua se pierde por transpiración y el Si se mantiene en los tejidos; donde se mantiene dentro de un 87% a 99% de Si, y se localiza en el haz de las hojas, vainas y corteza (Jakobek, 1993).

2.6.2 Beneficios Agronómicos del Silicio

No existe una forma clara del cómo se involucran el elemento silicio en las plantas, pero sí, es evidente que favorece el desarrollo de ciertas especies (Liang *et al.*, 2006). Varios autores coinciden en que los beneficios del silicio en los cultivos se concentran cuando son sometidos a un estrés ya sea abiótico o biótico (Liang *et al.*, 2006; Guntzer *et al.*, 2012).

2.7 Color

En lo que corresponde a la maduración de la fresa, se determina por la pigmentación de la piel de color rojo en el fruto, y donde puede aglomerar pigmentación de antocianinas después de la cosecha. La norma NMX-FF-062-SCFI-2002, implementa que en los frutos de fresa, la cosecha se realiza cuando presentan una elevada coloración con un máximo de 50% de la superficie con un color rojo tenue o rosa (Figura 3) o se consideran los requisitos que se le dará al mercado final.

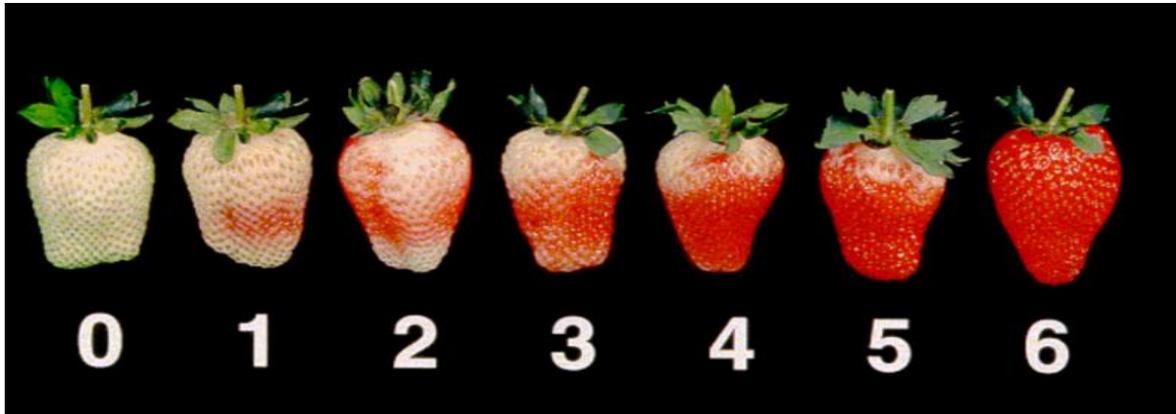


Figura 1. Tabla de madurez de acuerdo con la norma NMX-FF-062-SCFI-2002.

Cuadro 3. Descripción de la tabla de colores según NMX-FF-062-SCFI-2002

Color	Descripción
0	Fruto de color blanco verdoso con buen desarrollo; considerada maduración fisiológica.
1	Fruto de color blanco verdoso, con ciertas áreas de color rosa en la zona apical.
2	Un incremento del área de color rojo intenso en la zona apical.
3	Color rojo puro donde se cubre zona media del fruto y zona de cáliz, presenta visos rosados.
4	Amplía el área de color rojo intenso hacia el cáliz.
5	Color rojo intenso, incrementa y se empieza a cubrir la zona del cáliz.
6	El color intenso cubre todo el fruto.

Fuente: NMX-FF-062-SCFI-2002.

2.8 Grados Brix

Los grados brix, es la medición de consiente total de sacarosa, glucosa o fructosa disuelta en un líquido, que se pueden encontrar en el fruto, específicamente en el jugo de las frutas, que, en complemento, representan un 99% de los azúcares totales de la fruta madura. Una gran aceptación en contenido de sólidos solubles en la fresa es de mínimo 7° Brix (Ramírez, 2011).

2.9 Características Generales de la Variedad

Taxonomía de la fresa.

Reino: *Plantae*

División: *Magnoliophyta*

Clase: *Magnoliopsida*

Subclase: *Rosidae*

Orden: *Rosales*

Familia: *Rosaceae*

Subfamilia: *Rosoideae*

Género: *Fragaria*

Especie: *Fragaria x ananassa Duch*

2.10 Descripción de la Variedad

La fresa Aromas, es una especie de “día neutro”, variedad que se desarrolló en la Universidad de California en el año de 1992 (Douglas, 1998), donde su propagación fue de manera asexual mediante estolones. Una vez, realizadas las evaluaciones, germoplasma fue identificado y registrado como “CN209”.

Se caracteriza por ser una variedad de excelente calidad de fruta, con un buen tamaño de fruto; cuenta con una planta generalmente más vigorosa que la variedad “Selva” o “Seascape”. Se caracteriza por tener peciolo gruesos y rígidos, de igual manera cuenta con convexidad foliar variable y cóncavas las hojas.

El aspecto de la fruta de la variedad Aromas es de color rojo oscuro y se adapta al mercado tanto en fresco como en frutos procesados. La forma del fruto puede variar, pero generalmente es de forma cónica corta, en algunas ocasiones en forma de corazón o sutilmente aplanada y se llega a distinguir fácilmente de otras variedades de día neutro.

2.10.1 Respuesta a enfermedades y plagas.

La variedad es un poco susceptible a la mancha foliar común “*Ramularia tulasnei*” y al marchitamiento por verticilosis “*Verticillium dahliae*” pero por otra parte son resistentes al oidio “*Sphaerotheca macularis*” y a lo que es la podredumbre de la corona antracnosa “*Colletotrichum acutatum*”, y se tiene una gran tolerancia a la araña roja de dos manchas “*Tetranychus urticae*”.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Localización geográfica del sitio experimental.

El presente trabajo de investigación se realizó dentro de las instalaciones del Colegio de Postgraduados, Campus Motecillo, en el área de Mejoramiento Genético, invernadero No.12 (Figura 2), con ubicación en Montecillo, Municipio de Texcoco, Estado de México, México, coordenadas geográficas entre los paralelos 19°27'37” latitud norte; meridiano 98°54'34” de longitud Oeste; a 2,241 metros sobre el nivel del mar (msnm).



Figura 2. Invernadero No.12 del área de Mejoramiento Genético Vegetal COLPOPOS. Extraída de Google Earth marzo, 2023.

3.2 Material Vegetal

El material vegetal utilizado fueron plántulas de fresa (*Fragaria x ananassa Duch*) variedad denominada “Aromas” clasificada con fotoperiodo de día neutro.

3.3 Selección de Sustrato

El medio de crecimiento se elaboró mezclando polvo de coco y fibra de coco, en una proporción de 90/10 v/v respectivamente.

Para comprobar que la mezcla realizada fuera la adecuada, se realizó una práctica para determinar la aireación de esta, mediante el apoyo de un recipiente cilíndrico (tubo de PVC de 4 pulgadas), con orificios previamente tapados en la parte inferior del contenedor. La prueba consistió en llenar el recipiente con la mezcla de sustrato, para después agregar agua hasta que el sustrato fuera cubierto en su totalidad y se registró la cantidad de agua agregada. Posteriormente se permitió drenar, capturando drenando en otro recipiente y se esperó de 15 a 10 minutos para medir el agua recolectada.

Por último, se utilizó la siguiente fórmula para el cálculo del porcentaje de aireación:

$$PA = (vad / vc) \times 100$$

Donde:

PA= Porcentaje de aireación

v_{ad} = Volumen de agua drenada.

v_c = Volumen de contenedor a la altura del sustrato.

El resultado indica que la mezcla preparada de sustrato tiene un 27.66% de aireación.

Una vez realizadas las mediciones de propiedades físicas del sustrato, se efectuó el llenado de las macetas, que fueron bolsas de polietileno con dimensiones 18.5 centímetros de ancho por 34 centímetros de largo, estas fueron llenadas a un 90% de su capacidad con la mezcla preparada de fibra de coco y polvo de coco. Posteriormente se colocaron en el lugar donde se establecería el experimento.



Figura 3.Elaboración practica de propiedades físicas (aireación) de sustratos.

3.4 Trasplante

El trasplante de la plántula se realizó utilizando plántulas de fresa Aromas con “raíz desnuda”, cuidando que la raíz quedara en una posición vertical y la corona de la planta sin cubrirse.



Figura 4.Trasplante de plántula de fresa cultivar Aromas en Invernadero.

3.5 Solución Nutritiva

Se empleó una solución nutritiva Steiner (1984) para todas las plantas la cual se preparó considerando el contenido nutricional del agua de riego.

Para llevar a cabo un manejo práctico de la fertilización, la solución nutritiva fue concentrada 20 veces, en cuatro contenedores de 20 L previamente identificados como Contenedor (A, B, C y D); se separaron los fertilizantes de acuerdo con su solubilidad y compatibilidad, utilizando los siguientes fertilizantes comerciales:

Cuadro 4. Cantidades de fertilizantes comerciales empleadas para la elaboración de la solución nutritiva.

Contenedor A	gr	Contenedor B	gr	Contenedor C	ml	Contenedor D	gr
Nitrato de Potasio	1342.6	Sulfato de Potasio	202.07	Ácido sulfúrico	287.56	Ácido Bórico	5.03
						Sulfato de Zinc	180
Nitrato de Magnesio	624.24					Quelato de Hierro 6%	180
Nitrato de Calcio	1774.72	Fosfato Monoamónico (MAP)	460	Ácido Fosfórico	65.32	Sulfato de Manganeso	133.33
						Sulfato de Cobre	6.15
						Molibdato de Amonio	0.44

*En la Solución Nutritiva no se agregó cloro (Cl). Al saber que es un microelemento esencial, se requiere en pequeñas cantidades y se espera que sea aportado por medio del agua de riego y a partir de impurezas de los fertilizantes (Espinosa, *et al.*, 2014).

Se hizo un monitoreo constante de pH y conductividad eléctrica utilizando un medidor portátil marca Hanna (Modelo: HI98130); los rangos de pH que se manejaron oscilaron entre 5.8 a 6.1 y la salinidad de las diversas soluciones nutritivas se conservó en un rango de 1.5 a 1.8 dS m⁻¹, así mismo se mantuvo un drenaje entre 20 a 30%.

El riego para el experimento se hizo de manera manual por la mañana, aplicando medio litro de solución nutritiva para cada una de las macetas; repitiendo este proceso cada tercer día.

3.6 Tratamientos

Se aplicaron 12 tratamientos (Cuadro 4), cada uno con siete repeticiones, dando un total de 84 plantas experimentales.

Cuadro 5. Tratamientos elegidos para determinar los efectos sobre el cultivo de la fresa, aplicados vía foliar.

