



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO®

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



TESIS

CON EL TEMA:

“Efecto de extractos de *Spirulina máxima* en el desarrollo vegetativo de fresa (*Fragaria x ananassa*), en sistema aeropónico vertical con luz LED blanca a partir de vitroplantas”

QUE PRESENTA:

HAZEL GOMEZ VERGARA

ASESOR:

DRA. MARTHA ALICIA RODRIGUEZ MENDIOLA

REVISORES:

**DR. CARLOS ARIAS CASTRO
MC. REYNALDO NUÑEZ PATISHTAN**

**COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:
INGENIERA EN AGRONOMÍA**

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. MARZO, 2023.



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **01/marzo/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/408/2023
ASUNTO: Autorización de impresión
definitiva y digitalización

C. HAZEL GOMEZ VERGARA
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
PRESENTE

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"Efecto de extractos de Spirulina máxima en el desarrollo vegetativo de fresa (Fragaria x ananassa), en sistema aeropónico vertical con luz LED blanca a partir de vitroplantas"** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

*Excelencia en Educación Tecnológica@
Educando para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro*

C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL



C.c.p.- Coordinación de Apoyo a la Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -

MIBR/AIBR/ALGC/mjhc





Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **24/FEBRERO/2023**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/110/2023
ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

ICE. ANA LUISA GARCIA CORRALEJO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

Por este medio informo que ha sido liberado el siguiente proyecto para la titulación integral:

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	HAZEL GOMEZ VERGARA
NO. DE CONTROL:	18940197
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMIA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"Efecto de extractos de Spirulina máxima en el desarrollo vegetativo de fresa (Fragaria x ananassa), en sistema aeropónico vertical con luz LED blanca a partir de vitroplantas"

Agradezco de antemano su valioso apoyo en esta importante actividad para la formación profesional de nuestros egresados.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educar para la Sociedad Actual y los Retos del Futuro

ING. MIGUEL HERNANDEZ FLORES
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS



S.E.P.
TECNM
14DIT0003B
IT TLAJOMULCO
DEPARTAMENTO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

 DRA. MARTHA ALICIA RODRIGUEZ MENDIOLA Nombre y firma del asesor	 DR. CARLOS ARIAS CASTRO Nombre y firma del revisor	 MC. REYNALDO NUÑEZ PATISHTAN Nombre y firma del revisor
---	--	---

C.c.p.- Expediente.
MHF/mjhc*



AGRADECIMIENTOS

Quisiera darle un agradecimiento principalmente a Dios por darme salud y fuerza para sacar este proyecto y carrera adelante.

A mi mamá, Ruth Vergara, y padrastro, Marco Antonio Mendoza, por darme su completo apoyo durante mis estudios, gracias a ellos me pude enfocar completamente y disfrutar mi etapa como estudiante. Por estar siempre a mi lado durante los días más difíciles. Ellos con su cariño

A mi ángel en el cielo, mi papá Francisco Gómez, por ser ese motor en mi vida para seguir todos mis sueños. Por ser la primera persona en mi vida que me introdujo a la agricultura. Por llevarme a la parcela y pasearme en tractor cuando era niña pequeña.

A mis abuelitos, Elisa Sotelo y Candelario Gomez, por siempre estar pendiente de mí. Por brindarme su apoyo emocional y económico.

Al Dr. Carlos Arias Castro y Dra. Martha Alicia Rodríguez Mendiola, les quiero agradecer muy profundamente por su dedicación y paciencia. Gracias por su guía y todos sus consejos, los llevaré en la memoria en mi futuro profesional.

Por último, pero no menos importante, a mi amiguis Paola! ¡Gracias por todos los momentos compartidos! ¡Por toda la ayuda incondicional durante este proyecto que sacamos juntas! Y por aguantarme en mis momentos de estrés. 😊

DEDICATORIA

A mis dos ángeles en el cielo:

Mi papá, Francisco Gómez Sotelo,

y

mí primo, Francisco Samuel Muños Vergara.

RESUMEN

La fresa es un cultivo de alta importancia social y económica nacional e internacionalmente. La producción de este cultivo es principalmente en campo abierto. De igual manera se puede producir en: invernadero, hidroponía en diferentes sustratos, y recientemente en la agricultura vertical como aeroponía. En resultado su alta demanda de la fruta, productores se han visto forzados a encontrar nuevos métodos más amigables al medio ambiente. La agricultura vertical ayuda con este problema ya que puede ser establecido en las ciudades, con ambiente controlados y luz LED, ahorrando al menos un 90% de agua, sin uso de pesticidas. Sin embargo, la recirculación del medio de cultivo puede ocasionar auto toxicidad por alelo químicos provenientes de exudados de raíz. Ante esta problemática, en la presente investigación se utilizaron vitroplantas, para asegurar la obtención de plantas libres de enfermedades, de mayor vigor y con alta pureza genética, y se adaptaron ex vitro en un sistema aeropónico vertical. El objetivo fue evaluar el efecto de dos formulaciones de extractos provenientes de la hidrólisis enzimática de cultivos de la microalga spirulina (*Spirulina Maxima*), en el desarrollo vegetativo de plantas de fresa. Se realizaron aplicaciones foliares semanales en concentraciones baja, medio y alto, en dos sistemas (uno para cada formulación) aeropónicos verticales de cuatro niveles con luz LED blanca (fotoperiodo 12 h). Se obtuvieron los datos de peso fresco, altura de la planta, longitud de raíz, número de hojas y clorofila (unidades SPAD). Ambos extractos mostraron mejora con respecto al control, lográndose así el objetivo. Adicionalmente la capacidad antioxidante evaluada mediante DPPH en el extracto etanólico de las hojas, mostró un valor promedio de 82%.

ABSTRACT

The strawberry is a crop of high social and economic importance nationally and internationally. The production of this crop is mainly in the open field. In the same way it can be produced in: greenhouses, hydroponics in different type of substrates, and recently in vertical agriculture (i.e. aeroponics). As a result of their high demand for the fruit, growers have been forced to find new, more environmentally friendly methods. Vertical agriculture helps with this problem since it can be established in cities, with controlled environments and LED light, saving at least 90% of water, without the use of pesticides. However, the recirculation of the culture medium can cause autotoxicity due to chemical alleles from root exudates. Faced with this problem, in the present investigation vitroplants were used, to ensure the obtaining of disease-free plants, of greater vigor and with high genetic purity, and they were adapted ex vitro in a vertical aeroponic system. The objective was to evaluate the effect of two formulations of extracts from the enzymatic hydrolysis of cultures of the microalga spirulina (*Spirulina Maxima*), on the vegetative development of strawberry plants. Weekly foliar applications were made in low, medium and high concentrations, in two vertical aeroponic systems (one for each formulation) of four levels with white LED light (photoperiod 12h). The data of fresh weight, plant height, root length, number of leaves and chlorophyll (SPAD units) were obtained. Both extracts showed improvement with respect to the control, achieving the objective. Additionally, the antioxidant capacity evaluated by DPPH in the ethanolic extract of the leaves, showed an average value of 82%.

INDICE

RESUMEN	i
ABSTRACT	ii
INDICE	iii
INDICE DE FIGURAS	vi
INDICE DE CUADROS	vii
1. INTRODUCCION	1
2. OBJETIVOS	3
2.1. Objetivo general	3
2.2. Objetivos Específicos	3
3. HIPÓTESIS	4
4. MARCO TEORICO.....	5
4.1 Cultivo de fresa	5
4.1.1. Clasificación taxonómica del cultivo de fresa:.....	5
4.1.2. Generalidades de la fresa.....	5
4.1.3. Condiciones agro-climatológicas:	6
4.1.4. Condiciones climáticas:	6
4.1.5. Descripción botánica:	7
4.1.6. Fases Fenológicas:.....	8
4.1.7. Importancia económica.....	9
4.1.8. Importación y exportación de fresa.....	9
4.2. Vitro-plantas.....	9
4.2.1. Ventajas.....	10
4.3. Microalgas.....	10
4.3.1 Taxonomía.....	10
4.3.2. Características.....	10
4.4. Bioestimulantes.....	11
4.4.1. Tipos:.....	11
4.4.2. Ventajas:.....	12
4.5. Microalgas Oleas	12
4.5.1. Productos.....	12
4.6. Hidrolisis enzimática	12

4.6.1. Ventajas.....	13
4.7. Exudados de raíz	13
4.8. Antioxidantes	13
4.9. Actividad antioxidante	13
4.10. Agricultura Vertical	14
4.10.1. Componentes Básicos de la Agricultura Vertical	14
4.10.2. Tipos:.....	14
4.10.1. Ventajas.....	15
4.11. Solución Nutritiva	15
4.11.1. Soluciones nutritivas utilizadas en agricultura protegida.	15
4.12. Aeroponía	16
4.12.1. Ventajas:.....	16
4.13. Luz LED blanca.....	17
4.13.1. Luz LED	17
4.13.2. Generación de luz blanca	17
4.13.3 Ventajas:.....	17
5. JUSTIFICACION	18
5. MATERIALES Y MÉTODOS	19
5.1. Ubicación	19
5.1.2. Cuarto de ambiente controlado.....	20
5.2. Material Vegetal.....	20
5.3 Reactor Aeropónico:	20
5.4. Adaptación de plantas:.....	20
5.5. Solución Nutritiva	21
5.5. Lámparas luz LED blancas	21
5.6. BIOESTIMULANTES	21
5.6.1. GREEN-MAX:.....	21
5.6.2. BLUE-M:	22
5.6. Preparación de tratamientos:	23
5.6.1. Composición del producto diluido	24
5.7. Aplicación de tratamientos:	25
5.8. Actividad Inhibitoria:	26

5.9. Variables evaluadas:.....	26
5.9. Análisis estadístico	26
6. RESULTADOS Y DISCUSIONES	27
6.1. Variables de crecimiento de planta	27
6.1.1. Clorofila.....	27
6.1.2. Número de hojas	30
6.1.3. Altura de planta.....	33
6.1.4. Longitud de raíz	36
6.1.5. Peso fresco.....	39
6.2 Componentes inorgánicos en exudados de la raíz.	42
6.3. Capacidad antioxidante en hojas de fresa	43
7. CONCLUSIONES.....	44
8. LITERATURA CITADA.....	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Morfología de la planta de fresa (Salas-Arias, Salas-Morgan, & Calvo-Castro, 2022).	8
Figura 2. Fenología de la fresa (Fenología de la fresa., 2019).....	9
Figura 3. Imagen ejemplar del sistema de aeroponía (VectorMine, s.f.)	16
Figura 4. Mapa de Google Earth del Instituto Tecnológico de Tlajomulco.	19
Figura 5. Cabina de adaptación de estolones.	20
Figura 6. Producto GREEN-MAX.	22
Figura 7. Producto BLUE-M.	23
Figura 8. Atomizadores con los tratamientos.	24
<i>Figura 9. Aplicación de los tratamientos a la hoja</i>	25
Figura 10. Variables fenológicas vegetativas de la planta.....	26
Figura 11. Efecto del número de aspersiones de (A) GREEN-MAX y (B) BLUE-M en el contenido de clorofila en hojas de fresa. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.	27
Figura 12. Fotos demostrativas de los resultados de clorofila. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 3 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 3 de BLUE-M.	28
Figura 13. Efecto de (A) GREEN-MAX y (B)BLUE-M en el número de hojas. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones	30
Figura 14. Fotos demostrativas de los resultados de numero de hojas. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.	31
Figura 15. Efecto de GREE-MAX (A) y BLUE-M (B) en la altura de las plantas. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.	33
Figura 16. Fotos demostrativas de los resultados de la altura de planta. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.	34
Figura 17. Efecto de aspersiones de (A) GREEN-MAX y (B) BLUE-M en la longitud de raíz en la planta de fresa. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.	36
Figura 18. Fotos demostrativas de los resultados de la longitud de raíz. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.	37
Figura 19. Efecto de aspersiones de (A) GREEN-MAX y (B) BLUE-M en el peso fresco en la planta de fresa. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.	39
Figura 20. Fotos demostrativas de los resultados del peso fresco. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.	40
Figura 21. Efecto de las aspersiones foliares de GREEN-MAX y BLUE-M en la capacidad antioxidante en hojas de fresa.	43

INDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Taxonomía de la fresa (Fragaria, s.f.)	5
Cuadro 2. Fases fenológicas de la fresa (Mendoza, 2019).....	8
Cuadro 3. Composición de solución nutritiva Yamazaki (1982) al 50%.	21
Cuadro 4. Composición del producto GREEN-MAX (Microalgas Oleas, s.f.).....	22
Cuadro 5. Composición del producto BLUE-M (Microalgas Oleas, s.f.).....	23
Cuadro 6. Contenido de ml en cada aspersion de ambos atomizadores.	24
Cuadro 7. Composición del producto GREEN-MAX diluido a 1:100. Se tomaron los datos de la etiqueta del producto y datos de cada aspersion de los atomizadores utilizados para poder obtener un estimado de cuanto se utilizó de cada micro y macronutriente.	24
Cuadro 8. Composición del producto BLUE-M diluido a 1:100. Se tomaron los datos de la etiqueta del producto y datos de cada aspersion de los atomizadores utilizados para poder obtener un estimado de cuanto se utilizó de cada micro y macronutriente.	25
Cuadro 9 Información sobre la semana 0 y 3 de la variable clorofila agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.....	29
Cuadro 10. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable clorofila agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.....	29
Cuadro 11. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable número de hojas agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.....	32
Cuadro 12. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable número de hojas agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.	32
Cuadro 13. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable altura de planta agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.	35
Cuadro 14. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable altura de planta agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.....	35
Cuadro 15. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable longitud de raíz agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.	38
Cuadro 16. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable longitud de raíz agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.....	38

Cuadro 17. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable peso fresco agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.	41
Cuadro 18. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable peso fresco agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.....	41
Cuadro 19. Contenido de iones en el medio de cultivo de plantas con aplicaciones foliares de GREEN-MAX.....	42
Cuadro 20. Contenido de iones en el medio de cultivo de plantas con aplicaciones foliares de BLUE-M.....	42

1. INTRODUCCION

Las fresas son una fruta respetada por su agradable sabor agridulce, atractivo aroma, valor nutricional y propiedades medicinales. Son ricas en agua, vitaminas, antioxidantes, potasio y calcio. Contienen antocianinas, pigmentos que ayudan a reducir los niveles de colesterol. (Catalan Occidente Seguros, 2020).

Según información de FAOSTAT 2020, la producción mundial de fresas es de 8,861,381 toneladas y la superficie cosechada es de 384,668 hectáreas, con un rendimiento promedio de 23.0 toneladas por hectárea (Axayacatl, 2022). Entre los países que producen este fruto, México ocupa el tercer lugar, representando el 9.7% de la producción y exportaciones mundiales. Los estados líderes en producción de fresas en México son Michoacán, Guanajuato, Baja California, México y Baja California Sur, con el 98.1% de la producción nacional en 2021, o 532,814 toneladas (Cañada, 2022).

A medida que pasan los años, la población y las necesidades alimentarias aumentan. Como resultado, la demanda de alimentos, agua y energía, que ya está bajo presión, también está aumentando. Por lo tanto, los nuevos sistemas agrícolas que proporcionan una producción sostenible de alimentos son fundamentales para satisfacer estas necesidades. La agricultura vertical es la práctica de cultivar plantas en capas apiladas verticalmente. Este enfoque busca maximizar el uso del espacio de producción aumentando la huella para que se puedan producir más plantas en el mismo espacio (Wallace-Springer, 2022).

Unos de los sistemas que se encuentra dentro la agricultura vertical es la aeroponía. La aeroponía es el proceso de cultivar plantas en un entorno de nebulización sin hacer uso de suelo o sumergiendo la raíz en una solución nutritiva. Según Pizarro, en su artículo “¿Que es la Aeroponía?” explica como el primer sistema aeropónico fue desarrollado por el Dr. Franco Massaniti en la Universidad de Pia en Italia. Recientemente ha aumentado el interés de estos sistemas para la propagación y producción intensiva de algunas hortalizas. Este sistema podría resolver algunos de los desafíos observados en la producción de fresa al campo abierto.

Para garantizar que las plantas utilizadas en los sistemas aeropónicos estén libres de enfermedades, tengan mayor vigor y una alta pureza genética, se utiliza la propagación de plantas *in vitro*. Las plantas *in vitro* son plantas creadas usando biotecnología en un ambiente artificial y estéril. Las plantas *in vitro* (in vitro que significa "en vidrio") se cultivan inicialmente en medios de cultivo, matraces y tubos de ensayo. (Bioplan In Vitro , 2019).

Las microalgas son microorganismos unicelulares que tienen la capacidad de realizar la fotosíntesis. Estos son capaces de generar biomasa orgánica a partir de CO₂ y luz (Fernandez-Sevilla, 2014). En la agricultura su aplicación incrementa la eficiencia de una buena nutrición en los cultivos. Los bioestimulantes basados en microalgas podrían ser una herramienta de cultivo prometedora. Estas moléculas promueven el crecimiento de las plantas y aumentan la tolerancia a diferentes tipos de estrés biótico (plaga) y abiótico (sequía, salinidad) (Gayosso, 2022).

Las plantas producen compuestos orgánicos grandes y diversos que no parecen tener efectos directos sobre el crecimiento y el desarrollo. Los exudados de raíces son metabolitos secundarios secretados por las raíces y tienen varias funciones en la naturaleza (González-Díaz & Cabrer, 2017).

De igual manera las plantas pueden generar pigmentos sintetizados por las plantas en el proceso de fotosíntesis, llamados antioxidantes. Su función es la neutralización de las especies reactivas de oxígeno donde su papel es determinante en el desarrollo y mantenimiento del estrés oxidativo celular. Por lo tanto, la capacidad antioxidante se debe a la actividad antioxidante de sus diferentes compuestos, como los fenólicos y carotenos (Repo de Carrasco & Encina Zelada, 2008).

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

Evaluar el efecto de dos formulaciones de extractos comerciales, provenientes de la hidrólisis enzimática de cultivos de la microalga spirulina (*Spirulina Maxima*), en el desarrollo vegetativo de plantas de fresa provenientes de vitroplantas, cultivadas en sistemas aeropónico vertical con luz LED blanca en ambiente controlado.

2.2. Objetivos Específicos

- Adaptación de estolones provenientes de plantas madre a un sistema aeropónico.
- Evaluar el efecto que los extractos comerciales de GREEN-MAX y BLUE-M provenientes del cultivo de la microalga spirulina (*Spirulina Maxima*), en el desarrollo vegetativo en plantas de fresa en un sistema aeropónico vertical con luz LED blanca.

3. HIPÓTESIS

Los componentes de extractos comerciales de microalgas (*Spirulina máxima*) puede afectar el desarrollo fenológico de la fresa proveniente de vitroplantas, cultivadas en sistema aeropónico vertical con luz LED blanca en ambiente controlado.

4. MARCO TEORICO

4.1 Cultivo de fresa

La fresa es un fruto de color rojo brillante, succulento y fragante que se obtiene de la planta que recibe su mismo nombre. Además de poderse comer cruda se puede consumir como mermelada. Es empleada con fines medicinales ya que posee excelentes propiedades que ayudan a preservar la salud.

4.1.1. Clasificación taxonómica del cultivo de fresa:

En el “Manual de fresa” de Núcleo Ambiental, presenta la descripción taxonómica del cultivo de fresa:

Cuadro 1. Taxonomía de la fresa (*Fragaria*, s.f.)

Taxonomía	
Nombre común	Fresa
Nombre Científico	<i>Fragaria L.</i>
Reino	<i>Plantae</i>
División	<i>Magnoliophyta</i>
Clase	<i>Magnoliopsida</i>
Orden	<i>Rosales</i>
Familia	<i>Rosaceae</i>
Subfamilia	<i>Potentillaea</i>
Subtribu	<i>Fragariinae</i>
Género	<i>Fragaria</i>
Especie	<i>Fragaria x ananassa.</i>

4.1.2. Generalidades de la fresa

4.1.2.1. Nombre comercial

Español fresa, inglés strawberry, francés fraise, holandés aardbei.

4.1.2.2. Origen

No se sabe bien su origen de la fresa, pero se indica que puede ser en dos zonas específico: una en Europa, específicamente de los Alpes europeos, y otra en Sur América en Chile.

4.1.2.3. Usos

Industriales, culinarios, medicinales, consumo en fresco (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

4.1.3. Condiciones agro-climatológicas:

- Altura sobre el nivel del mar: 0 a los 3.000 m.s.n.m
- Temperatura: Día entre 18 y 25 °C, noche entre 8 y 13 °C
- Humedad relativa: entre 60% y 75%
- Requerimiento Hídrico: 400-600 mm/año
- Rango de pH: Moderadamente ácido, valores entre 5.7 y 6.5.
- Luminosidad: Las variedades de día corto requieren entre 8 y 12 horas de luz (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

4.1.4. Condiciones climáticas:

El cultivo de fresa se caracteriza en grupos de acuerdo con las horas de luz que se recomienda para cada variedad, así, pueden ser: de día largo, corto o neutro, esta característica depende de la zona geográfica donde se ubique el cultivo (Núcleo Ambiental S.A.S., 2015).

Plantas de día corto: Variedades que responden al fotoperíodo (duración del día); requieren días cortos con una duración menor de 14 horas de luz para el desarrollo de yemas florales.

Plantas de día neutro: Variedades que no presentan respuesta al fotoperíodo (duración del día); requieren de temperaturas en el suelo superiores a los 12°C para el desarrollo de yemas.

4.1.5. Descripción botánica:

4.1.5.1. Flor

Se agrupan en inflorescencias de 5 y 6 sépalos y 5 a 6 pétalos de color blanco.

4.1.5.2. Corona

Roseta de aproximadamente 2.5 cm contiene los tejidos vasculares, en la base contiene hojas y yemas que pueden generar coronas nuevas.

4.1.5.3. Raíz

De aspecto fibroso. Las raíces estructurales son de soporte y se originan en la corona. Las raíces terciarias toman agua y nutrientes. El 90% de las raíces se desarrolla a 30cm de profundidad.

4.1.5.4. Fruto

Constituye la parte comestible, el color varía de rojo pálido a intenso; la forma puede ser globosa, cónica o de corazón y de tamaño directamente proporcional a las flores.

4.1.5.5. Hojas

Compuestas por tres hojas de bordes aserrados. El tamaño varía según la variedad.

4.1.5.6. Tallo/Estolón

Corto y se denomina corona. De esta corona surgen ramificaciones laterales llamadas estolones que se caracterizan por tener una gran distancia entre los entrenudos. En estos entrenudos aparecen rosetas de hojas y raíces adventicias. A su vez estos estolones también se pueden ramificar y producir nuevos estolones.

