

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Efecto De La Aplicación Ácidos Fúlvicos y Algas Marinas En El Rendimiento y  
Calidad De Frutos De Plantas De Fresa (*Fragaria x Ananassa*) cv. "Osx"

Por:

**JESÚS TORRES ALFARO**

TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2022

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO  
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA

Efecto De La Aplicación Ácidos Fúlvicos y Algas Marinas En El Rendimiento y  
Calidad De Frutos De Plantas De Fresa (*Fragaria x Ananassa*) cv. "Osx"

Por:

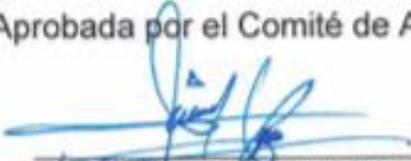
**JESÚS TORRES ALFARO**

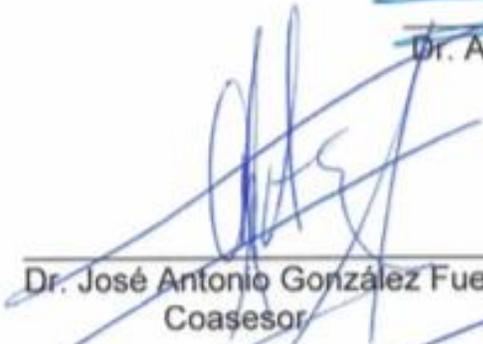
TESIS

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

**INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA**

Aprobada por el Comité de Asesoría:

  
Dr. Armando Hernández Pérez  
Asesor Principal

  
Dr. José Antonio González Fuentes  
Coasesor

  
Dr. Perpetuo Álvarez Vázquez  
Coasesor

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



Saltillo, Coahuila, México

Febrero, 2022

## Declaración de no plagio

El autor quien es el responsable directo, 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 (corta y pega); reproducir un texto propio publicado anteriormente sin hacer referencia al documento original (auto plagio); comprar, robar o pedir prestado los datos o la tesis para presentarla como propia; 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 el 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 las autoridades correspondientes.

Por lo anterior nos responsabilizamos de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaramos que este trabajo es original.

Pasante



Jesús Torres Alfaro

Asesor principal



Dr. Armando Hernández Pérez

## **AGRADECIMIENTOS**

### **A Dios**

Te agradezco Dios por permitirme culminar mis estudios profesionales de una manera exitosa, por toda la sabiduría y fe que me brindaste durante mi carrera universitaria, quiero agradecerte también por la salud, fuerza y paciencia que me has dado día con día para lograr cumplir mis sueños. Quiero agradecerte por todas las bendiciones que me has dado, vivencias y amistades que pusiste durante todo mi trayecto; por guiarme por el camino del bien a pesar de todas las adversidades, infinitamente gracias.

### **A mi Alma Terra Mater**

Te agradezco de todo corazón por haber sido la mejor opción para cumplir mi sueño realidad, por abrirme tus grandes puertas y ser un segundo hogar para mí, siempre te llevare conmigo, así como todo el conocimiento, aprendizaje y vivencias obtenidas. También de ti me llevo los mejores recuerdos y la mejor experiencia de mi vida, siempre te recordaré y pondré tu nombre en alto, estaré orgulloso de ti siempre por forjar a los mejores profesionistas.

### **A mi familia**

A mis abuelos, padres, tíos, hermanos y primos, por estar en el debido momento que los necesite y por apoyarme, por darme ánimos e impulsarme a terminar de forma satisfactoria mis estudios, les agradezco bastante.

### **A mis profesores**

Gracias a todos mis maestros que me impartieron clases en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, por transmitirme sus conocimientos y por su gran formación.

### **Al Dr. Armando Hernández Pérez**

Gracias por toda la confianza y apoyo que me brindo para poder llevar a cabo este trabajo de investigación, por sus magníficos conocimientos transmitidos en las aulas, también por su tiempo e interés y ayuda para poder finalizar este proyecto.

### **A mis asesores de Tesis**

Al Dr. José Antonio González F., gracias por todo el apoyo brindado y por todos los conocimientos transmitidos en las aulas. Al Dr. Perpetuo Álvarez V., gracias por ser tan flexible, por su tiempo y por apoyarme en este trabajo de investigación.

### **Al rancho “Las Naves”**

Les agradezco bastante por darme la oportunidad y confianza de realizar este trabajo de investigación, por brindarme todo lo necesario durante el periodo del experimento, de este gran rancho me llevo buenas amistades, conocimiento empírico y agradables experiencias.

## **DEDICATORIAS**

Son para mi muchas las personas especiales a las que me gustaría agradecer su gran apoyo, amistad y que han sido un gran ejemplo a seguir.

### **A MIS PADRES**

A mi padre José Manuel Torres Rosas y a mi madre Claudia Elizabeth Alfaro Tahuado, les agradezco bastante por su gran apoyo incondicional y confianza que depositaron en mi, sabemos que no fue una travesía fácil, pero este gran logro es de nosotros, por sus sabias palabras y consejos que me han dado, por ser un ejemplo a seguir y ser ambos el motor que me impulsó a realizar este gran éxito, los amo nunca me alcanzarán las palabras para agradecerles, gracias por estar en todo momento, que Dios me los cuide y proteja siempre.

### **A MIS HERMANOS**

Raúl y Mario Torres Alfaro, gracias por ser los mejores hermanos, por estar en todo momento, por escucharme y apoyarme en mis decisiones, que Dios me los cuide y proteja siempre, los quiero mucho.

### **A MI ABUELO**

José Torres Hernández, gracias por apoyarme siempre en mis mejores decisiones, por ser un gran ejemplo a seguir, por creer y confiar en mí y darme la oportunidad de desenvolverme como profesionalista, que Dios me lo proteja y cuide siempre.

### **A MI ABUELA Y TÍA**

María del Carmen Tahuado y Patricia Alfaro Tahuado, gracias por ser las mejores, por preocuparse siempre por mí, por su gran apoyo que me han brindado durante todos estos años y sobretodo por su gran confianza, que Dios me las cuide y proteja siempre, las quiero mucho.

### **A MI NOVIA**

Carol G. Gómez G., gracias por apoyarme en esta gran etapa de mi vida, por escucharme siempre, darme ánimos para seguir adelante y proporcionarme los mejores consejos, te deseo lo mejor para ti, que Dios te me cuide y proteja siempre, te amo.

### **A MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS**

A todos mis amigos que Dios puso en camino durante mi carrera universitaria, de ustedes me llevo los mejores recuerdos, vivencias y experiencias inolvidables; a todos mis compañeros de generación por todos los momentos que pasamos juntos, les deseo mucho éxito a todos y cada uno de ustedes, que Dios me los cuide y proteja siempre, les agradezco bastante por su más sincera amistad.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>AGRADECIMIENTOS</b>	<b>III</b>
<b>DEDICATORIAS</b>	<b>V</b>
<b>ÍNDICE DE CONTENIDO</b>	<b>VII</b>
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	<b>IX</b>
<b>ÍNDICE DE CUADROS</b>	<b>X</b>
<b>RESUMEN</b>	<b>XI</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>3</b>
<b>HIPÓTESIS</b>	<b>3</b>
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	<b>4</b>
Origen e Historia	4
Situación Mundial	4
Situación Nacional	5
Descripción Botánica	5
Corona	6
Raíces	6
Hojas	6
Estolones	7
Inflorescencia	7
Fruto	7
Bioestimulación	7
Estimulación	8
Bioestimulante	8
Tipos de bioestimulantes	8
Sustancias húmicas	9
Algas marinas	10
Características biológicas de <i>Gelidium robustum</i>	11
Características biológicas de <i>Macrocystis pyrifera</i>	11
Formas de suministro de nutrientes a las plantas	11
Vía fertirriego	12
Vía drench	12
Vía foliar	12
Importancia y factores que influyen en la fertilización foliar	12
Ventajas de la fertilización foliar	13
Desventajas de la fertilización foliar	13
Exigencias nutrimentales	14
Nutrición del cultivo de Fresa	15
Condiciones climáticas en que se desarrolla el cultivo	17
Humedad Relativa	17

<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	<b>18</b>
Localización del Sitio Experimental	18
Instalación del experimento	18
Material vegetal	19
Productos utilizados	19
Tratamientos	19
<b>Manejo del Cultivo</b>	<b>20</b>
Nutrición y Riego	20
Podas	21
De flores	21
De hojas	22
De estolones	22
Control de plagas	22
Control de enfermedades	22
<b>Variables evaluadas</b>	<b>23</b>
En crecimiento y rendimiento de fruto	23
Número de Hojas.	23
Número de Flores.	23
Número de Frutos.	23
Rendimiento de fruto (g planta <sup>-1</sup> ).	23
En calidad del fruto	23
Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm).	24
Longitud Polar del Fruto (mm).	24
Sólidos Solubles Totales (°Brix).	24
Vitamina C (mg 100 g <sup>-1</sup> fruto).	24
Diseño experimental	24
Análisis estadístico	24
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>	<b>25</b>
	28
	<b>33</b>
<b>CONCLUSIÓN</b>	<b>34</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	<b>35</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Localización del sitio experimental _____	18
<b>Figura 2.</b> Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre número de flores de fresa cv. "Osx". _____	28
<b>Figura 3.</b> Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el número de frutos de fresa cv. "Osx". _____	29
<b>Figura 4.</b> Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el diámetro ecuatorial de frutos de fresa cv. "Osx". _____	30
<b>Figura 5.</b> Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el rendimiento de frutos de fresa cv. "Osx". _____	31
<b>Figura 6.</b> Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de fresa cv. "Osx". _____	32
<b>Figura 7.</b> Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre la concentración de Vitamina C en frutos de fresa cv. "Osx". _____	33

## ÍNDICE DE CUADROS

<b>Cuadro 1.</b> Distribución de los tratamientos de fresa, cultivar "Osx" _____	20
<b>Cuadro 2.</b> Composición de la Solución Nutritiva utilizada comercialmente para el cultivo de Fresa cv. "Osx" _____	21
<b>Cuadro 3.</b> Crecimiento y rendimiento de fruto en plantas de fresa cv. "Osx" tratadas con ácidos fúlvicos y extracto de algas marinas. _____	25
<b>Cuadro 4.</b> Calidad de fruto de fresa cv. "Osx" tratadas con ácidos fúlvicos y extracto de algas marinas. _____	27

## RESUMEN

Los ácidos fúlvicos y los extractos de algas marinas, representan una importante categoría de bioestimulantes vegetales que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas. Por ello el objetivo de este trabajo de investigación fue determinar el efecto de ácidos fúlvicos y extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad de frutos de las plantas de fresa. El experimento se llevo a cabo en el Rancho “Las Naves”, ubicado en la localidad de Chaparaco, municipio de Zamora, Michoacán, México; se cultivaron plantas de fresa cv. “Osx” bajo macrotúnel. El diseño experimental utilizado fue bloques completos al azar con un arreglo factorial de 4x4 resultando un total de 16 tratamientos. Las variables evaluadas fueron: número de hojas, número de flores, número de frutos, rendimiento de fruto, diámetro ecuatorial (DE), longitud polar (LP), sólidos solubles totales y Vitamina C. Se encontró que al asperjar 30 ml L<sup>-1</sup> del extracto de algas marinas incrementó estadísticamente el número de flores y frutos en comparación con el testigo, cuando se aplicaron 20 ml L<sup>-1</sup> de ácidos fúlvicos el rendimiento de fruto y el diámetro ecuatorial del mismo fue estadísticamente superior al testigo, cuando se asperjaron 45 ml L<sup>-1</sup> del extracto de algas marinas, los sólidos solubles totales fueron superiores estadísticamente al testigo, la concentración de Vitamina C se mostró superior estadísticamente con la interacción de 30 ml L<sup>-1</sup> de ácidos fúlvicos y 15 ml L<sup>-1</sup> del extracto de algas marinas. En el presente estudio se observó que con la aplicación foliar de ácidos fúlvicos y el extracto de algas marinas afectó positivamente la mayoría de las variables a excepción de número de hojas y LP.

