

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
DIVISIÓN DE AGRONOMÍA
DEPARTAMENTO DE HORTICULTURA



Bioestimulantes En El Cultivo de Fresa

Por:

FÉLIX AARON VARGAS TORRES

MONOGRAFÍA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2023

Bioestimulantes En El Cultivo de Fresa

Por:

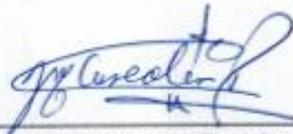
FÉLIX AARON VARGAS TORRES

Monografía

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

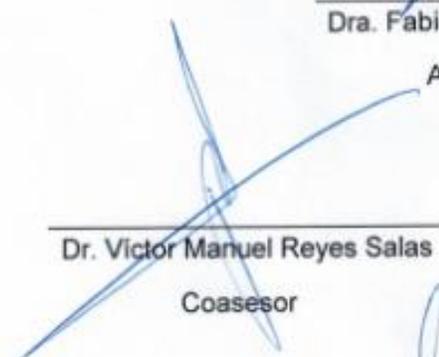
INGENIERO AGRÓNOMO EN HORTICULTURA

Aprobada por el Comité de Asesoría:



Dra. Fabiola Aureoles Rodriguez

Asesor Principal



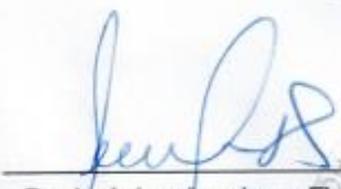
Dr. Víctor Manuel Reyes Salas

Coasesor



Ing. Gerardo Rodríguez Galindo

Coasesor



Dr. Jerónimo Landeros Flores

Coordinador Interino de la División de Agronomía



Saltillo, Coahuila, México

Enero de 2023

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 (copia 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 como imágenes, videos, ilustraciones, gráficas, mapas o datos sin citar al autor original y/o fuente, así mismo tengo conocimiento de que cualquier uso distinto de estos materiales como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por las autoridades correspondientes. Por lo anterior me responsabilizo de las consecuencias de cualquier tipo de plagio en caso de existir y declaro que este trabajo es original.

Pasante

F.A.V.T

Félix Aaron Vargas Torres



AGRADECIMIENTOS

A la vida:

En esta vida soy una persona muy agradecida por todo lo bueno y malo que me ha pasado, porque, aunque se batalla un poco y tiene bastantes obstáculos, si te nace del alma y te esfuerzas para conseguirlo tarde o temprano llegas a esa meta.

Y esta meta alcanzada es el reflejo de muchas personas que me ayudaron a lo largo de mi vida tanto académicamente como moralmente.

A mis Padres:

Porque me dieron la vida y siempre fueron los mejores padres a pesar de que quizás no fui el mejor hijo. Si bien, en ocasiones discutimos, ellos nunca me dejaron solo e hicieron lo mejor para hacerme una gran persona. Si en esta vida soy como soy y soy lo que soy es por ellos.

A mi mamá Karime Torres Solorzano:

Que como siempre he dicho, ella es la mejor mamá del mundo, que es un gran ser humano, tan lleno de bondad y amor que siempre curo mis heridas con besos abrazos y bendiciones.

A mi papá Félix Vargas Martínez:

Al igual que mi mamá fue parte importante de mi formación, solo que él fue la mano dura y que a la fecha estoy orgulloso de ese gran hombre y lo cómo como modelo a seguir, porque a pesar de tener carácter fuerte sé que es un gran ser humano.

Mi mamá me hizo una persona sensible, honesta y sencilla, mi papá por otro lado me hizo un hombre trabajador y perseverante que no se rinde a la primera y sigue terco buscando lo mejor para su familia cueste lo que cueste.

A mis hermanos y mejores amigos:

A las otras personas a las que les dedico mi meta alcanzada es a mis dos hermanos. **Estanislado Vargas Torres y Antonio Vargas Torres.**

Porque ellos también son personas por las que me esfuerzo cada día y sé que estoy orgulloso de ellos como ellos de mí y que soy su ejemplo a seguir por lo que motiva a ser cada vez más mejor persona.

Otras personas especiales son mis dos mejores amigos **Mucio Salazar Aguilar** y **Rodrigo Tinoco Ceja**, ya que este logro también es de ellos, porque también al igual que mis familiares cercanos han estado ahí para mí en las buenas y en las malas y aunque no seamos hermanos de sangre, lo somos de alma.

A mis santos protectores:

Además, estoy agradecido con mis protectores Santiago Apóstol y el señor de la Piedad, por cuidarme de todo lo malo que siempre hay afuera, por darme fuerza y guiarme por el buen camino.

A Don Antonio Narro Rodríguez y su Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro:

Agradecido con Don Antonio Narro Rodríguez que fue ese gran hombre que quiso aportar su granito de arena para apoyar a la agricultura y el cual lo ha logrado, y no lo digo por mí, ya que no me considero el mejor alumno que haya pisado el Alma Terra Mater, sino por todos esos ingenieros, maestros y doctores que ha dado la narro, y que a pesar de que venimos de diferentes partes de este país tan hermoso y diverso que es México todos venimos con el mismo propósito aunque tengamos que hacer muchos sacrificios todos sabemos que es por un bien propio.

La verdad estoy muy agradecido con la Narro, porque fue parte importante de mi formación social y académica y en ella aprendí muchas cosas sobre todo de la vida.

En ella también tuve la oportunidad de conocer tantas personas con manera de pensar diferente tanto compañero que al igual que yo daban lo mejor de ellos para cumplir esa meta.

Fue parte importante de mi formación por lo que puse y seguiré poniendo mi granito de arena cuando sepa que algún joven quiera ser parte de ella.

Al Dr. José Antonio Gonzáles Fuentes:

Ese señorón que siempre me saco de varios apuros me brindo su mano y además siempre fue un ejemplo a seguir.

A la Dra. Fabiola Aureoles:

Otra persona especial que siempre me ayudo en los momentos difíciles fue la Dra. Fabiola Aureoles. Con ambos voy a estar eternamente agradecido y nunca voy a tener la manera de poder pagarles tanto que han hecho por mí.

Al Ing. José Luis:

Además del encargado del internado el Inge José Luis por haberme ayudado a tener la mejor de las estancias dentro de la Narro y brindarme sus servicios que esta ofrece.

A la Profesora Verónica Vargas:

Quién si bien no aportó algún beneficio en mi vida, me motivo a echarle ganas a la vida ya que sus palabras me marcaron esa tarde en el salón de clase frente a todos mis compañeros al decirme que no iba a lograr nada en esta vida.

Al profesor Fernando Vargas Jaimes:

Sin duda alguna el mejor profesor que me ha dado clases la base importante de mi formación y gusto por las matemáticas, un gran ser humano.

DEDICATORIAS

A mi abuelito Moisés Torres Flores:

Hay una persona muy especial al que igual debo mencionar, una persona que se me fue antes de tiempo y que la verdad me dolió el no poder despedirme de él.

Mi abuelo fue un gran ser humano, que dios lo tenga en su santa gloria, que con humildad y bondad me hizo querer y comprender el amor al trabajo de campo, él siempre hizo sentirme una persona fuerte y trabajadora fue de ahí que me la creí con todas esas porras que me echaba, al ayudarlo me hacía sentir que lo tenía todo y la verdad fue que lo tuve todo, pero un día se fue y me dejó solo.

Y aunque se siente su ausencia física yo estoy seguro de que él me cuida, me protege y me guía a cada paso que doy.

A mis padres:

Este logro se los dedico a mi mamá y papá que con amor y esfuerzo me forjaron y me hicieron este hombre que ahora soy, todo el sacrificio que tuvimos que hacer dieron como resultado el que su hijo mayor ya sea profesionista, una meta cumplida que refleja los buenos padres que son y así como han hecho un gran trabajo conmigo también lo han hecho con mis hermanos menores.

Los amo mucho y voy a darlo todo para verlos felices y orgullosos de mí y de mis hermanos.

A mis hermanos:

A ese par de hombrecitos que son el reflejo de mi abuelo Gregorio Vargas a los que amo mucho les dedico este logro obtenido y sé que, así como yo estoy orgulloso de ellos sé que ellos también están orgullosos de su hermano mayor que, aunque sé que soy una persona con muchos defectos ellos me ven como el mejor hermano del mundo, ellos me motivan a dar lo mejor de mí el día a día para poder darle en algún futuro cercano ese buen porvenir a mis padres que lo tienen bien merecido.

A mi hermano Estanislado Vargas Torres:

Siempre lo he considerado más listo que yo y con un gran espíritu de querer ser mejor cada día.

Con grandes esfuerzos y sacrificios ha logrado cumplir varias de sus metas y sé que aunque aún no ha llegado a donde quiere, va en el carril correcto.

A mi hermano Antonio Vargas Torres:

Él es el más pequeño de la familia, pero aun así es el más fuerte y listo, que, aunque en estos momentos se sienta pequeño y débil físicamente con todo el amor y esfuerzo de sus padres y hermanos harán que sea el orgullo de la familia y de grande él va a lograr ser eso que él desea.

A mis mejores amigos:

A esos loquillos que siempre han estado ahí para apoyarme y que han creído en mis proyectos que, aunque en ocasiones hasta yo he dudado de mí, mismo ellos siempre han estado para darme un aliento y darme ánimos los cuales tuvieron como resultado esta meta etapa concluida.