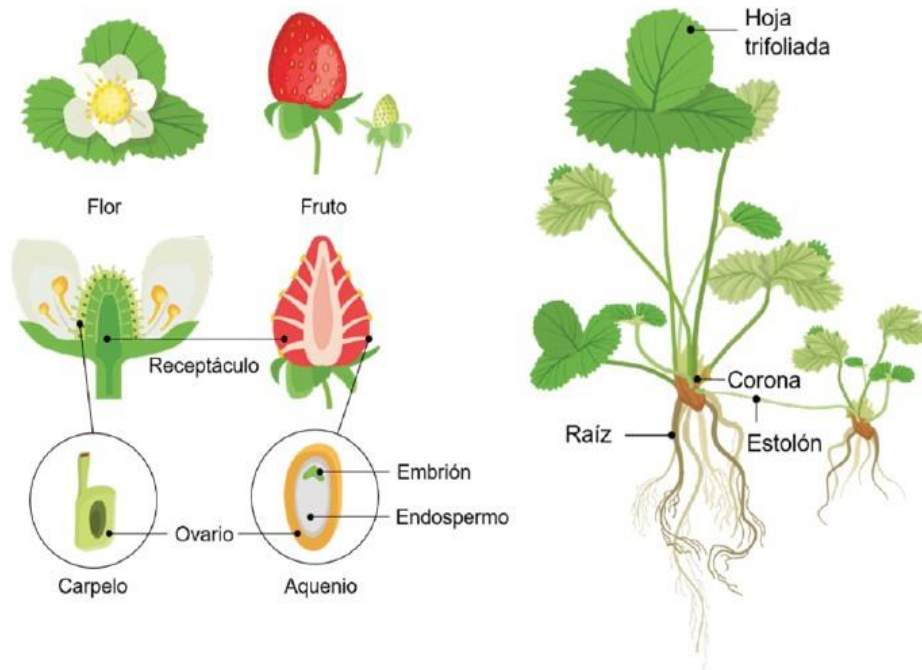


Figura 1. Morfología de la planta de fresa (Salas-Arias, Salas-Morgan, & Calvo-Castro, 2022).

4.1.6. Fases Fenológicas:

Las fases de desarrollo del cultivo de fresa son las siguientes:

Cuadro 2. Fases fenológicas de la fresa (Mendoza, 2019).

Fase	Descripción
Vegetativa	<ul style="list-style-type: none"> • Brotes. • Desarrollo de las hojas. • Desarrollo de las partes vegetativas coséchaes (estolones).
Reproductiva	<ul style="list-style-type: none"> • Aparición de órgano floral (primeras yemas florales). • Floración (primeras flores abiertas, plena floración y caída de pétalos).
Productiva	<ul style="list-style-type: none"> • Formación del fruto. • Maduración del fruto. • Senescencia y comienzo del reposo vegetativo.



Figura 2. Fenología de la fresa (*Fenología de la fresa.*, 2019).

4.1.7. Importancia económica

Las fresas están llenas de vitamina C. Las fresas son ricas en agua, incorporan propiedades diuréticas, excelentes para personas que quieran perder peso y que tengan tendencia a retener líquidos. Constituye el complemento ideal para acabar con un broche de oro una succulenta comida, ya sean solas, con nata, con leche o en postres más elaborados. Además, tienen un importante valor industrial, ya que se utiliza para elaborar otros muchos productos como batidos, helados, mermeladas, yogures o gelatinas (Características de Fresa , 2013).

4.1.8. Importación y exportación de fresa

El 52.21% de la producción nacional se destina al mercado externo, por lo que la fresa es un producto exitoso en el comercio internacional. México es el tercer proveedor de fresa fresca al mercado internacional, con 14.83% del valor de las exportaciones mundiales. Las exportaciones mexicanas representaron 87.79% de las importaciones de Estados Unidos (SAGARPA, 2017).

4.2. Vitro-plantas

Vitro-plantas significa cultivar plantas dentro de un frasco de vidrio en un ambiente artificial. Esta forma de cultivar las plantas tiene dos características fundamentales: la asepsia (ausencia de gérmenes, etc), y el control de los factores que afectan el crecimiento (Castillo, 2005).

4.2.1. Ventajas

- Soluciona los inconvenientes del método tradicional;
- Propagación clonal masiva de plantas;
- El cultivo puede realizarse en cualquier época del año;
- Reduce el riesgo de pérdidas genéticas;
- Facilita el intercambio de material genético (Meristec, 2022).

4.3. Microalgas

Producción de biocombustibles, biorremediación de aguas contaminadas y producción primaria son algunos ejemplos de las capacidades de las microalgas y de los beneficios que se pueden obtener de ellas. (Microalgas Oleas, s.f.)

4.3.1 Taxonomía

Las microalgas engloban especies eucariotas del reino Protista, aunque desde el punto de vista biotecnológico el término se utiliza para aquellos microorganismos que contienen clorofila a y otros pigmentos fotosintéticos, que pueden realizar fotosíntesis oxigénica. Es por esta razón que, a pesar de ser organismos procariotas, también se incluyen a las cianobacterias en este grupo (Yordán, 2022).

4.3.2. Características

- Son organismos microscópicos: pueden medir entre 2 y 200 μm , son unicelulares y en su mayoría fotosintéticos, es decir, que tienen la capacidad de utilizar la luz solar como fuente de energía.
- Suelen ser microorganismos autótrofos: ya que tienen la capacidad de fijar el CO_2 de la atmósfera para producir su propia biomasa a través de la fotosíntesis. Aunque también existen microalgas heterótrofas, que a diferencia de las anteriores utilizan compuestos orgánicos como fuente de carbono.
- Su ciclo vital se completa en horas: el ciclo vital de la mayoría de las especies de microalgas se completa tan solo en horas. Pueden reproducirse sexual y asexualmente, principalmente por fisión binaria o mitosis.

- Pueden contener sustancias de reserva: dependiendo de las condiciones de cultivo y de la especie de la que se trate, las microalgas pueden contener numerosas sustancias de reserva en su interior como lípidos, carbohidratos y proteínas.
- Son el primer escalón de las muchas cadenas tróficas: gracias a su capacidad fotosintética son el primer eslabón de cadenas tróficas, es decir, los productores primarios de materia orgánica, sirviendo de alimento para las demás especies del ecosistema.
- Son especies cosmopolitas: su adaptabilidad les permite encontrarse ampliamente distribuidas por la biosfera, tolerando un amplio rango de condiciones. Pueden crecer en todos los cuerpos de agua como lagos, mares y ríos, pero también en zonas terrestres y extremas como hielos y desiertos (Yordán, 2022).

4.4. Bioestimulantes

Sustancias que, a pesar de no ser un nutrimento, un pesticida o un regulador de crecimiento, al ser aplicadas en cantidades pequeñas generan un impacto positivo en la germinación, el desarrollo, el crecimiento vegetativo, la floración, el cuajado y/o el desarrollo de los frutos (Meléndez & Molina, 2002).

4.4.1. Tipos:

- Fitohormonas;
- Ácidos húmicos y fúlvicos;
- Extractos de algas y de plantas;
- Quitosanos y otros biopolímeros;
- Compuestos inorgánicos;
- Hongos beneficiosos;
- Aminoácidos y mezclas de péptidos.
- Moléculas nitrogenadas como tricontanol, betaínas, poliaminas, estrigolactonas y brasinoesteroides (Saenz, 2021).
-

4.4.2. Ventajas:

- Estimulación del metabolismo de las plantas;
- Aumento de la capacidad de resistencia o tolerancia de las plantas a factores de estrés abiótico;
- Optimización de la asimilación y uso eficiente de los nutrientes ofrecidos a través de fuentes de fertilizantes;
- Mejoramiento del rendimiento y la calidad de los cultivos;
- Estimulación de la actividad biológica del suelo (Gómez-Merino, Trejo-Téllez, Castañeda-Castro, Ramírez-Antonio, & Lavin-Castañeda, 2021).

4.5. Microalgas Oleas

La empresa Microalgas Oleas es una empresa que se dedica en trabajar solamente con microalgas. Crean productos para el consumo humano y bioestimulantes orgánicos.

4.5.1. Productos

4.5.1.1. GREEN-MAX

Incrementa la capacidad fotosintética, promueve el desarrollo de las estructuras y metabolismo central de la planta, aumenta la brotación (Microalgas Oleas, s.f.).

4.5.1.2. BLUE-MAX

Favorece el desarrollo radicular y la generación de pelos absorbentes. Enriquece la rizosfera y mejora la asimilación de los nutrientes (Microalgas Oleas, s.f.).

4.6. Hidrolisis enzimática

Un proceso en el cual, a través de enzimas específicas y de manera selectiva, se rompen los enlaces peptídicos de la proteína y se liberan principalmente aminoácidos L, completamente disponibles para las plantas en soluciones a pH ligeramente ácido.

4.6.1. Ventajas

La hidrólisis enzimática permite mantener un alto contenido de aminoácidos levógiros, que por tanto tienen un efecto realmente positivo para las plantas. Los hidrolizados de proteínas obtenidos por hidrólisis enzimática, por tanto, tienen una calidad mucho mayor (Gelamin, s.f.).

4.7. Exudados de raíz

"Exudado de raíz" es frecuentemente usado para describir más generalmente a los compuestos de bajo peso molecular liberados, más que el proceso mediante el cual estos son depositados dentro de la rizósfera.

Los exudados incluyen compuestos de peso molecular altos, como mucílago, un material gelatinoso en la superficie de las raíces y dentro de los compuestos de bajo peso molecular, se encuentran ácidos orgánicos, azúcar, fenólicos simples, aminoácidos, flavonoides e incluso vitaminas y son éstos los de mayor interés al momento de evaluar la transmisión de información al medio por parte de las plantas (Oliveros-Bastidas, Macías, Carrera Fernández, Marín, & Molinillo, 2009).

4.8. Antioxidantes

Un antioxidante es cualquier sustancia que se puede encontrar presente en bajas concentraciones respecto a las de una molécula oxidable (biomolécula), retarda o previene la oxidación de este sustrato (García Bacallo, 2001).

4.9. Actividad antioxidante

La capacidad antioxidante de un producto vegetal está determinado por la concentración y forma química de los compuestos que pueden actuar como antioxidantes. Los principales antioxidantes de la dieta en frutas y verduras son la vitamina C, la vitamina E, los carotenoides y los compuestos fenólicos (Bengtsson & Hagen, 2008).

4.10. Agricultura Vertical

La agricultura vertical es una práctica donde las plantas son producidas en capas apiladas verticalmente. Este método busca maximizar la utilización del espacio de producción al incrementar la superficie del piso lo que permite producir más plantas en el mismo espacio. Adicionalmente, puede ser aplicada a prácticas actuales hortícolas, en ambiente controlado a gran escala, y tiene el potencial de producir cultivos todo el año en prácticamente cualquier lugar, si se combinan las técnicas adecuadas (Wallace-Springer, 2022).

4.10.1. Componentes Básicos de la Agricultura Vertical

Los tipos de agricultura vertical pueden ser divididos en tres componentes principales: (1) estructura del sistema, (2) estructura eléctrica, y (3) estructura de plomería. Es vital considerar estos tres componentes, ya que dictarán donde se puede ubicar cada sistema, los recursos que se van a requerir para construirlos y el tipo de cultivo que se pueda producir (Wallace-Springer, 2022).

4.10.2. Tipos:

4.10.2.1. Hidroponía

Las plantas en una operación de agricultura vertical con hidroponía son suministradas con una solución acuosa compuesta con la cantidad adecuada de elementos esenciales necesarios para su crecimiento óptimo.

4.10.2.2. Acuaponía

En la agricultura vertical acuapónica, la producción de peces se integra a la producción de plantas utilizando diseños de sistemas hidropónicos. Sin embargo, en vez de fertilizar las plantas con una solución nutritiva con cantidades de nutrientes adecuados, las plantas de manera alternativa son fertilizadas con agua filtrada enriquecida con excremento de los peces, convertida a nitratos y suplementada con la cantidad de nutrientes necesarios para elevarlos a una concentración adecuada.

4.10.2.3. Con sustratos

Por último, en la agricultura vertical con sustratos, las plantas son producidas en sustratos (ej. a base de turba, lana de roca, coco, perlita, etc.) y suplementadas con solución nutritiva; ejemplos de este tipo de sistema incluyen: sistema modificado de flujo y reflujo, capilaridad y camas altas que han sido apiladas una encima de otra o son movidas a estructuras diseñadas verticalmente.