		Niveles de Factor			
		Factor A	Factor B		
Tratamientos		Nivel de Estrés (días)	Producto	Descripción	Dosis (ml/L)
T1	Silicio	15	BindaSil	Fertilizante orgánico líquido, con una concentración de Silicio de 8 % p/p, y con una materia orgánica del 15%.	3 ml/L
T5	Silicio	30	BindaSil		3 ml/L
T9	Silicio	Sin Estrés	BindaSil		3 ml/L
T2	Aminoácidos	15	Delta Plus	Producto de origen natural, con una máxima concentración de aminoácidos libres que representan el 23.25% p/p, y con una	5 ml/L
T6	Aminoácidos	30	Delta Plus		5 ml/L
T10	Aminoácidos	Sin Estrés	Delta Plus		5 ml/L

				materia orgánica de 15%.	
T3	Algas Marinas	15	Xtra Alga	Es un fertilizante líquido orgánico vegetal, elaborado a partir de algas marina (Ascophyllum nodosum)	1.5 ml/L
T7	Algas Marinas	30	Xtra Alga		1.5 ml/L
T11	Algas Marinas	Sin Estrés	Xtra Alga		1.5 ml/L
T4	-----	15	-----	No se aplicó ningún producto ya que son las plantas testigo.	-----
T8	-----	30	-----		-----
T12	Testigo	Sin Estrés	-----		-----

Fuente: Elaboración Propia.

3.7 Método de aplicación de tratamientos

Los tratamientos (Cuadro 4) fueron aplicados de manera foliar con ayuda de un atomizador con capacidad de un 1 litro, las aplicaciones se realizaron por las mañanas. Las aplicaciones de los tratamientos se realizaron cada 15 días, teniendo la primera aplicación el día 13 de junio del 2022.

Los riegos se llevaron a cabo normalmente, con excepción de los tratamientos T1, T2, T3, T4 (Tratamientos identificados con estrés hídrico de 15 días), se dejaron en estrés en un periodo de 15 días y se continuaron con los riegos normales al notarse el primer estado de marchites en las plantas; se realizó este procedimiento continuamente.

Los que corresponden con los tratamientos T5, T6, T7 y T8 (Tratamientos identificados con estrés hídrico de 30 días), se dejaron en estrés en un periodo de 30 días y se continuaron con los riegos normales al notarse el primer estado de marchites en las plantas; se realizó este procedimiento continuamente.

Para los tratamientos T9, T10, T11 Y T12 (Tratamientos identificados sin estrés hídrico), nunca se sometieron a un estrés por déficit hídrico y se mantuvieron con riegos normales.

3.8 Diseño experimental y análisis estadístico

El diseño experimental utilizado fue factorial completamente al azar, el cual estuvo integrado por dos factores A (Nivel de estrés hídrico) y B (Bioestimulantes) contando con 12 tratamientos y cada uno con 7 repeticiones, teniendo un total de 84 plantas en su totalidad.

A los datos obtenidos del experimento se realizó un análisis de varianza y pruebas de comparación de medias de LSD de Fisher con un ($P < 0.05$) y tukey ($\alpha < 0.05$) para cada una de las variables analizadas, por lo cual se utilizó el programa SAS versión 9.4.

3.9 Variables evaluadas

3.9.1 Diámetro Polar del Fruto (DPF)

La medición se hizo con un promedio de la toma de 10 frutos maduros de fresa de cada uno de los tratamientos. Una vez teniendo una coloración roja al 100% en el fruto y donde se usó un vernier digital marca Brave BVVE-01. El diámetro polar se obtuvo por medio de una medición de ambos extremos del fruto, colocando el vernier de forma vertical.



Figura 5. Medición de diámetro polar en fresa” Aromas”

3.9.2 Diámetro Ecuatorial del Fruto (DEF)

La medición se hizo con un promedio de la toma de 10 frutos maduros de fresa de cada uno de los tratamientos. Una vez teniendo una coloración roja al 100% en el fruto y donde se usó un vernier digital marca Brave BVVE-01. El diámetro ecuatorial se obtuvo por medio de una medición de los puntos más anchos del fruto, colocando el vernier de forma horizontal.

3.9.3 Peso del Fruto (PF)

La medición se hizo con un promedio de 10 frutos maduros de fresa de cada uno de los tratamientos teniendo un color de maduración rojo al 100%, donde se utilizó una balanza digital marca Torrey LEQ con capacidad de 10 kg. El peso se obtuvo de la cosecha de los frutos maduros de cada uno de los tratamientos y se pesaron individualmente.

3.9.4 Sólidos Solubles Totales (SST- °Brix)

Se eligieron frutos maduros cosechados de cada uno de los tratamientos, consecutivamente se realizó la extracción del jugo y se colocó en un refractómetro. La medición se hizo con un promedio de 5 frutos previo y posterior al estrés hídrico por tratamiento (excepto plantas testigo "T10") y la medición de este parámetro fue con ayuda de un refractómetro digital PAL-1 de bolsillo marca ATAGO con una escala de 0 a 53.0% y expresando los resultado en % de °Brix.

3.9.5 Fotosíntesis "IRGA"

Se realizó la medición de hojas de cada tratamiento con 4 repeticiones, dichas hojas no presentaban ninguna problemática de plaga o enfermedad, de manera que, se hizo la medición con ayuda de un aparato llamado "IRGA" (Sistema de Fotosíntesis), de modelo LI6400, que realiza las siguientes mediciones:

- Tasa Fotosintética (Foto): $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^2 / \text{seg.}$
- Conductancia Estomática (cond): $\text{mol H}_2\text{O m}^2 / \text{seg.}$

- Tasa de Traspiración (Trmmol): m. mol H₂O m² / seg.

La mediciones se realizaron en el centro de las hojas, en un clima totalmente despejado para no afectar los resultados; la toma de datos comenzó a las 11 horas con 27 minutos y 47 segundos. Dichos datos fueron registraron en la computadora del IRGA.

3.9.6 Número de días de flor a fruto (NDFP).

Se selecciono un flor por cada uno de los tratamientos, donde se colocaba una etiqueta con la información de la maceta (tratamiento y número de repetición) y fecha que se observó la flor, una vez que la flor se convierte en fruto maduro, se registró el día que llegaba a dicha maduración. La medición se realizó por medio de la observación diaria.

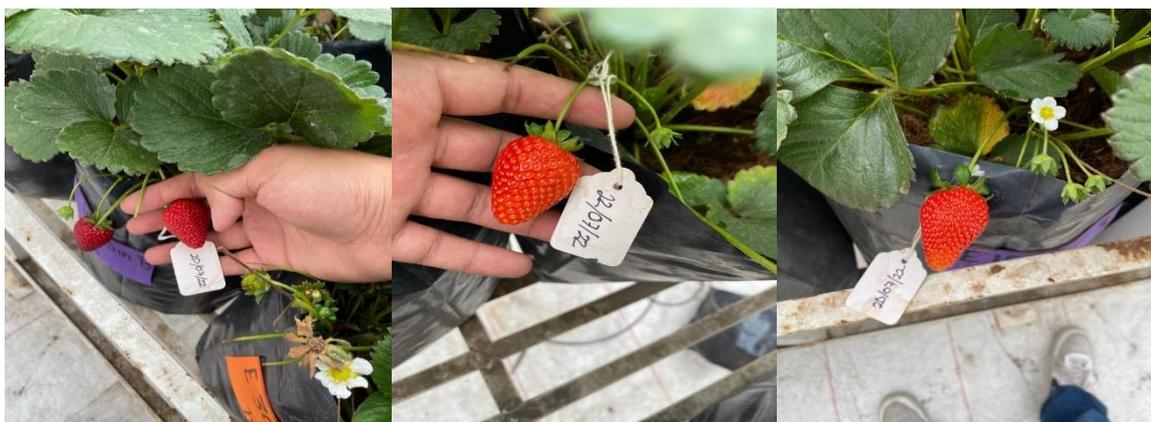


Figura 6. medición de número de días de flor a fruto.

IV.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Análisis de Varianza General

Los resultados del análisis de varianza se presentan en el Cuadro 5, observándose que para los Factores de variación Tratamiento; hubo al menos un Tratamiento cuyo

efecto fue diferente para la variable DDF, para Factor A (Estrés) y Factor B (Bioestimulante) en la variable DDF, para la interacción Factor A * Factor B en SST.

FV	GL	DP (mm)	DE (mm)	PF (g)	SST (°Brix)	DDF (días)	FOT ($\mu\text{mol CO}_2$ $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	COND (Mol H_2O $\text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$)	TRAS ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}$ s^{-1})
Tratamiento	11	8.20	1.88	1.94	2.09	9.57**	4.17	0.007	2.51
Factor A (Estrés)	2	6.07	4.32	4.46	0.33	16.84**	1.34	0.003	5.74
Factor B (Bioestimulante)	3	16.19	2.87	2.47	2.14	17.69**	3.98	0.010	0.51
Factor A * Factor B	6	4.91	0.57	0.84	2.66**	3.08	5.20	0.007	2.43
Error	72								
Total	83								
CV		9.08	7.15	20.06	9.70	4.21	33.70	82.53	37.36

Cuadro 6. Cuadros medios, grados de libertad y coeficiente de variación de los grupos de variables Fotosíntesis, Rendimiento y Calidad del Fruto respondiendo al modelo experimental Factorial Completamente al azar.

Nivel de significancia: **** $P \leq 0.001$; *** $P \leq 0.01$; ** $P \leq 0.05$. Dónde: FV= Factor de variación, GL=Grados de Libertad, FOT=Fotosíntesis, COND=Conductancia estomática, TRAS=Traspiración, CV=Coeficiente de variación.

La diferencia detectadas en el ANOVA permitieron hacer un análisis de comparación de medias (LSD) en la variable DDF; para Tratamientos, Factor A y Factor B; y en la interacción Factor * Factor B para la variables SST.

Cuadro 7. Cuadro de comparación de medias por Tratamientos de Factor A.

Factor A “Estrés Hídrico”								
Factor A	DP	DE	PESO	SST	DDF	FOT	COND	TRAS
Sin Estrés	31.1682	22.6429	8.09643	10.2036	25.3214	9.96438	0.1375	5.37375
Estrés 15 días	30.5496	21.8754	7.40179	10.3021	26.875	9.44188	0.1325	4.27375
Estrés 30 días	30.2554	22.0661	7.39286	10.085	26.3571	9.48375	0.16	4.41188

Nivel de significancia: DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, SST: Sólidos Solubles Totales, DDF: Días de flor a fruto, FOT: Fotosíntesis, COND: Conductancia Estomática, TRAS: Traspiración.

Cuadro 8. Cuadro de comparación de medias por Tratamientos de Factor B.

Factor B "Bioestimulantes"								
Factor B	DP	DE	PESO	SST	DFE	FOT	COND	TRAS
Sin Bioestimulante	30.2657	22.204	7.54	10.4552	27.4286	9.6292	0.13583	4.53833
Silicio	30.6495	21.9895	7.65238	10.3333	25.9	9.5417	0.18667	4.69333
Aminoácidos	31.871	22.743	8.105	10.2676	25.2381	10.3758	0.12667	4.97583
Algas Marinas	29.808	21.8995	7.26	9.7314	26.0952	8.9733	0.12417	4.53833

Nivel de significancia: DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, SST: Sólidos Solubles Totales, DFE: Días de flor a fruto, FOT: Fotosíntesis, COND: Conductancia Estomática, TRAS: Traspiración.

Cuadro 9. Cuadro de comparación de medias por la interacción de Factor A * Factor B.