Como dije anteriormente ellos dos me demostraron que no se ocupa ser familia de sangre para poder tener un lugar tan especial dentro de mi vida son las personas más chingonas que é conocido, ambos son personas muy trabajadoras, inteligentes y honorables con los que estoy eternamente agradecido.

A mi ranchito:

Este logro obtenido se lo dedico también al rancho que me vio nacer Santiago Conguripo, municipio de Angamacutiro Michoacán, donde hay gente trabajadora y sencilla y que sé que va para grandes cambios importantes y sé que me corresponde poner mi granito de arena para llevar a cabo eso.

A la Dra. Gladys Encinas Tinoco:

A esa grandiosa mujer que, aunque fue poco el tiempo que socialice con ella, fue suficiente para que sus motivaciones yo las llevara conmigo toda la vida la mejor profesora de la preparatoria de Angamacutiro.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	vi
DEDICATORIAS.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	12
II. EL CULTIVO DE LA FRESA	13
2.1 Origen.....	13
2.2 Importancia del cultivo.....	13
2.3 Morfología.....	14
2.4 Fisiología.....	16
2.5 Fenología.....	17
2.6 Requerimientos agro-climatológicos del cultivo.....	17
2.7 Establecimiento del cultivo y labores culturales.....	19
III. BIOESTIMULANTES Y SU USO EN LA AGRICULTURA.....	24
3.1 Definición.....	25
3.2 Formulación.....	25
3.3 Objetivo de usar bioestimulantes en la agricultura.....	25
3.4 Modo de acción.....	25
3.5 Forma de aplicación.....	27
3.6 Mecanismos de absorción.....	27
3.7 Momento de aplicación.....	27
3.8 Desafíos de los bioestimulantes.....	28
3.9 Clasificación de los bioestimulantes.....	28
3.9.1 Sustancias húmicas (SH).....	28

3.9.2 Hidrolizados de proteínas y otros compuestos con Nitrógeno.....	31
3.9.3 Extractos de algas y de plantas.....	33
3.9.4 Quitosano y otros biopolímeros.....	34
3.9.5 Compuestos inorgánicos.....	37
3.9.6 Hongos benéficos.....	40
3.9.7 Bacterias benéficas.....	44
IV. CONCLUSIÓN.....	48
VI. LITERATURA CITADA.....	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Cultivo de fresa. a) Planta de fresa lista para trasplante, b) cultivo de fresa establecida en condiciones protegidas en el estado de Michoacán.	14
Figura 2. Planta de fresa. a) Hojas, tallo y estolones, b) flor de fresa, c) raíz de fresa y d) fruto de fresa.	15
Figura 3. Tipos de bioestimulantes.....	28

I. INTRODUCCIÓN

Desde tiempos inmemorables se han utilizado productos para activar las defensas de las plantas en la producción agrícola. Estos productos pueden ser de origen vegetal o animal y activan procesos bioquímicos que fortalecen al cultivo frente a situaciones de estrés ocasionadas por plagas y enfermedades o circunstancias medioambientales adversas. Este tipo de productos en tiempos recientes se han denominado bioestimulantes.

En los cultivos agrícolas los bioestimulantes además de proporcionar resistencia a condiciones de estrés y/o plagas y enfermedades disminuyen el uso de agroquímicos, favorecen la asimilación de nutrientes y mejoran el metabolismo de la planta, lo cual a su vez se refleja en mejores rendimientos y calidad de las cosechas sin la acumulación de residuos indeseables.

Los bioestimulantes no solo son útiles a las plantas sino también benefician al suelo ya que fomentan la formación de agregados mejorando su estructura y reduciendo la erosión. Ello a su vez permite una mejor aireación, el desarrollo de microorganismos y retención de nutrientes y agua.

El cultivo de fresa también conocida como frutilla o fresón el cual es nativo de las regiones templadas, es cultivado en grandes cantidades tanto para fines comerciales como por parte de horticultores aficionados en diferentes estados de la República Mexicana y en el mundo. En la planta de fresa, la cual posee un fruto con olor y sabor agradable, rico en antioxidantes y otros compuestos bioactivos que disminuyen el riesgo de sufrir enfermedades como el cáncer, se han utilizado diferentes compuestos considerados como bioestimulantes mismos que han beneficiado el rendimiento y la calidad de los frutos.

En este trabajo se presentan diferentes investigaciones obtenidas de libros, revistas científicas e internet con bioestimulantes en el cultivo de fresa.

Palabras Clave: Frutilla, resistencia al estrés, ácidos fúlvicos, bioactivos, condiciones adversas, extractos.

II. EL CULTIVO DE LA FRESA

2.1 Origen

La fresa pertenece a la familia Rosácea y género *Fragaria*, esta es una planta herbácea de pequeña altura y que presenta una gran cantidad de especies en el mundo. Aunque no se sabe bien su origen, se indican dos zonas de procedencia: una en Europa, específicamente de los Alpes europeos y otra en Sur América más específicamente en Chile.

La fresa cultivada actual proviene del cruzamiento entre *Fragaria virginiana* del Este de Norteamérica y *Fragaria chiloensis*, fresón chileno.

Es considerada como una fruta exótica de gran aroma, por lo que se convierte en un cultivo con grandes ofertas de mercado.

2.2 Importancia del cultivo

En México, la fresa es un cultivo que, si bien no destaca por el número de hectáreas sembradas o por las divisas generadas con su exportación, es una gran fuente de empleo en las principales zonas productoras.

La fresa se introdujo en México a mediados del siglo pasado través del estado de Guanajuato, con variedades procedentes de la región de Lyon, Francia. En un principio, esta producción incipiente se limitaba a cubrir las necesidades del mercado doméstico; sin embargo, desde 1950 su importancia aumentó debido a la creciente demanda de Estados Unidos de América, que buscaba complementar su consumo durante el periodo invernal (Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria, 1998).

La fresa es el undécimo producto de exportación agrícola de México, por el valor que aporta en las exportaciones y México es el tercer productor y exportador de fresa en el mercado mundial. Las exportaciones mexicanas de fresa se destinan principalmente a los Estados Unidos de América, el cual importa el 99.7% de las exportaciones de México (FAOSTAT, 2020).

Los estados productores de fresa en México son Michoacán con 484,936 t (73.6%), Baja California con 91,660 t (13.9%) y Guanajuato con 57,667 t (8.8%), los cuales en conjunto aportan alrededor de 96% de la producción nacional (SIACON, 2019). México exportó

126,157 t, que representó 19.2% de las 658,436 t de la producción nacional de fresa (FAOSTAT, 2020).

En la Figura 1 se observan plantas listas para el trasplante y un cultivo de fresa en condiciones protegidas.



a)



b)

Figura 1. Cultivo de fresa. a) Planta de fresa lista para trasplante, b) cultivo de fresa establecida en condiciones protegidas en el estado de Michoacán.

2.3 Morfología

La planta de fresa es de tipo herbáceo y perenne, con estolones que enraízan en el ápice y hojas compuestas trifoliadas completamente. En general este cultivo tiene un tiempo de producción, comercialmente viable, de dos años (Figura 2a).

Tallo: está constituido por un eje corto de forma cónica llamado corona, en el que se observan numerosas escamas foliares.

Hojas: aparecen en roseta y se insertan en la corona. Las hojas son largamente pecioladas y provistas de dos estipulas rojizas. Su limbo está dividido en tres folíolos pediculados de bordes aserrados, tienen un gran número de estomas (300-400 mil) por lo que pueden perder gran cantidad de agua por transpiración.

Flor y fruto: Las inflorescencias se pueden desarrollar a partir de una yema terminal de la corona, o de yemas axilares de las hojas. La ramificación de la inflorescencia puede

ser basal o distal. En el primer caso aparecen varias flores de porte similar, mientras que en el segundo hay una flor terminal o primaria y otras secundarias de menor tamaño (Figura 2b y 2d).

La flor tiene 5-6 pétalos, de 20 a 35 estambres y varios cientos de pistilos sobre un receptáculo carnoso. Cada óvulo fecundado da lugar a un fruto de tipo aquenio. El desarrollo de los aquenios, distribuidos por la superficie del receptáculo carnoso, estimula el crecimiento y la coloración de éste, dando lugar al “fruto” de la fresa.

Sistema radicular: es fasciculado, se compone de raíces y raicillas, las primeras presentan cambium vascular y suberoso, mientras que las segundas carecen de éste, las raicillas sufren un proceso de renovación fisiológico. La profundidad del sistema radicular es un promedio de 40 cm, encontrándose el 90% en los primeros 25 cm (Figura 2c).



a)



b)



c)



d)

Figura 2. Planta de fresa. a) Hojas, tallo y estolones, b) flor de fresa, c) raíz de fresa y d) fruto de fresa.

2.4 Fisiología

Etapa vegetativa

* *Verano*: período con influencia de días largos y temperaturas elevadas, la planta crece y se multiplica vegetativamente por emisión de estolones.

- Brotes, las yemas principales comienzan a crecer.
- Desarrollo de las hojas: de las primeras hojas emergentes, primeras hojas desplegadas hasta nueve o más hojas desplegadas.
- Desarrollo de las partes vegetativas cosechables: comienzo de la formación de estolón (de 2 cm de longitud), brotes de hijos de la planta para ser trasplantados.

Etapa reproductiva

* *Otoño*: con incidencia de días cortos y temperaturas descendentes, se da una paralización progresiva del crecimiento, con acumulación de reservas en las raíces. Comienza la iniciación floral y la latencia de la planta.

* *Invierno*: período de días cortos y bajas temperaturas en el que se produce una paralización del crecimiento, hasta que la planta acumula el frío necesario y sale de la latencia.