4.10.2.4. Aeroponía:

Aeroponía es el proceso de cultivar plantas en un entorno aéreo o de niebla sin hacer uso de suelo.

4.10.1. Ventajas

Los beneficios asociados con la producción en la agricultura vertical incluyen, altos rendimientos, mejor calidad de cultivo, menor uso de agua, reducción en el uso de fertilizantes, se requiere de una menor área de producción y se tiene el potencial de producir todo el año en casi cualquier lugar. Estos sistemas pueden ser bastante rentables y tienen el potencial de ser parte de soluciones ambientales si se diseñan y administran adecuadamente (Prieto Salazar, 2021).

4.11. Solución Nutritiva

Una solución nutritiva es donde se encuentran disueltos los nutrientes necesarios para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas.

4.11.1. Soluciones nutritivas utilizadas en agricultura protegida.

- Steiner (1961): propuso el concepto de la solución nutritiva universal. Esta solución nutritiva clasifica a los nutrimentos según su carga eléctrica (Castellanos, 2009).
- Sonneveld (1986): resultó tener un pH más estable, derivado de la presencia de Fosfato diácido de Potasio en su formulación y de su relación Nitrato- Amonio (Robredo , Quiroga , & Echazú, 2001).
-

4.12. Aeroponía

La aeroponía es un proceso de cultivo aéreo, en el que no se hace uso de suelo. El principio básico de esta técnica es el desarrollo de las plantas en un entorno cerrado, dentro del cual se rocían sus raíces (colgantes) con una disolución acuosa rica en nutrientes. Esto se logra gracias a unos aspersores dentro del sistema, que cada cierto tiempo expulsan la solución (Prieto Salazar, 2021).

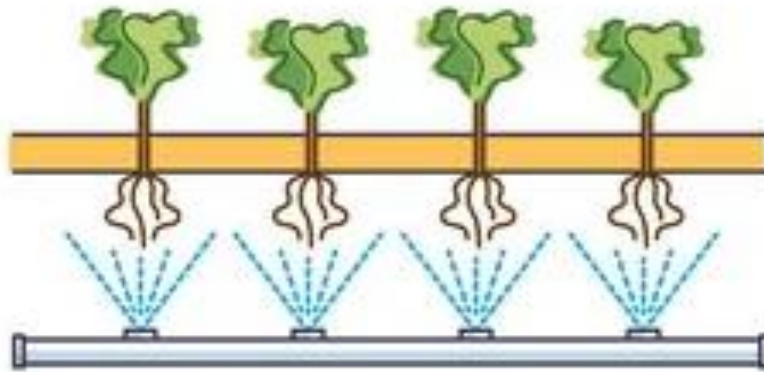


Figura 3. Imagen ejemplar del sistema de aeroponía (*VectorMine, s.f.*)

4.12.1. Ventajas:

Son muchas las personas que se cuestionan el por qué tendrían que elegir un sistema aeropónico frente a la agricultura tradicional o los sistemas hidropónicos. Una de las principales ventajas de la aeroponía es que puedes cultivar las plantas de forma rápida. Como el medio de plantaciones el aire, no necesita preparar nada. Tan sólo hay que colocar las raíces no detengan un mayor acceso al oxígeno. Esta no es nada complicado ya que tampoco se necesita utilizar ningún tipo de energía que luche para empujar sus raíces a través de un medio físico.

Una de las grandes ventajas que impulsa a la aeroponía como medio de producción más eficiente es la siembra de alta densidad. Y es que las plantas pueden tener un contacto mínimo entre ellas o con cualquier cosa física. También puede haber cosechas de numerosas plantas en un espacio muy reducido. Al estar las plantas situadas en el aire es mucho más fácil controlar las enfermedades y plagas. Todo esto se traduce en factores con un mayor rendimiento y mayor producción (Pizarro, 2015).

4.13. Luz LED blanca

4.13.1. Luz LED

LED se define por sus siglas como diodo emisor de luz, no es más que un pequeño chip de material semiconductor, que cuando es atravesado por una corriente eléctrica emite luz monocromática con mínima producción de calor, es decir un componente electrónico semiconductor, con polaridad por lo que se usará en funciones de señalización, estética y, actualmente iluminación (Déleg, 2011).

4.13.2. Generación de luz blanca

La luz blanca se puede conseguir mediante la combinación de los colores rojo, verde y azul, bajo una un mismo lente o superficie de proyección.

4.13.3 Ventajas:

Las principales ventajas que nos presenta la tecnología LED son las siguientes:

- Reducido tamaño a unos pocos milímetros cúbicos
- Reducido consumo de energía generalmente en el orden de 100mw
- Larga vida útil hasta 100.000 horas de vida útil comparada con 8000 horas de vida útil de una buena lámpara incandescente.
- Con la tecnología LED se produce una menor disipación de calor.
- Sin radiación U.V.

5. JUSTIFICACION

La cantidad de macro-túneles de ranchos especializados en producción de fresas que se encuentran ya en diferentes localidades han ido afectando el suelo de una manera irreversible, generando suelos estériles o compactados. Ya que el uso excesivo de maquinaria pesada, mal uso de dicho suelo y uso frecuente de agroquímicos puede matar microorganismos que se encuentran dentro de ese suelo y alterando su estructura. En un futuro suelos fértiles y con una estructura perfecta para el cultivo de fresa serán muy difícil de encontrar. Resultando a que productores y empresas enfocados en la producción de esta fruta se enfoquen en innovar nuevos métodos para poder satisfacer la demanda que la fresa tiene. La aeropónica es una técnica innovadora que requiere muy poco espacio dentro de un ambiente controlado, con riesgo mínimo a enfermedades y plagas; pero si requiere una nutrición muy estricta para cada cultivo.

5. MATERIALES Y MÉTODOS

5.1. Ubicación

La investigación se realizó en el Instituto Tecnológico de Tlajomulco. Ubicado en el municipio de Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, México. El municipio se encuentra en la región centro del estado, en las coordenadas se encuentra a $20^{\circ} 28'$ de latitud norte y $103^{\circ} 27'$ de longitud oeste, con una altitud de 1,575 metros sobre el nivel del mar. El clima del municipio es semiseco y semicálido sin estación invernal definida. La temperatura media anual es de 19.7°C , y tiene una precipitación media anual de 821.9 milímetros.

En la División de Estudios de Posgrado e Investigación (DEPI) se encuentran los Laboratorios de Biotecnología Vegetal y Análisis Instrumental, donde se desarrolló el trabajo. En estos laboratorios se cuenta con los aparatos y cuartos necesarios para realizar la investigación con éxito.



Figura 4. Mapa de Google Earth del Instituto Tecnológico de Tlajomulco.

5.1.2. Cuarto de ambiente controlado

Para realizar la investigación se implementó un cuarto con ambiente controlado. Con una temperatura de 20°C y una humedad relativa de 52%. Completamente cubierto para no dejar que la luz natural entrara al cuarto. La iluminación fue suministrada artificialmente por lámparas LED blancas.

5.2. Material Vegetal.

Se utilizó una variedad comercial de fresa (*Fragaria x ananassa*). Se utilizaron un total de 55 plantas, 30 en reactor 1 y 25 en reactor 2.

5.3 Reactor Aeropónico:

El diseño utilizado fue desarrollado previamente por el Dr. Carlos Arias Castro y Dra. Martha Alicia Rodríguez Mendiola, utilizando tubos de pvc en los cuales se colocaron las plantas, proveyéndoles nutrientes impulsados por una bomba de 0.5 HP, que los distribuye mediante aspersores. El medio es recirculado 1 min cada 1.5 h . La iluminación fue mediante 3 lámparas LED blanca (ARTLITE).

5.4. Adaptación de plantas:

Las plantas madre se generaron a partir de cultivos *in vitro*, adaptadas ex vitro en sistema aeropónico para fortalecer sus raíces. De los reactores con las plantas madre se obtuvieron estolones, que fueron transferidos a una cabina aeropónica con lámparas LED, para comenzar su periodo de adaptación. Este periodo usualmente duraba 4-6 semanas, dependiendo el tamaño del estolón. Durante este periodo solamente se le suministraba agua purificada, para estimular el crecimiento de su raíz. Posteriormente las plantas se transfirieron al reactor indicado.



Figura 5. Cabina de adaptación de estolones.

5.5. Solución Nutritiva

Finalmente, a esas nuevas plantas se desarrollaron con el medio nutritivo de Yamazaki (1982) (Tabla 3), modificada por una investigación anterior realizada por el Maestro en Ciencias Fonseca Nuñez (2022). La solución nutritiva tuvo pH 5.5 inicial, y fue la misma durante las cuatro semanas que se llevó a cabo la investigación.

Cuadro 3. Composición de solución nutritiva Yamazaki (1982) al 50%.

Composición de solución nutritiva Yamazaki (1982) al 50%.	
	g/20L
Ca(NO₃)₂	1.5
CaCl₂	0.76
KNO₃	3.75
MgSO₄7H₂O	1.5
KH₂PO₄	2.3
Mix de micros	0.2

5.5. Lámparas luz LED blancas

Se utilizaron lámparas ARTLITE LED con base transparente de 18 watts, blanco frío. En el reactor 1 se tuvo un promedio de 144 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, y en el reactor 2, 168 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$.

5.6. BIOESTIMULANTES

5.6.1. GREEN-MAX:

Incrementa la capacidad fotosintética, promueve el desarrollo de las estructuras y metabolismo central de la planta, aumenta la brotación (Microalgas Oleas, s.f.).



Figura 6. Producto GREEN-MAX.

5.6.1.1. Composición de GREEN-MAX:

El producto GREEN-MAX está compuesto de proteínas, macro y micro-nutrientes que le son benéficas a la planta.

Cuadro 4. Composición del producto GREEN-MAX (*Microalgas Oleas, s.f.*)

GREEN-MAX: Composición			
	g/L		
Proteínas	11.6	Magnesio (Mg)	10.0
Aminoácidos Libres	22.6	Hierro (Fe)	10.0
Nitrógeno (N)	1.9	Boro (B)	10.0
Fósforo (P)	20.0	Zinc (Zn)	0.4
Potasio (K)	93.6		

5.6.2. BLUE-M:

Favorece el desarrollo radicular y la generación de pelos absorbentes. Enriquece la rizosfera y mejora la asimilación de los nutrientes (*Microalgas Oleas, s.f.*).



Figura 7. Producto BLUE-M.

5.5.2.1. Composición de BLUE-M:

Cuadro 5. Composición del producto BLUE-M (*Microalgas Oleas, s.f.*).

Composición: BLUE-M			
g/L			
Proteínas	16.3	Magnesio (Mg)	2.0
Aminoácidos Libres	31.8	Hierro (Fe)	3.5
Nitrógeno (N)	2.6	Calcio (Ca)	0.487
Fosforo (P)	50.0	Zinc (Zn)	0.0016
Potasio (K)	63.1		

5.6. Preparación de tratamientos:

Los productos GREEN-MAX y BLUE-M se diluyeron inicialmente 1:150 (1 ml del producto y 149 ml de agua purificada). Esto tratamientos fueron modificados en la segunda semana, 1:100 (1ml del producto y 99ml de agua purificada), agregándole Tween como detergente, para asegurar la mayor retención del producto en las hojas. La aplicación foliar se realizó manualmente mediante atomizadores. En el Cuadro 6 se presentan los volúmenes aplicados de cada producto bioestimulantes.

Cuadro 6. Contenido de ml en cada aspersión de ambos atomizadores.

Aspersiones de Atomizadores		
	GREEN-MAX	BLUE-M
Aspersiones	ml	ml
1	1	1
2	2	1.5
3	3	2
Total	6	4.5



Figura 8. Atomizadores con los tratamientos.