Interacción de Factor A * Factor B										
Tratamientos	Factor A	Factor B	DP	DE	PESO	SST	DFE	FOT	COND	TRAS
1	Sin Estrés	Sin Bio	30.32	22.56	7.79	10.67	26.71	10.41	0.14	5.20
2	Sin Estrés	Silicio	31.95	22.54	8.57	11.10	24.86	9.45	0.13	5.33
3	Sin Estrés	Aminoácido	33.01	23.29	8.50	9.98	25.00	10.70	0.13	5.20
4	Sin Estrés	Algas Marinas	29.39	22.17	7.53	9.06	24.71	9.30	0.15	5.77
5	Estrés 15 días	Sin Bio	30.54	21.52	7.17	10.27	28.14	8.09	0.08	3.20
6	Estrés 15 días	Silicio	30.24	21.85	7.46	9.87	27.50	10.49	0.21	4.81
7	Estrés 15 días	Aminoácido	30.84	22.56	7.75	10.45	25.14	11.15	0.14	5.34
8	Estrés 15 días	Algas Marinas	30.58	21.58	7.23	10.61	26.71	8.03	0.10	3.75
9	Estrés 30 días	Sin Bio	29.93	22.43	7.61	10.42	27.43	10.39	0.19	5.21
10	Estrés 30 días	Silicio	29.76	21.58	6.93	10.03	25.57	8.69	0.22	3.94
11	Estrés 30 días	Aminoácido	31.76	22.35	8.01	10.37	25.57	9.28	0.11	4.39
12	Estrés 30 días	Algas Marinas	29.57	21.90	7.01	9.52	26.86	9.59	0.13	4.10

Nivel de significancia: Factor A: Estrés Hídrico, Factor B: Bioestimulante, DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, SST: Sólidos Solubles Totales, DFE: Días de flor a fruto, FOT: Fotosíntesis, COND: Conductancia Estomática, TRAS: Traspiración.

4.1.1 Análisis de correlación de factor A por factor B.

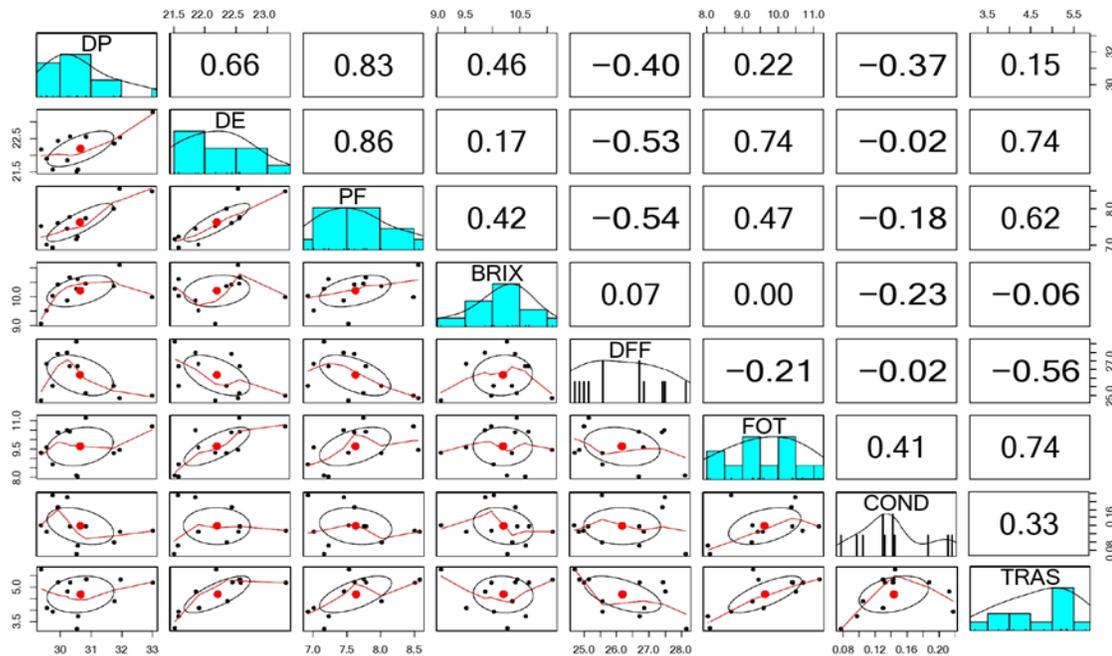
La matriz de correlación de factor A por factor B de las variables de este grupo de caracteres se muestra en la Figura 7.

El diámetro ecuatorial (DE) se correlaciona muy altamente (0.86%) de forma positiva con el peso del fruto (PF), esto indica entre mayor sea el tamaño del diámetro ecuatorial mayor es el peso del fruto. Comportamiento similar que nos dio entre diámetro polar (DP) y peso de fruto (PF).

Para las variables fisiológicas la correlación (74%) que se detectó entre Fotosíntesis (FOT) y Traspiración (TTR) se presenta positivamente, entiendo que al aumentar la fotosíntesis la planta va a provechar de mejor manera los parámetros de traspiración.

En las variables de fotosíntesis (FOT) y traspiración (TRAS) se encontró una correlación positiva del 74 % con la variable diámetro ecuatorial (DE), indicándonos que al tener una buena fisiología vegetal en la planta mayor va a hacer el diámetro ecuatorial.

Figura 7. Coeficientes de correlación de Factor A por factor B de las variables estudiadas.



Nivel de Significancia: Factor A: Estrés Hídrico, Factor B: Bioestimulantes, DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, PF: Peso del Fruto, Brix: Sólidos Solubles Totales, DFF: Días de Flor a Fruto, FOT: Fotosíntesis, COND: Conductancia Estomática, TRAS: Traspiración.

4.1.2 Análisis de correlación de Factor A y Factor B

La matriz de correlación de factor A (estrés hídrico) y factor B (bioestimulante) de las variables de este grupo de caracteres se muestra en la Figura 8.

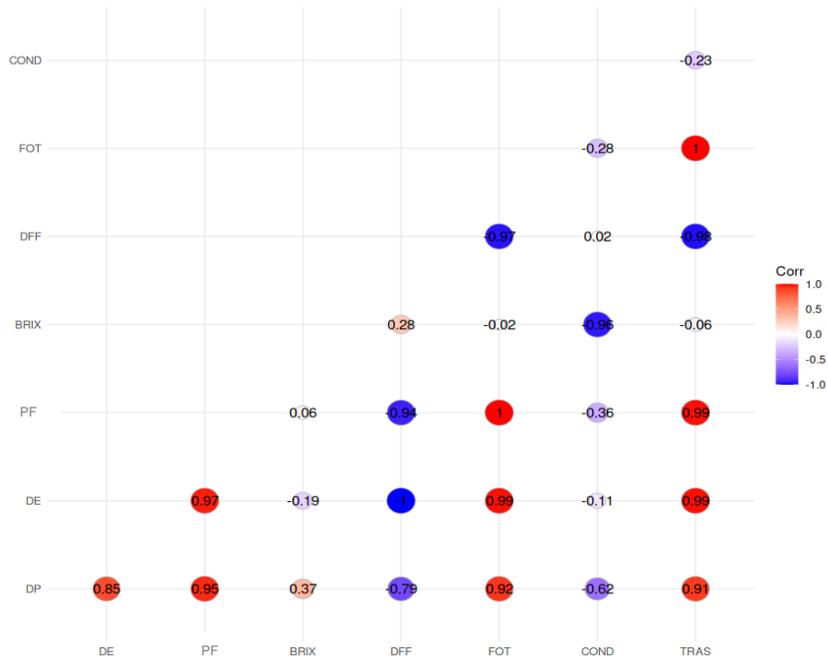
Se tiene una alta correlación para factor A y factor B entre la variable de fotosíntesis (FOT) y la variable peso de fruto (PF) teniendo una alta correlación (100%). De igual forma, se obtuvo un comportamiento similar para diámetro ecuatorial (DE), diámetro Polar (DP).

La fotosíntesis (FOT) se correlaciona (100%) para factor A y para factor B (88%) en la variable de transpiración (TRAS), explicando que al aumentar la fotosíntesis la planta aprovecha los parámetros de transpiración.

Para la variable de Transpiración (TRAS) esta correlacionado fuertemente de forma positiva con diámetro ecuatorial (DE), diámetro polar (DP) y peso del fruto (PF), siendo el diámetro ecuatorial y el peso del fruto los que aumentan más cuando tenemos una excelente transpiración en la planta.

Existe una alta correlación (97%) para factor A y para factor B (91%) entre diámetro ecuatorial (DE) y el peso del fruto (PF), esto nos indica que al aumentar el diámetro ecuatorial va a aumentar el peso del fruto. Comportamiento similar el que nos dio entre el diámetro Polar (DP) y peso del fruto (PF).

Figura 8. Coeficientes de correlación de Factor A de las variables estudias.



Nivel de Significancia: Factor A: Estrés Hídrico, DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, PF: Peso del Fruto, Brix: Sólidos Solubles Totales, DFF: Días de Flor a Fruto, FOT: Fotosíntesis, COND: Conductancia Estomática, TRAS: Traspiración.

Figura 9. Coeficientes de correlación de Factor B de las variables estudiadas.



Nivel de Significancia: Factor A: Estrés Hídrico, DP: Diámetro Polar, DE: Diámetro Ecuatorial, PF: Peso del Fruto, Brix: Sólidos Solubles Totales, DFF: Días de Flor a Fruto, FOT: Fotosíntesis, COND: Conductancia Estomática, TRAS: Traspiración.

4.2 Peso del Fruto (PF)

Los resultados analizados nos muestran que al utilizar SiO₂, aminoácidos, algas marinas aplicados con los diferentes periodos de estrés hídrico no se encontraron diferencia significativa. Sin embargo, el tratamiento T9 (Sin Estrés Hídrico y 3 ml/L de Silicio) presentó los valores medios más altos con 8.57g seguido del tratamiento T10 (Sin Estrés Hídrico y 5 ml/L de Aminoácido) respectivamente, que fueron los valores numéricamente más altos superando al testigo T12 (Figura 10). Los resultados señalados no coinciden con lo publicado por Bogunovic (2018), ya que mencionan que el uso de aminoácidos a dosis (1.5 g/L), aplicada vía foliar en raíz de cultivos de fresa cv. Alba con problemas de estrés tiene una respuesta favorable al daño en el rendimiento tamaño del fruto. Los resultados obtenidos en este trabajo no fueron la misma dosis ni el mismo método de aplicación, es por ellos, que no se encontraron respuestas favorables.

De la misma manera, lo datos presentados por Cruz (2018) las plantas que recibieron la dosis de silicio foliar se obtuvieron frutos con mayor peso con las dosis mayores, pero por lo contrario los frutos que menos pesaron fueron las dosis con falta de silicio. Lo resultados reflejan que la dosis que se evaluó esta investigación (Tratamientos aplicado) no fue suficiente para lograr frutos con mayor peso en comparación con los producidos por la planta testigo. Spinelli (2010) menciona en su trabajo de investigación sobre el extracto de algas marinas en la producción de fresa, donde menciona que, existe un aumento considerable en el peso de la fruta y el rendimiento por planta, resultados que contrastan con lo obtenido en el presente trabajo de investigación.