**Palabras Clave:** Bioestimulantes, vitamina C, sólidos solubles totales, crecimiento.

## INTRODUCCIÓN

La fresa emplea un papel importante a nivel global ya que es caracterizada por su gran sabor, fragancia, un atractivo color, gran contenido nutricional y una estupenda utilidad (Thakur *et al.*, 2015). Este cultivo tiene un importante valor económico y social, ya que hay una excelente rentabilidad de por medio y genera muchos empleos para los jornales a lo largo de la temporada del cultivo, pero sobre todo en la recolección del fruto. En cuanto a la producción nacional en fresco, el 52.21 % es destinada hacia el mercado exterior, donde los principales países a los que se exporta son Estados Unidos y Canadá, donde los meses con mayor flujo comercial son febrero, marzo y abril (SIAP, 2017).

Sin embargo, el cultivo de fresa puede verse afectado durante su fenología a causa del estrés biótico y abiótico, dañando así los procesos metabólicos de la planta y en consecuencia tener frutos de mala calidad y un bajo rendimiento. Una de las maneras de poder mitigar los efectos por los diferentes tipos de estrés es a través del uso de bioestimulantes. Según Díaz (1995), los bioestimulantes son productos que contienen ingredientes benéficos que mejoran el desarrollo de la planta, actuando así en la fisiología de la misma y aumentando la calidad del fruto, brindando resistencia a las diferentes especies vegetales contra algunas enfermedades. Uno de estos bioestimulantes son las algas marinas ya que su uso en la agricultura ha traído efectos benéficos como el uso eficiente del agua y minerales, una senescencia retardada de la planta, también actúa como repelente de insectos e induce resistencia al ataque de patógenos (Khan *et al.*, 2009), además de aumentar el crecimiento (Blunden, 1991; Jeannin *et al.*, 1991; Arthur *et al.*, 2003). Por otra parte, los ácidos fúlvicos también son conocidos como bioestimulantes, el uso de estos acelera la división celular por lo que estimula el crecimiento y desarrollo de los vegetales, incrementa la energía celular, regula el metabolismo de la planta para prevenir altos compuestos de nitratos e incrementa la resistencia de insectos y enfermedades, además de que fomenta cierta tolerancia a temperaturas extremas señaló Jackson (1993). El uso de ácidos fúlvicos con vía de aplicación foliar

promueve el crecimiento de las plantas y aumenta el rendimiento comercial de frutos (Suh *et al.*, 2014).

Por lo anterior el propósito de este trabajo fue determinar el efecto de los ácidos fúlvicos y el extracto de algas marinas en el rendimiento y calidad del fruto de fresa cv Osh.

## **OBJETIVOS**

- Obtener la dosis óptima de ácidos fúlvicos que mejoren el rendimiento y calidad del fruto de fresa cv Osx.
- Determinar la dosis óptima de algas marinas que mejoren el rendimiento y calidad del fruto de fresa cv Osx.
- Estimar la interacción entre ácidos fúlvicos y algas marinas que mejore el rendimiento y calidad del fruto de fresa cv Osx.

## **HIPÓTESIS**

Al menos una dosis de ácidos fúlvicos y algas marinas, así como la interacción de estos promueve mayor rendimiento y calidad del fruto de fresa cv Osx.

## REVISIÓN DE LITERATURA

### Origen e Historia

La fresa pertenece a la familia Rosáceae y al género *Fragaria*, el cual abarca las especies de origen europeo *F. Vesca*, *F. Moschata duchesne* y *F. Virides duchesne*, las cuales se caracterizan por tener un fruto de tamaño chico y las de origen americano *F. Chilensis duchesne* y *F. Virginia duchesne*, las cuales aparentan tener frutos de mayor calibre. El cultivo de esta frutilla tiene sus inicios en México a mediados del siglo pasado, en el estado de Guanajuato, con variedades de la región de Lyon, Francia; la producción era muy baja debido a que solamente era para cubrir las necesidades del mercado interno. En 1950 aumentó la demanda de exportación hacia el país de Estados Unidos por lo que se vio incrementada su importancia ya que los estadounidenses requerían de esta fruta para suplementar su consumo en la temporada invernal y fue así que se extendió la producción hacia el estado de Michoacán (SAGARPA, 2015).

### Situación Mundial

La superficie mundial cosechada de fresa durante el año 2019 fue de 522, 527 ha, con un volumen de producción de 12,106,585 toneladas, donde el 74 % de la producción mundial se concentra en los países de China, Estados Unidos de América, México, Turquía y Egipto con 6.43, 1.02, 0.86, 0.48 y 0.46 millones de toneladas respectivamente (FAOSTAT, 2019).

Por otro lado, los principales países exportadores de esta frutilla es España con 344.2, México 253.7, Estados Unidos 169.9, Polonia 122.6 y China con 91.7 miles de toneladas. Los principales importadores son Estados Unidos, Alemania, Francia, Canadá y el Reino Unido (COMTRADE, 2017).

## **Situación Nacional**

México se sitúa en el puesto número tres según FAOSTAT (2019), de los principales países productores de fresa en el mundo, con una superficie en el año 2019 de 16 429 ha y un rendimiento promedio de 37.31 t ha<sup>-1</sup> (SIAP, 2019). Los mayores estados productores de acuerdo con el avance de siembras y cosechas del ciclo otoño-invierno 2020 son: Michoacán, Baja California y Baja California Sur; la primera entidad es donde se enfoca la mayor producción nacional con una superficie de 6 246 ha, un rendimiento de 47.22 t ha<sup>-1</sup> y una producción obtenida de 294 940 toneladas, así mismo, el estado de Baja California presenta una superficie de 2 916 ha, con un rendimiento de 42 t ha<sup>-1</sup> y una producción de 122 471 toneladas y por último Baja California Sur con una superficie de 140 ha, un rendimiento de 48.42 t ha<sup>-1</sup> y una producción de 6 779 toneladas (SIAP, 2020).

La mayoría del material vegetal de fresa “Planta Madre” que es cultivada en México procede de los Estados Unidos por medio de importación para posteriormente establecerla en viveros y hacer propagación por medio de estolones; las variedades más comunes son Albión, Camino Real, Frontera, San Andrés y Festival.

## **Descripción Botánica**

La fresa pertenece a la familia Rosáceae del género *Fragaria* y tienen un parentesco relativamente muy cercano con *Duchesnea Smith* y *Potentilla L.*, en cambio el híbrido *F. x ananassa*, surgió de la cruce accidental de *F. Virginia* y *F. Chilensis* a mediados del siglo XVIII cuando se plantaron plantas de *F. Chilensis* originarias de Chile en Francia junto a *F. Virginia* de la costa este de los Estados Unidos resultando así un octoploide  $2x= 8n= 56$  cromosomas y es la fresa más popular cultivada en la actualidad (Hancock, Sjulín y Lobos, 2008).

La planta de fresa es herbácea, perenne, que presenta una altura de 15-30 cm; consta de un tallo central o corona del cual emergen hojas, raíces, estolones e inflorescencias (Mc Leod, Águila, y Cárcamo, 2020).

## Corona

Es un tallo corto y grueso, de donde se disponen brotes auxiliares que desarrollan hojas, estolones e inflorescencias y coronas secundarias. Estos brotes auxiliares se diferencian gracias a las condiciones ambientales, donde si hay temperaturas de 15°C y días largos, se estimula la emisión de estolones, mientras que con temperaturas en promedio de 10 ° C y la disminución de horas luz se estimula la producción de coronas (Mc Leod, Águila, y Cárcamo, 2020).

## Raíces

Emergen de la corona hasta que llegan a tener contacto directamente con el suelo y aproximadamente cerca del 90% de las raíces se encuentran en los primeros veinte centímetros de profundidad.

Las raíces se dividen principalmente en:

-Raíces primarias o estructurales: estas se originan desde la corona y tienen un color café más oscuro, son las principales conductoras de agua y nutrientes hacia la corona, donde se acumulan estas reservas para disponer de ellas durante el crecimiento, desarrollo y floración inicial.

-Raíces secundarias o laterales: son de color blanco y tienen una vida más corta por lo que se remplazan continuamente además de que constan de una estructura ramificada, absorben agua, nutrientes y conforman el sistema radicular (Mc Leod, Águila, y Cárcamo, 2020).

## Hojas

Sus hojas son trifoliadas (3 folíolos), por lo que se presentan en forma de espiral y se superponen cada 6 hojas, presentan actividad fotosintética durante dos meses, formándose así hojas nuevas cada 8-12 días (Mc Leod, Águila, y Cárcamo, 2020).

## Estolones

Contienen dos nudos, donde a partir del segundo nudo se forma la planta hija, ya que el primer nudo puede permanecer latente o puede generar otro estolón, teniendo una planta sana y vigorosa se pueden producir de 10 a 15 estolones (Mc Leod, Águila, y Cárcamo, 2020).

## Inflorescencia

La flor de esta frutilla es hermafrodita y de color blanco, corresponde a un tallo modificado que termina en una flor primaria que dará origen a un fruto de mayor calibre, después se desarrollan dos flores secundarias, cuatro terciarias y ocho cuaternarias. Cada flor está conformada de 5 pétalos y alrededor de 20 a 35 estambres, y de 100 a 400 pistilos; la polinización es a través del viento e insectos (Mc Leod, Águila, y Cárcamo, 2020).

## Fruto

Es un poliaquenio insertado en un receptáculo floral engrosado y carnoso, desarrollado en un fruto de un color rojizo cuando presenta un estado de maduración (Mc Leod, Águila, & Cárcamo, 2020). Los aquenios, que son nombrados comúnmente semillas, son frutos secos indehiscentes, uniseminados de aproximadamente 1 mm de largo que se encuentran insertados en pequeñas depresiones poco profundas llamadas criptas, el color de los aquenios puede variar según la variedad y pueden llegar a ser desde color amarillo hasta marrón. Por lo regular un fruto mediano en promedio puede llegar a tener entre 150 a 200 aquenios, logrando llegar hasta 400 en frutos muy grandes (Altamirano, 2004).

## **Bioestimulación**

La bioestimulación de un organismo, es un fenómeno biológico de modificación de los procesos metabólicos, que permiten hacer un uso más eficiente de los recursos

del medio ambiente, aumentando así el vigor y consiguiendo elevar la resistencia frente a diversos factores ambientales (Juárez *et al.*, 2019).

## **Estimulación**

La estimulación hace referencia a como los organismos perciben los estímulos de acuerdo a la respuesta que provocan los factores ambientales; las plantas perciben las señales y las transmiten a través de una maquinaria celular para activar cambios de adaptación y de defensa llamado transducción de señales, para que pueda ocurrir esto tiene que pasar por una cascada de señalización, llamada así, debido a que es una reacción en cadena, la cual consiste en transferir los estímulos desde la molécula perceptora primaria a través de un conjunto de moléculas señalizadoras, la cual transmite la señal a través de un evento químico como la fosforilación hasta las moléculas que darán origen a la respuesta del estímulo (Benavides, 2002).

## **Bioestimulante**

Cualquier sustancia o microorganismo que cuando se aplica a las plantas, semillas o al suelo estimula procesos naturales que aumentan la eficiencia de la absorción de nutrientes, tolerancia al estrés abiótico y permite aumentar la calidad y el rendimiento de los cultivos (Du Jardin, 2015).