5.6.1. Composición del producto diluido

5.6.1.1. GREEN-MAX

Cuadro 7. Composición del producto GREEN-MAX diluido a 1:100. Se tomaron los datos de la etiqueta del producto y datos de cada aspersión de los atomizadores utilizados para poder obtener un estimado de cuanto se utilizó de cada micro y macronutriente.

GREEN-MAX	<i>1 aspersión (mg/ml)</i>	<i>2 aspersiones (mg/ml)</i>	<i>3 aspersiones (mg/ml)</i>
<i>Proteínas</i>	0.116	0.232	0.348
<i>Aminoácidos Libres</i>	0.226	0.452	0.678
<i>Nitrógeno (N)</i>	0.019	0.038	0.057
<i>Fósforo (P)</i>	0.200	0.4	0.6
<i>Potasio (K)</i>	0.936	1.872	2.808
<i>Magnesio (Mg)</i>	0.100	0.2	0.3
<i>Hierro (Fe)</i>	0.100	0.2	0.3
<i>Boro (B)</i>	0.100	0.2	0.3
<i>Zinc (Zn)</i>	0.004	0.008	0.012

5.6.1.2. BLUE-M

Cuadro 8. Composición del producto BLUE-M diluido a 1:100. Se tomaron los datos de la etiqueta del producto y datos de cada aspersión de los atomizadores utilizados para poder obtener un estimado de cuanto se utilizó de cada micro y macronutriente.

BLUE-M

	1 aspersión (mg/ml)	2 aspersiones (mg/ml)	3 aspersiones (mg/ml)
<i>Proteínas</i>	0.163	0.2445	0.326
<i>Aminoácidos Libres</i>	0.318	0.477	0.636
<i>Nitrógeno (N)</i>	0.026	0.039	0.052
<i>Fosforo (P)</i>	0.50	0.75	1
<i>Potasio (K)</i>	0.631	0.9465	1.262
<i>Magnesio (Mg)</i>	0.02	0.03	0.04
<i>Hierro (Fe)</i>	0.035	0.0525	0.07
<i>Calcio (Ca)</i>	0.00487	0.007	0.00974
<i>Zinc (Zn)</i>	0.000016	0.000024	0.00003

5.7. Aplicación de tratamientos:

Los tratamientos fueron aplicados al envés de la hoja (Figura 9). Ambos reactores tienen cuatro niveles para realizar los tratamientos: Control (sin tratamiento), 1 aspersión, 2 aspersiones y 3 aspersiones.



Figura 9. Aplicación de los tratamientos a la hoja

5.8. Actividad Inhibitoria:

Las muestras frescas (2 hojas de cada tratamiento), se colocaron en congelador de -20°C durante un día, enseguida se liofilizaron, y una vez colectadas se molieron. Para la determinación de actividad antioxidante se pesaron 0.1 g de muestra de cada tratamiento y se evaluó la actividad antioxidante con 0.1M DPPH, de acuerdo al procedimiento descrito por Fonseca Nuñez (2022).

5.9. Variables evaluadas:

Cada semana antes de aplicar los tratamientos se les hacían mediciones a las plantas (figura 10). Estas variables se tomaron desde el inicio hasta la tercera semana: número de hojas, clorofila (unidades SPAD), peso fresco (g), altura de planta y longitud de raíz (cm) y medición de iones con equipos Horiba LAQUAtwin (nitratos, calcio, potasio y sodio en meq/L).

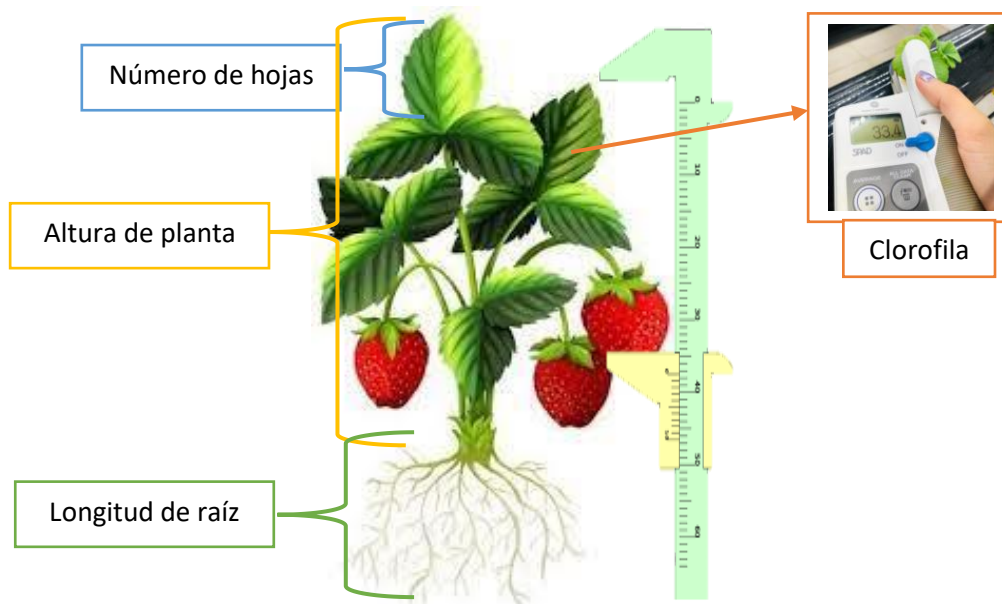


Figura 10. Variables fenológicas vegetativas de la planta.

5.9. Análisis estadístico

Los datos se sometieron a un análisis de varianza (ANOVA), a la prueba de comparación de medias de Tuckey ($P < 0.05$) en un software estadístico llamado Minitab 19.

6. RESULTADOS Y DISCUSIONES

6.1. Variables de crecimiento de planta

6.1.1. Clorofila

Los resultados de la Figura 11 (A) muestran que el efecto de GREEN-MAX en el contenido de clorofila en las hojas de la fresa. El tratamiento que tuvo mejor incremento es el de 1 aspersión, con 21 unidades SPAD. Este tratamiento contaba con el valor más bajo en semana cero (26 SPAD) comparándolo al resto de tratamientos, pero en la tercer y última semana obtuvo el valor más alto con 47 unidades SPAD. Por otra parte, los resultados con BLUE-M muestran que el tratamiento de 3 aspersiones tuvo el mayor incremento con 11 unidades SPAD. Comparando ambos productos, GREEN-MAX (Figura 11) fue el que le tuvo mayor efecto en el contenido de clorofila en las hojas de fresa (Figura 12).

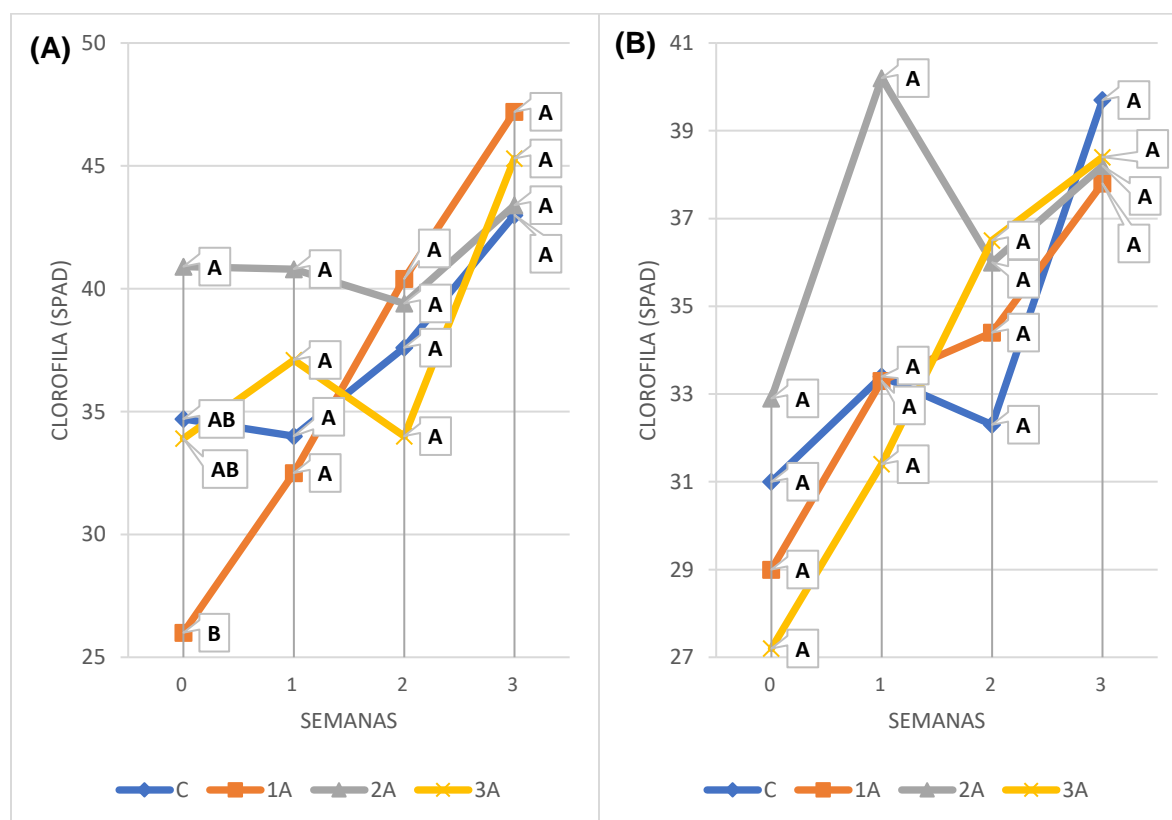


Figura 11. Efecto del número de aspersiones de (A) GREEN-MAX y (B) BLUE-M en el contenido de clorofila en hojas de fresa. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.

6.1.1.1. Fotos demostrativas: Clorofila



Figura 12. Fotos demostrativas de los resultados de clorofila. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 3 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 3 de BLUE-M.

6.1.1.2. Comparación de contenido de clorofila

6.1.1.2.1. GREEN-MAX

Cuadro 9 Información sobre la semana 0 y 3 de la variable clorofila agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.

GREEN-MAX

Semana 0				Semana 3			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
2 aspersiones	8	40.90	A	1 aspersión	6	47.20	A
Control	8	34.66	AB	3 aspersiones	5	45.30	A
3 aspersiones	5	33.08	AB	2 aspersiones	8	43.35	A
1 aspersión	6	25.97	B	Control	8	42.96	A

6.1.1.2.2. BLUE-M

Cuadro 10. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable clorofila agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.

BLUE-M

Semana 0				Semana 3			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
Control	4	34.17	A	Control	4	39.75	A
2 aspersiones	5	32.22	A	3 aspersiones	5	38.36	A
1 aspersión	7	27.83	A	2 aspersiones	5	38.24	A
3 aspersiones	5	23.48	A	1 aspersión	7	37.69	A

Evidentemente, la comparación del contenido de clorofila al inicio y final de los diferentes tratamientos, en general no mostró diferencia estadística significativa, con ambos extractos. Probablemente, en la etapa generativa si sea posible detectar el efecto de mejora esperado.

6.1.2. Número de hojas

En la Figura 13A y 13B no se observa diferencia estadística significativa en el número de hojas. Sin embargo, GREN MAX afecta negativamente con respecto al control (13A). En tanto que BLUE-M superó ligeramente al control cuando se realizaron 3 aplicaciones (13B), durante el experimento. Estos comportamientos pueden ser el resultado de sus composiciones.