4.3 Diámetro ecuatorial (DE)

De acuerdo con los resultados de esta variable reflejados por el análisis de varianza y comparación de medias, los tratamientos aplicados no muestran diferencia significativa.

Conforme a lo observados en la Figura 10, se puede apreciar que las plantas con tratamiento T10 (sin estrés Hídrico y 5 ml/L de aminoácido) obtuvieron los valores medios más altos con 23.29 mm superando al Testigo (T12), por lo que dicho tratamiento no fue sometido a ningún estrés hídrico. Ahora bien, la media más baja se obtuvo del tratamiento T5 (Estrés de 30 días y 3 ml/L Silicio).

Los resultados analizados no coinciden con lo publicado por Reyes (2013) donde detallan que el uso de aminoácidos vía foliar ayuda a la planta a un ahorro de energía, que eso a su vez inhibe y disminuye el estrés hídrico que esté sometida la planta, favoreciendo el desarrollo vegetativo y engorde del fruto. Del mismo modo, Martínez y Quiñonez (2018) mencionan, que la aplicación de aminoácidos mitiga los efectos del estrés hídrico, además de eso, mejora el tamaño, la coloración y el cuajado del fruto. Por otra parte, Hernández *et al.*, (2022), menciona que con respecto a la variable de diámetro ecuatorial en frutos de fresa no presentan diferencia significativa al aplicar 20 ppm de silicio, debido a no hay efecto en la calidad de la fruta, de este modo, demuestra el experimento por qué se observó el valor mínimo en el tratamiento y la diferencia con respecto al testigo. Lo mencionado por Alam *et al.* (2013) no tiene relación con los datos observados, ya que indica, que los extractos de algas marinas vía foliar (2.0 ml/L) ayudan al aumento de rendimiento de cultivo de la fresa y esto puede estar estrechamente relacionado con el crecimiento vegetativo.

4.4 Diámetro Polar (DP)

En lo que respecta al diámetro polar se pudo observar que de acuerdo con análisis de varianza y comparación de medias, los tratamientos aplicados no mostraron diferencia significativa. Sin embargo, se logró encontrar diferencia numérica en aquellos que fueron tratadas con concentraciones de 5 ml/L aminoácidos y estrés hídrico de 30 días (T6) dando como resultado el promedio de medias más altas que corresponde 31.75 mm superando a los frutos que género las plantas testigo (T12). Los resultados T10 (Sin Estrés y 5 ml/L AM) validaron los datos que se obtuvieron

de esta variable que fueron positivos, ya que al no haber estrés hídrico en ese tratamiento y con la misma dosis aplicada en el T6 obtuvo la media más alta (33.01mm) superando a todos los tratamientos y al testigo. Por lo contrario, las plantas que se aplicó un tratamiento con 3 ml/L SiO₂ y un estrés hídrico de 30 días (T5), fue el promedio de medias más bajo en comparación con la planta testigo (Figura 10).

Chávez *et al* (2017) señala que el uso de aminoácidos interviene en el proceso de regulación de crecimiento vegetativo y fisiológico, facilitando la absorción de nutrientes y mitigando los efectos de estrés hídrico y con ellos tenemos frutos con excelente rendimiento para el mercado. Por otra parte, Delgado (2014) reporta que al aplicar producto con concentración de 200 g L⁻¹ de SiO₂ en cultivo de la fresa no mostro diferencias significativas en la variable del diámetro polar, por ende, señala que no es necesario agregar silicio como fertilizante para obtener un mejor productividad.

Por lo tanto, los resultados obtenidos sugieren que la dosis utilizada de SiO₂ no fue lo suficiente para obtener frutos con diámetro polar mayor, pero si se recomienda la dosis empleada en esta investigación con aminoácido, ya que se obtiene frutos con mayor diámetro polar que las plantas testigo.

Por otra parte, los resultados analizados no coinciden con la publicación de en su trabajo de investigación por Burcak *et al.* (2018) donde menciona que los bioestimulantes de algas marinas mejoro el estrés hídrico en la fresa y ayudo su desarrollo fisiológico y vegetativo no se ve afectado y su aplicación de forma foliar utilizando una dosis (1.3 g/L), siendo la misma dosis que se utilizó en la aplicación de nuestro trabajo.

Resulta interesante que para el tratamiento T4, que fue sometido a un estrés hídrico de 15 días y sin ningún producto bioestimulante no sea tan diferentes al T12 plantas testigo ya que puedo concluir que la variedad que se utilizó en este experimento resulte resistente a ciertos parámetros de estrés.

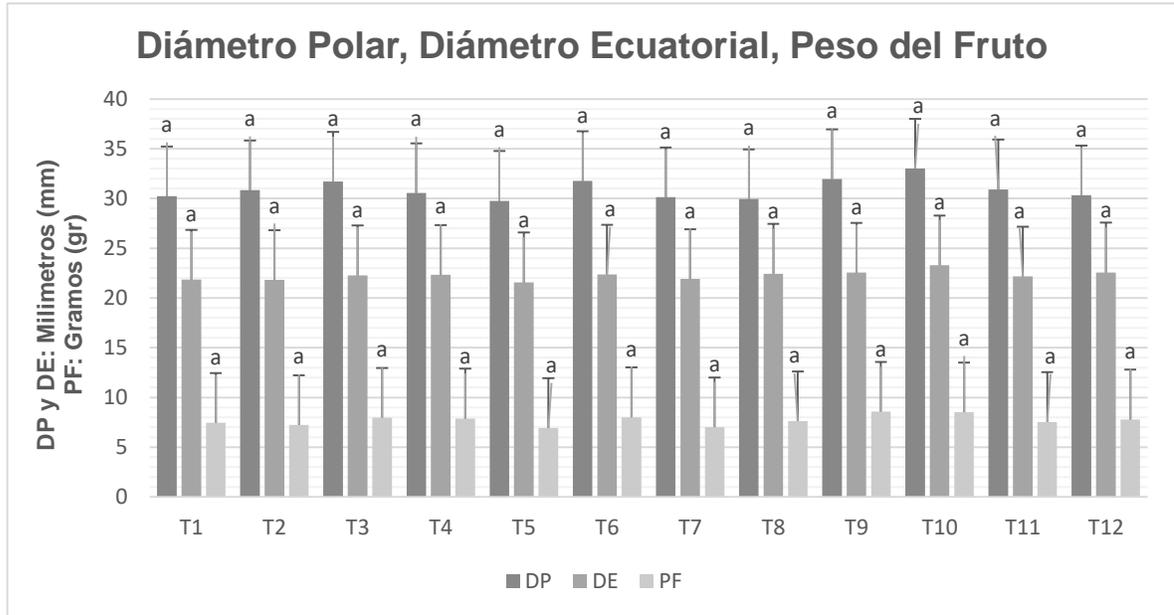


Figura 10. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas sobre el diámetro polar, diámetro ecuatorial, peso del fruto. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas sobre DP: diámetro polar, DE: diámetro ecuatorial, PF: peso del fruto. T1 EH 15 y 3 ml/L SiO₂, T2 EH 15 y 5 ml/L AM, T3 EH 15 y 1.5 ml/L ALM, T4 EH 15 Sin Bioest, T5 EH 30 y 3 ml/L SiO₂, T6 EH 30 y 5 ml/L AM, T7 EH 30 y 1.5 ml/L ALM, T8 EH 30 Sin Bioest, T9 SE y 3 ml/L SiO₂, T10 SE y 5 ml/L AM, T11 SE y 1.5 ml/L ALM, T12 SE Sin Bioest. La barra superior en cada columna simboliza el error estándar y la letras representan la separación de medias de acuerdo con Tukey p< 0.05.

4.5 Sólidos Solubles Totales (SST - °Brix)

En cuanto a los sólidos solubles totales (SST-°Brix) podemos apreciar que al utilizar distintas concentraciones de SiO₂, aminoácidos y algas marinas en plantas de fresa no se encontró diferencia significativa al compararla con las plantas testigo (T12). Sin embargo, si hubo diferencia numérica en el tratamiento T9 (Sin Estrés y 3 ml/L SiO₂) presentando el valor medio más alto con 11.10 % en contenido de °Brix superando al testigo (Figura 11). Los resultados generados coinciden con lo señalado por Dehghanipoodeh *et al.* (2016) donde menciona que no encontró diferencia en el contenido de sólidos solubles totales, inclusive en dosis más altas

de 10 g/L⁻¹ de K₂SiO₃, sin embargo, si en otras variables relacionadas con la calidad de los frutos. Por otra parte, no tiene relación lo que Talukder (2018) menciona en su investigación, ya que las plantas tratadas con aminoácidos (1.4 g/L) tuvieron mayor contenido de grados brix en variedad de fresa “Toyonoka”. Por otra parte, lo que menciona el autor Miniawy (2014) no coincide con la investigación ya que el reporta que evaluó los extras de algas marinas para el rendimiento, calidad de la planta de fresa cv. Sweet Charlie; en el cual se obtuvieron mejores resultados en el aumento Solidos Solubles Totales, utilizando dosis (2.0 ml L⁻¹) de forma foliar, siendo esta dosis mayor a la aplicada en nuestro trabajo.

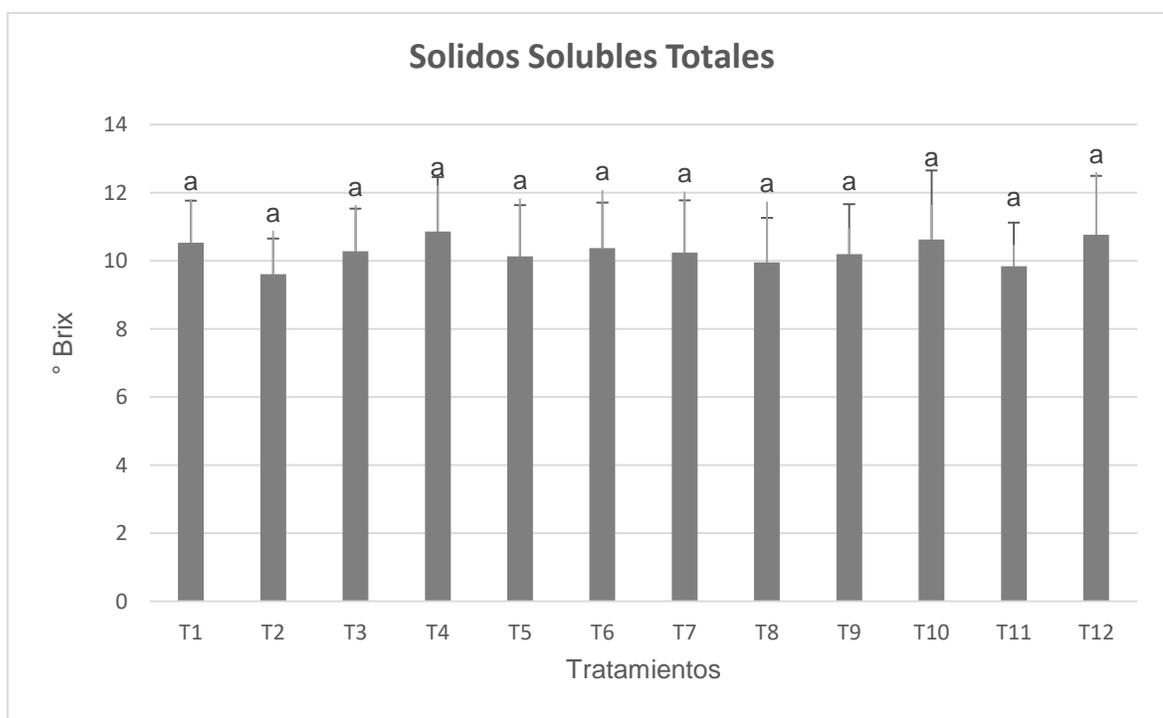


Figura 11. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas sobre sólidos solubles totales. T1 EH 15 y 3 ml/L SiO₂, T2 EH 15 y 5 ml/L AM, T3 EH 15 y 1.5 ml/L ALM, T4 EH 15 Sin Bioest, T5 EH 30 y 3 ml/L SiO₂, T6 EH 30 y 5 ml/L AM, T7 EH 30 y 1.5 ml/L ALM, T8 EH 30 Sin Bioest, T9 SE y 3 ml/L SiO₂, T10 SE y 5 ml/L AM, T11 SE y 1.5 ml/L ALM, T12 SE Sin Bioest. La barra superior en cada columna simboliza el error estándar y la letras representan la separación de medias de acuerdo con Tukey $p < 0.05$.