## **Tipos de bioestimulantes**

Desde un punto de vista funcional se incluyen como categorías de bioestimulantes a los siguientes: ácidos húmicos y fúlvicos, hidrolizatos de proteínas con péptidos, aminoácidos y otros compuestos con nitrógeno, extractos de algas y de plantas, ácidos orgánicos como el benzoico y el salicílico, biopolímeros como el quitosán, poliácido acrílico, oligómeros de celulosa, elementos benéficos y sus sales (Si, Se, Co, Na, I), hongos (micorrizas) y bacterias benéficas (PGPR) y endofíticas (según (Du Jardin, 2015).

## **Sustancias húmicas**

Los restos de residuos vegetales orgánicos y animales mejor conocidos como parte de la materia orgánica que se encuentra en el suelo, ríos o lagos son sometidos a un proceso de transformación microbiana por lo que este proceso consta de dos fundamentales vías que son la mineralización y humificación; en la mineralización los elementos pasan de orgánicos a inorgánicos para que sean aprovechables por los cultivos y en cuanto a la humificación son las reacciones que dan origen a la formación de las sustancias húmicas (INTAGRI, S/f).

Las sustancias húmicas son moléculas complejas que van desde un color oscuro a un color café marrón, tienen propiedades coloidales e hidrofílicas con capacidad de adsorción y desorción iónica de elevado peso molecular y con una liberación de nutrimentos de mediano y largo plazo. De acuerdo a la solubilidad de sus componentes en cuanto a soluciones de pH diferente, las sustancias húmicas son clasificadas en cuatro categorías: ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, ácidos himatomelánicos y huminas (INTAGRI, S/f).

Los ácidos húmicos son solubles en un medio alcalino pero insolubles en un medio ácido, constan de una estructura flexible y ramificada, con muchas cavidades internas por lo que esto determina su gran absorción de agua. Un 65 % de la molécula está conformada por cadenas laterales alifáticas (aminoácidos, péptidos y ácidos alifáticos); el 35 % restante son ácidos con estructuras de carácter aromático, estos mejoran a su vez la disponibilidad de cationes debido a la capacidad de intercambio catiónico y la facilitación de quelatación de los mismos. Los ácidos fúlvicos son la parte más pequeña de las sustancias húmicas y son solubles en medios alcalinos y ácidos. Gracias a su gran abundancia de grupos carboxilos e hidroxilos, son muy reactivos químicamente, teniendo así una alta capacidad de intercambio catiónico ya que por su pequeño tamaño molecular tienen la posibilidad de ser fácilmente absorbidos por las plantas, tanto por las raíces como por las hojas (INTAGRI, S/f).

El uso y aplicación de los ácidos fúlvicos estimula el crecimiento de las plantas, se han reportado mayores incrementos en la producción mejorando la calidad de los cultivos, la resistencia al ataque de plagas y enfermedades; mejorando la retención de humedad, aumentando significativamente la CIC y el vigor de la planta (Cooper y Abi-Ghanem, 2017).

### **Algas marinas**

Las macroalgas marinas son organismos pluricelulares y macroscópicas las cuales se caracterizan por presentar un cuerpo vegetativo indiferenciado, por ello son incluidos en el grupo denominado Talófitos. Estos seres contienen diferentes tipos de pigmentos con los que realizan la fotosíntesis, lo que les permite vivir a distintas profundidades. Se clasifican en tres grupos, en función al color que les confieren sus pigmentos: algas pardas (*Phaeophyceae*), algas rojas (*Rhodophyceae*), y algas verdes (*Chlorophyceae*) (Tasende y Peteiro, 2015).

Las macroalgas marinas son uno de los recursos biológicamente más activos de la naturaleza, ya que poseen una gran cantidad de compuestos bioactivos; logrando demostrar gran actividad antibacteriana, potencial antioxidante, propiedades antiinflamatorias, actividad anticoagulante y antiviral (O' Sullivan *et al.*, 2010). Es así que los compuestos derivados de las algas marinas tienen aplicaciones importantes en una amplia gama de ámbitos, tales como alimenticias, en la elaboración de espesantes como alginato, el agar y la carragenina, así como para su consumo directo (Skrzypczyk *et al.*, 2019) ó ambientales, relacionados con la capacidad de estos organismos de sorber elementos no esenciales y otros contaminantes del medio circundante, se destacan dos aplicaciones ambientales: el uso de las algas marinas como biomonitores y en remediación (Farias *et al.*, 2018).

Las macroalgas marinas en la agricultura muestran efectos benéficos bioestimulantes y contienen ciertos elementos orgánicos como base para fertilizantes, el uso del extracto de algas es utilizado como regulador de crecimiento

ya que contiene elevados niveles de hormonas vegetales como citoquininas, macro y micronutrientes, polisacáridos, aminoácidos necesarios para el crecimiento y desarrollo de los cultivos agrícolas ; por otra parte el uso de estos extractos causan un efecto positivo en la planta e inducen cierta resistencia a plagas y enfermedades (Camurati, Hocsman y Salomone, 2019).

#### Características biológicas de *Gelidium robustum*

Esta alga marina es comúnmente conocida como gelidio o sargazo rojo, la cual pertenece al grupo de las algas rojas, es una planta de color rojo vino, es erecta y consta de ejes inferiores no ramificados, la parte superior se dispone en una ramificación lateral, de contorno piramidal, plana y de forma pinnada que presenta una altura de hasta 37 cm; las algas de esta especie se pueden encontrar hasta una profundidad de 20 m y su distribución general en la costa occidental de Norteamérica va desde el sur de Columbia Británica del país de Canadá hasta la Isla Margarita en México en el estado de Baja California Sur (Hernández, 1997).

#### Características biológicas de *Macrocystis pyrifera*

Este tipo de algas es conocido como Kelp, tienen un gran tamaño que puede alcanzar hasta los 50 m de longitud, pertenece al grupo de algas pardas, está conformada por varios estipes que se unen al sustrato rocoso a través de un rizoide, de los estipes surgen las ramas coriáceas que cuentan con estructuras flotadoras llamadas neumatocistos de donde aquí se despliegan sus láminas y en conjunto de estas forman una fronda, se pueden encontrar hasta los 40 metros de profundidad y se puede encontrar en América distribuyéndose en Perú, Patagonia, y desde Santa Bárbara California hasta punta San Hipólito Baja California, México (Cruz *et al.*, 2000).

#### **Formas de suministro de nutrientes a las plantas**

Existen diversas maneras de aportar los nutrientes necesarios para el desarrollo de las plantas, a continuación, se mencionan algunas de ellas:

### Vía fertirriego

Esta técnica consiste en la aplicación de nutrientes disueltos en agua, en el cual se realizan dos labores al mismo tiempo que es el riego y la aportación de nutrientes (Llanos, Quevedo y García, 2021).

### Vía drench

La fertilización con vía drench que significa “empapar” en inglés consiste en la aplicación de nutrientes o agroquímicos disueltos en agua colocados en una mochila de aspersión manual sin boquilla con la finalidad de aplicar la solución a la base del tallo de la planta para que sea absorbida inmediatamente por el sistema radicular (Llanos, Quevedo y García, 2021).

### Vía foliar

La fertilización foliar es un método que consiste en aplicar los nutrientes que sean necesarios disueltos en agua a través de una fina aspersión al follaje, complementando así la nutrición del suelo y sirve para corregir deficiencias a corto plazo de elementos que son poco móviles en las plantas como el calcio, hierro, zinc y boro; para realizar estas aplicaciones lo más recomendable es hacerlo en las horas frescas de la mañana donde la luz solar no sea tan intensa (Ronen, 2002).

### **Importancia y factores que influyen en la fertilización foliar**

La fertilización foliar es una práctica agronómica aprovechable para abastecer las necesidades nutrimentales de las hojas de los cultivos ya que esta técnica es muy útil en casos donde la disponibilidad de los nutrientes es un problema, por lo que es una forma de que las plantas absorban de una manera más rápida y eficaz los nutrientes (Trejo *et al.*, 2003). El autor Kuepper (2003) señala que con el uso de la fertilización foliar se obtiene mejor calidad y rendimiento de los cultivos, mayor tolerancia a plagas y enfermedades; y que la respuesta de la planta depende de la

especie, forma y concentración del fertilizante, la frecuencia de aplicación, así como la etapa de crecimiento de la planta.

Este tipo de fertilización es un complemento a la fertilización del suelo y los primeros registros reportados en la literatura de su uso según Santos y Manjarrez (1999) son desde 1844, pero su uso se inició en la época babilónica, en la fertilización foliar influyen factores que se pueden clasificar en tres grupos; los que corresponden a la fisiología de la planta, el ambiente y el tipo de formulación foliar. Dentro de los aspectos que corresponden a la fisiología de la planta son la función de la cutícula, los estomas y los ectodesmos. En la formulación foliar se examina el pH y concentración de la solución portadora de nutrientes, la adición de coadyuvantes y la presencia de sustancias activadoras. Del ambiente se deben considerar la temperatura, viento, luz, humedad relativa del ambiente y hora de aplicación.

#### **Ventajas de la fertilización foliar**

- Ayuda a la absorción y corrección rápida de la deficiencia de nutrientes.
- La fertilización foliar se puede combinar con otro tipo de agroquímicos siempre y cuando sean compatibles (sinergismo).
- Aplicación de elementos requeridos en pequeñas cantidades.
- Mejora el rendimiento y parámetros de calidad en frutos de los cultivos.
- Aplicación en momentos de estrés por factores bióticos o abióticos.

#### **Desventajas de la fertilización foliar**

- Tiene un limitado efecto residual.
- Puede causar efectos de quemaduras en las hojas si se aplica en dosis altas y en horas con gran intensidad de luz solar.
- Requiere de la aplicación de un coadyuvante para obtener una mayor eficacia.
- La aplicación foliar depende mucho de las condiciones climáticas como el viento, temperatura, luz, humedad relativa y la hora de aplicación (Patil y Chetan, 2018).

## **Exigencias nutrimentales**

Los nutrientes que necesitan las plantas se extraen de la solución del suelo, si el suministro de estos elementos en el suelo es amplio los cultivos crecerán y se desarrollarán mejor por lo que se obtendrán mayores rendimientos, en cambio la ausencia de tan solo un elemento puede verse afectado en el crecimiento y desarrollo de los cultivos y en consecuencia obtener bajos rendimientos (FAO, 2002).

Son 16 elementos esenciales que necesitan las plantas para poder completar su ciclo de vida, tales como carbono (C), hidrógeno (H), oxígeno (O), nitrógeno (N), fósforo (P), potasio (K), azufre (S), calcio (Ca), magnesio (Mg), hierro (Fe), manganeso (Mn), zinc (Zn), cobre (Cu), boro (B), molibdeno (Mo), y cloro (Cl). Estos a su vez se dividen en macronutrientes que son los que se requieren en grandes cantidades y los micronutrientes que tienen que ser añadidos en pequeñas cantidades para el correcto desarrollo de las plantas (FAO, 2002).

Los nutrientes que corresponden a los macronutrientes son nitrógeno (N) y este a su vez está involucrado en todos los procesos principales del desarrollo de las plantas y se combina con otros componentes producidos por el metabolismo de carbohidratos para formar aminoácidos y proteínas, es absorbido en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y amonio ( $\text{NH}_4^+$ ), fósforo (P) juega un papel fundamental en la transferencia de energía por lo que es muy esencial en la fotosíntesis y otros procesos químico-fisiológicos, además de que es sumamente importante en la diferenciación de las células y en el desarrollo de tejidos, potasio (K) activa más de 60 enzimas y es encargado de regular el proceso hídrico en la planta, aumenta la tolerancia a sequía, heladas, salinidad y actúa en la síntesis de proteínas y carbohidratos, calcio (Ca) es indispensable en la formación de los tejidos celulares de las membranas y en la formación y crecimiento de raíces, magnesio (Mg) es el principal constituyente de la clorofila que es el pigmento verde de las hojas donde es captada la energía de la luz solar y azufre (S) es un constituyente esencial de las proteínas y está relacionado en la formación de clorofila (FAO, 2002).