- Aparición de órgano floral: primeras yemas florales salidas.
- Floración: primeras flores abiertas, plena floración y caída de pétalos.

Etapa productiva

* *Primavera*: con la elevación de las temperaturas y el alargamiento progresivo de los días, aparece una reanudación de la actividad vegetativa, floración y fructificación, aumentando con la longitud del día.

- Formación del fruto.
- Maduración del fruto.
- Senescencia y comienzo del reposo vegetativo.

No obstante, la fresa necesita acumular una serie de horas frío, con temperaturas por debajo de 7 °C, para dar una vegetación y fructificación abundante. Este requerimiento en horas frío, muy variable según los cultivares, no suele satisfacerse totalmente en las condiciones climáticas.

Es muy importante determinar el frío requerido por cada variedad, debido a que insuficiente cantidad del mismo origina un desarrollo débil de las plantas, que dan frutos blandos y de vida comercial reducida. Un exceso de frío acumulado, por otra parte, da lugar a producciones más bajas, un gran crecimiento vegetativo y la aparición de estolones prematuros.

2.5 Fenología

A partir de la resiembra de plántulas, aproximadamente después de 45 días se puede apreciar por completo el desarrollo vegetativo de la plantación y cerca de los 60 días se aprecia la floración y aproximadamente después de un mes se dan las primeras cosechas.

2.6 Requerimientos agro-climatológicos del cultivo

El cultivo de fresa crece y se desarrolla bien con las siguientes condiciones:

Altura sobre el nivel del mar. Si bien la fresa se puede encontrar desde 0 a los 3,000 m.s.n.m. El cultivo a nivel comercial tiene un rango amplio de adaptabilidad a los pisos térmicos; sin embargo, su desarrollo óptimo se da entre los 1,200 y los 2,600 m.s.n.m.

Temperatura. La temperatura adecuada para el cultivo en el día debe estar entre los 15 a 18 °C y la nocturna de 8 a 10 °C; el proceso de maduración se ve favorecido con temperaturas diarias entre los 18 a 25 °C y en la noche 10 a 13 °C. Sin embargo, aunque la fresa se muestra altamente resistente al frío es importante tener especial cuidado con no alcanzar el punto de congelamiento (heladas) durante la brotación para proteger la corona de la planta, lugar donde se unen tallos y raíz de la planta (Ruíz *et al.*, 2013).

La variación de temperaturas entre el día y la noche permite un balance entre el desarrollo de las hojas (se favorecen en temperaturas altas) y el desarrollo floral (se favorecen en temperaturas bajas). Esta variación se denomina el Delta de temperatura y se determina mediante la documentación de los mínimos y los máximos de temperatura durante el día (24 horas) para cada estación o temporada climática. Se

puede prever que los picos de producción se alcanzan en las épocas del año en que la temperatura es más fría (Altamirano, 2004).

Temperaturas bajas inducen floración y producción de frutos. Temperaturas altas inducen desarrollo vegetativo y formación de hoja.

Humedad relativa. La humedad ideal para el cultivo debe ubicarse entre 60% y 75%.

Requerimiento hídrico. El cultivo a campo abierto requiere de 400-600 mm·año⁻¹.

Suelo. La fresa se desarrolla de manera adecuada en suelos ligeramente ácidos, sueltos, aireados y bien drenados, ya que los suelos pesados limitan el desarrollo radicular. La raíz es altamente sensible a la salinidad generando reducciones de hasta el 50% en el rendimiento de la planta. Se deben evitar suelos donde se haya cultivado antes papa, tomate, pimentón, melón, sandía y calabaza, con el fin de prevenir la propagación de enfermedades que comparten con estos cultivos.

Actualmente se está aumentando el área cultivada en sistemas de hidroponía y de agricultura protegida; aun cuando las inversiones son mayores para este tipo de cultivo los beneficios en productividad, calidad y operatividad hacen que el sistema sea atractivo para el agricultor.

Luz. 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 (Bonilla, 2011).

- Plantas de día corto. Variedades que responden al fotoperiodo (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 fotoperiodo (duración del día); requieren de temperaturas en el suelo superiores a los 12°C para el desarrollo de yemas. La producción y el tamaño de los frutos es más homogéneo durante la temporada, dependiendo de la variedad; por lo general, la producción es más estable lo cual ayuda para realizar los estimados de cosecha y planeación.

2.7 Establecimiento del cultivo y labores culturales

Preparación del terreno. Lo ideal para el cultivo de fresa es preparar el terreno y para ello se deben tomar muestras de suelo y analizarlas. Además, el suelo debe ser desinfectado, proceso que puede ser mediante la solarización e incorporación de microorganismos benéficos eficientes.

El cultivo de fresa requiere que el suelo se encuentre nivelado y drenado; esto último para evitar la acumulación de agua, ya que las plantas son demasiado susceptibles a los encharcamientos, los cuales disminuyen considerablemente su rendimiento (UCCE, 2016).

Dichas labores incluyen un arado primario para descompactar el suelo. Después de iniciar la roturación del suelo con arado de discos a una profundidad de 30 cm se deja el campo por 2 o 3 días para que el sol y las aves se encarguen de los huevos y larvas de plagas y patógenos del suelo, además los restos de malezas también se destruirán; luego se pasa 2 veces rastra de discos en forma cruzada, seguido con un riel para su nivelación, luego se realiza el surcado con surcadora especial para formar los camellones con el distanciamiento de acuerdo al sistema de conducción.

Si se tienen antecedentes de enfermedades en los lotes, se recomienda realizar una desinfección del suelo después de aplicar las enmiendas, empleando métodos como la solarización, la desinfección química, la aplicación de agua caliente, entre otros. Se debe evitar establecer el cultivo en suelos donde se haya sembrado papa, pimiento, tomate, melón, sandía o calabaza; esto para evitar la propagación de enfermedades del suelo.

Si el suelo lo requiere hay que aplicar enmiendas (a base de calcio como cal agrícola, cal dolomítica, u otras enmiendas que regulen la acidez del suelo). Tener el plan de fertilización de acuerdo con la demanda del cultivo y a los resultados de análisis del suelo, luego aplicar materia orgánica según dicho análisis, para el mejoramiento y producción del cultivo.

Después de 15 días de aplicación de cal al suelo, se procede a la construcción de las camas, a la instalación de la cinta de riego y del plástico o munching.

Luego de colocado el plástico se marca la distancia de siembra y se hace la ruptura de plástico con una herramienta manual de forma redonda, presionando fuerte el plástico hasta que se rompa.

Riego. Una hectárea establecida en fresa tiene una demanda de agua entre 4,000 y 6,000 m²·año⁻¹, los cuales deberán ser absorbidos en los primeros 30 a 40 cm de profundidad, perfil en el que se desarrolla el 90% de las raíces.

La respuesta óptima se obtiene con una humedad en el suelo de 70 a 80% de capacidad de campo.

El consumo de agua depende de la variedad y cantidad del área foliar, etapa fenológica de la planta, temperatura, vientos, luminosidad y duración de los periodos sin lluvia. Una conductividad del agua de riego por encima de 1.7 mmos·cm⁻¹, ocasiona una disminución en el rendimiento del orden del 50%.

La mayor eficiencia se logra con un sistema de riego de alta frecuencia, como cinta de goteo, en donde bajos caudales de agua se aplican a un volumen delimitado de suelo a través de un emisor y permite aplicar fertilizantes y algunos insumos para el control de plagas y enfermedades, minimizando la percolación se aumentan los rendimientos y se ahorra el recurso hídrico.

Levantamiento de camas. Una vez preparado el terreno se debe adelantar la construcción de las camas, para lo cual el suelo debe encontrarse a capacidad de campo. Las camas se estructuran en forma de trapecio con dimensiones de 70 a 90 cm en la base, de 50 a 70 cm en la parte superior y con una distancia máxima entre las camas de 1.2 m. Para la altura de las camas, se recomienda elevarlas de 20 a 40 cm.

Plantación. Dos tipos de trasplantes se utilizan para que la fresa comience a fructificar: plantas con raíz desnuda y plantas con cepellón. Las de raíz desnuda son los más comunes, pero son los más difíciles de establecer en el campo. Estos trasplantes requieren generalmente de riego por aspersion durante la parte más caliente del día, en los primeros 7 a 12 días después de plantar. Esto reduce el riesgo de marchitamiento y pérdida de las hojas, mientras la planta desarrolla un sistema radicular suficiente para apoyarse a sí misma. Por el contrario, las que cuentan con cepellón requieren de menos riego para su establecimiento.

Independientemente del tipo de trasplante utilizado, es importante no trasplantar demasiado profundo, que cubra la corona o cuello de la planta, o demasiado superficial, dejando las raíces expuestas. Hay que cerciorarse de que la tierra cubra completamente las raíces.

Después de cuatro o cinco semanas, las plantas producirán guías o estolones y nuevas plantas hijas.

Nutrición del cultivo. Los requerimientos nutricionales de las plantas de fresa pueden dividirse según sus etapas fenológicas de desarrollo, entre las cuales se cuentan el enraizamiento, el crecimiento vegetativo, la floración y el llenado del fruto. Cabe mencionar que para cada una de las fases mencionadas la planta demanda los mismos nutrientes, aunque en proporciones y cantidades diferentes (Acuña, 2020).

El efecto y deficiencias de NPK en el cultivo de fresa se mencionan a continuación:

Nitrógeno (N). Ejerce gran influencia en el crecimiento vegetativo, productividad y calidad de la fresa. Es absorbido principalmente en forma de NO_3 .