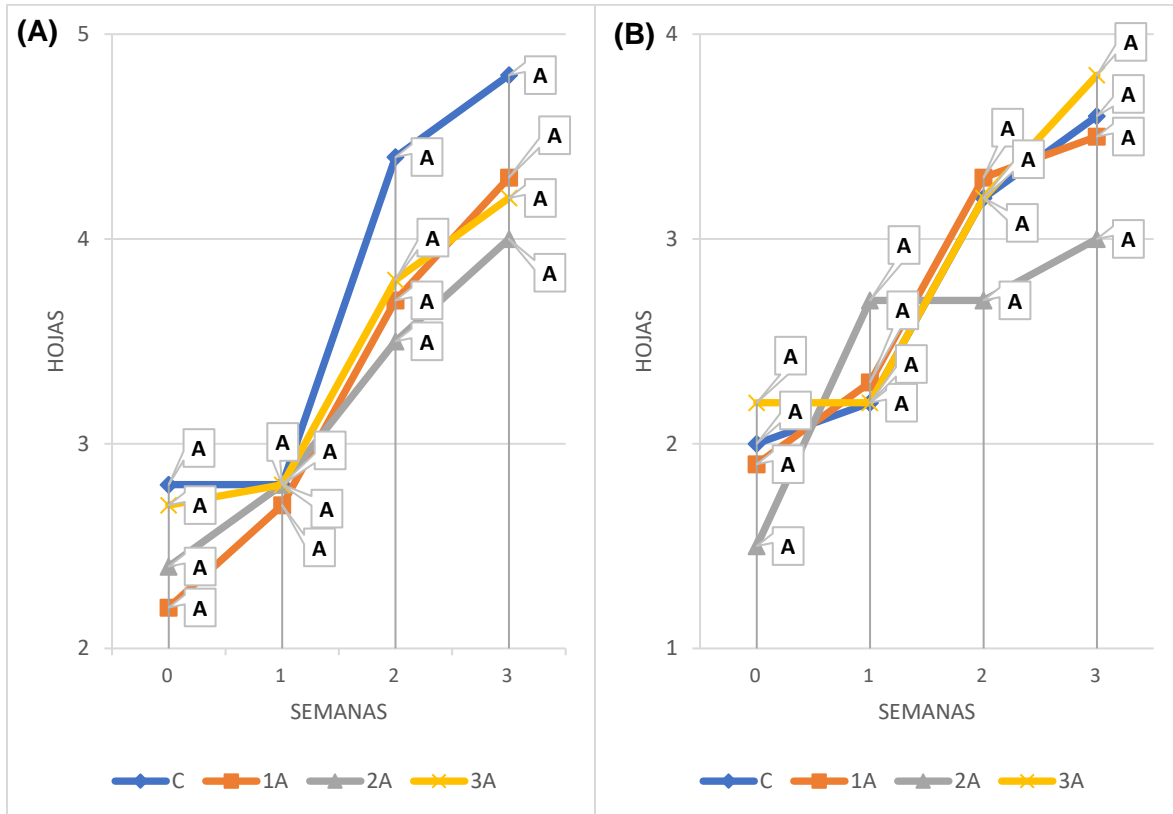


Figura 13. Efecto de (A) GREEN-MAX y (B)BLUE-M en el número de hojas. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones

6.1.2.1. Fotos demostrativas: Número de hojas

En la Figura 14 se observan fotografías representativas al inicio y final del experimento, evidenciando las características fisiológicas de las hojas.



Figura 14. Fotos demostrativas de los resultados de número de hojas. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.

6.1.2.2 Comparación del número de hojas

6.1.2.2.1. GREEN-MAX

Cuadro 11. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable número de hojas agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.

GREEN-MAX

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
3 aspersiones	5	2.800	A	Control	8	4.750	A
Control	8	2.750	A	1 aspersión	6	4.333	A
2 aspersiones	8	2.375	A	3 aspersiones	5	4.200	A
1 aspersión	6	2.167	A	2 aspersiones	8	4.000	A

6.1.2.2.2. BLUE-M

Cuadro 12. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable número de hojas agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.

BLUE-M

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
3 aspersiones	5	2.200	A	3 aspersiones	5	3.800	A
Control	4	2.000	A	Control	4	3.750	A
1 aspersión	7	1.857	A	1 aspersión	7	3.429	A
2 aspersiones	5	1.400	A	2 aspersiones	5	3.000	A

6.1.3. Altura de planta

En los resultados de la variable de altura de planta el control supero los resultados de los 3 tratamientos. Los resultados estadísticos no mostraron diferencias significativas. El control teniendo un incremento de 6cm, mostrando que los productos no tuvieron una gran influencia en el crecimiento de la planta. Sin embargo, el tratamiento de 3 aspersiones casi alcanza el control con un incremento de 5cm.

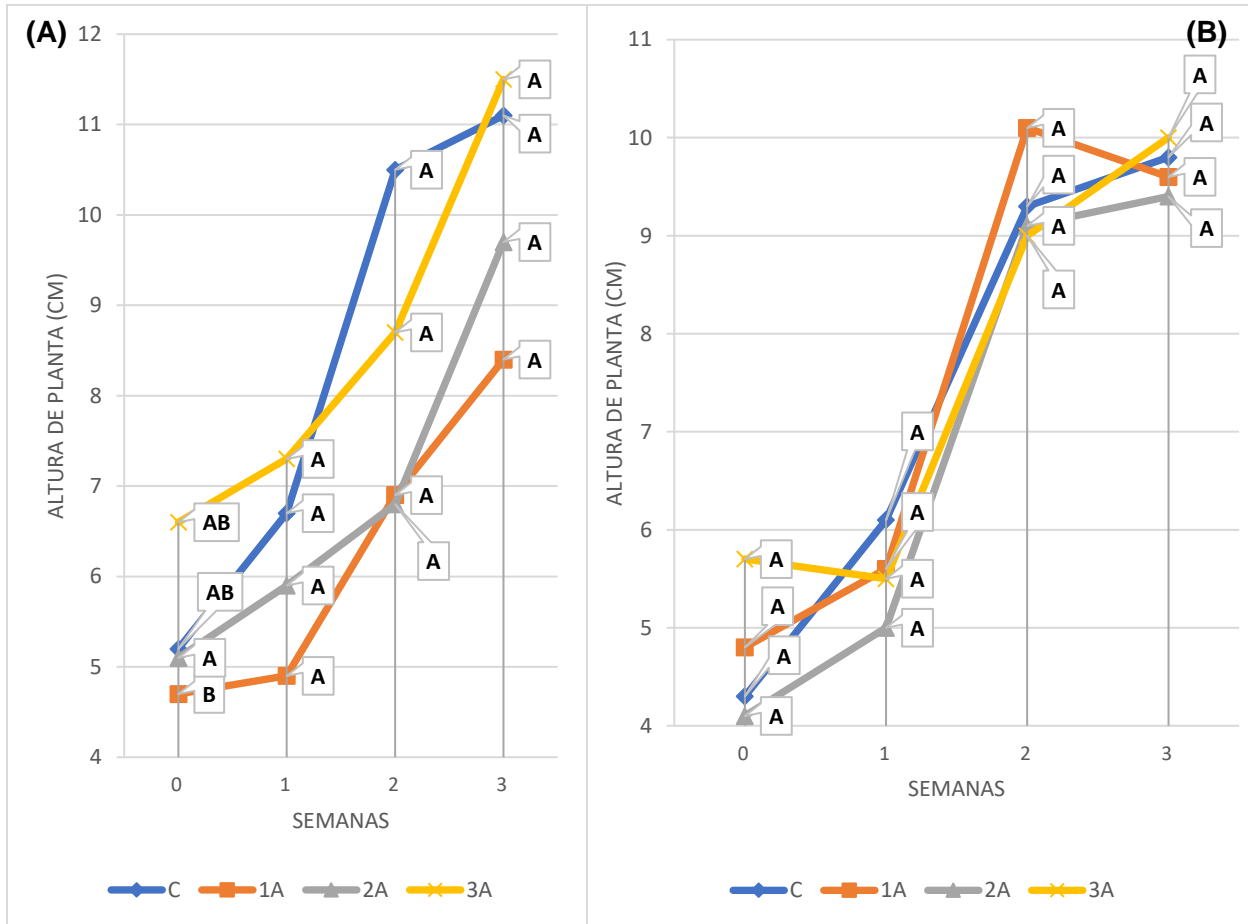


Figura 15. Efecto de GREE-MAX (A) y BLUE-M (B) en la altura de las plantas. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.

6.1.3.1. Fotos demostrativas: Altura de planta

En la Figura 16 se observan fotografías representativas al inicio y final del experimento, evidenciando las características fisiológicas de la altura de la planta.



Figura 16. Fotos demostrativas de los resultados de la altura de planta. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.

6.1.3.2 Comparación de la altura de planta

6.1.3.2.1. GREEN-MAX

Cuadro 13. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable altura de planta agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.

GREEN-MAX

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
<i>2 aspersiones</i>	8	40.90	A	<i>1 aspersión</i>	6	47.20	A
<i>Control</i>	8	34.66	AB	<i>3 aspersiones</i>	5	45.30	A
<i>3 aspersiones</i>	5	33.08	AB	<i>2 aspersiones</i>	8	43.35	A
<i>1 aspersión</i>	6	25.97	B	<i>Control</i>	8	42.96	A

6.1.3.2.2. BLUE-M

Cuadro 14. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable altura de planta agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.

BLUE-M

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
<i>3 aspersiones</i>	5	6.29	A	<i>3 aspersiones</i>			A
<i>1 aspersión</i>	7	4.709	A	<i>Control</i>			A
<i>Control</i>	4	4.615	A	<i>2 aspersiones</i>			A
<i>2 aspersiones</i>	5	3.954	A	<i>1 aspersión</i>			A

6.1.4. Longitud de raíz

En la variable de raíz los resultados con significativo valor fueron los de BLUE-M en el tratamiento de 3 aspersiones, teniendo un incremento de 11 cm. Los resultados estadísticos mostraron diferencias en el producto BLUE-M en la semana 0 y 1. Estos resultados muestran que el producto cumplió con su objetivo de “desarrollo radicular”. De igual manera es importante mencionar que en el producto de GREEN-MAX en el tratamiento 1 aspersion tuvo un incremento mayor de 9 cm de crecimiento de raíz.

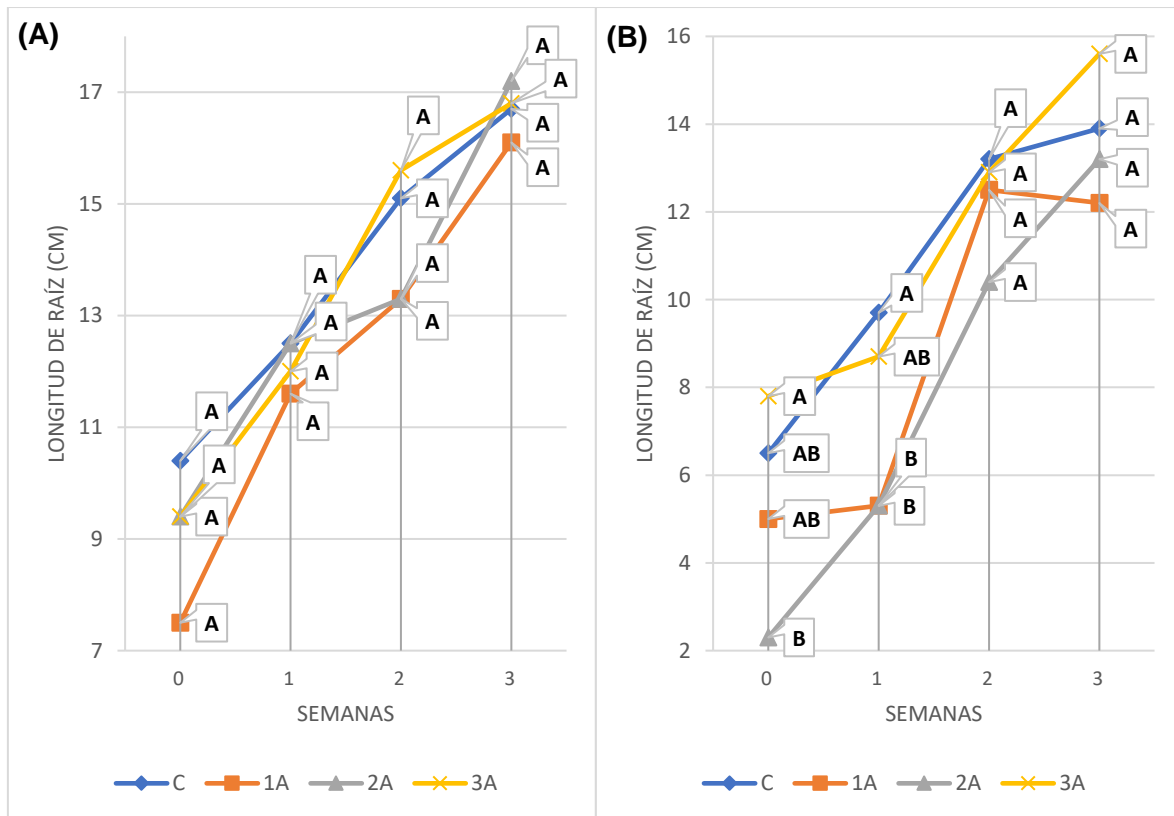


Figura 17. Efecto de aspersiones de (A) GREEN-MAX y (B) BLUE-M en la longitud de raíz en la planta de fresa. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.