Los microelementos están constituidos por el hierro (Fe), manganeso (Mn), cobre (Cu), zinc (Zn), cloro (Cl), molibdeno (Mo) y boro (B), que son fundamentales para el complemento de la nutrición de las plantas, aunque se requieran en cantidades mínimas por lo que un exceso de estos puede causar toxicidad en pH's muy ácidos. Algunos otros elementos como el sodio (Na), silicio (Si) y el cobalto (Co) son benéficos para las plantas más no esenciales, cabe mencionar que todos los elementos ya sea en pequeñas o grandes cantidades cumplen una función específica, esencial en el crecimiento y desarrollo de las plantas (FAO, 2002).

### **Nutrición del cultivo de Fresa**

De acuerdo con Undurraga y Vargas (2013) uno de los mayores factores de gran importancia en el cultivo de fresa es el manejo nutricional, ya que es una especie muy exigente en cuanto a sus requerimientos nutricionales, por lo tanto, se deben aplicar los nutrientes en dosis adecuadas de acuerdo a la fenología, ya que un exceso o deficiencia de algún nutriente afecta directamente la productividad y calidad del fruto.

Para la obtención de una excelente calidad de la fresa se requiere tener una fertilización óptima donde los nutrientes en mayor porcentaje son nitrógeno, fósforo, potasio y calcio (Galindo *et al.*, 2018).

La planta de fresa se desarrolla en suelos preferiblemente de textura franco-arenosa y con un buen sistema de drenaje, una fertilidad de media a alta y con un pH entre 5.8-7.0, y de preferencia suelos descansados o que hallan tenido rotación con otros cultivos como leguminosas por su gran capacidad fijar nitrógeno atmosférico en el suelo a través de los nudos radiculares; antes de iniciar la plantación es recomendable realizar un estudio químico del suelo y agua para conocer ciertos parámetros como la salinidad (C.E) y pH , fertilidad (M.O) y la presencia de macro y micronutrientes (Undurraga y Vargas, 2013).

El nitrógeno (N) mayormente es requerido por las planta de fresa para el crecimiento vegetativo, productividad y calidad de la frutilla, este nutriente es absorbido principalmente en forma de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) y una deficiencia de este elemento disminuye el vigor y la productividad, en cambio el exceso provoca un incremento en el crecimiento vegetativo, reduce la emisión de flores, la calidad de frutos en cuanto a contenido de azúcares, textura, coloración y favorece el ataque de plagas y enfermedades (Kirschbaum y Borquez, 2006).

El fósforo (P) es uno de los elementos que se encuentra limitado en el suelo debido a varios factores como la alta reactividad con los metales, el pH y la composición del suelo (Galindo *et al.*, 2018); este a su vez promueve y estimula el desarrollo del sistema radicular y la floración (Kirschbaum & Borquez, 2006).

El potasio (K) es muy importante para el desarrollo y crecimiento de frutos, calidad y vida de anaquel por lo que su etapa crítica de aplicación es en la fructificación, un alto incremento en la dosis de este elemento puede llevar a un crecimiento lento de la planta y obtener frutos de menor peso, tamaño y calidad (Díaz *et al.*, 2017).

El uso de niveles adecuados de Ca determina la firmeza de la fruta, mejora el cuajado y calibre de los frutos, aumenta la resistencia a plagas y enfermedades y mejora la calidad de vida poscosecha (Undurraga y Vargas, 2013); los principales síntomas de deficiencia de este elemento se muestran en las hojas jóvenes de la planta con las puntas quemadas y las hojas adultas presentan deformidad al igual que los frutos, esta anomalía se presenta comúnmente entre los meses de marzo a junio donde hay temperaturas más cálidas por lo que se ve limitado el transporte de este elemento (Díaz *et al.*, 2017). Según Martínez *et al.* (2008) el boro participa en la biosíntesis y estructura de la pared celular, en el transporte de azúcares, lignificación de tejidos y elongación celular.

El cobre, hierro, zinc y manganeso son elementos esenciales para el crecimiento de las plantas, a pesar de ser requeridos en pequeñas cantidades suelen no estar

disponibles por la mayoría de los suelos agrícolas, en suelos de regiones semi-áridas que cuentan con suelos calichosos un gran problema existente es la manifestación de la clorosis férrica causada por deficiencias de hierro (Roca, Pazos y Bech, 2007). El uso de análisis foliares determina el contenido de nutrientes que se encuentran en las hojas de las plantas, que permiten con una mayor certeza prever la detección de síntomas visibles de deficiencias y elaborar programas de fertilización con mayor precisión (Torri, 2015).

### **Condiciones climáticas en que se desarrolla el cultivo**

De acuerdo con Kessel (2012) este cultivo prefiere climas templados por su centro de origen, pero también puede cultivarse en una gran variedad de climas, pero se desarrolla mejor con temperaturas de entre 10 a 25°C siendo las óptimas de entre 12 a 18° C. Los mejores rendimientos se obtienen en zonas templadas y en lugares donde no halla factores climáticos perjudiciales para la frutilla como lo son los vientos y heladas en primavera, ni lluvias y altas temperaturas en épocas de cosecha; con temperaturas mayores a 32°C se presenta un aborto floral y temperaturas menores a 20°C estimulan la floración, por lo que el desarrollo vegetativo y la floración dependerán de las horas frío recibido antes de la plantación, el fotoperiodo y temperaturas durante su crecimiento y desarrollo (Undurraga y Vargas, 2013).

### **Humedad Relativa**

La fresa prefiere condiciones medias de humedad que oscilan entre 65 % y 75 %, ya que altas humedades relativas causan efectos perjudiciales sobre la firmeza del fruto y son susceptibles a presentar la enfermedad de pudrición de la fruta como *Botrytis cinerea* (Lieten, 2000).

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Localización del Sitio Experimental

El experimento se llevó a cabo del 11 de agosto del 2020 hasta el 8 de enero del 2021 en el sector 2 del Rancho las Naves, ubicado en la localidad de Chaparaco situado en el municipio de Zamora en el estado de Michoacán de Ocampo. Su localización geográfica es latitud norte 19° 57' 14", longitud oeste 102° 15' 42" con una altitud de 1590 m.s.n.m.



**Figura 1.** Localización del sitio experimental

### Instalación del experimento

El trasplante se realizó el 11 de agosto del 2020 bajo macrotúnel, se utilizó plántulas de fresa (*Fragaria x ananassa*) cultivar "Osx", las cuales fueron colocadas en surcos acolchados de 1.2 m de ancho x 100 m de largo, a doble hilera con un arreglo de tresbolillo. La densidad de población fue de cinco plantas por metro lineal.

## **Material vegetal**

Se usaron plantas de fresa del cultivar Osx. Las plantas fueron obtenidas del vivero CSSABI20 y se seleccionaron las más sanas fisiológicamente hablando, esta variedad se caracteriza por ser de día corto con dos flujos productivos, siendo mayor el segundo, la planta se distingue por tener un porte semi-erecto, los frutos son cónicos, redondeados, con un color rojo brillante, azucarados, aromáticos y firmes, el tamaño de la fruta varía de 19-23 gramos. Esta variedad tiene la capacidad de renovar sus coronas, permitiendo obtener coronas nuevas y manteniendo el tamaño de la fruta bajo un buen manejo agronómico; todas las plantas estuvieron sometidas a las mismas condiciones al igual que la solución nutritiva con una conductividad eléctrica de  $1.0 \text{ ds/m}^{-1}$  y un pH de 6.0.

## **Productos utilizados**

NPKelp, es un producto orgánico a base de dos algas marinas, de la marca Algas Pacific, está principalmente constituido por las algas (*Macrocystis pyrifera* y *Gelidium robustum*) con una concentración del 59 %, es soluble en agua al 100 %, es de aspecto líquido y tiene un color café oscuro.

GrowMate plant, es un producto orgánico a base de ácidos fúlvicos al 36 % derivado de la leonardita, son una fracción de las sustancias húmicas que son solubles en agua en todas las condiciones de pH, presentan un color amarillo a marrón claro, pueden ser absorbidos por la planta a través de su follaje y translocarse a todas las partes de la planta.

## **Tratamientos**

Los tratamientos consistieron en 4 dosis de ácidos fúlvicos (0, 10, 20 y  $30 \text{ ml L}^{-1}$ ) y 4 dosis de algas marinas (0, 15, 30 y  $45 \text{ ml L}^{-1}$ ) la combinación de estos dio un total de 16 tratamientos con 5 repeticiones cada uno. Las aplicaciones se hicieron de manera foliar cada 15 días a partir de su fecha de plantación por un periodo de 5 meses.

**Cuadro 1.** Distribución de los tratamientos de fresa, cultivar "Osx"

<b>Tratamiento</b>	<b>Ácidos fúlvicos GrowMate Plant (ml L<sup>-1</sup>)</b>	<b>Algas marinas NPKelp (ml L<sup>-1</sup>)</b>
T1	0	0
T2	0	15
T3	0	30
T4	0	45
T5	10	0
T6	10	15
T7	10	30
T8	10	45
T9	20	0
T10	20	15
T11	20	30
T12	20	45
T13	30	0
T14	30	15
T15	30	30
T16	30	45

### **Manejo del Cultivo**

#### **Nutrición y Riego**

Las plantas fueron irrigadas con una sola solución nutritiva de acuerdo a la formulación comercial del productor (Cuadro 2), con un sistema de fertirriego que estaba conformado por dos cintillas por surco y goteros incorporados cada 20 centímetros; las cintillas fueron conectadas a la tubería secundaria de distribución de 3" de diámetro. La capacidad de emisión de los goteros fue de 0.780 Litros por hora, el tiempo estimado de riego fue de 40 minutos cada tercer día cuando la planta

se comportaba vegetativamente, en época de floración y producción el riego se realizaba todos los días.

**Cuadro 2.** Composición de la Solución Nutritiva utilizada comercialmente para el cultivo de Fresa cv. "Osx"

Elemento	(meq/L)
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	4.3
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	0.7
H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	2
SO <sub>4</sub>	3.4
K	4.0
Ca	3.5
Mg	2
	(ppm)
Fe	2.8
B	0.6
Mn	0.04
Zn	0.2
Cu	0.1
Mo	0.03
pH	5.5-6.0
Conductividad eléctrica (dSm <sup>-1</sup> )	1

## Podas

### De flores

Se realizó una poda de flores de forma manual 15 días después de la plantación con el propósito de que la planta siguiera comportándose vegetativamente, obtuviera mayor vigor y no perdiera energía para el momento de producción.

### De hojas

Durante el ciclo del cultivo se fueron eliminando las hojas viejas y senescentes, con el fin de que la planta tuviera un mejor desempeño para facilitar el paso de luz a las hojas más jóvenes, mejor absorción de nutrientes y acelerar la renovación.

### De estolones

La poda de estolones se iba realizando conforme a su emisión de manera manual, para que no se debilitara la planta y no disminuyera la respuesta vegetativa y la inducción floral.

## **Control de plagas**

Durante el desarrollo del cultivo se presentaron plagas como Araña roja (*Tetranychus urticae*), la cual se controló con el producto químico acaricida Benemite con ingrediente activo (i.a) (Geraniol + Citronellol + Nerolidol + Farnesol) aplicando 1.25 ml L<sup>-1</sup>, intercalado con malathion 1000 con i.a (malathion) con una dosis de 1.25 ml L<sup>-1</sup> y también se utilizó el control biológico para reducir significativamente la población con ácaros depredadores (*Phytoseiulus persimilis*), con el producto Spidex esparciendo el material sobre las hojas del cultivo. Además de Gusano soldado (*Spodoptera exigua*), controlándose con el insecticida Coragen con i.a (clorantraniliprol) a dosis de 0.5 ml L<sup>-1</sup> y Trips (*Frankliniella occidentalis*), para el control se utilizó el insecticida exalt con i.a (spinetoram) con una dosis de 0.75 ml L<sup>-1</sup>.