El exceso de N aumenta el vigor de las plantas, reduce la inducción floral, retrasa la floración, reduce la calidad de los frutos. Mayor susceptibilidad para tener fruta podrida. Su deficiencia disminuye el vigor de las plantas y la productividad, pero mejora la calidad organoléptica de la fruta.

Fósforo (P). Estimula el desarrollo radicular y la floración. Siendo estos los periodos críticos para la demanda de P. Es poco móvil en el suelo. El exceso de P puede provocar disminución de la absorción de otros nutrientes como Fe y Zn. La deficiencia de P promueve la disminución del rendimiento y calidad de los frutos. Favorece el albinismo, aumenta la acidez y deteriora el aroma.

Potasio (K). Los niveles óptimos de K permiten obtener altos niveles de azúcares y acidez en frutos, buen sabor y color del fruto, también permite regular la respiración y sistemas de transporte y produce una óptima transpiración y resistencia al stress.

El exceso de potasio produce la inhibición de la absorción de Ca y Mg y posibles problemas de salinidad, mientras que la deficiencia de potasio produce reducción de rendimiento y calidad de fruta, marchitamiento e inhibición de la fotosíntesis, así como menos asimilados son translocados al fruto.

Nutrientes secundarios y micronutrientes

Los nutrientes secundarios son magnesio, azufre y calcio. Las plantas también los absorben en cantidades considerables. El magnesio (Mg) es el constituyente central de la clorofila, el pigmento verde de las hojas que funciona como un aceptador de la energía provista por el sol; por ello, del 15 % al 20 % del magnesio contenido en la planta se encuentra en las partes verdes.

El Mg se incluye también en las reacciones enzimáticas relacionadas a la transferencia de energía de la planta. El azufre (S) es un constituyente esencial de proteínas y también está involucrado en la formación de la clorofila. En la mayoría de las plantas suple del 0.2 al 0.3% del extracto seco.

Por ello, es tan importante en el crecimiento de la planta como el fósforo y el magnesio; pero su función es a menudo subestimada.

Control de plagas y enfermedades en el cultivo de fresa: Las principales plagas del cultivo de la fresa son:

- Gallina ciega (*Phyllophaga* spp).
- Gusano cogollero (*Spodoptera frugiperda*).
- Araña de dos manchas (*Tetranychus urticae*).
- Gusano del fruto (*Helicoverpa zea*).
- Trips (*Frankiniella occidentales*).
- Pulgones (*Chaetosiphon fragaefoli*, *Aphis gossypii* y *Macrosiphum euphorbiae*).

Y las principales enfermedades son:

- Antracnosis (*Colletotrichum* spp).
- Pudrición de la corona (*Phytophthora cactorum*).
- Moho Gris (*Botrytis cinerea*).
- Cenicilla polvorienta (*Sphaeroteca macularis*).

Estas plagas y enfermedades deben ser monitoreadas todo el tiempo para que no causen problemas y mermen el rendimiento y la calidad del cultivo. De ser necesario, deben realizarse aplicación de insumos agrícolas que no dañen el ambiente y controlen la presencia de patógenos y dejar como último recurso el uso de agroquímicos fuertes.

Cosecha. La fresa es una planta de fructificación continua, las épocas de cosecha están determinadas por régimen de lluvias de las diferentes zonas productoras.

Después de los cuatro o cinco meses y medio de trasplantadas las plantas, comienza la producción continua de la fruta, a partir de este momento se debe realizar la cosecha.

Para ello el fruto de fresa debe presentar un peso según la variedad y este puede oscilar entre 16.53 y 6.65 g. Además, su concentración de azúcar debe ubicarse entre 6.7 y 7.2 grados Brix y el sabor debe tener un balance de azúcar y acidez según la variedad. El ácido cítrico es el ácido más abundante en la fresa, seguido del málico, el succínico y el ascórbico, razón por la cual los resultados de acidez se suelen expresar en cantidad de ácido cítrico. Generalmente la forma de la fresa debe ser cónica y alargadas, sin embargo, dependiendo de la variedad puede variar la forma. Por último, su olor debe ser característico de la fruta.

También la fresa ha de tener un brillo intenso y un color rojizo oscuro y uniforme, aunque puede ser más rosado o anaranjado dependiendo de la variedad. El color natural en estado maduro es rojo y solo dos variedades maduran con un color blanco. Su pulpa es de color blanco, pero también puede ser rojizo de acuerdo a la variedad. Su textura es suave con firmeza moderada firmeza a alta firmeza (Martínez-Bolaños *et al.*, 2008).

III. BIOESTIMULANTES Y SU USO EN LA AGRICULTURA

Las plantas están sometidas, frecuentemente, a situaciones desfavorables para su desarrollo y funcionamiento óptimos, ocasionadas por alteraciones en el medio ambiente. Este conjunto de situaciones desfavorables se conoce con el nombre de estrés medioambiental (Benavides, 2002).

Los factores externos a la planta que constituyen condiciones de estrés pueden ser de dos tipos: bióticos y abióticos (físicos, químicos y físico-químicos). Los abióticos cubren una amplia gama de factores ambientales, entre los que se encuentran: la temperatura, el agua, las radiaciones, las sustancias químicas y otros. Los estreses abióticos son la principal causa de pérdidas de cultivos en el mundo y causan disminución en el rendimiento de más del 50% de la mayoría de los cultivos (Benavides, 2002).

Para elevar la productividad agrícola es necesario acrecentar la búsqueda de cultivares que se desarrollen con mayor tolerancia al estrés abiótico. Los aportes científicos realizados en este sentido, hasta hace poco, estaban encaminados a adaptar el medio ambiente para un mejor desarrollo de las plantas, aplicando una gran cantidad de productos químicos, como herbicidas e insecticidas, agotando los recursos agua y nutrientes necesarios para que la planta tolere las condiciones estresantes.

El conocimiento de las posibles causas del estrés de las plantas nos permitirá un adecuado manejo de los cultivos para lograr el incremento de su producción y por otra parte el buen uso de los tan preciados recursos naturales para su conservación, así como la comprensión de las limitaciones de las plantas para su adecuado crecimiento y desarrollo, como una respuesta a las condiciones ambientales, favorables y/o adversas a las cuales son sometidas (Basurto, 2008).

Sin embargo, actualmente existe una nueva concepción que es adaptar la planta a ese medio ambiente cambiante, sin agotar los recursos o emplear productos químico-sintéticos, solamente logrando una mayor eficiencia en el uso de estos recursos y una mayor producción, con el empleo de las mismas estrategias que quizás contribuyeron a la supervivencia de estos seres vivos durante su evolución en condiciones aún más estresantes.

Entre los productos que se han empleado para combatir los efectos del estrés y elevar los rendimientos de las plantas, se encuentran los productos Bioestimulantes. Estas

sustancias y materiales, cuando se aplican a las plantas o medios de cultivo, han demostrado potencial para modificar la fisiología de las plantas, promover su crecimiento y mejorar su respuesta al estrés; su acción se distingue de la de nutrientes y pesticidas.

3.1 Definición

De acuerdo al EBIC (Consejo Europeo de la industria de los bioestimulantes) los bioestimulantes “Son sustancias y/o microorganismos que aplicados a las plantas o a la rizósfera cumplen la función de estimular los procesos naturales para mejorar/beneficiar la absorción y/o eficiencia de los nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico, y la calidad de los cultivos independientemente de su contenido de nutrientes”.

3.2 Formulación

Los bioestimulantes son sustancias de diferente naturaleza algunos son químicamente bien definidos tales como los compuestos por aminoácidos, polisacáridos, oligopéptidos o polipéptidos. Mientras otros, son más complejos en cuanto a su composición química, como pueden ser los extractos de algas y ácidos húmicos, los cuales contienen los componentes anteriormente citados, pero en combinaciones diferentes y en algunos casos con sus concentraciones reportadas en rangos y no con valores exactos.

3.3 Objetivo de usar bioestimulantes en la agricultura

El objetivo de utilizar bioestimulantes es potenciar la absorción de nutrientes independientemente de la cantidad de estos y activar las defensas de las plantas para resistir el embate de patógenos y condiciones adversas del ambiente, para que de esta forma se recurra en menor cantidad al uso de agroquímicos y otros insumos reduciendo costos en la producción, incrementando el crecimiento y calidad de los cultivos con un menor impacto ambiental.

3.4 Modo de acción

El efecto de los bioestimulantes va a depender de su composición, y cómo se mencionó anteriormente es muy variada. Sin embargo, algunos mecanismos se listan a continuación:

Ahorro energético. Las plantas a través de procesos fisiológicos como la fotosíntesis y la respiración sintetizan sus propios aminoácidos a partir de los nutrimentos minerales

que absorben. Los aminoácidos luego se unen formando cadenas, dando lugar a las proteínas y enzimas que constituyen parte del material vivo de la planta.

Al aplicar bioestimulantes formulados a base de aminoácidos se sule a la planta con estos bloques estructurales (aminoácidos). Esto favorece el proceso de producción de proteínas con lo que se produce un ahorro de energía que la planta puede dirigir hacia otros procesos tales como floración, cuajado y producción de frutos. Este ahorro de energía tiene un valor especial cuando estos productos son aplicados en un momento en el cual el cultivo está debilitado por alguna condición extrema como un estrés hídrico, una helada, ataque de una plaga, un trasplante, el transporte de una localidad a otra, enfermedades y/o efectos fitotóxicos tales como la aplicación indebida de productos fitosanitarios, etc.