4.6 Días de Flor a Fruto (DFF)

Los resultados para esta variable muestran diferencias significativas como se observa en la Figura 12. Teniendo el tratamiento de 5 ml/L de aminoácido y 15 días de estrés hídrico (T2) fue el que obtuvo menos días de flor a fruto en comparación con el testigo (T12). Del mismo modo, al tratar las plantas con 3 ml/L de SiO₂ y 30 días de estrés hídrico (T5) y 5 ml/L de aminoácidos con 30 días de estrés hídrico (T6) obtuvieron el promedio de las medias más bajas comparadas con el testigo. En relación con los demás tratamientos, también se encontraron diferencias significativas en los tratamientos que no fueron sometidos algún estrés hídrico y que tuvieron una aplicación con 3 ml/L de SiO₂ sin estrés (T9) y 5 ml/L de aminoácidos sin estrés, pero el mejor tratamiento comparado con el testigo se realizó en las plantas tratadas con 1.5 ml/L de algas marinas.

Crouch (1993); Preston (2006), menciona que los beneficios que dan los extractos de algas marinas tratados vía foliar en los cultivos; estimulan la floración y adelanta la maduración de los frutos. Al igual que Sopelsa (2019), muestra en su trabajo de investigación, que en el cultivo de la fresa donde se realizó una aplicación vía foliar de aminoácido (3.0 g L⁻¹), mostraron una temprana floración y maduración del fruto. Por otra parte, lo que menciona Munaretto (2018), no coincide con los resultados obtenidos en la investigación, ya que reporta que al aplicar silicio (0, 5, 10 y 15 g/L) vía foliar en cultivo de fresa "Aromas" no acelera la productividad ni aumento de fruto, Sin embargo, Silvia *et al.* (2013) observo que las dosis aplicadas de silicio tanto en hojas como en el suelo, en fresa, en condiciones protegidas, acelera he incrementan significativamente la producción de frutos.

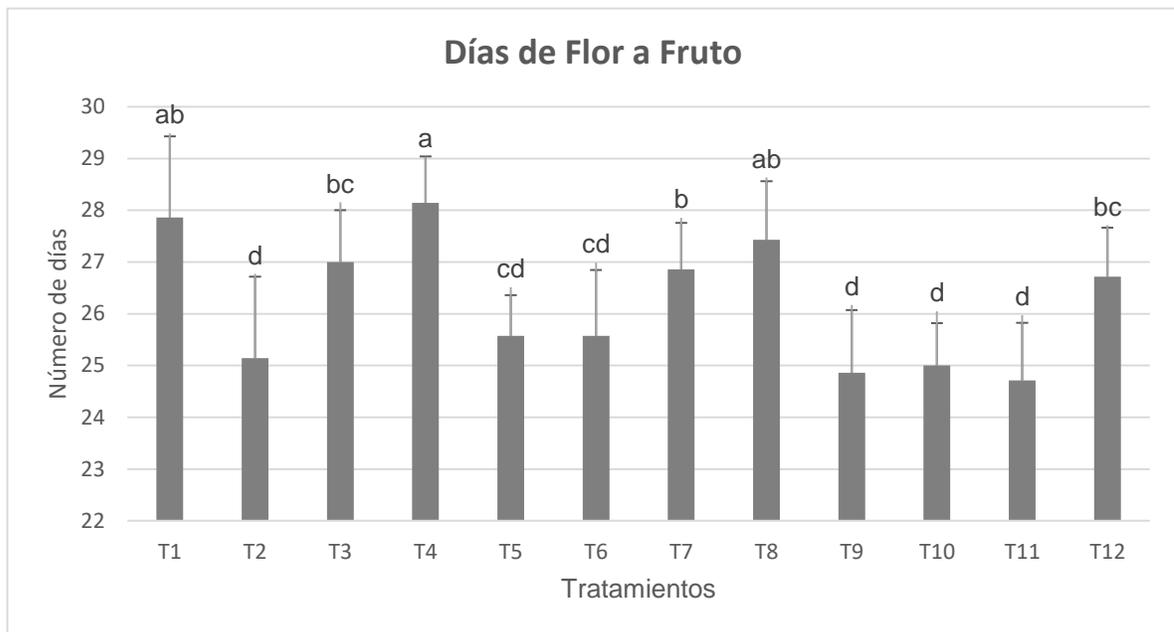


Figura 12. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas sobre días de flor a fruto. T1 EH 15 y 3 ml/L SiO₂, T2 EH 15 y 5 ml/L AM, T3 EH 15 y 1.5 ml/L ALM, T4 EH 15 Sin Bioest, T5 EH 30 y 3 ml/L SiO₂, T6 EH 30 y 5 ml/L AM, T7 EH 30 y 1.5 ml/L ALM, T8 EH 30 Sin Bioest, T9 SE y 3 ml/L SiO₂, T10 SE y 5 ml/L AM, T11 SE y 1.5 ml/L ALM, T12 SE Sin Bioest. La barra superior en cada columna simboliza el error estándar y la letras representan la separación de medias de acuerdo con Tukey $p < 0.05$.

4.7 Fotosíntesis “IRGA”

En cuanto a los efectos causados por las fuentes de bioestimulantes (silicio, aminoácidos, algas marinas) en los parámetros de fotosíntesis, no se encontró diferencia significativa, sin embargo, si numérica en plantas que se sometieron a un estrés hídrico y que se les aplicó aminoácidos vía foliar (T2, T10, T6), seguido, de las plantas que tuvieron estrés hídrico y fueron aplicadas con silicio de forma foliar (T5, T1, T9) comparadas con la plata testigo (Figura 13,14,15). Cazares *et al.* (2022) menciona en su trabajo que el uso del silicio puede llegar a incrementar la capacidad fotosintética y disminuir la transpiración, empleando concentraciones de 30 o 50 mg L⁻¹ en cultivo de pepino. Du Jardín (2014) señaló que el uso de las algas marinas

tiene un efecto significativo en la fotosíntesis de las plantas, así como también, en la respiración estomática, tenido como mejor resultado aplicándola de forma foliar; lo que redactan estos autores no coincide con los resultados reportados en este trabajo. Lo que menciona Soppelsa (2019), coincide con los resultados reflejados en la investigación, ya que menciona que la mezcla de aminoácidos con una dosis 3.0 g L^{-1} aplicada vía foliar, no tiene diferencia significativa, con respecto a la variable de tasa de fotosíntesis en las hojas de (*Fragaria X ananassa Duch.*) cv. Elsanta, teniendo un mejor resultado con otros bioestimulantes.



Figura 13. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas vía foliar sobre variable de fotosíntesis. Las figuras geométricas representan las medias de acuerdo con Tukey $p > 0.05$.

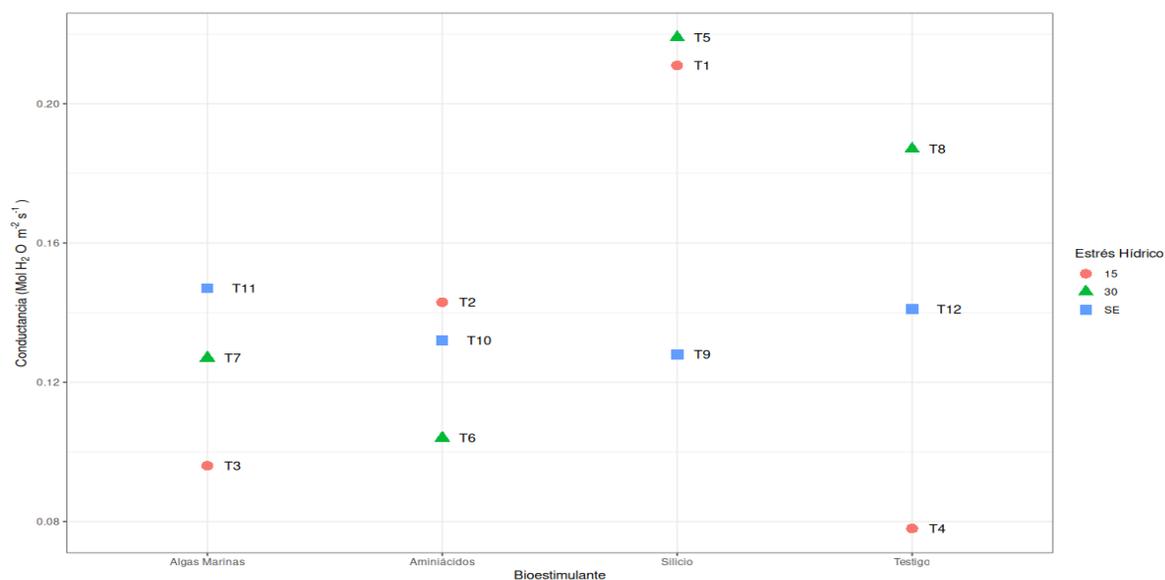


Figura 14. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas vía foliar sobre variable de Conductancia Estomática. Las figuras geométricas representan las medias de acuerdo con Tukey $p>0.05$.