## **Control de enfermedades**

Para la obtención de un cultivo sano se aplicaron de manera preventiva los siguientes fungicidas: para la pudrición de la raíz (*Rhizoctonia solani*), se utilizó el fungicida uniform con i.a (azoxistrobin+metalaxil) con aplicación vía drench con una dosis de 1.25 ml L<sup>-1</sup>; oídio (*Sphaerotheca macularis*), se hicieron aplicaciones preventivas de blue shield i.a (hidróxido cúprico) con una dosis de 1.25 g L<sup>-1</sup>, alternando con progranix mix-top i.a (bicarbonato de potasio) y moho gris (*Botrytis cinerea*), se utilizó el fungicida impala con i.a (azoxistrobin) con una dosis de 1 ml L<sup>-1</sup>.

## **Variables evaluadas**

Las variables medidas al crecimiento y rendimiento de fruto fueron: número de hojas, número de flores, número de frutos y rendimiento de fruto ( $\text{g planta}^{-1}$ ); y a la calidad del fruto: diámetro ecuatorial del fruto (DE), longitud polar del fruto (LP), sólidos solubles totales (SST- °Brix) y Vitamina C ( $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$  fruto).

### **En crecimiento y rendimiento de fruto**

#### Número de Hojas.

Esta variable se realizó de forma manual en cada emisión de hojas durante todo el trabajo experimental contando cada hoja.

#### Número de Flores.

Para esta variable se contaron las flores emitidas durante el desarrollo del trabajo experimental.

#### Número de Frutos.

Para esta variable se contaron los frutos de acuerdo a las flores polinizadas que se convirtieron en frutos recién cuajados.

#### Rendimiento de fruto ( $\text{g planta}^{-1}$ ).

En cada corte (cosecha) se registró el peso de los frutos maduros por tratamiento con ayuda en una balanza analítica y mediante una suma aritmética de los diferentes cortes se obtuvo el rendimiento de frutos por planta.

### **En calidad del fruto**

Las variables de calidad fueron realizadas en laboratorio para ello se traslado la fruta cosechada hasta el área ya mencionada donde se evaluaron las siguientes variables:

#### Diámetro Ecuatorial del Fruto (mm).

Para el registro de esta variable se utilizó un vernier digital marca trupper tomando la lectura en la parte media del fruto, los datos fueron registrados en milímetros (mm).

#### Longitud Polar del Fruto (mm).

Al igual que la variable anterior se utilizó un vernier, la lectura se tomó a lo largo del fruto.

#### Sólidos Solubles Totales (°Brix).

Para esta variable se utilizó un refractómetro de la marca ATC, para ello se extrajo el jugo de los frutos el cual fue colocado directamente en el prisma del refractómetro para su lectura.

#### Vitamina C (mg 100 g<sup>-1</sup> fruto).

La concentración de vitamina C se determinó mediante el método de titulación con 2, 6-diclorofenolindofenol (Padayatt *et al.*, 2001); en el cual se pesaron 10 g de fruto y se maceraron en un mortero con 10 mL de HCl al 2%, después se filtró a través de una gasa absorbente estéril sobre un matraz de aforación de 100 mL. Se tomó una alícuota de 10 mL y se tituló con 2, 6-diclorofenolindofenol hasta obtener una coloración rosácea persistente.

### **Diseño experimental**

El trabajo de investigación se distribuyó de acuerdo al diseño experimental bloques completos al azar con un arreglo factorial de 4x4 con 5 repeticiones en cada tratamiento.

### **Análisis estadístico**

Los datos obtenidos se sometieron a un análisis de varianza (ANVA) y la comparación de medias fue de acuerdo con la prueba de Tukey ( $\alpha \leq 0.05$ ) utilizando el programa estadístico SAS (Statistical Analysis Systems) versión 9.0.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de varianza, las plantas de fresa tratadas con ácidos fúlvicos (AF) fueron afectadas significativamente todas las variables evaluadas. Por otro lado, las plantas asperjadas con extracto de algas marinas (EAM) se obtuvieron diferencias estadísticas en las variables de número de flores (NoFl), número de frutos (NoFr) y rendimiento de fruto (RFr) (Cuadro 3). Así mismo, la interacción de ambos factores se observa diferencias significativas NoFl, NoFr y RFr (Cuadro 3).

El mayor NoFl por planta se presentó cuando estas fueron asperjadas con 30 ml L<sup>-1</sup> de EAM con un 24 % respecto a las plantas testigo, mientras que, a aquellas que se les suministró 15 y 45 ml L<sup>-1</sup> de EAM este aumento solo fue 19 %, similar efecto se observa en la variable de RFr (Cuadro 3). El incremento de NoFr, se presentó en plantas tratadas con 20 ml L<sup>-1</sup> de AF, superando a las plantas que recibieron 30 ml L<sup>-1</sup> de AF y a las plantas testigo (Cuadro 3). El mayor RFr se obtuvo cuando las plantas fueron tratadas con 20 ml L<sup>-1</sup> de AF, este incremento fue igual a 79.56 % en comparación con las plantas testigo y en aquellas que recibieron 30 ml L<sup>-1</sup> AF, mientras que en las plantas que se les aplicó 10 ml L<sup>-1</sup> de AF tuvieron un incremento del 70.1 % superando al testigo (Cuadro 3).

**Cuadro 3.** Crecimiento y rendimiento de fruto en plantas de fresa cv. "Osx" tratadas con ácidos fúlvicos y extracto de algas marinas.

Ácidos fúlvicos (ml L <sup>-1</sup> )	Número hojas	Número flores	Número frutos	Rendimiento de fruto (g planta <sup>-1</sup> )
0	12.90 bc	23.05 ab	21.05 ab	118.26 c
10	16.30 a	25.00 a	21.55 ab	201.22 b
20	15.55 ab	26.70 a	23.80 a	212.36 a
30	10.55 c	19.65 b	18.65 b	118.41 c
ANVA $p \leq$	0.001	0.003	0.004	0.001
Extracto algas marinas (ml L <sup>-1</sup> )				

0	12.55 a	21.80 b	20.45 a	152.84 c
15	13.20 a	22.85 ab	21.55 a	163.57 b
30	15.25 a	27.05 a	22.30 a	177.42 a
45	14.30 a	22.70 ab	20.75 a	156.43 c
ANVA $p \leq$	0.06	0.03	0.051	0.001
Interacción $p \leq$	0.181	0.032	0.001	0.001
CV (%)	23.72	25.25	19.86	2.10

ANVA=análisis de varianza, Interacción= ácidos fúlvicos X algas marinas, CV= coeficiente de variación, Las letras a, b y c son las categorías obtenidas a partir de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

El diámetro ecuatorial (DE), sólidos solubles totales (SST) y la vitamina C (VitC) fueron afectados significativamente por la dosis de AF, mientras que en la longitud polar (LP) del fruto no se obtuvo diferencia significativa (Cuadro 4). La dosis del extracto de algas marinas (EAM) influye significativamente con la concentración de SST y VitC, pero no fue así en el DE y LP (Cuadro 4). La interacción de estos factores se presenta diferencia significativa en todas las variables mencionadas a excepción de LP (Cuadro 4).

Al suministrar AF en las plantas se promovió mayor DE del fruto en comparación a las plantas testigo. Los SST de los frutos se vieron incrementados cuando las plantas fueron asperjadas con 0, 10 y 30 ml L<sup>-1</sup> de AF, pero, con la dosis de 20 ml L<sup>-1</sup>, se registra menor SST. La mayor concentración de VitC en los frutos se presentan con 0 y 30 ml L<sup>-1</sup> de AF, mientras que, al asperjar 20 ml L<sup>-1</sup> de AF reduce drásticamente la concentración de VitC (Cuadro 4). La aplicación de extractos de algas marinas a una dosis de 45 ml L<sup>-1</sup> incrementó los SST en comparación a las que recibieron una dosis igual a 15 y 30 ml L<sup>-1</sup>. La concentración de VitC fue mayor en aquellas plantas tratadas con 0 y 15 ml L<sup>-1</sup> de EAM, pero, al suministrar 45 ml L<sup>-1</sup> de EAM se registra una reducción de la concentración de VitC (Cuadro 4).

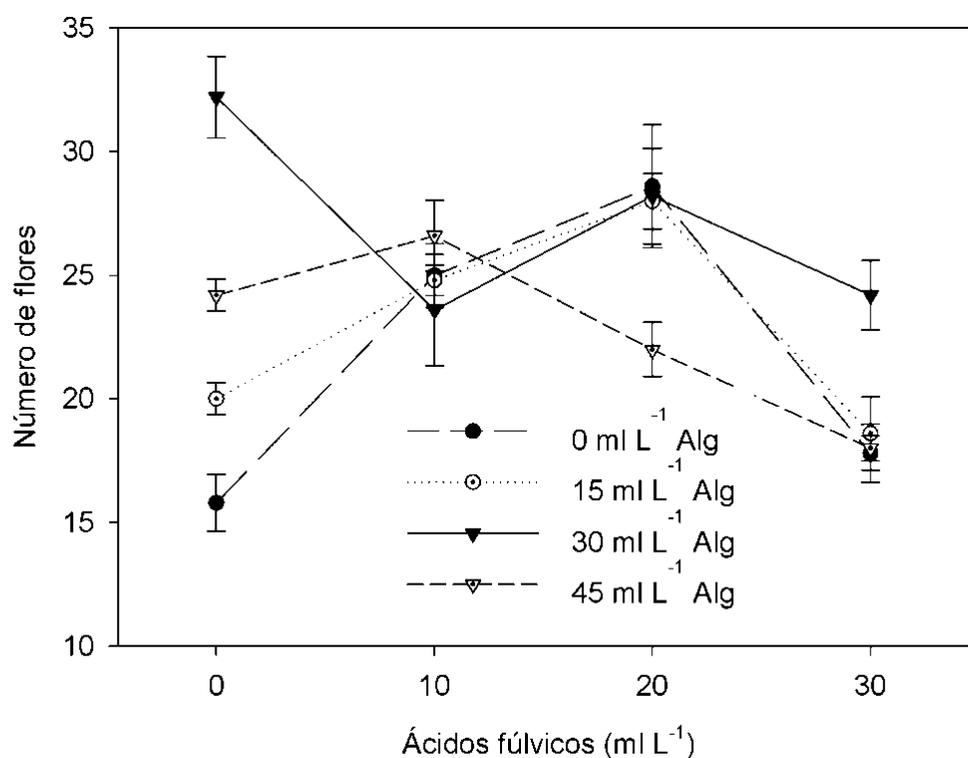
**Cuadro 4.** Calidad de fruto de fresa cv. “Osx” tratadas con ácidos fúlvicos y extracto de algas marinas.