Fortalecen la rizosfera. La rizosfera es la zona del suelo cercana a las raíces de las plantas y se compone de suelo, raíces, microorganismos, nutrientes, sustancias orgánicas y agua. En esta zona es donde se genera un microclima y se presenta la interacción positiva o negativa de los microorganismos con las raíces de las plantas.

En la rizosfera, las plantas exudan a través de sus raíces sustancias orgánicas y carbohidratos producto de la fotosíntesis y otras actividades fisiológicas que sirven de fuente nutritiva y/o energética para el desarrollo de microorganismos. Estos a su vez, dan a la planta nutrientes, agua y sustancias estimuladoras del crecimiento vegetal en forma asimilable y generan un equilibrio poblacional con organismos patógenos y realizan funciones como: fijación de nitrógeno atmosférico, reducción de formas nitrogenadas, solubilización de fosfatos insolubles, movilización de cationes hacia la planta, secreción de sustancias estimulantes de diversas características como son las hormonas, estimulantes de origen esteroide, etc.

Una rizosfera rica promueve y estimula el desarrollo radicular. Como se favorece la división celular se forman más y mejores pelos radicales, los cuales absorben mejor los nutrientes del suelo y favorecen a su vez el crecimiento y desarrollo de la planta en general.

3.5 Forma de aplicación

Se aplican normalmente por vía foliar, pero también por vía radicular. Se utilizan en pulverizaciones foliares o a través de los sistemas de riego para activar o estimular el desarrollo vegetativo, la floración, el cuajado o el desarrollo de los frutos.

Con frecuencia los bioestimulantes también se emplean mezclándolos con productos fitosanitarios (insecticidas, fungicidas, herbicidas) para potenciar la acción de los mismos.

Aun cuando algunos son nutrimentos, no es este aspecto el que justifica su utilización sino el efecto activador que producen sobre el metabolismo del vegetal. Por ello, resulta aconsejable, en la mayoría de los casos, que sean aplicados junto con un abono mineral adecuado al cultivo y a su estado fenológico.

3.6 Mecanismos de absorción

En general, estos productos se caracterizan por ser, en mayor o menor medida, directamente asimilables por las plantas, no dependiendo su absorción de la función clorofílica; es decir, pasan a través de la epidermis al haz vascular desde el cual y con un consumo mínimo de energía, entran a formar parte de las células en lugares de activo crecimiento.

3.7 Momento de aplicación

Estas sustancias ayudan a la planta durante períodos de estrés o cuando está debilitada por alguna condición extrema como una helada, un ataque de una plaga, trasplantes, transportes, enfermedades o efectos fitotóxicos a consecuencia de la aplicación indebida de productos fitosanitarios, etc.

Es de esperar un efecto positivo de la aplicación de bioestimulantes antes de aquellos momentos en los cuales las plantas realizan un mayor uso de nutrimentos y fotoasimilados, necesarios para la formación de frutos y otros órganos. En estos momentos las plantas se encuentran más propensas a sufrir desbalances metabólicos, y por ende a ser más susceptibles al ataque de enfermedades y plagas.

3.8 Desafíos de los bioestimulantes

Los principales desafíos a los que se enfrentan los bioestimulantes son de carácter:

- a) Científico. Comprender los mecanismos de acción de los bioestimulantes y su interacción con la planta y otros factores ambientales es crucial.
- b) Técnico. Hacer un uso eficiente y asertivo de los bioestimulantes en la agricultura se requiere.
- c) Normativo. Generar o en su caso fortalecer una regulación coherente con bases científicas que facilite el acceso al mercado y garantice la eficacia y seguridad de los bioestimulantes crearía certidumbre.

3.9 Clasificación de los bioestimulantes

En la Figura 3 se observan diferentes tipos de bioestimulantes en las plantas.

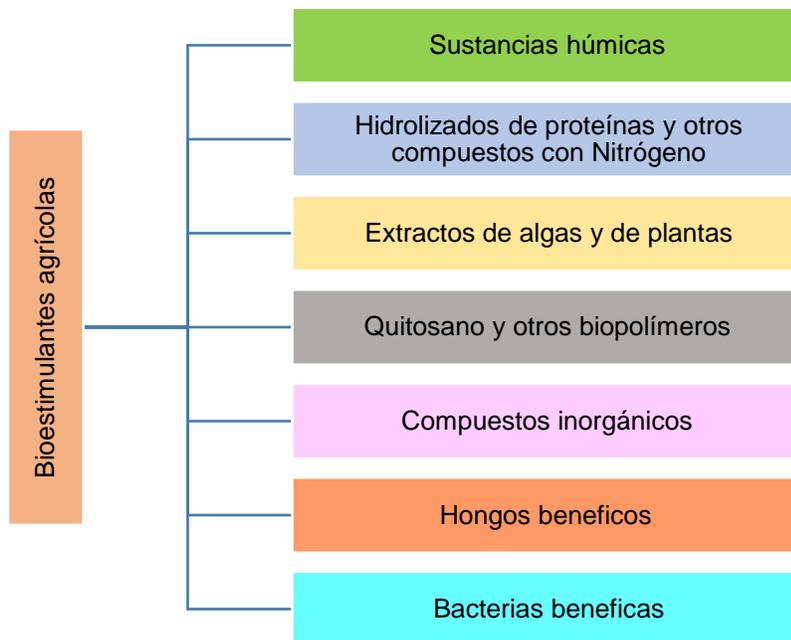


Figura 3. Tipos de bioestimulantes (Del Jardín, 2015).

3.9.1 Sustancias húmicas (SH)

En el suelo se puede encontrar el humus el cual es una fracción de la materia orgánica que ejerce en el suelo una serie de acciones físicas, químicas y biológicas que mejoran su fertilidad, al pasar por una fase de transformación genera un número elevado de ácidos orgánicos que, por sus características, se agrupan en ácidos húmicos y fúlvicos

o sustancias húmicas. Estas sustancias son de color oscuro, de naturaleza mayoritariamente hidrofílica, con propiedades de superficie y carga variable y con pesos moleculares elevados. Aproximadamente la mitad de la materia orgánica del suelo se encuentra en forma de sustancias húmicas que constituyen la mayor reserva de carbono de la biosfera. Los ácidos húmicos presentes en el suelo se componen de una mezcla de moléculas orgánicas complejas formadas por descomposición y oxidación de la materia orgánica (Simpson *et al.*, 2007). Por tanto, el proceso que origina los ácidos húmicos recibe el nombre de humificación.

Las SH actúan principalmente sobre las propiedades físicas y químicas del suelo. En el caso de las propiedades físicas del suelo se mencionan: formar agregados y mejorar la estructura del suelo, ya que se unen a las arcillas; favorecer la penetración del agua y su retención, disminuir la erosión y favorecer el intercambio gaseoso. Por su parte, el efecto de estas sustancias en las propiedades químicas del suelo es el aumento de la capacidad de intercambio catiónico (principalmente en suelos arenosos que carecen o es mínima esta propiedad), la reserva de nutrientes y la capacidad tampón que favorece la acción de los abonos minerales y facilita su absorción a través de la membrana celular de las raicillas. El efecto biológico de estas sustancias en el suelo es favorecer los procesos de mineralización, el desarrollo de la cubierta vegetal, servir de alimento para microorganismos y estimular el crecimiento de la planta.

Las SH suelen ser formulaciones líquidas se emplean habitualmente mediante el agua de riego o en pulverización foliar para incrementar la absorción y asimilación de los nutrimentos minerales, de tal forma que actúan sobre el cultivo incrementando el vigor, rendimiento y calidad de la producción. Al ser aplicado al suelo mejora sustancialmente las características agronómicas de este, su textura y estructura, porosidad y permeabilidad.

Los ácidos fúlvicos en particular, son moléculas de bajo peso molecular, extremadamente complejas, solubles en agua, ya sea a pH ácido o básico. Estos ácidos reflejan la naturaleza de las plantas y especies de los microorganismos que les dieron origen durante el proceso de humificación, por ello, el color amarillo rojizo o amarillo marrón que los caracteriza. Los ácidos fúlvicos, así como los ácidos húmicos actúan de manera similar en el suelo, ya que ambos incrementan la velocidad de germinación de las semillas y estimulan la proliferación de la microflora presente en el suelo.

Los efectos bioestimulantes derivados del uso de estas sustancias son variables ya que dependen de la fuente de las SH, las condiciones medioambientales de la descomposición, del cultivo que se aportan y del modo de aplicación. Desde siempre se ha establecido su efecto como mejoradores de fertilidad del suelo, actuando en sus propiedades, físicas químicas y biológicas.

Su efecto bioestimulante se refiere, además, al incremento en la absorción radicular que da lugar el aporte de SH al incrementar la capacidad de intercambio catiónico de los suelos, o al aumento de la disponibilidad del fósforo por la planta.

Se han descrito también efectos hormonales, aunque su modo de acción, en ese sentido no está todavía muy claro. Otro efecto bioestimulante es la protección frente a estrés como el oxidativo, al estimular la formación de compuestos del metabolismo secundario que confiere una mayor resistencia (Veobides-Amador *et al.*, 2018).