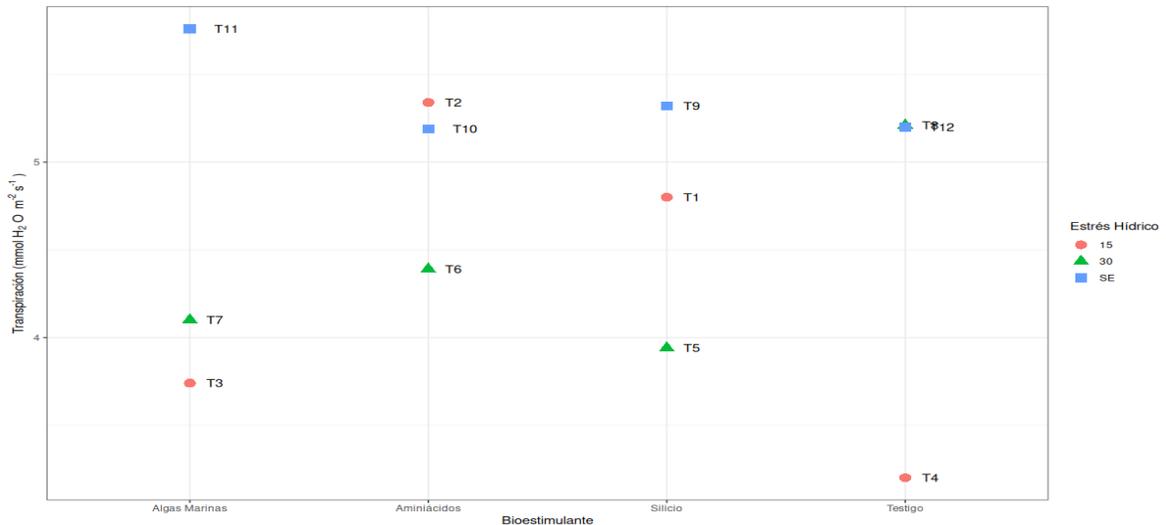


Figura 15. Respuesta de las plantas de fresa (Aromas) a la interacción de aminoácidos, silicio y algas marinas vía foliar sobre variable de traspiración. Las figuras geométricas representan las medias de acuerdo con Tukey $p>0.05$.

4.8 Interacción de Factores a las variables evaluadas

La interacción del factor A menos favorable para la planta de fresa, fueron las que se les realizo periodos de estrés hídrico de 15 días, ya que tuvieron los promedios más bajos en las variables evaluadas

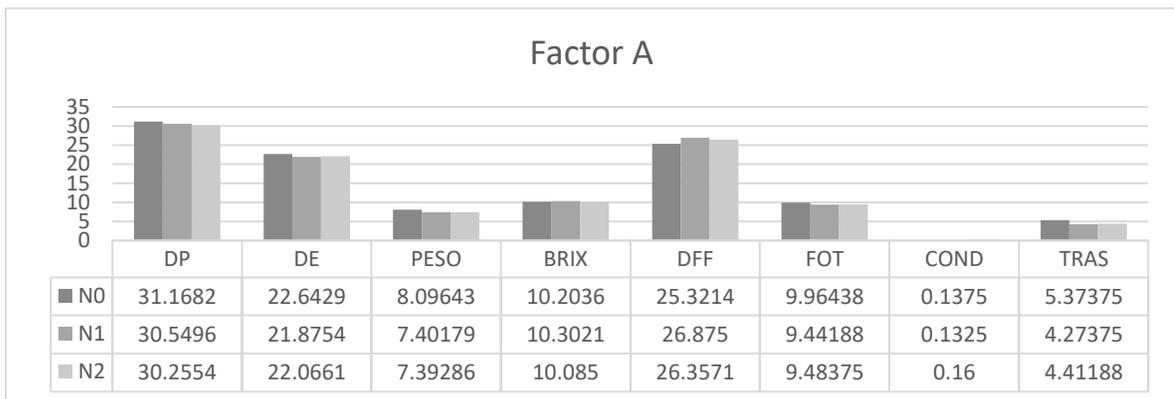


Figura 16. Gráficas de la medias a la interacción de factores de las variables evaluadas. Donde: Factor A= Niveles de estrés hídrico, DP=Diámetro Polar, DE=Diámetro Ecuatorial, Brix=Sólidos Solubles Totales, DFF=Días de Flor a Fruto, FOT=Fotosíntesis, COND=Conductancia Estomática, TRAS=Transpiración, N0= sin estrés, N1= estrés hídrico de 15 días, N2= estrés hídrico 30 días.

Para la interacción del factor B, el que resultado más favorables, fue el que se le aplicó el producto 2 (Aminoácidos) donde tuvo los mejores promedios para las variables analizadas, enseguida del producto 1 (Silicio).

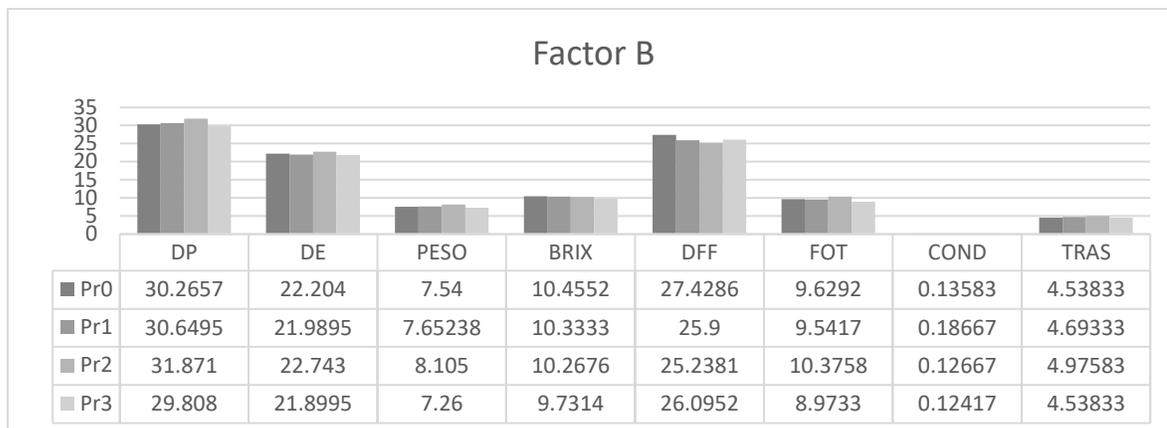


Figura 17. Gráficas de la medias a la interacción de factores de las variables evaluadas. Donde: Factor B= Producto Aplicados, DP=Diámetro Polar, DE=Diámetro Ecuatorial, Brix=Sólidos Solubles Totales, DFF=Días de Flor a Fruto, FOT=Fotosíntesis, COND=Conductancia Estomática, TRAS=Transpiración, Pr0= sin producto, Pr1= Silicio (BindaSil), Pr2= Aminoácido (Delta Plus), Pr3=Algas Marinas (Xtra Alga).

V. CONCLUSIÓN

Tras concluir la investigación y con base en los resultados obtenidos de la aplicación de diferentes bioestimulantes a la problemática de estrés hídrico en plantas de fresa cv Aromas, se acepta hipótesis propuesta en el Capítulo 1.3.

Los principales hallazgos sugieren que los bioestimulantes seleccionados (es decir, silicio, aminoácidos y algas marinas) por lo menos dos de ellos, pueden ser efectivos para minimizar los daños ocasionados por el estrés hídrico, dando buena fisiología vegetal, rendimientos y calidad del fruto.

Teniendo el producto comercial Delta Plus (aminoácidos) como uno de los mejores tratamiento bioestimulante sobre la calidad del fruto, en dosis (5 ml / L) debido a que, hubo diferencias significativa para la variable de días de flor a fruto; incluso hubo diferencia numérica sobre variables de peso de fruto, diámetro polar y ecuatorial, grados brix y algunas variables fisiológicas, donde mantuvo un promedio superior a la planta testigo. El producto BrindaSil figuro como el segundo mejor

bioestimulante, teniendo un efecto positivo en las variables de calidad de fruto y fisiología vegetal, en su dosis (3ml / L). Por ende, se recomienda las aplicaciones de estos productos de manera foliar para mitigar los efectos del estrés hídrico.

Existen efector aleatorios debido a factores donde no se sometió a estrés hídrico a la planta, pero si se aplicó los tres bioestimulantes; teniendo así resultados muy favorables para obtener mejores rendimientos y calidad de frutas con los productos Delta Plus, BrindaSil.

VI. LITERATURA CITADA

Acevedo, E. (1979). Interacciones suelo -agua-raíz en el proceso de absorción de agua por la plantas. Bol. TEC. Facultad de Agronomía Universidad de Chile, 44(9), 17-25.

Adalberto, B.M., Eco fisiología y Bioquímica del estrés en plantas. Marzo del 2002. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Saltillo, México. Pp. 139.

Alam, M.Z.; Braun, G.; Norrie, J.; Hodges, D.M. Effect of Ascophyllum extract application on plant growth, fruit yield and soil microbial communities of strawberry. *Can. J. Plant Sci.* 2013, 93, 23–36.

Alarcón, A.L. 2000. Tecnología para cultivos de alto rendimiento. Novedades Agrícolas S.A- Torres Pacheco (Murcia). Primera edición. Pp. 175-186.

Baixauli Soria, C., & Aguilar Olivert, J.M. (2002). Cultivo sin Suelo de Hortalizas. Aspectos Prácticos y Experiencias (Vol. Divulgación Técnica). Generalitat Valenciana.

Battacharyya, D.; Babgohari, M.Z.; Rathor, P.; Prithviraj, B. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 2015, 196, 39–48

Biffard, B.R.; Bloomer, S.; Chapman, R.; Preston, J.M. Single-beam seabed classification: direct methods of classification and the problem of slope.

- Boundary Influences in Hing Frequency Shallow Water Acoustics. 2005, 105, 227-32.
- Bogunovic, I.; Duralija, B.; Gadze, J.; Kistic, I. Uso de bioestimulantes para preservar las fresas de los daños climáticos. *Hortico. Ciencia*. 2015, 42 , 132-140.
- Bruce, W.B.; Edmeades, G.O.; Barrer, T.C. Molecular and physiological approaches to maize improvement for drought tolerance. *Journal of Experimental Botany*. 2002, 53,13-25.
- Burcak, K.; Eser, C.; Mehmet, A.S.; Sevgi, P.K. Irrigation Regimes and Bio-stimulant Application Effects on Yield and Morpho-Physiological Responses of Strawberry. 2018, March 2.
- Cabra, E. T., & Hernández-Fernández, J. 2016. Caracterización in silico de las proteínas del choque térmico Hsp70 y Hsp90 de Bemisia tabaci (Hemiptera: Aleyrodidae) y su posible actividad adaptativa. *Revista Mutis*, 4(1), 40-50.
- Cajal-Idema, I. 2020. Bioquímica Agrícola. Disponible en http://books.institutoidema.org/sites/default/files/2020_08_01_13_15_06_elvavillanuevacalde_rongmail.com_BIOQUIMICA_AGRICOLA.pdf.
- Calvo, P.; Nelson, L.; Kloepper, J.W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and soil*. 2014, 383, 3-41.
- Campozano Martínez, A. G. 2018. Evaluación de aminoácidos aplicados al suelo y follaje sobre el desarrollo y producción del cultivo del arroz (*Oryza sativa* L.), en la zona de Babahoyo, Los Ríos (Bachelor's thesis, Babahoyo: UTB, 2018).
- Cánovas, A. (1999). *Tratado de Agricultura ecológica*.
- Carlos, O, S. 2015. Tesis. Uso, Manejo y Perservacion de los recursos Naturales (Orientación en Agricultura Sustentable). Pp. 12-150.