Ácidos fúlvicos (ml L <sup>-1</sup> )	Diámetro ecuatorial (mm)	Longitud polar (mm)	Sólidos solubles totales (°Brix)	Vitamina C (mg 100 g <sup>-1</sup> fruto)
0	25.94 b	30.08 a	10.10 a	30.74 a
10	27.53 a	31.12 a	9.77 a	25.43 b
20	28.08 a	31.52 a	9.30 b	17.03 c
30	27.52 a	31.08 a	9.91 a	33.36 a
ANVA $p \leq$	0.002	0.231	0.001	0.001
Extracto algas marinas (ml L <sup>-1</sup> )				
0	26.97 a	30.96 a	9.85 ab	31.09 a
15	27.62 a	31.56 a	9.37 c	28.69 ab
30	27.29 a	30.00 a	9.70 bc	26.58 b
45	27.19 a	31.27 a	10.15 a	20.19 c
ANVA $p \leq$	0.70	0.157	0.001	0.001
Interacción $p \leq$	0.003	0.07	0.001	0.001
CV (%)	6.436	7.277	4.900	11.648

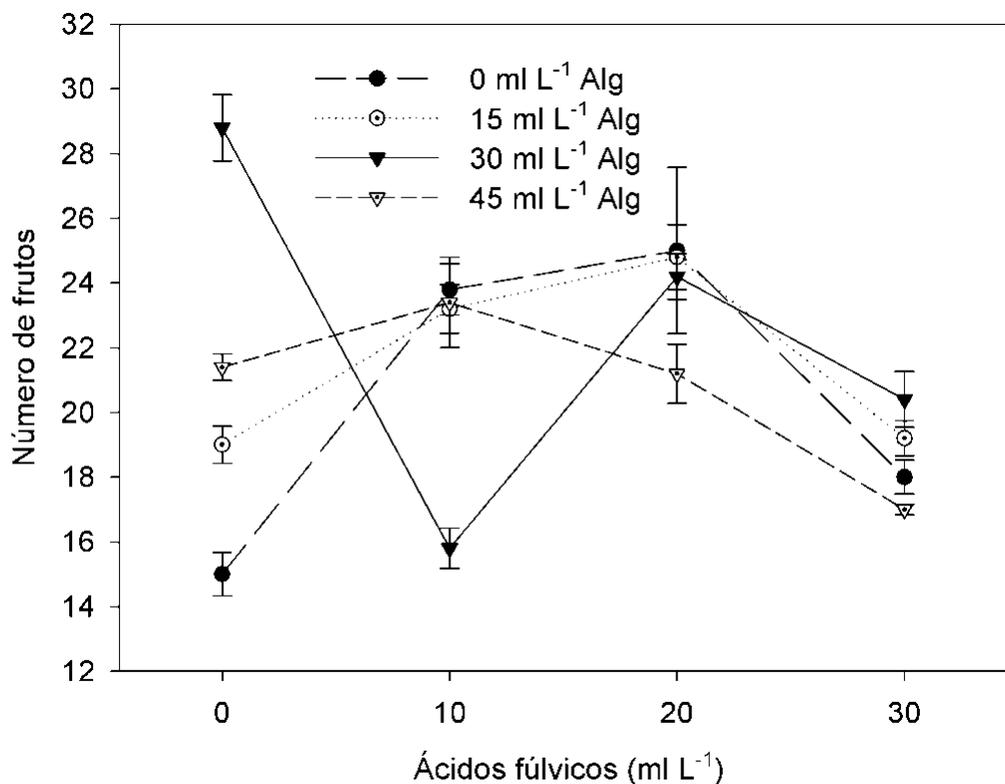
ANVA=análisis de varianza, Interacción= ácidos fúlvicos X algas marinas, CV= coeficiente de variación. Las letras a, b y c son las categorías obtenidas a partir de la comparación de medias con Tukey al 0.05.

El efecto de los ácidos fúlvicos (AF) en las variables evaluadas depende de la dosis de algas marinas (EAM). El NoFI incrementó al aumentar de 0, 10 y 20 ml L<sup>-1</sup> de AF, sin embargo, una dosis superior a esta disminuye en plantas que no se les aplicó EAM, similar efecto se observa al aplicar 15 ml L<sup>-1</sup> de EAM (Figura 2). Al suministrar 30 ml L<sup>-1</sup> de EAM y 0 ml L<sup>-1</sup> de AF se presenta el mayor NoFI (Figura 2). El comportamiento señalado anteriormente es similar en la variable número de frutos (Figura 3). Lo que hace referente a Ali, Ramsubhag y Jayaraman (2019) quienes reportaron que, al tratar plantas de tomate y pimiento dulce con extracto de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), obtuvieron una floración más temprana, además de que, aumentaron significativamente el número de flores y frutos. Al usar bajas concentraciones de algas marinas se obtienen ciertos procesos benéficos en las plantas tratadas, pero se ha demostrado que al usar concentraciones relativamente

altas puede causar efectos inhibitorios (Crouch y Van Staden, 1993; Khan *et al.*, 2009; Hernández *et al.*, 2014; Hernández *et al.*, 2016), lo que cabe señalar que al usar dosis excesivas de EAM y AF reduce significativamente el número de flores en las plantas. Abou El-Yazied *et al.* (2012) reportaron que, al usar un extracto de algas marinas en plantas de ejote incrementaron el número de frutos y número de hojas por planta en comparación con las plantas control. Un estudio realizado por Williams y Hernández (S/f) demuestra que, al asperjar  $20 \text{ ml L}^{-1}$  de un producto con formulación a base de algas marinas a plantas de pepino incrementaron el grosor del tallo y el número de frutos por planta en comparación a las plantas testigo, lo que esto significa que las dosis aplicadas en estos experimentos son relativamente similares al igual que los resultados de este trabajo de investigación.

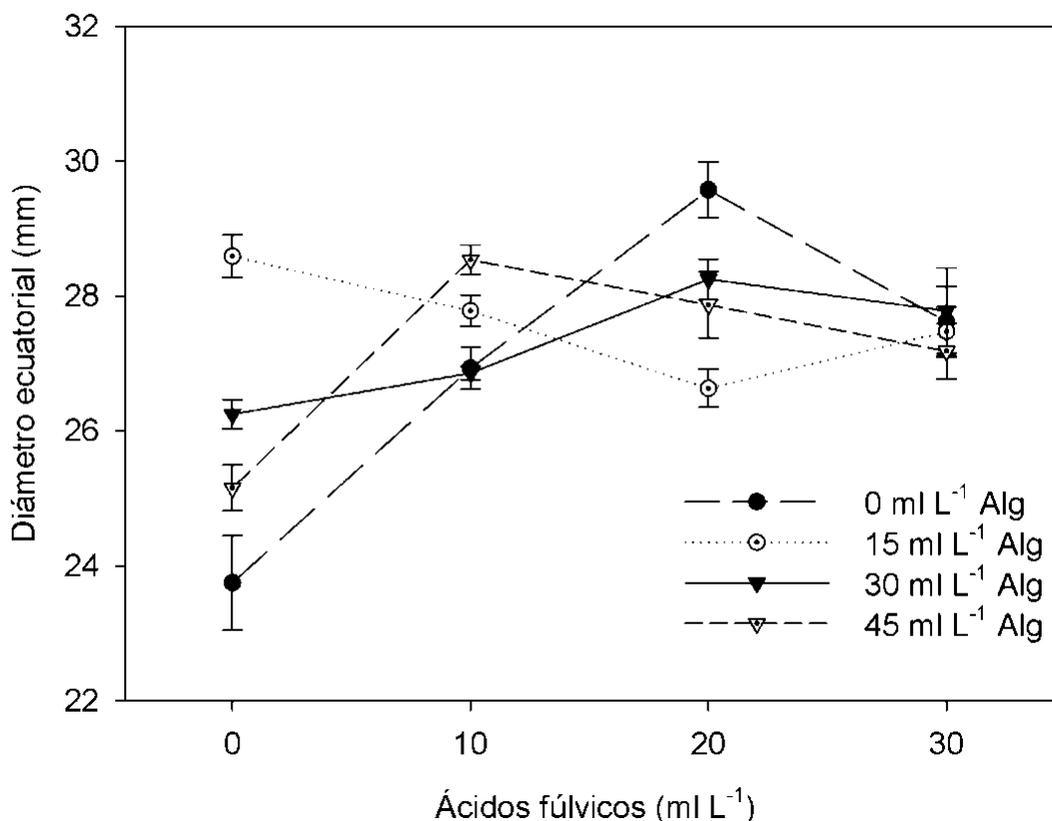


**Figura 2.** Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre número de flores de fresa cv. "Osx".



**Figura 3.** Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el número de frutos de fresa cv. “Osx”.

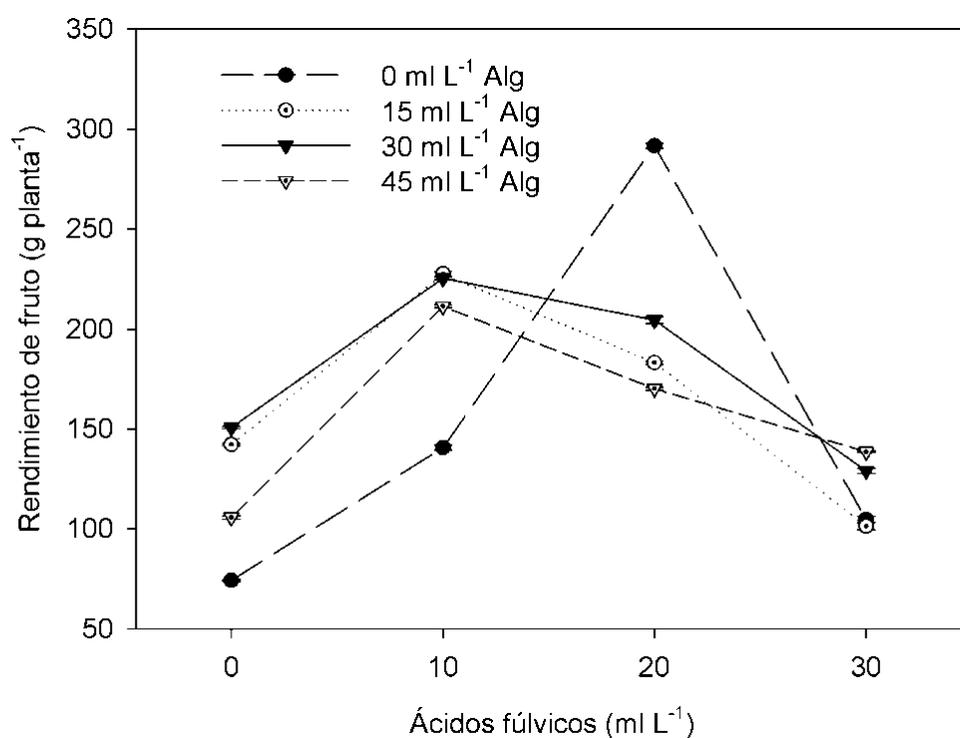
El DE de fruto aumenta del 0 a 20 ml L<sup>-1</sup> de AF, pero a una dosis superior a esta disminuye en plantas asperjadas con 0, 30 y 45 ml L<sup>-1</sup> de algas marinas (EAM). Sin embargo, el mayor DE de fruto se registro al aplicar 20 ml L<sup>-1</sup> de AF y 0 ml L<sup>-1</sup> de EAM (Figura 4). Por otra parte, con 0 ml L<sup>-1</sup> de AF y 15 ml L<sup>-1</sup> de EAM promueven un aumento en el DE, pero conforme de la dosis de AF este disminuye (Figura 4). Yildirim (2007) reporta, efectos positivos al asperjar AF a una dosis de 20 ml L<sup>-1</sup> en plantas de tomate afectando significativamente variables como el diámetro de la fruta, la altura de la planta, el peso medio de la fruta, el número de frutas por planta, de igual manera el rendimiento estuvo influenciado por las aplicaciones de AF en comparación con las plantas control. Por otra parte, Ghaderiardakani *et al.* (2019), Hernández *et al.* (2014) y Hernández *et al.* (2016) quienes indican que, al usar los extractos de algas marinas pueden tener efectos positivos tanto como inhibitorios dependiendo de la dosificación en un sistema de aplicación foliar y al suelo en cultivos de frijol y tomate.