6.1.4.1. Fotos demostrativas: Longitud de raíz

En la Figura 18 se observan fotografías representativas al inicio y final del experimento, evidenciando las características fisiológicas de la raíz.



Figura 18. Fotos demostrativas de los resultados de la longitud de raíz. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.

6.1.4.2. Comparación de longitud de raíz

6.1.4.2.1. GREEN-MAX

Cuadro 15. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable longitud de raíz agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.

GREEN-MAX

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
3 aspersiones	5	11.07	A	1 aspersión	6	17.217	A
Control	4	9.401	A	Control	8	16.85	A
1 aspersión	5	9.395	A	3 aspersiones	5	16.72	A
2 aspersiones	7	7.470	A	2 aspersiones	8	16.078	A

6.1.4.2.2. BLUE-M

Cuadro 16. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable longitud de raíz agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.

BLUE-M

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
Tratamientos	N	Media	Agrupación	Tratamientos	N	Media	Agrupación
3 aspersiones	5	8.32	A	3 aspersiones	4	15.60	A
Control	4	6.125	AB	Control	4	13.82	A
1 aspersión	7	5.34	AB	2 aspersiones	5	13.23	A
2 aspersiones	5	2.086	B	1 aspersión	7	11.96	A

6.1.5. Peso fresco

Al igual que en la variable de altura de planta, el control superó en 2 g, el peso fresco con respecto a los tratamientos con GREEN-MAX (Figura 19 A). Mientras que con BLUE-M (Figura 19B), no se observó incremento significativo (1 g) en tres de los tratamientos: control, 2 aspersiones y 3 aspersiones. Sin embargo, hubo una disminución en el tratamiento de 1 aspersión.

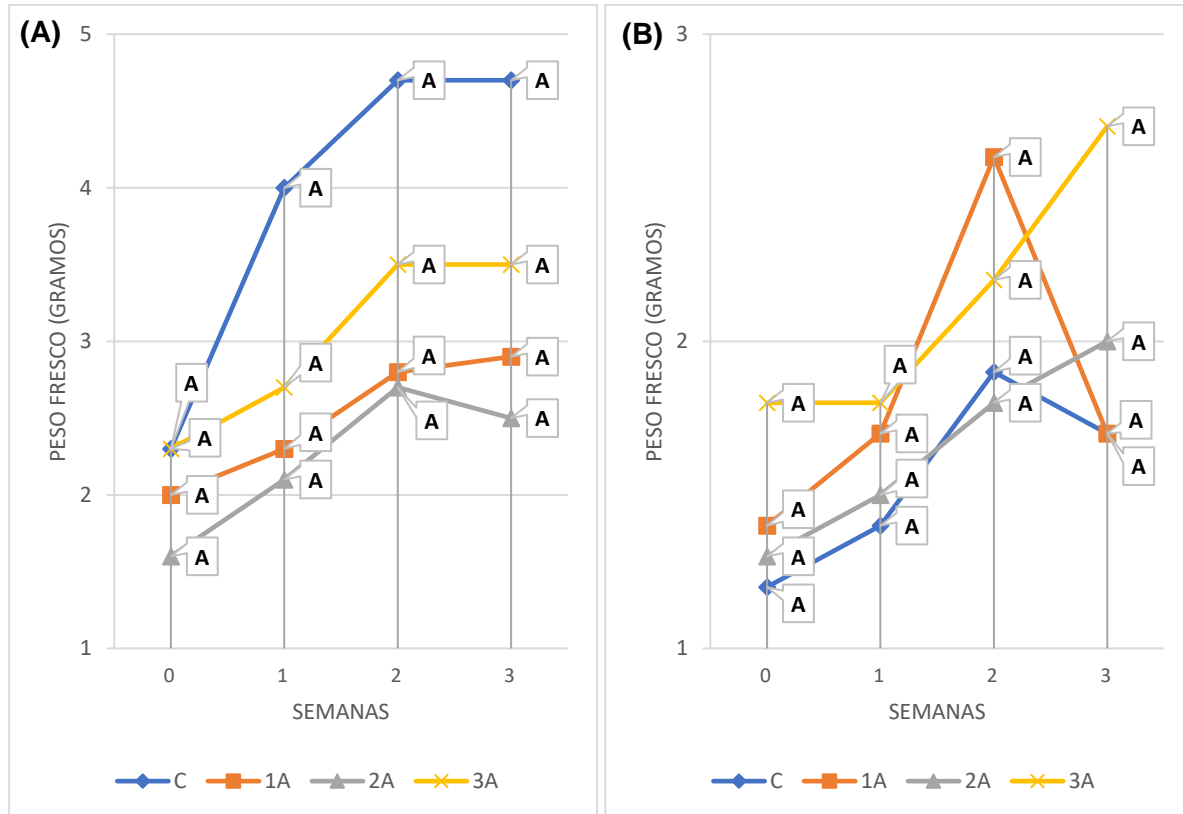


Figura 19. Efecto de aspersiones de (A) GREEN-MAX y (B) BLUE-M en el peso fresco en la planta de fresa. (C) control, (1A) 1 Aspersión, (2A) 2 Aspersiones y (3A) 3 Aspersiones.

6.1.5.1. Fotos demostrativas: Peso fresco

En la Figura 20 se observan fotografías representativas al inicio y final del experimento, evidenciando el comportamiento del peso fresco.



Figura 20. Fotos demostrativas de los resultados del peso fresco. (A) Semana 0 de GREEN-MAX, (B) Semana 4 de GREEN-MAX, (C) Semana 0 de BLUE-M y (D) Semana 4 de BLUE-M.

6.1.5.2. Comparación de Peso fresco

6.1.5.2.1. GREEN-MAX

Cuadro 17. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable peso fresco agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de GREEN-MAX.

GREEN-MAX

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Agrupación</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Agrupación</i>
<i>Control</i>	8	2.344	A	<i>Control</i>	8	4.72	A
<i>3 aspersiones</i>	5	5.258	A	<i>3 aspersiones</i>	5	3.478	A
<i>1 aspersión</i>	6	2.022	A	<i>1 aspersión</i>	6	2.945	A
<i>2 aspersiones</i>	8	1.614	A	<i>2 aspersiones</i>	8	2.491	A

6.1.5.2.2. BLUE-M

Cuadro 18. Información sobre la semana 0 y 3 de la variable peso fresco agrupada por el método de Tukey con una confianza de 95%. Utilizando el software de Minitab19 para analizar resultados de BLUE-M.

BLUE-M

<i>Semana 0</i>				<i>Semana 3</i>			
<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Agrupación</i>	<i>Tratamientos</i>	<i>N</i>	<i>Media</i>	<i>Agrupación</i>
<i>3 aspersiones</i>	5	2.050	A	<i>3 aspersiones</i>	5	2.736	A
<i>1 aspersión</i>	7	1.364	A	<i>Control</i>	4	1.960	A
<i>Control</i>	4	1.347	A	<i>2 aspersiones</i>	5	1.950	A
<i>2 aspersiones</i>	5	1.304	A	<i>1 aspersión</i>	7	1.611	A

6.2 Compontes inorgánicos en exudados de la raíz.

En los Cuadros 19 y 20 se observan las composiciones de diversos iones, pH y CE, en el medio de cultivo al inicio y final del experimento. Las diferencias observadas pueden atribuirse a que las aspersion foliares con GREEN MAX y BLUE-M, afectan el metabolismo de las plantas de fresa, propiciando que sus exudados modifiquen la composición del medio. Particularmente el pH inicial de 5.5, aumentó 1.2 y 2.5 unidades, respectivamente. Y los grados brix, 0.2 y 0.1, respectivamente.

Cuadro 19. Contenido de iones en el medio de cultivo de plantas con aplicaciones foliares de GREEN-MAX

GREEN-MAX			
IONES	Unidad	10/11/2022	06/12/2022
NO₃⁻	ppm	270	220
K⁺		110	98
Ca²⁺		29	27
Na⁺		8	13
pH		6.7	8.0
C.E.	μS/cm	593	576

Cuadro 20. Contenido de iones en el medio de cultivo de plantas con aplicaciones foliares de BLUE-M

BLUE-M			
IONES	Unidad	10/11/2022	06/12/2022
NO₃⁻	ppm	250	170
K⁺		110	120
Ca²⁺		33	26
Na⁺		8	13
Ph		7.0	8.5
C.E.	μS/cm	599	696

6.3. Capacidad antioxidante en hojas de fresa

En la Figura 21 se observa que utilizando el método de DPPH para determinar la presencia de compuestos antioxidantes en las hojas de la planta de fresa, se obtuvo un valor promedio de 82% de inhibición en la capacidad antioxidante, evidenciando buena capacidad para neutralizar los radicales libres y proteger contra el estrés oxidativo de sí misma. Adicionalmente, se puede afirmar que las aspersiones de GREEN-MAX y BLUE-M, no modificaron la capacidad antioxidante (ChatGPT, s.f.).

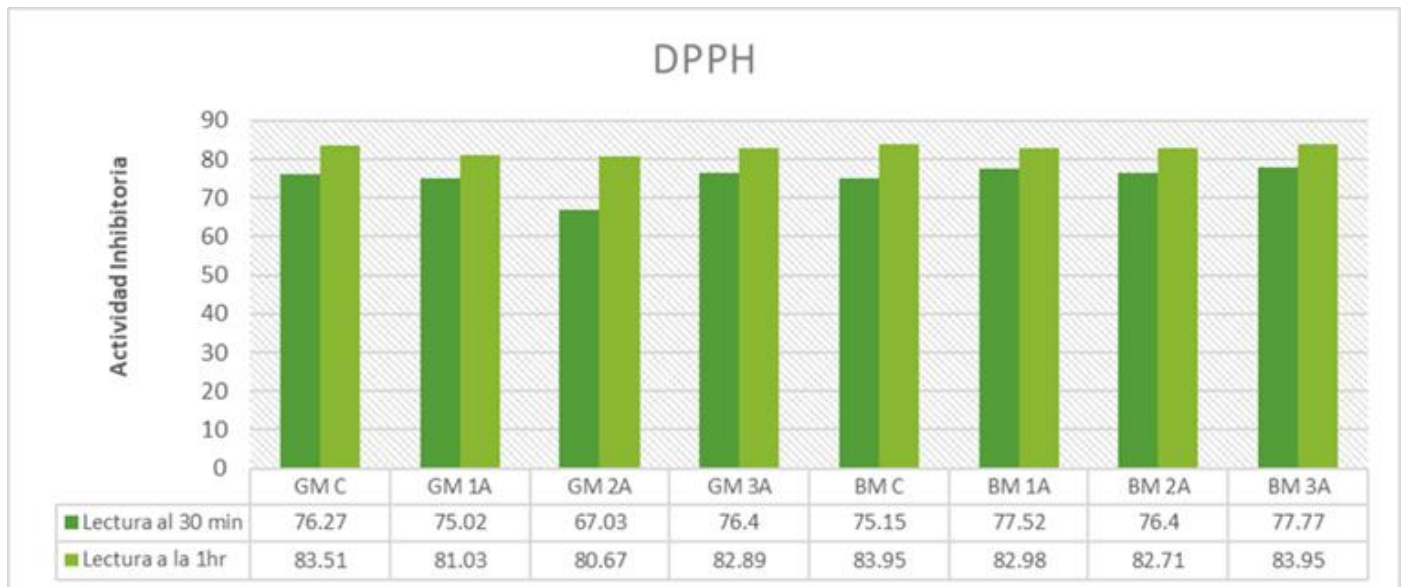


Figura 21. Efecto de las aspersiones foliares de GREEN-MAX y BLUE-M en la capacidad antioxidante en hojas de fresa.