- Carrijo, O.A.; Setti R.; Makishima, N. Fibra de casca de coco verde como substrato agrícola. *Hortic BR.* 2002, 20, 533-535. <http://doi.org/10.1590/S0102-05362002000400003>.
- Cazares-Flores, L. L., Partida-Ruvalcaba, L., Velázquez- Alcaraz, T. D. J., Ayala-Tafoya, F., Díaz-Valdés T., Yáñez, M.G., y López-Orona, C.A. (2022). SDilicio y cloro en el crecimiento, rendimiento y calidad poscosecha de pepino y tomate. *Terra Latinoamérica*, 40.
- Chávez Suárez, L., Álvarez Fonseca, A., & Ramírez Fernández, R. 2017. Apuntes sobre algunos reguladores del crecimiento vegetal que participan en la respuesta de las plantas frente al estrés abiótico. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 47-56.
- Collins, M.B.; Voulgaris, G. Empirical field and laboratory evaluation of a real-time acoustic seabed surveying system. *PROCEEDINGS-INSTITUTE OF ACOUSTICS*.1993,15, 343-343.
- Crespo, C.E.; Chulim, C.A.; Villa, S.M.; Montoya, B.R.; Bermúdez, R.A.; López, J.P. Sustratos en la horticultura. Unidad Académica de Agricultura. Universidad Autónoma de Nayarit. Nayarit, México. 2012, 10 p.
- Crouch, I.J.; Van, S.J. Evidence for the presence of plant growth regulators in comercial seaweed products. *Plant Growth Regulation*. 1993,13, 21-9. doi:10.1007/BF00207588.
- Cruz Hípólito, J. P. (2018). Respuesta agronómica y fisiológica de la fresa (*Fragaria x ananassa Duch.*) a la aplicación de silicio (Master's tesis).
- Currie, H.A.; Perry, C.C. Silica in Plants: Biological, Biochemical and Chemical Studies. *Annals of Botany*. 2007, 1383-1389, ISSN 0305-7364, 1095-8290, DOI 10.1093/aob/mcm247.
- Dehghanipoodeh, S.; Ghobadi, C.; Baninasab, B.; Gheysari, M.; Bidabadi, S.S. Effects of potassium silicate and nanosilica on quantitative and qualitative characteristics of a commercial straweberry (*Fragaria x*

- ananassa* cv. 'camarosa'). *Journal of Plant Nutrition*. 2016, 39(4), 502-507. 10.1080/01904167.2015.1086789.
- Delgado, A. (2014). Efectos de líneas de riego por goteo y la aplicación de silicio en cultivo de fresa (*Fragaria sp*) bajo cubierta.
- Douglas, V.; Shaw.; Davis, Calif. Strawberry plant named "Aromas". The Regents of the University of California. Oakland. Calif. June -16, 1998.
- Du Jardin, P. Plant biostimulants: definition, concept, main categories, and regulation. *Scientia Horticulturae*. 2015, 196, 3-14.
- Engelbrecht, B.M.J. Drought resistane in seedlings of 28 tropical Woody plants. Euro-Workshop: Functional Groupings of Tropical. Ned. 2001.
- Epstein, E.; Silicon. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 1999, pp. 641-664. ISSN 1040-2519, DOI 10.1146/annurev.arplant.50.1.641.
- Escobar, H. 2009. Propiedades hidircas de mezclas de sustrato con diferentes proporciones y tamaños de partículas. Tesis de posgrado. Colegio de Posgraduados. Campus Montecillos. http://www.biblio.colpos.mx:8080/jspui/bistream/handle/10521/256/Sánchez_Borja_M_DC_Fit osanidad_2010.pdf?sequence=1.
- Espinosa, R. P., Espinosa, M.L. 2014. Hidroponía Rústica. SAGARPA.
- Exley, C.Silicon in life?: A bioinorganic solution to bioorganic essentiality1. *Journal of Inorganic Biochemistry*, vol. 69, no. 3, 15 de febrero de 1998, pp. 139-144, ISSN 0162-0134, DOI 10.1016/S0162-0134(97)10010-1.
- FAO, Organización de la Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (2019). Escasez de agua: Uno de los mayores retos de nuestros tiempos. 22, marzo de 2019.
- Farooqi, A.H.A.; Shukla, Y.N.; Sharma, S.; Bansal, R.P. Relationship between gibberellin and cytokinin activity and flowering in *Rosa damascena* Mill. *Plant Growth Regulat*. 1994, 14, 109-13.

- Fernández, G. (2008). Aminoácidos. Química Orgánica.
- Fernández, M.V. (2014). Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pascua (*Euphorbia pulcherrima*; Wild.ex klotcch) para Exportación. Escuintla.file:///t19005%20sanchez%20arrieta,%20guadalupe%20%20tesis.pdf.
- Grzesik, M.; Romanowska-Duda, Z.; Kalaji, H.M. Effectiveness of cyanobacteria and green algae in enhancing the photosynthetic performance and growth of willow (*Salix viminalis* L.) plants under limited synthetic fertilizers application. *Photosynthetica*. 2017, 55, 510-21.
- Guntzer, F.; Keller, C.; Meunier, J.D. Benefits of planting silicon for crops: a review. *Agronomy for Sustainable Development*. 2012, 32, 201-2013.
- Hans, W. K. The composition of the continental crust. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. April 1995, 1217-1232, ISSN 0016-7037, DOI 10.1016/0016-7037(95)00038-2.
- Hanson, B.; Bendixen, W. Drip irrigation evaluated in Santa María Valley strawberries. *Calif. Agric*. 2004, 58, 48-53.
- Hernández, V. R. D., Juárez, M. A., Pérez, H. A., Lozano, C. C. J., Zermeño, G. A., y González F. J. A. (2022). Influencia de fertilizantes orgánicos y del silicio sobre la fisiología, el rendimiento y la calidad nutracéutica del cultivo de fresa. *Nova scientia*, 14(28).
- Hernández-Herrera RM, Virgen-Calleros G, Ruiz-López MA, Zañudo-Hernánde J, Délano-Frier JP, Sánchez-Hernández C (2014) Extractos de algas verdes y pardas protegen tomate (*Solanum lycopersicum*) contra el hongo *necrotrófico* *Alternaria solani*. *Revista de Ficología Aplicada* 26: 1607-1614; doi:10.1007/s10811-013-0193-2.
- Hong, Y.P.; Chen, C.C.; Cheng, H.L; Lin, C.H. Analysis of auxin and cytokinin activity of commercial aqueous seaweed extract. *Gartenbauwissenschaft*: Germany. 1995.

- Jakobek, J.L.; Lindgren, P.B. Generalized induction of defense responses in bean is not correlated with the induction of the hypersensitive response. *The Plant*. 1993. 5: 49-56.
- Indira, L.P.; Lisbel, M.G; Geydi, P.D; Yanelis, R.G; Miriam, N.V; Juan A, C.R. (2018). *Las Algas y sus usos en la agricultura. Una Visión actualizada*. Instituto Nacional de Ciencias Agrícolas (INCA), Mayabeque, Cuba. CP. 32 700.
- Kamel, H.M. Impact of garlic oil, seaweed extract and imazalil on keeping quality of Valencia orange fruits during cold storage. *J. Hortic. Sci. Ornam. Plants*. 2014, 6, 116-25.
- Khan, W.; Menon, U.; Subramanian, S.; Jithesh, M.; Rayorath, P.; Hodges, D. Seaweed Extracts as Biostimulants of Plant Growth and Development. *Journal of Plant Growth Regulation*. 2009, 28, 386-99.
- Khurana, E.; Singh, J.S. Germination and seedling growth of live tree species from tropical dry forest in relation to water stress. Impact of seed size. *J. Trop. Ecol*. 2004, 20, 385-96.
- Kirnak, H.; Kaya, C.; Higgs, D.; Bolat, I.; Simsek, M.; Ikinici, A. Effects of preharvest drip-irrigation scheduling on strawberry yield, quality and growth. *Aust. J. Exp. Agric*. 2003, 43, 150-111.
- Kramer, P. J. y J. S. Boyer. *Water relations of plants and soils*. Academic Press, San Diego. 1995.
- Kramer, P.L." Drought Tolerance and Water Efficiency", en: *Water Relations of Plants*, Nueva York, Academy Press. 1983, 390-415 p.
- Kruger, E., Schmidt, G., Bruckner, U. 1999. Scheduling strawberry irrigation based upon tensiometer measurement and a climatic water balance model. *Sci. Hortic*. 81:318-324.
- Lambers, H.; Chapin III, F.S.; Pons, T. L. *Plant physiological ecology*. Springer Verlag, York PA. 1998.

- Lembi, C.A.; Waaland, J.R. *Algae and Human Affairs*. Cambridge, UK: Cambridge University Press. 1988, 375-70 p.
- Levitt, J. *Responses of plants to environmental stresses*. Academic Press, New York, NY. 1980.
- Liang, Y.; Hua, H.; Zhang, Y.G; Cheng, C.; Römheld, V. Importance of plant species and external silicon concentration to active silicon uptake and transport. *The New Phytologist*. 2006, 172(1): 63-72
- López BC. Enzimas-algas: posibilidades de su uso para estimular la producción agrícola y mejorar los suelos. *Terra Latinoamericana*. 1999;17(3):271-6.
- Mariam, Núñez, V., José, Dell, A.R., María, P.H., Mayda, B.G. Estrés Hídrico y salino en cítricos. Estrategia para reducción de daños. Instituto Nacional de Ciencia Agrícolas. 2017. 65: 65-74.
- Mario, V. 2014. Uso de la fibra de coco como sustrato en la producción de pascua (*Euphorbia Pulcherrima*) para exportación. Pág. 53.
- Martinez, F.; Olivera, J. A.; Oliveira, E.; Palencia, P. Influence of growth medium on yield, quality indexes and SPAD values in strawberry plants. *Scientia Horticulture*. 2017, 217, 17-27. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.01.024>.
- Martínez, A.B.; Quiñonez, A. 2018. Efecto bioestimulante de diferentes productos en cítricos. *Vida rural*, (446), 44-49.
- Mass, J. *Compendium of stawberry diseases*. APS Press, St-Paul, Minn. 1987, 137 pp.
- McHugh, D.J. *A guide to the seaweed industry*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Roma, Italia. 2003, 105 p.
- Medrano, H. Flexas, J. 2002. Capítulo 1. Respuesta de las plantas al estrés hídrico. En: *Fundamentos de Fisiología Vegetal* 377p. (eds. J. Azcón- Biento y M.Talón). Ed McGraw-Hill Interamericana-Ediciones de la Universidad de Barcelona, Madrid-Barcelona. España.

- Méndez G. Fertilización a base de extractos de algas marinas y su relación con la eficiencia del uso del agua y de la luz de una plantación de Vid y su efecto en el rendimiento y calidad del fruto [Tesis de Maestría en Ciencias en Ingeniería en sistemas de producción]. [Saltillo Coahuila, México]: Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro"; 2014. 51 p.
- Méndez Sánchez, A. 2015. Efectividad de aminoácidos en la producción y postcosecha de calabacita zucchini bajo condiciones de estrés hídrico. No. SB347. M46.
- Michalak I, Chojnacka K. 2014. Extractos de algas: tecnología y avances. Ingeniería en Ciencias de la Vida 14 (6): 581-591; doi:10.1002/elsc.201400139.
- Miniawy, S. M.; Ragab, M.E.; Youssef, S.M.; Metwally, A.A. Influence of Foliar Spraying of Seaweed Extract on Growth, Yield and Quality of Strawberry Plants. Journal of Applied Sciences Research. January 2014, 88-94 pp.
- Munaretto, L.M.; Botelho, R.V.; Resende, J.T.V.; Schwarz, K.; Sato, A.J. Productivity and quality of organic strawberries pre-harvest treated with silicon. *Hortic. Bras.* 2018, 36, 40–46.
- Nilsen, E.T.; Orcutt, D.M. Fisiología de las plantas bajo estrés. Factores abióticos. John Wiley and Sons, Nueva York, NY. 1996.
- Norrie J. Aplicaciones prácticas de productos de algas marinas en la agricultura. *Terralia*. 2000, 15, 26-31.
- Oliveira D.S, Nóbrega J.S, Rocha R.H.C, Araújo J.L, Guedes W.A, de Lima JF. Produção, aspectos nutricionais e fisiológicos de alface sob adubação foliar com *Spirulina plantensis*. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*. 2017; 12(1):41-7.
- ONU; Organización de las Naciones Unidas. El agua: en el centro de la crisis climática; Acciones por el clima. 2022. <https://www.un.org/es/climatechange/science/climate-issues/water>.