En el cultivo de fresa se han realizado múltiples estudios donde se han aplicado SH y han proporcionado buenos resultados como los que se muestran a continuación:

- En Argentina un estudio realizado en el cultivo de fresa (*Fragaria x ananassa*) realizado con el objetivo de evaluar el efecto de una enmienda orgánica líquida, rica en ácidos húmicos y fúlvicos (MO.14), aplicada sola o combinado con Biomix (activador biológico), en el rendimiento y calidad de fruta de cuatro cultivares de fresa donde los tratamientos fueron: MO.14 (en drench), MO.14 (en drench) + Biomix (foliar) y testigo (T) sin tratar y los cultivares: Benicia, Camino Real, Merced y San Andreas. Se evaluó el rendimiento (peso total de frutos/planta; Rto), número de frutos/planta (NF), peso medio de frutos comerciales (PMFC) y porcentaje de frutos podridos (%FP). El diseño fue un diseño completamente al azar con tres repeticiones de 30 plantas por cultivo y tratamiento. Se obtuvo en este experimento que los tratamientos mejoraron el Rto y NF, no así el %FP y PMFC (primaron efectos genotípicos). MO.14 arrojó valores de Rto y NF superiores a MO.14+Biomix. Las interacciones-cultivar fueron significativas para NF. Respecto a los cultivares, sobresalió Merced (Rto, PMFC) (Kieschbaum *et.al.* 2019).
- En otro estudio se evaluó un producto nuevo elaborado con sustancias húmicas (20g·L⁻¹) con un elevado porcentaje de ácidos fúlvicos (45%) conocido como SH Biomiméticas o SHB[®] al aplicarse por fertirriego se obtuvo una mayor precocidad

de la cosecha (4 días), un aumento en el rendimiento (cerca del 100%) y una disminución el consumo hídrico de las plantas, en comparación con plantas cultivadas sobre una solución nutritiva sin sustancias húmicas (Morard y Morard, 2006).

- En otro estudio realizado para evaluar los efectos de los ácidos húmicos extraídos de la vermicomposta y compararlos con la acción del ácido húmico comercial en combinación con una hormona de crecimiento vegetal comercial (ácido indolacético (IAA)) se realizó en fresa y otros cultivos, donde se obtuvo un alto incremento en el crecimiento de raíz y número de frutos de fresa (Arancon *et al.*, 2006).

3.9.2 Hidrolizados de proteínas y otros compuestos con Nitrógeno

Estos bioestimulantes poseen aminoácidos en diferentes composiciones: libres, en cadenas cortas (1-10 aminoácidos) oligopéptidos, o en cadenas largas (mayor de 10 aminoácidos) polipéptidos. Los aminoácidos son las unidades básicas que componen las proteínas y estas juegan un papel clave en todos los procesos biológicos como en el transporte y el almacenamiento, el soporte mecánico, la integración del metabolismo, el control del crecimiento y la diferenciación. Las plantas sintetizan los aminoácidos a través de reacciones enzimáticas por medio de procesos de aminación y transaminación. El primero de ellos es producido por sales de amonio absorbidas del suelo y ácidos orgánicos, producto de la fotosíntesis. La transaminación permite, además, producir nuevos aminoácidos a partir de otros preexistentes.

El número y orden de los aminoácidos en las proteínas determina las propiedades fisiológicas y biológicas de estas. Aunque el número de proteínas es muy amplio, estas están compuestas por tan solo 20 diferentes aminoácidos.

La estructura básica de un aminoácido se encuentra conformada por un grupo amino, un grupo carboxilo, un átomo de hidrógeno y un grupo R distintivo, unidos todos a un átomo de carbono central. Los diferentes aminoácidos se unen mediante enlaces peptídicos para formar las proteínas.

Estos enlaces unen el grupo carboxilo de un aminoácido y el grupo amino del siguiente amino ácido.

Las cadenas laterales o grupo R, difieren en tamaño, forma, carga, capacidad para formar enlaces de hidrógeno y reactividad química. De esta manera, los diferentes aminoácidos, pueden ser agrupados de acuerdo con las propiedades de estas cadenas:

- 1) Cadenas laterales alifáticas: glicina, alanina, valina, leucina, isoleucina y prolina;
- 2) Cadenas laterales hidroxialifáticas: serina y treonina;
- 3) Cadenas laterales aromáticas: fenilalanina, tirosina y triptófano;
- 4) Cadenas laterales básicas: lisina, arginina e histidina;
- 5) Cadenas laterales acídicas: ácido aspártico y ácido glutámico;
- 6) Cadenas laterales de amidas: asparagina, y glutamina y
- 7) Cadenas laterales de azufre: cisteína y metionina.

En el cultivo de fresa se han realizado múltiples estudios donde se han aplicado hidrolizados de proteínas y otros compuestos con N y han proporcionado buenos resultados como los que se muestran a continuación:

- En un estudio realizado en un cultivo de fresa en el municipio de Valle de Santiago, Guanajuato, México, se realizaron tres aplicaciones foliares de un producto elaborado a base de aminoácidos de nombre AMINON WSP® en la etapa vegetativa de la planta cada 25 días en tres concentraciones (50, 60 y 80 L en 100 L de agua) y sin él. Se encontró, que las plantas tratadas con aminoácidos alcanzaron una mayor altura de planta, mayor cantidad de flores y mayor cantidad y calidad de frutos en las tres concentraciones probadas con el producto elaborado con aminoácidos (MAFA, consultado junio 2022).
- Otro estudio realizado en la provincia de Tungurahua, Ecuador en un cultivo de fresa se realizaron aplicaciones de los bioestimulantes elaborados con aminoácidos Kuantum® y Organihum flower® y se encontró que con la aplicación de 30 cc de Organihu flower® proporcionó un tamaño de fruto 6.4 cm, tamaño ideal para una fresa de primera categoría; un pH óptimo del fruto de 5.0 que viene a ser equilibrado de acuerdo a los pH's óptimos de la fresa y una firmeza de los frutos de 0.60 kg·cm⁻² lo cual demostró que el bioestimulante actuó efectivamente.

- Un trabajo realizado en plantas de fresa var. Albión donde se expusieron a temperaturas bajo cero en las fases de brote blanco y plena floración demostró que las plantas al recibir aplicaciones de un biestimulante rico en aminoácidos (Terra-Sorb) incremento el número de flores sanas, número de frutos y peso de frutos en comparación con las plantas que no fueron tratadas con el producto (Zydlik *et al.*, 2021).

3.9.3 Extractos de algas y de plantas

Los fertilizantes de origen marinos fueron antiguamente utilizados en Oriente. Según varios documentos la utilización de los fertilizantes de origen marino apareció en Europa en el siglo IV (Cabioc, 1976). Especialmente las algas marinas, se han utilizado desde hace tiempo como aditivos para suelos. En 1979, dos biólogos marinos y un ingeniero mecánico descubrieron niveles altos de bioestimulantes presentes en las células del alga marina fresca, *Ecklonia maxima*.

En la actualidad existen varios tipos de algas a partir de las cuales se obtienen bioestimulantes, entre ellas el alga marina noruega (*Ascophyllum*), la cual se recoge fuera de las costas de Inglaterra, Irlanda, Noruega; Gulfweed (*Sargassum*), una planta del mar flotante que se siega fuera de la costa de Carolina del Norte; y Kelp (*Macrocystis gigante*) encontrada en el noroeste del Pacífico de Estados Unidos.

Los extractos purificados de algas contienen polisacáridos, alginatos o caragenatos, macronutrientes, esteroides, compuestos nitrogenados como la betaina y hormonas.

Las algas actúan sobre el suelo contribuyendo a la capacidad de retención de agua y la aireación del mismo, facilitando el intercambio iónico o fijando metales pesados. Además, promueven el desarrollo de la microflora del suelo.

En las plantas el incremento en la concentración de nutrientes, indican su efecto bioestimulante. El impacto en la germinación de semillas o la mejora del desarrollo vegetativo está asociado a su efecto estimulante en la producción de hormonas en las plantas.

El efecto bioestimulante de los productos formulados a base de algas marinas es el de aumentar el crecimiento de las plantas (Arthur *et al.*, 2003), adelantar la germinación de las semillas (El-Sheekh, 2000), retrasar la senescencia, reducir la infestación por

nemátodos e incrementar la resistencia de enfermedades fúngicas y bacterianas (Kuwada *et al.*, 1999), etc.

Los extractos de algas marinas son ricos en citoquininas y auxinas, fitoreguladores involucrados en el crecimiento y en la movilización de nutrientes en los órganos vegetativos (Hong *et al.*, 2007).

Otros beneficios de la aplicación de los extractos de algas en los cultivos, son los de mejorar el crecimiento de las raíces (Jones y Vanstanden, 1997), incrementar la cosecha de frutos y semillas (Arthur, 2003; Zurawicz *et al.*, 2004), e incrementar el grado de maduración de los frutos (Fornes *et al.*, 2002).

Activar las autodefensas de las plantas está basado en activar los mecanismos de defensa naturales presentes en la planta, que normalmente están en estado latente. La resistencia puede ser específica (relación gene a gene) o no específicas. El mayor interés está dedicado a las resistencias no específicas. Donde la resistencia puede ser inducida por varios agentes llamado según el origen elicitores bióticos o abióticos. Pudiendo ser bacterias, hongos, fragmentos de pared celular, fosetil de aluminio, glycoproteínas, harpinas y extractos de algas.

En el cultivo de fresa se han realizado múltiples estudios donde se han aplicado extractos de algas y han proporcionado buenos resultados como los que se muestran a continuación:

- Un estudio realizado por Yves (1998) demostró que la aplicación foliar de extractos de algas *Ascophyllum nodosum* redujo significativamente la infección por mildiu en hojas infectadas por *Phytophthora capsici* y *Plasmopara vitivola*.
- Otra investigación realizada por Sarhan e Ismael (2014) demostró que la aplicación de extractos de algas en el cultivo de fresa incrementó el contenido de sólidos solubles.