7. CONCLUSIONES

La dilución 1:100 (v/v) de los productos GREEN-MAX y BLUE-M se determinó ser la más adecuada para el desarrollo vegetativa de la planta de fresa, pues permiten obtener una conductividad eléctrica de 1. El GREEN-MAX mostró mejora significativa en el tratamiento de 1 aspersiones comparado al control, en la variable de clorofila con un incremento de 21 unidades SPAD. También en este mismo tratamiento de 1 aspersiones del mismo producto, se observó un incremento de 9 cm en la longitud de raíz. Por otra parte, el producto BLUE-M también propició desarrollo de raíz con un incremento con respecto al control, de 11 cm en el tratamiento de 3 aspersiones. Las aspersiones foliares con GREEN MAX y BLUE-M, afectando el metabolismo de las plantas de fresa, propiciando que sus exudados modifiquen la composición del medio. Sin embargo, no modificaron la capacidad antioxidante de las hojas de fresa, que fue similar al control con un valor promedio de 82%.

8. LITERATURA CITADA

- (s.f.). Obtenido de Microalgas Oleas: <https://www.microalgasoleas.com.mx/>
- Axayacatl, O. (15 de Noviembre de 2022). *Blog Agricultura*. Obtenido de Estadísticas mundiales de producción de fresa: <https://blogagricultura.com/estadisticas-fresa-produccion/>
- Bengtsson, G. B., & Hagen, S. F. (2008). Storage and handling of fruit and vegetables for optimum health-related quality. *Health-promoting properties of fruit and vegetable products*, 423-424. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9781845691844500161>
- Bioplan In Vitro* . (16 de Julio de 2019). Obtenido de Vitroplantas: <http://www.bioplaninvitro.com/vitroplantas/>
- Cañada, O. (23 de Febrero de 2022). *Regiones productoras de fresa en México*. Obtenido de Produce Pay: <https://es.producepay.com/regiones-productoras-de-fresa-en-mexico/>
- Características de Fresa* . (10 de Octubre de 2013). Obtenido de Universidad de San Martín de Porres: https://www.usmp.edu.pe/recursoshumanos/concurso2013/pdf/team_fresa.pdf
- Castellanos, J. Z. (2009). *Las soluciones nutritivas para cultivos protegidos*. Obtenido de Intagri: <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/soluciones-nutritivas-para-cultivos-protegidos>
- Castillo, A. (2005). Propagación de plantas por cultivo in vitro: una biotecnología que nos acompaña hace mucho tiempo. *ainfo.inia.uy*, 1-8. Obtenido de http://www.inia.org.uy/publicaciones/documentos/lb/ad/2004/ad_382.pdf
- Catalan Occidente Seguros*. (1 de Septiembre de 2020). Obtenido de ¿Conoces todos los beneficios de las fresas? Añádelas a tu dieta diaria: <https://www.seguroscatalanaoccidente.com/canal/nutricion/post/beneficios-de-las-fresas>
- ChatGPT*. (s.f.). Recuperado el 09 de Marzo de 2023, de ChatGPT: <https://chat.openai.com/auth/login>
- Déleg, M. (2011). TECNOLOGÍA LED. *Electrónica Digital*, 1-4. Obtenido de <https://www.monografias.com/trabajos-pdf4/tecnologia-led-ensayo/tecnologia-led-ensayo.pdf>
- Fenología de la fresa*. (6 de Junio de 2019). Obtenido de Solagri: <https://solagri.pe/wp-content/uploads/2019/06/FENOLOGIA-FRESA.pdf>

- Fernandez-Sevilla, J. M. (2014). *Microalgal Biotechnology*. Obtenido de Microalgas: <https://w3.ual.es/~jfernand/ProcMicro70801207/tema-1---generalidades/1-1-microalgas.html>
- Fonseca Nuñez, D. (2022). *Establecimiento del cultivo de fresa (fragaria x ananassa) a partir de vitroplantas, en sistema aeropónico vertical en sala con ambiente controlado y luz LED [Tesis de maestría]. Instituto Tecnológico de Tlajomulco.*
- Fragaria. (s.f.). Recuperado el 16 de Febrero de 2023, de EcuRed: <https://www.ecured.cu/Fragaria>
- Garcia Bacallo, L. e. (2001). Plantas con propiedades antioxidantes. *Rev Cubana Invest Bioméd*, 2. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/ibi/v20n3/ibi11301.pdf>
- Gayosso, M. A. (11 de julio de 2022). *Microalgas como bioestimulantes para la agricultura sostenible*. Obtenido de Milenio: <https://www.milenio.com/opinion/varios-autores/ciencia-tecnologia/microalgas-como-bioestimulantes-para-la-agricultura-sostenible>
- Gelamin. (s.f.). *Hidrolisis enzimatica*. Recuperado el 2023, de Gelamin: <https://www.gelamin.it/es/hidrolisis-enzimatica/#:~:text=A%20diferencia%20de%20la%20hidr%C3%B3lisis,tienen%20una%20calidad%20mucho%20mayor.>
- Gómez-Merino, F. C., Trejo-Téllez, L. I., Castañeda-Castro, O., Ramírez-Antonio, J. V., & Lavin-Castañeda, J. (26 de Octubre de 2021). *LOS BIOESTIMULANTES: UNA POTENTE ALTERNATIVA PARA MEJORAR LA PRODUCCIÓN DE CAÑA DE AZÚCAR*. Obtenido de ATAM: [https://atamexico.com.mx/noticia-de-interes/los-bioestimulantes-una-potente-alternativa-para-mejorar-la-produccion-de-cana-de-azucar/#:~:text=Actualmente%20se%20han%20propuesto%20siete,ben%C3%A9ficos%3B%20\)%20bacterias%20ben%C3%A9ficas.](https://atamexico.com.mx/noticia-de-interes/los-bioestimulantes-una-potente-alternativa-para-mejorar-la-produccion-de-cana-de-azucar/#:~:text=Actualmente%20se%20han%20propuesto%20siete,ben%C3%A9ficos%3B%20)%20bacterias%20ben%C3%A9ficas.)
- González-Díaz , A. A., & Cabrer, J. C. (2017). Efecto de los exudados radiculares de la “higuerilla” *Ricinus communis* L. (Euphorbiaceae) en la mortalidad de larvas de *Gymnetis bonplandii* Schaum (Coleoptera, Scarabaeidae). *Arnaldoa*, 24(1), 351-358. doi:<http://doi.org/10.22497/arnaldoa.241.24117>
- Meléndez, G., & Molina, E. (2002). Fertilización Foliar: Principios y Aplicaciones. *Laboratorio de suelos y foliares*, 110. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/39390677/librosagronomicos.blogspot.mx-Memoria_Curso_Fertilizacion_Foliar-libre.pdf?1445642792=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMemoria_Curso_Fertilizacion_Foliar.pdf&Expires=1676427860&Signature=aLT
- Mendoza, G. M. (02 de Octubre de 2019). *Las etapas del desarrollo del cultivo de fresa son*. Obtenido de Studocu: <https://www.studocu.com/ec/document/escuela->

superior-politecnica-del-litoral/biologia/las-etapas-del-desarrollo-del-cultivo-de-fresa-son/6244422

Meristec. (28 de Septiembre de 2022). *Las 6 ventajas del cultivo in vitro*. Obtenido de Meristec: <https://meristec.es/meristec/las-6-ventajas-del-cultivo-in-vitro/>

Núcleo Ambiental S.A.S. (2015). Manual Fresa. *CÁMARA DE COMERCIO DE BOGOTÁ*, 1-62. Obtenido de <https://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14312/Fresa.pdf?sequence=1>

Oliveros-Bastidas, A. d., Macías, F. A., Carrera Fernández, C., Marín, D., & Molinillo, J. M. (2009). *Exudados de la raíz y su relevancia actual en las interacciones alelopáticas*. Obtenido de Química Nova: <https://www.scielo.br/j/qn/a/3dP55YM7pzCkFYsWMWczVzD/?lang=es>

Pizarro, E. (26 de Febrero de 2015). *¿Que es la Aeroponía?* Obtenido de Agriculturers.com | Red de Especialistas en Agricultura: <https://agriculturers.com/que-es-la-aeroponia/>

Prieto Salazar, S. S. (31 de Agosto de 2021). Aeroponía: cultivo sin tierra. *+Ciencia*, págs. 26-27. Obtenido de <https://revistas.anahuac.mx/masciencia/article/view/938>

Repo de Carrasco, R., & Encina Zelada, C. R. (2008). Determinación de la capacidad antioxidante y compuestos bioactivos de frutas nativas peruanas. *Soc Quím Perú*, 108-124. Obtenido de <http://www.scielo.org.pe/pdf/rsqp/v74n2/a04v74n2.pdf>

Robredo , P., Quiroga , M., & Echazú, R. (2001). Análisis comparativo de soluciones nutritivas en cultivos hidropónicos en invernadero. *CONICET*, 1-2. Obtenido de <https://www.mendoza-conicet.gob.ar/asades/modulos/averma/trabajos/2000/2000-t002-a003.pdf>

Saenz, M. (4 de enero de 2021). *Bioestimulantes: Tipos, ventajas y desventajas de uso*. Obtenido de entufinca: <https://entufinca.com/bioestimulantes-tipos-ventajas-y-desventajas-de-uso/>

SAGARPA. (12 de Septiembre de 2017). *Potencial Fresa*. Obtenido de SAGARPA: <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf>

Salas-Arias, K. M., Salas-Morgan, B., & Calvo-Castro, L. A. (16 de Junio de 2022). *Potencial bioactivo de los residuos del cultivo de fresa (Fragaria x ananassa) en Costa Rica*. Obtenido de Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales: <https://revistas.sena.edu.co/index.php/recia/article/view/potencial-bioactivo-de-los-residuos-del-cultivo-de-fresa-fragari/5224>

VectorMine. (s.f.). *Aquaponic*. Recuperado el 16 de Febrero de 2023, de Depositphotos: <https://mx.depositphotos.com/488958220/stock-illustration-aquaponic-watering-and-irrigation-model.html>

Wallace-Springer, N. (15 de Septiembre de 2022). *ProMix*. Obtenido de ¿Qué debes de saber acerca de la agricultura vertical?: <https://www.pthorticulture.com/es/centro-de-formacion/qu%C3%A9-debes-de-saber-acerca-de-la-agricultura-vertical/>

Yordán, E. (24 de Agosto de 2022). *Ecología verde*. Obtenido de Qué son las microalgas: características, ejemplos e importancia.: <https://www.ecologiaverde.com/que-son-las-microalgas-caracteristicas-ejemplos-e-importancia-4013.html>