**Figura 4.** Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el diámetro ecuatorial de frutos de fresa cv. "Osx".

El RFr se aumenta del 0 a 20 ml L<sup>-1</sup> de AF, superior a esta dosis este disminuye en plantas que no recibieron EAM. En general, con 10 ml L<sup>-1</sup> de AF e independientemente de la dosis de EAM tiende ligeramente a aumentar el rendimiento, pero al asperjar una dosis mayor de 15 ml L<sup>-1</sup> de EAM disminuye el rendimiento de las plantas (Figura 5). Khan *et al.* (2014) reportó que aplicaciones foliares de AF mejoraron el rendimiento de plantas de tomate en comparación con las plantas testigo, al igual que incrementaron la absorción de nutrientes y mejoraron el contenido de clorofila en las hojas. De acuerdo con Karakurt *et al.* (2009) al usar una dosis de 20 ml L<sup>-1</sup> de AF vía foliar en plantas de chile obtuvieron un aumento de clorofila y rendimiento de fruto, no obstante, al aplicar dosis mayores de 40 ml L<sup>-1</sup> no se demostraron resultados del incremento de peso en los frutos en comparación con las plantas control, lo que indica que dosis mayores a 20 ml L<sup>-1</sup> de AF disminuye

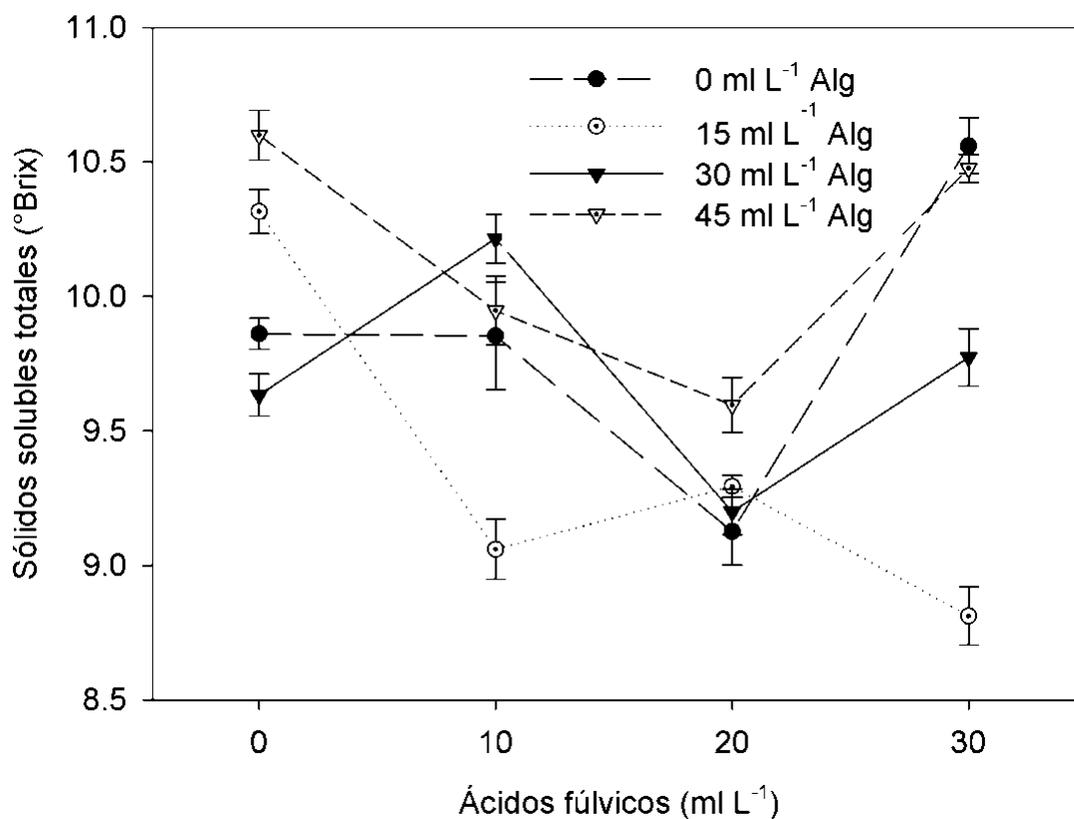
el rendimiento. Yao *et al.* (2020) reportaron que, al tratar plantas de tomate con algas marinas (*Sargassum horneri*) incrementaron el rendimiento de los frutos significativamente en comparación con las plantas control, pero posteriormente se vio afectado al aumentar la dosificación de algas marinas. De igual manera Sandhu *et al.* (2018), evaluaron el efecto del alga (*Ascophyllum nodosum*) aplicado foliarmente en el peso de col crepa a dosis bajas de 3.2 ml L<sup>-1</sup>, por lo que su peso incremento significativamente en comparación al testigo. Por lo que al aplicar dosis bajas o menores a 15 ml L<sup>-1</sup> de EAM muestran resultados benéficos en el rendimiento de fruto.



**Figura 5.** Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el rendimiento de frutos de fresa cv. "Osx".

La concentración de SST del fruto es mayor con 45 ml L<sup>-1</sup> de EAM en plantas que no recibieron AF, en general al interactuar con ciertas dosis de ellos la concentración tiende relativamente a disminuir. De igual manera con la aplicación de 30 ml L<sup>-1</sup> de AF en plantas que no fueron tratadas con algas marinas aumenta considerablemente la concentración de SST (Figura 6). Sánchez (2019) señala que,

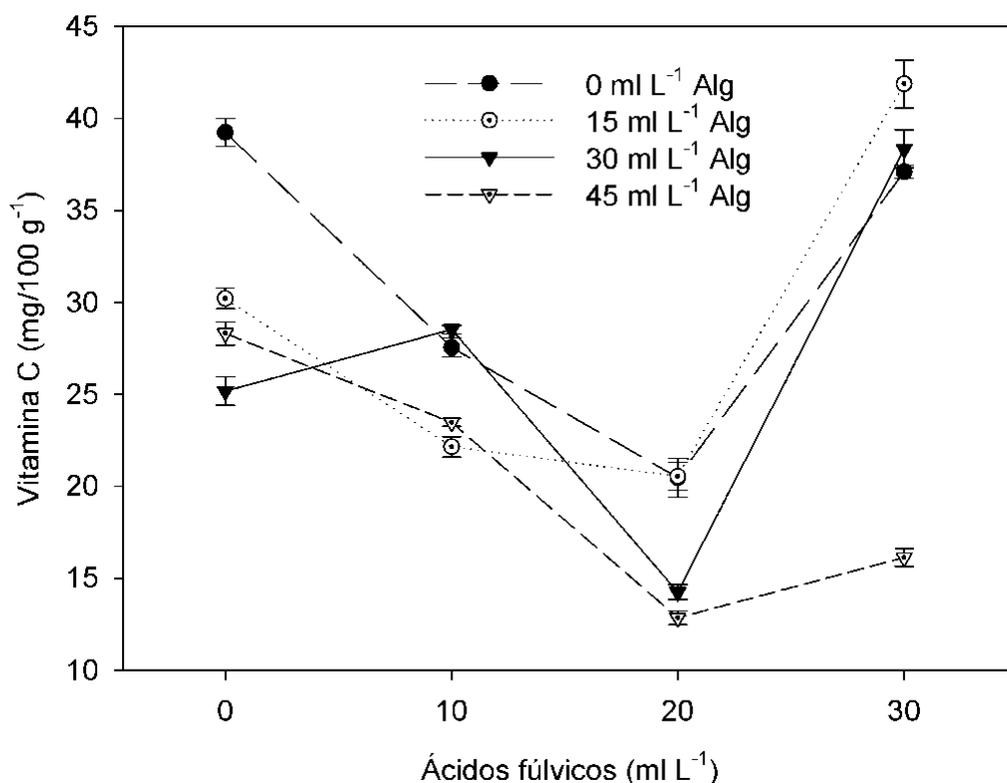
al aplicar a plantas de sandía un producto a base de extractos de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*), alcanzó un valor mayor en el contenido de SST. Así mismo Abbas *et al.* (2020) reportaron que, al rociar un extracto de algas marinas en diferentes concentraciones y en cuatro cultivares de cebolla, incremento el rendimiento, el contenido de SST y el ácido ascórbico del bulbo. Aminifard *et al.* (2012) demostraron que, al aplicar AF a plantas de chile pimiento, afecto positivamente la actividad antioxidante en cuestiones de calidad del fruto aumentado el contenido de SST y la acidez titulable.



**Figura 6.** Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre el contenido de sólidos solubles totales (°Brix) en frutos de fresa cv. “Osx”.

La concentración de VitC en el fruto se incrementó a las plantas testigo, pero, al incrementar esta dosis de AF hasta 20 ml L<sup>-1</sup> este tiende a disminuir independientemente de la dosis de EAM. No obstante, con 30 ml L<sup>-1</sup> de AF la concentración de VitC aumenta considerablemente con 0, 15 y 30 ml L<sup>-1</sup> de EAM (Figura 7). Abbas *et al.* (2020) reportaron que, la aplicación de extracto de algas

marinas vía foliar en cultivares de cebolla, demostraron mayor concentración de Vitamina C en comparación con las plantas control. Por otra parte, Yildirim (2007), demostró que, al asperjar AF a plantas de tomate obtuvo mayor concentración de ácido ascórbico en contraste a las plantas testigo. Resultados similares fueron reportados por Padem y Ocal (1998), quienes indican que, al asperjar sustancias húmicas a plantas de tomate obtuvieron resultados benéficos al incrementar el contenido de ácido ascórbico y sólidos solubles totales en los frutos.



**Figura 7.** Efecto entre la interacción de ácidos fúlvicos y algas marinas sobre la concentración de Vitamina C en frutos de fresa cv. “Osx”.

## CONCLUSIÓN

La aplicación de ácidos fúlvicos (AF) igual a 20 ml L<sup>-1</sup> y extracto de algas marinas (EAM) a una dosis de 30 ml L<sup>-1</sup> incrementan el rendimiento de los frutos de las plantas de fresa.

Los sólidos solubles totales es mayor con 10 y 30 ml L<sup>-1</sup> de AF, mientras que la vitamina C aumenta con 30 ml L<sup>-1</sup>. Los EAM mejoran los sólidos solubles totales con 45 ml L<sup>-1</sup>, pero, la concentración de vitamina C es mayor con 0 y 15 ml L<sup>-1</sup> de este.

La interacción de estos factores incrementa el rendimiento de frutos con 0 ml L<sup>-1</sup> de EAM y 20 ml L<sup>-1</sup> de AF, mientras que, con 0 ml L<sup>-1</sup> de AF y 45 ml L<sup>-1</sup> de EAM se obtuvo el mayor contenido de SST ó con 30 ml L<sup>-1</sup> AF y 0 ml L<sup>-1</sup> de algas marinas. La concentración de vitamina C es mayor en los frutos de las plantas testigo o en aquellas se les asperjo 15 ml L<sup>-1</sup> de algas marinas y 30 ml L<sup>-1</sup> de AF.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

**Abbas, M., Anwar, J., Zafar-ul-Hye, M., Iqbal, R., Saleem, M., Rahi, A., & Datta, R. (2020).** Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars. *Horticulturae*, 6(2), 28.

**Abou El-Yazied, A., El-Gizawy, AM., Ragab, I., & Hamed, E. (2012).** Effect of seaweed extract and compost treatments on growth, yield and quality of snap bean. *Journal of American Science*, 8(6), 1-20.

**Ali, O., Ramsubhag, A., & Jayaraman, J. (2019).** Biostimulatory activities of *Ascophyllum nodosum* extract in tomato and sweet pepper crops in a tropical environment. *PLoS One*, 14(5).

**Altamirano, R. (2004).** El cultivo de la fresa para el ciclo otoño-invierno, en California, Estados Unidos de Norte América.

**Aminifard, M., Aroiee, H., Nemati, H., Azizi, M., & Jaafar, H. (2012).** Fulvic acid affects pepper antioxidant activity and fruit quality. *African Journal of Biotechnology*, 11(68), 13179-13185.