3.9.4 Quitosano y otros biopolímeros

La quitina es un polisacárido estructural de insectos, crustáceos y de la pared celular de algunos hongos. El quitosano, en cambio, es un derivado de la quitina obtenido por una reacción de N-acetilación, incompleta en la mayoría de los casos. Estos compuestos

son de gran interés en la industria agrícola, pues estructuralmente están formados por átomos de nitrógeno, alcanzando hasta un 8% de contenido del mismo.

Adicionalmente, la presencia de polímeros naturales en sus moléculas les provee características de biocompatibilidad, biodegradabilidad, no toxicidad, mayor absorción, entre otros (Majeti, 2000).

Según el objetivo la quitina o el quitosano pueden romperse en fracciones de menor peso molecular mediante procesos físicos y químicos, por ejemplo, para obtener quitooligosacáridos. Estos últimos, son ampliamente utilizados como aditivos en el suelo, como agentes antimicrobianos, antitranspirantes vegetales, para la protección de cultivos y estimulantes del crecimiento, es decir como bioestimulantes (du Jardin, 2012).

Aplicaciones en agricultura: la quitina, y especialmente su derivado más conocido el quitosano, son utilizados actualmente en una amplia gama de aplicaciones relacionadas directamente con la agricultura, como por ejemplo en la protección antifúngica de semillas y plántulas, como bioestimulante de crecimiento e inductor de mecanismos de defensa en plantas, en la protección post-cosecha de flores y frutos, en la fabricación de películas para embalaje de productos agropecuarios, etc.

La implementación de estos sistemas nanotecnológicos, que combinan la protección y la liberación controlada y eficiente de las sustancias biológicamente activas, puede permitir la disminución de los efectos ambientales y los costos económicos.

Un estudio reciente, relacionado con el crecimiento de tejidos vegetales, ha mostrado que el origen del quitosano es un aspecto importante. Los quitosanos procedentes de hongos necesitaron de dosis menores para la inducción de la diferenciación de tejidos de plantas de orquídeas que los oligómeros procedentes de caparzones de camarones (Nge *et al.*, 2006), lo cual no es del todo extraño. A este respecto se sabe que uno de los aspectos fundamentales en las propiedades fisicoquímicas del quitosano es su fuente de extracción.

Desde hace tiempo se ha comprobado que el quitosano induce reacciones de defensa en algunas plantas (Pearce y Ride, 1982), sensibilizándolas para responder más rápidamente al ataque de patógenos.

En el caso del quitosano se ha propuesto que esta sensibilización ocurre porque su presencia estimula mecanismos de defensa ya conocidos (Ait-Barka *et al.*, 2004), como por ejemplo la producción de quitinasas y glucanasas (Benhamou, 1996); la lignificación en hojas dañadas (Pearce y Ride, 1982) o intactas (Moerschbacher *et al.*, 1986); la generación de peróxido de hidrógeno (Lee *et al.*, 1999) o la formación de fitoalexinas en legumbres y plantas solanáceas (Cote y Hahn, 1994). Los compuestos que provocan este tipo de respuestas se conocen como inductores.

Es importante resaltar que en algunos casos la capacidad inductora del quitosano no sólo puede ser aprovechada para proteger la planta, sino que se puede utilizar para incrementar el rendimiento de alguna sustancia comercialmente importante, como algunos metabolitos secundarios en los casos del aceite esencial d-limoneno en algunos cítricos y el mentol en la menta (Lockwood *et al.*, 2007).

En el cultivo de fresa se han realizado múltiples estudios donde se ha aplicado quitosano y otros biopolímeros y han proporcionado buenos resultados como los que se muestran a continuación:

- En un estudio donde se aplicó 10 g de quitosano disuelto en 0.1 de Hidróxido de sodio (NaOH) y completado en un litro de agua destilada con una concentración de $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ se observó un aumento en la altura de las plantas tratadas, en el peso fresco y seco, en el número de hojas y coronas y en el área foliar con respecto al testigo. Al mismo tiempo cuando se estimaron los parámetros de calidad de fruto apreciaron valores promedio de vitamina C de $43.83 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, mientras que en los tratamientos testigos de $31.58 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ y en cuanto al contenido de antocianinas en todas las plantas tratadas con quitosano se obtuvo un valor promedio de $88.37 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$ y en las no tratadas de $80.93 \text{ mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$, por lo que obtuvieron diferencias significativas (Shams *et al.*, 2014).
- En otro trabajo se probaron las concentraciones de 2.5 y $5 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$ del producto comercial Chitosan care® compuesto por (Nitrógeno $1000 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, P_2O_5 $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, K_2O $500 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Fe $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Zn $100 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Cu $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$, Mn $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$ y B $50 \text{ mg} \cdot \text{L}^{-1}$) con varias aplicaciones a los 30, 60 y 90 días de trasplantados los estolones y se obtuvo un incremento significativo en el crecimiento vegetativo (longitud de la planta, número de hojas/planta, área foliar, crecimiento radicular, peso fresco y seco) así como en los atributos de

rendimiento (peso de la fruta, rendimiento temprano y total/planta) con las dos concentraciones empleadas, e indistintamente dichos autores consideraron como el tratamiento más efectivo el de 5 g·L⁻¹.

- En nuevas investigaciones, teniendo en cuenta que las infecciones por patógenos como *Botrytis cinerea* y *Rhizopus stolonifer* se producen en la etapa de desarrollo del cultivo y sus síntomas se desarrollan generalmente después de la cosecha, se han referido a las aspersiones de quitosán con una formulación comercial de un grado de desacetilación del 80-90%, una viscosidad de 0.08-0.12 (solución al 1% p/v), el peso molecular del monómero de hidrocloreto de d - glucosamina de 215,62 g·mol⁻¹ y el peso molecular del monómero de clorhidrato de N-acetil-d-glucosamina es de 257,66 g·mol⁻¹, desde la etapa de la floración hasta la maduración, como una estrategia fungicida para controlar la pudrición en postcosecha.
- Otro estudio demostró que el quitosán resultó un bioestimulante favorable para el crecimiento y desarrollo de la fresa ya que los tratamientos realizados en la precosecha, además de mejorar los rendimientos de la planta pudieron suplementar el uso de fungicidas convencionales en el control de la pérdida postcosecha de la fruta (Kessel, 2018).

3.9.5 Compuestos inorgánicos

Los químicos que promueven el crecimiento de las plantas y que pueden ser esenciales para algunas especies particulares, pero no son requeridos por todas las plantas se llaman elementos beneficiosos.

Entre los efectos beneficiosos se descubrió su función como: constituyente ya que fortalece las paredes celulares por los depósitos de sílice, como mejoradores de la tolerancia en condiciones ambientales definidas, como protectores al ataque de patógenos por el selenio y al estrés osmótico por el sodio. Otros efectos descritos en la literatura son la estimulación del crecimiento vegetativo, la mejora en la calidad del fruto o su efecto fungicida.

El silicio es un mineral que aún no se considera como esencial para la vida de las plantas, aunque viene tomando protagonismo en los últimos tiempos por su enorme potencial como protector mecánico en las aplicaciones foliares, haciendo que las células

fortalezcan su membrana celular como una especie de escudo mecánico frente a los ataques de plagas y enfermedades.

Sin embargo, no todo producto que contiene Silicio para aplicación exógena a las plantas es eficiente, esto porque es necesario que dicho mineral se encuentre de una forma molecular ideal para que la planta lo absorba y así poder realizar sus funciones adecuadamente, por ello se ha comprobado que el silicio es absorbido por las plantas bajo la forma de ácido monosilícico” (Yoshida, 1975 y Loué, 1988); de esta forma se puede ver la importancia en que el suministro del elemento Silicio este bajo dicha molécula; que a la postre se manifiesta con múltiples beneficios.

Así aplicaciones foliares o al suelo con Silicio en forma de ácido monosilícico, como una medida profiláctica, ha reducido y prevenido pérdidas contra muchos patógenos y, por lo tanto, ha limitado la dependencia de los fungicidas (Cherif *et al.*, 1994), en tal sentido se ha demostrado que hay posibilidad de reducir aplicaciones de pesticidas cuando se ha utilizado el Silicio (Si) en aplicaciones exógenas.

Luyckx *et al.* (2017) informa que el Si promueve que la planta mejore la resistencia a estrés biótico e incluyen compuestos defensivos tales como compuestos fenólicos, fitoalexinas y momilactonas.

Es así, como el Silicio no solamente puede servir de barrera ante la llegada de patógenos, sino que incentiva a que diferentes metabolitos secundarios se activen y generen respuestas de autodefensa natural, por ejemplo, una respuesta a esto es la formación de tricomas.

Sin embargo, no solamente el Silicio podría ser benéfico en cuando a la resistencia de enfermedades sino también respecto a algunas plagas en tanto que, Luyckx *et al.* (2017) cita a (Reynols, 2009), respecto a que el uso de silicio aumenta la abrasividad de los tejidos de las plantas y por lo tanto reduce la palatabilidad y digestibilidad de los herbívoros.

El fosfito de potasio por su parte es una molécula que se viene sintetizando en productos comerciales para aplicaciones foliares y al suelo, con fines de bioestimulación y no como nutriente de Potasio o Fósforo, esto debido a que su composición molecular no permite ser absorbido como mineral así, lo determinó (Lobato *et al.*, 2006), en su investigación que concluye con que el fosfito es más soluble que el fosfato, lo que hace que la

absorción de hojas y raíces sea más eficiente, por lo que las altas concentraciones pueden ser tóxicas para las plantas; entre tanto su función (el fosfato vs fosfito) es diferente al interior de la planta.