- Otto, Filgueiras. (2007). Silicio en la agricultura. El mineral es usado para controlar plagas, incrementar la productividad y mejorar la calidad de productos agrícolas. Edición 140. Octubre. 2007.
- Panorama Agroalimentario. 2021. Conectando conocimiento ancestral y moderno para lograr la autosuficiencia alimentaria. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). Edición. 2021. Pag. 200.
- Painter, T.J. Biofertilizers: exceptional calcium binding affinity of a sheath proteoglycan from the blue-green soil alga *Nostoc calcicola*. *Carbohydrate polymers*. 1995, 26(3), 231-3.
- Palencia, P.; Giné, B. J.; Matinez, F.; Terry, L.A. Investigating the effect of different soilless substrates on strawberry productivity and fruit composition. *Scientia Horticulture*. 2016, 203, 12-19.
- Parra Q. R. A, J.L. Rodríguez, O.V.A González, H. Traspiración, potencial hídrica y prolina en zarzamora bajo déficit hídrico. *TERRA Latinoam*. 1999, 17,125-130.
- Parry, M. I.; Rosenzweig, C.; Livermore, M. Climate change, global food supply and risk of hunger. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*. 2005, 360, 2125-2136.
- Pastor, S.; Narciso, J. Use of growing medium in nursery production. *Terra Latinoamericana*. 1999, 17(3), 231-35.
- Patrícia Vieira, C.K.; Williams Araújo, N.C.; José, S.A. Silicon alleviates the toxicity of cadmium and zinc for maize (*Zea mays* L.) grown on a contaminated *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 1 December 2008, 849-853 pp, ISSN 1522-2624, DOI 10.1002/jpln.200800147.
- Pires, R.; Folegatti, M.; Passos, F.; Arruda, F.; Sakai, E. Vegetative growth, and yield of strawberry under irrigation and soil mulches for different cultivation environments. *Sci. Agric*. 2006, 63(5), 417:425.

- Potters, G.; TP Pasternak, Y; Guisez, K.J.; Palme; MAK, J.. Respuesta morfogénicas inducidas por el estrés: ¿creciendo fuera de los problemas? *Tendencias Plant Sci.* 2007,12(3), 99-105.
- Povero, G.; Mejía, J.F.; Di Tommaso, D.; Piaggese, A.; Warrior, P.A. Systematic Approach to Discover and Characterize Natural Plant Biostimulants. *Frontiers in Plant Science.* 2016, 7, 435. doi:3389/fpls.2016.00435.
- Preston, J.; Inouchi, Y.; Shioya, F. Acoustic classification of submerged aquatic vegetation. In: *Proceedings of the eighth european conference on underwater acoustics, ECUA.* 2006, 317-22 pp.
- Quero, G. E. (2007). Remineralización de los suelos con materiales ricos en silicio mpasi. (maíz). Publicado en: *Revista de riego número febrero-marzo del 2007* pp.18-22.
- Rafiee, H.; Naghdi-Badi, H.; Mehrafarin, A.; Qaderi, A.; Zarinpanjeh, N.; Sekara, A *et al.* Application of plant biostimulants as new approach to improve the biological responses of medicinal plants- A Critical Review. *Journal of Medicinal Plants.* 2016, 3(59), 6-39.
- Rai, A.; Cherif, A.; Cruz, C.; Nabti, E. Extracts from seaweeds and *Opuntia ficus-indica* Cladodes enhance diazotrophic-PGPR halotolerance, their enzymatic potential, and their impact on wheat germination under salt stress. *Pedosphere.* 2017, 160, 333-603.
- Ramírez Gomez, H. 2011. *Sistemas de producción de fresa de altas densidades.* Tesis maestría. Colegio de Posgraduados. Campus Montecillos, Texcoco, Edo. México.
- Recamales, A. F.; López, M.J.; Hernanz, D. Physicochemical characteristics and mineral content f strawberries grown in soil and soilless system. *Journal of Food Quality.* 2007, 30 (5), 837-53. [http:// doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00154. x.](http://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00154.x)

- Renuka, N.; Guldhe, A.; Prasanna, R.; Singh, P.; Bux, F. Microalgae as multi-functional options in modern agriculture: current trends, prospects and challenges. *Biotechnology advances*. 2018, 36(4), 1255-73.
- Reyes, A. (2013). Efectos de los aminoácidos en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, Departamento de Horticultura.
- Roca, W. M., & Mroginski, L. A. 2015. Cultivo de tejidos en la agricultura: fundamentos y aplicaciones (No. 151). CIAT.
- SADER. 2017. Aumentan exportaciones de fresa "Hecho en México" 21.1 por ciento. Consulta 1 marzo. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/prensa/aumentan-exportaciones-de-fresa-hecho-en-mexico-21-2-por-ciento>.
- SADER.2022. ¿Qué quiere la niña fresa? México y su producción nacional. Blog. 22 de octubre 2022. Disponible en <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/que-quiere-la-nina-fresa-mexico-y-su-produccion-nacional>.
- SAGARPA. 2017. Investigación de la Planeación Agrícola Nacional 2017-2030. Primera Edición,2017. Disponible en <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf>
- Sanabria, H. (2014). Beneficios de aminoácidos ante situaciones de estrés del cultivo.
- Savant, N. K.; Snyder, G. H.; Datnoff, L. E. Silicon Management and Sustainable Rice Production. Edit. Sparks, D. L. *Advances in Agronomy*, edit. Academic Press. 1996, 151-199 pp.
- Sharma, H.S.S.; Fleming, C.; Selby, C.; Rao, J.R.; Martin, T. Plant biostimulants: a review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop

- management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*. 2014, 26(1), 465-90. doi:10.1007/s10811-013-0101-9.
- Shinozaki, K.; Yamaguchi- Shinozaki, K. Redes de genes involucrados en la respuesta y tolerancia al estrés por sequía. *Exp. J. Bot.* 2007, 58(2), 221-227.
- Shukla, P.S.; Mantin, E.G.; Adil, M.; Bajpai, S.; Critchley, A.T.; Prithviraj, B. Bioestimulantes basados en *Ascophyllum nodosum*: aplicaciones sostenibles en la agricultura para la estimulación del crecimiento vegetal, la tolerancia al estrés y el manejo de enfermedades. *Fronteras en la ciencia de las plantas*. 2019, 10 (655), 1-22. doi:10.3389/fpls.2019.00655.
- SIAP.2021. Panorama Agroalimentario 2021. Sector agrícola. Cultivo de la fresa. Consulta 1 marzo, 2021.
- Silvia, M. L. S; RESENDE, J. T. V; Trevisán, A. R; Figueiredo, A. S. T; Schwarz, K. 2013. Influencia del silicio en la producción y calidad de fruto de fresa, *Semina: Ciencias Agrarias* 34: 3411-3424.
- Singh, B.; Singth, G. Efects of irrigation on wáter potential, nitrogen uptake and biomass production in *Dalbergia sissoo* seedlings. *Environ. Exp. Bot.* 2006. 55, 209-209.
- Soni, R.A.; Sudhakar, K.; Rana, R.S. Spirulina- From growth to nutritional product: A review. *Trends in food science & technology*. 2017, 69,157-71.
- Sonno, A., Ruane, J. La innovación en la agricultura como herramienta de la política de seguridad alimentaria: el caso de las biotecnologías agrícolas. *Biotecnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia*. 2017, 25-52.
- Soppelsa, S.; Kelderer, M.; Casera, C.; Bassi, M.; Robatscher, P.; Matteazzi, A.; Andreotti, C. Foliar applications of biostimulants promote growth, yield and fruit quality of strawberry plants grown under nutrient limitation. *Agronomy* 2019, 9, 483.

- Spinelli, F. G.; Fiori, M.; Noferini, M. Sprocatti; Costa, G.; A novel type of seaweed extract as a natural alternative to the use of iron chelates in strawberry production. *Scientia Horticulturae*. 2010, 125, 263-269.
- Steiner, A.A. The Universal Nutrient Solution. Reprinted from: Proceedings of the Sixth International Congress on Soilless Culture. ISOSC. Lunteren. Wageningen. The Netherlands. 1984, 633-650.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Plant Physiology*. 1^a ed. Sinauer Associates Publishers Sunderland, MA. 1996.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Plant Physiology*. 3^a ed. Sinauer Associates, (Electronic version) Inc. Sunderland, MA, EE. UU. 2002, 690 pp.
- Taiz, L.; Zeiger, E. *Plant physiology*. 4 editions. Sinauer Associates Publishers, Sunderland, MA. 2006.
- Talukder, M.R; Asaduzzaman, M.; Tanaka, H.; Asao, T. La aplicación de diodos emisores de luz y aminoácidos exógenos mejoran el crecimiento y el rendimiento de las plantas de fresa cultivadas en hidroponía reciclada. *Ciencia Hortico*. 2018, 239, 93–103.
- Temple, W.D.; Bomke, A.A. Effects of kelp (*Macrocystis integrifolia*) on soil chemical properties and crop response. *Plant and Soil*. 1988, 105(2), 213-22.
- Tuhy, L.; Chowańska, J.; Chojnacka, K. Seaweed extracts as biostimulants of plant growth: review. *Chemik*. 2013, 67(7), 636-41.
- Van Oosten, M.J.; Pepe, O.; De Pascale, S.; Silletti, S.; Maggio, A. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*. 2017, 4(1), 5 pp.
- Van Walree, P.A.; Tegowski, J.; Laban, C.; Simons, D.G. Acoustic seafloor discrimination with echo shape parameters: A comparison with the ground truth. *Continental Shelf Research*. 2005, 25(18), 2273-93.

Vázquez Gálvez, G., Cárdenas Navarro, R., Lobit, P. 2008. Efectos del nitrógeno sobre el crecimiento y rendimiento de fresa regada por goteo y gravedad. *Agríc. Tecn. México*. 34(2): 235-241.

Verdelho-Vieira, V. Resumen de evento. In: In Biostimulant Europe, [Internet]. Almería, España; 2016 [cited 30/042020]. Available from: <http://www.wplgroup.com/aci/event/biostimulants-europe/>.

Yommi, A. K., & Sanchez, E. E., David, M. Á. 2020. Elección del terreno y plantación del cultivo de kiwi. Ediciones INTA.