**Arthur, G., Stirk, W., Van Staden, J., & Scott, P. (2003).** Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. *South African journal of botany*, 69(2), 207-211.

**Barceló, J., Nicolas, G., Sabater, B., & Sánchez, R. (2019).** *Fisiología vegetal*. Comercial Grupo ANAYA, SA.

**Benavides, A. M. (2002).** *Ecofisiología y Bioquímica del estrés en plantas*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro.

**Blunden, G. (1991).** Agricultural uses of seaweeds and seaweed extracts. *Seaweed resources in Europe*, 65-81.

**Camurati, J., Hocsman, J., & Salomone, V. (2019).** Potencialidades de las macroalgas marinas argentinas.

**COMTRADE (United Nations Commodity Trade Statistics Database). (2017).**

Recuperado de: <https://comtrade.un.org/>

**Cooper, L., & Abi-Ghanem, R. (2017).** El valor de las sustancias húmicas en el ciclo de vida del carbón de los cultivos: Ácidos húmicos, ácidos fúlvicos, y más.

**Crouch, I., & Van Staden, J. (1993).** Evidence for the presence of plant growth regulators in commercial seaweed products. *Plant growth regulation*, 13(1), 21-29.

**Cruz, E., Ricque, D., Tapia, M., & Guajardo, C. (2000).** Uso de harina de kelp (*Macrocystis pyrifera*) en alimentos para camarón. *Avances en nutrición acuícola*.

**Díaz, G. (1995).** Efecto de un análogo de brasinoesteroides DDA-6 en el cultivo de tabaco (*Nicotia glauca*, L.). *Revista Cultivos Tropicales La Habana*, 16(3), 53-55.

**Díaz, L., Dávalos, P., Jofre, A., & Martínez, T. (2017).** Fresa, deficiencia y síntomas nutricionales - "Una guía visual para fertilizar". Folleto Técnico 36(1), 0-34.

**Du Jardin, P. (2015).** Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horti*, 196, 3-14.

**Espinosa, A., Hernández, R., & González, M. (2020).** Extractos bioactivos de algas marinas como bioestimulantes del crecimiento y la protección de las plantas. *Bioteología Vegetal*, 20(4), 257-282.

**FAO. (2002).** *Los Fertilizantes y Su USO una Guía de Bolsillo para los Oficiales de Extensión*. Food & Agriculture Org.

**FAOSTAT. (2019).** The statistics division of the Food and Agriculture Organization of the United Nations. Recuperado de <https://www.fao.org/faostat/es/#home>

**Farias, D., Hurd, C., Eriksen, R., & Macleod, C. (2018).** Macrophytes as bioindicators of heavy metal pollution in estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 128, 175-184.

**Galindo, F., Pinzón, E., Quintana, W., Serrano, P., & Galán, M. (2018).** Evaluación de un termofosfato en el crecimiento y producción de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) cv. 'Albión'. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 21(1), 61-69.

**Ghaderiardakani, F., Collas, E., Damiano, D., Tagg, K., Graham, N., & Coates, J. (2019).** Effects of green seaweed extract on *Arabidopsis* early development suggest roles for hormone signalling in plant responses to algal fertilisers. *Scientific reports*, 9(1), 1-13.

**Hancock, J. F., Sjulín, T. M., & Lobos, G. A. (2008).** Strawberries. In *Temperate fruit crop breeding* (pp. 393-437). Springer, Dordrecht.

**Hernández, C. (1997).** Análisis de la variación estacional e interanual de la cosecha de *Gelidium robustum* en Baja California Sur, México. (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas.

**Hernández, R., Santacruz, F., Ruiz, M., Norrie, J., & Hernández, G., (2014).** Effect of liquid seaweed extracts on growth of tomato seedlings (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of applied phycology*, 26(1), 619-628.

**Hernández, R., Santacruz, F., Zañudo, J., & Hernández, G. (2016).** Activity of seaweed extracts and polysaccharide-enriched extracts from *Ulva lactuca* and *Padina gymnospora* as growth promoters of tomato and mung bean plants. *Journal of applied phycology*, 28(4), 2549-2560.

**INTAGRI. (S/f).** Sustancias Húmicas: Origen, Caracterización y Uso en la Agricultura. Recuperado de <https://www.intagri.com/articulos/nutricion-vegetal/acidos-humicos-fulvicos-nutricion-vegetal>

**Jackson, W. (1993).** Humic, fulvic, and microbial balance: Organic soil conditioning. *Jackson Research Center. Evergreen, CO.*

**Jeannin, I., Lescure, J., & Morot-Gaudry, J. (1991).** The effects of aqueous seaweed sprays on the growth of maize. *Botanica Marina*, 34(6), 469-473.

**Juárez, A., Ortega, H., Morales, A., González, S., Morelos, Á., Cabrera, M., Sandoval, A., Cadenas, G., & Benavides, A. (2019).** Nanoparticles and

nanomaterials as plant biostimulants. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(1), 162.

**Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., & Padem, H. (2009).** The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B–Soil and Plant Science*, 59(3), 233-237.

**Kessel, A. (2012).** Mejora genética de la fresa (*Fragaria ananassa* Duch.), a través de métodos biotecnológicos. *Cultivos Tropicales*, 33(3), 34-41.

**Khan, M., Khan, R., Akhtar, M., Khan, A., Sarwar, S., Ahmad, S. & Hayat, A. (2014).** Growth Stimulation, Metabolic Activities and Fruit Yield of Tomato as Influenced by Fulvic Acid. *Pakistan Journal of Chemistry*, 4(3), 101-108.

**Khan, W., Rayirath, U., Subramanian, S., Jithesh, M., Rayorath, P., Hodges, D. M., & Prithiviraj, B. (2009).** Seaweed extracts as biostimulants of plant growth and development. *Journal of Plant Growth Regulation*, 28(4), 386-399.

**Kirschbaum, D., & Borquez, A. (2006).** Nutrición mineral de la frutilla (*Fragaria x ananassa* Duch.). *Memoria del III Simpósio Nacional do Morango, II Encontro sobre pequenas frutas e frutas nativas do Mercosul. Pelotas, Brasil*, 117-127.

**Kuepper, G. (2003).** Foliar fertilization. *NCAT Agriculture Specialist*.

**Lieten, P. (2000).** The effect of humidity on the performance of greenhouse grown strawberry. In *IV International Strawberry Symposium 567*, 479-482.

**Llanos, E., Quevedo, J., & García, R. (2021).** Drench: evaluación de aplicaciones mensuales de soluciones nutritivas en banano (*Musa X paradisiaca* L.) y sus efectos en la producción y calidad de fruto. *Revista Científica Agroecosistemas*, 9(3), 141-152.

**Martínez, F., Sarmiento, J., Fischer, G., & Jiménez, F. (2008).** Efecto de la deficiencia de N, P, K, Ca, Mg y B en componentes de producción y calidad de la uchuva (*Physalis peruviana* L.). *Agronomía Colombiana*, 26(3), 389-398.

**Mc Leod, C., Águila, K., & Cárcamo, J. (2020).** Arquitectura de la planta de frutilla. *Informativo INIA Kampenaike*.

**O' Sullivan, L., Murphy, B., McLoughlin, P., Duggan, P., Lawlor, P., Hughes, H., & Gardiner, G. (2010).** Prebiotics from Marine Macroalga for Human and Animal Health Applications. *Marine Drugs*, 8(7), 2038-2064.

**Padayatt, S., Daruwala, R., Wang, Y., Eck, P., Song, J., Koh, W., & PACKER, L. (2001).** Handbook of antioxidants.

**Padem, H. & Ocal, A. (1998).** Effects of humic acid applications on yield and some characteristics of processing tomato. In *VI International Symposium on Processing Tomato & Workshop on Irrigation & Fertigation of Processing Tomato 487*, 159-164.

**Patil, B. & Chetan, H. (2018).** Foliar fertilization of nutrients. *Marumegh*, 3(1), 49-53.

**Roca, N., Pazos, M. S., & Bech, J. (2007).** Disponibilidad de cobre, hierro, manganeso, zinc en suelos del NO Argentino. *Ciencia del suelo*, 25(1), 31-42.

**Ronen, E. (2002).** Fertilización Foliar. Otra exitosa forma de nutrir a las plantas. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Eyal-Ronen-2/publication/265975832\\_Fertilizacion\\_Foliar\\_Otra\\_exitosa\\_forma\\_de\\_nutrir\\_a\\_las\\_plantas/links/563f70c308ae45b5d28d2f03/Fertilizacion-Foliar-Otra-exitosa-forma-de-nutrir-a-las-plantas.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Eyal-Ronen-2/publication/265975832_Fertilizacion_Foliar_Otra_exitosa_forma_de_nutrir_a_las_plantas/links/563f70c308ae45b5d28d2f03/Fertilizacion-Foliar-Otra-exitosa-forma-de-nutrir-a-las-plantas.pdf)

**SAGARPA (Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación) (2015).** Recuperado de <https://www.gob.mx/agricultura>

**Sandhu, R., Nandwani, D., & Nwosisi, S. (2018).** Evaluación del extracto de algas marinas como bioestimulante en el rendimiento de verduras de hojas verdes orgánicas en Tennessee. *Revista de Agricultura de la Universidad de Puerto Rico*, 102 (1/2), 53-64.

**Santos, A., & Manjarrez, D. (1999).** Fertilización foliar, un respaldo importante en el rendimiento de los cultivos. *Terra Latinoamericana*, 17(3), 247-255.

**SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera) (2017).** Recuperado de <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/257075/Potencial-Fresa.pdf>

**Skrzypczyk, V., Hermon, K., Norambuena, F., Turchini, G., Keast, R., & Bellgrove, A. (2019).** Is Australian seaweed worth eating? Nutritional and sensorial properties of wild-harvested Australian versus commercially available seaweeds. *Journal of applied phycology*, 31(1), 709-724.

**Suh, H., Yoo, K., & Suh, S. (2014).** Effect of foliar application of fulvic acid on plant growth and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, 55(6), 455-461.

**Tasende, M., & Peteiro, C. (2015).** Explotación de las macroalgas marinas: Galicia como caso de estudio hacia una gestión sostenible de los recursos. *Ambienta*, 111, 116-132.

**Thakur, S., Mehta, K., & Sekhar, R. (2015).** Effect of GA3 and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on growth, yield and fruit quality of strawberry, *Fragaria x ananassa* Duch cv Chandler. *International Journal of Advanced Research*, 3(11), 312-317.

**Torri, S. (2015).** Análisis foliar. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Torri/publication/305849363\\_Analisis\\_foliar/links/57a378f208ae455e85306f89/Analisis-foliar.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Silvana-Torri/publication/305849363_Analisis_foliar/links/57a378f208ae455e85306f89/Analisis-foliar.pdf)

**Trejo, L., Rodríguez, M., Alcántar, G., & Vázquez, A. (2003).** Fertilización foliar específica para corregir deficiencias nutrimentales en tres tipos de suelo. *Terra Latinoamericana*, 21(3), 365-372.

**Undurraga, P., & Vargas, S. (2013).** Manual de frutilla. *Boletín INIA-Instituto de Investigaciones Agropecuarias*.

**Williams, L., & Hernández, L. (S/f).** INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE DIFERENTES DOSIS DE AGROPLASMA EN EL CULTIVO DEL PEPINO

(CUCUMIS SATIVUS L.) EN CONDICIONES DE CASA DE CULTIVO PROTEGIDO.

**Yao, Y., Wang, X., Chen, B., Zhang, M., & Ma, J. (2020).** Seaweed extract improved yields, leaf photosynthesis, ripening time, and net returns of tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *ACS omega*, 5(8), 4242-4249.

**Yildirim, E. (2007).** Foliar and soil fertilization of humic acid affect productivity and quality of tomato. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil and Plant Science*, 57(2), 182-186.