Por tanto, el uso del fosfito está siendo dirigido a la activación de las proteínas de resistencia que implican una defensa específica a diferentes hongos, el mismo autor continúa mostrando que el fosfito en las raíces inhibe directamente a los hongos *Phytophthora* y también estimula los mecanismos de defensa del patógeno en las plantas. Con ello, las plantas tienden a estar sanas si el uso desmedido de fungicidas para el control de enfermedades limitantes.

Así las aplicaciones de fosfitos al suelo han permitido controlar hongos que afectan las raíces de plantas, principalmente frutales y de igual forma aplicado foliarmente, permite mantener la planta más activa ante cualquier ataque de enfermedades de la hoja, e inclusive en muchas ocasiones los agricultores aplican esta clase de productos de forma inyectada, para que el producto sea conducido directamente por los ases vasculares y transporte en el menor tiempo posible.

De acuerdo a lo anterior se ha demostrado que “los compuestos de fosfito han sido reconocidos como excelentes fungicidas para controlar muchas enfermedades importantes de las plantas causadas por Oomycetes, particularmente *Phytophthora* sp.” (Morales-Morales *et. al.*, 2022).

Por otro lado, Daniel y Guest (2006) indican que los fosfitos de potasio logran inducir una respuesta de defensa en la planta ante la invasión del hongo por medio de un aumento de la actividad citoplasmática dentro de la célula vegetal; (Cortés, 2018), esto ratificando la activación de proteínas de resistencia, puesto que es allí en el citoplasma en donde se sintetizan.

Por su parte, Jackson *et al.* (2000) al inocular *Phytophthora* sp a plántulas de *Eucaliptus marginata*, determinaron que cuando las plantas son tratadas con fosfitos se elevó la concentración de enzimas involucradas en la defensa, específicamente fenil amoniacasa (PAL), Coenzima A-4 Ligasa (4-CL) y compuestos fenólicos; (Cortés, 2018). Estos metabolitos activados implican una planta vigorosa y con defensas listas a contrarestar o soportar ataques patógenos.

En el cultivo de fresa se han realizado múltiples estudios donde se han aplicado compuestos inorgánicos y han proporcionado buenos resultados como los que se muestran a continuación:

- En una investigación realizada por Cruz (2018) en el cultivo de fresas del cv. Festival donde se realizaron aplicaciones de 0, 1.0, 2.0, 3.0 y 4.0 mM de silicio al follaje y 1.0, 1.5, 2.0, 2.5 y 3.0 mM de silicio a la solución nutritiva en forma de metasilicato de sodio Na_2SiO_3 y donde las fresas fueron cultivadas en contenedores tipo “slap” con tezontle como sustrato y fibra de coco en una relación 2:1 y las aplicaciones al follaje se realizaron una vez por semana y diariamente en la solución nutritiva. Se obtuvo una baja acumulación de silicio en el cultivo siendo las hojas de fresa las que presentaron una mayor acumulación casi al doble que la concentración de este elemento en la raíz y corona. Las aplicaciones de silicio en el experimento modificó la absorción de otros elementos y las dosis foliares de 1.5 y 2.0 mM propiciaron una mayor transpiración y mantienen constante la tasa fotosintética.
- Un estudio realizado en el cultivo de fresa del cv Albión donde se realizaron aplicaciones al follaje de silicio en forma de SiO_2 demostró que las aplicaciones de $5.0 \text{ g Si}\cdot\text{L}^{-1}$ redujeron el porcentaje de incidencia y el porcentaje de efectividad biológica de *Botrytis cinerea* en el cultivo (Moreno-Guerrero *et al.*, 2017).

3.9.6 Hongos benéficos

Las plantas presentan una gran interacción con el microbioma del medio ambiente, generándose mutuamente beneficios, lo que ha derivado en el uso de los microorganismos como herramientas para el desarrollo de una agricultura sostenible. Así, se conocen como probióticos de plantas a los microorganismos promotores del crecimiento vegetal o PGPM (Plant Growth Promoting Microorganisms) utilizados y formulados en nuevos productos para su aplicación agronómica, por parte de la industria biotecnológica.

Los PGPM se definen como microorganismos ambientales ubicados en la rizosfera y que estimulan significativamente el crecimiento de las plantas (Puente *et al.*, 2011). La rizosfera es la porción de suelo que está fuertemente influenciada por las raíces de las plantas. Las plantas son capaces de excretar sustancias a través de la raíz y estas

sustancias atraen a bacterias, que quieren utilizarlas como fuente de nutrientes para su crecimiento, dando inicio de esta forma a una relación de beneficio mutuo.

Los PGPM son una herramienta muy útil en agricultura, tanto de forma directa como indirecta. De forma directa incrementan el crecimiento y la productividad vegetal facilitando la disponibilidad de recursos nutritivos para la planta o también pueden modular los niveles de hormonas vegetales o producirlos. De forma indirecta pueden disminuir o inhibir los efectos nocivos de diversos patógenos vegetales (Menéndez y García-Fraile, 2017). A su vez, protegen a la planta del estrés abiótico, como pueden ser las temperaturas extremas, el pH, la salinidad, la sequía, los metales pesados o la contaminación debida a pesticidas (Woo y pepe, 2018).

Los microorganismos, aparte de promover el crecimiento de las plantas, deben cumplir además una serie de criterios para ser designados como PGPM:

1. Que no invadan los tejidos internos de la planta.
2. Que puedan colonizar la superficie de la raíz.
3. Que alcance una elevada concentración microbiana en la rizosfera, de manera que puedan realizar el efecto deseado.
4. Que no afecte al hombre ni a otros microorganismos benéficos (Rodríguez, 2013)

Los hongos benéficos interactúan con las raíces de las plantas con las que están en simbiosis. En este grupo, existe un creciente interés por el uso de la micorriza para promover la agricultura sostenible, considerando los beneficios ampliamente aceptados de la simbiosis en la eficiencia nutricional, en el balance hídrico y la protección contra el estrés biótico y abiótico de las plantas y por tanto entrarían dentro del concepto bioestimulante.

Las limitaciones principales de su uso radican en la dificultad técnica de propagarlos a gran escala, fundamentalmente por la falta de comprensión de los determinantes de las especificidades del huésped y la dinámica poblacional de micorrizas en los agrosistemas. Sin embargo, otros hongos endófitos, como el *Trichoderma* ssp. (Ascomycota) y *Sebacinales* (Basidiomycota), distintas de las especies micorrizas, son capaces de vivir al menos parte de su ciclo de vida lejos de la planta, colonizar raíces y, como se ha demostrado recientemente, transferir nutrientes a sus huéspedes, utilizando

mecanismos que se desconocen. Estos hongos, por lo tanto, están recibiendo cada vez mayor atención, tanto como inoculantes de plantas más fáciles de multiplicar *in vitro*, como organismos modelo para diseccionar los mecanismos de transferencia de nutrientes entre endosimbiontes fúngicos y huéspedes.

Las especies de *Trichoderma* pueden inhibir fácilmente a los patógenos fúngicos. Primero, compiten por los nutrientes y el espacio con los hongos fitopatógenos. Segundo, actúan como micoparásitos al ser atraídos por las enzimas de los patógenos vegetales, hospedándose y creciendo en ellos por quimiotropismo. El hongo benéfico se enrolla o crece a lo largo de la hifa del huésped formando estructuras angostas que ayudan a penetrar la pared celular del huésped. Esto hace que la pared celular se degrade, inhibiendo el desarrollo del patógeno. Tercero, actúan como antagonistas produciendo micotoxinas que pueden desactivar enzimas producidas por los fitopatógenos; y cuarto, el *Trichoderma* activa el mecanismo de defensa de la planta induciendo la señalización de defensas, algo muy efectivo contra una gama de patógenos tanto en etapas de preinfección así como en postinfección.

Otro de los mecanismos de acción de *Trichoderma* que beneficia a la planta es la dilución de fosfatos y nutrientes. Por medio de la producción de ácidos orgánicos como ácido glucónico, fumárico y cítrico se disminuye el pH del suelo y se permite la solubilización de fosfatos, así como también de micro y macronutrientes tales como el hierro, el manganeso y el magnesio que son vitales para el metabolismo de las plantas. Esto facilita su asimilación y promueve su crecimiento.

Existen pruebas que demuestran que *Trichoderma* puede promover el crecimiento de las plantas hasta en un 300%. Además, la capacidad de las cepas de *Trichoderma* para inducir un mayor sistema de raíces y mejorar la salud de las plantas proporciona más nichos para el crecimiento del hongo (Consultado sitio web de Koppert).

En el cultivo de fresa se han realizado múltiples estudios donde se han aplicado hongos benéficos y han proporcionado buenos resultados como los que se muestran a continuación:

- En un experimento de fresa realizado para evaluar la incidencia de *Botrytis cinerea* se realizaron inoculaciones de dos cepas de trichoderma (*Trichoderma harzianum* y *T. lignorum*) en fresas var. Camino Real y Ventana en dosis

comerciales. Se observó que el testigo mostró una incidencia del hongo botritis del 60%, mientras que con la aplicación de *T. harzianum* y *T. lignorum* se obtuvo una incidencia de 33% y frutos con mayor firmeza (9.1 N) lo que propició un mejor manejo de postcosecha. Así mismo, con las aplicaciones de *T. lignorum* se obtuvo frutos de fresa más grandes y con mayor tonalidad roja (Álvarez-Herrera, *et al.*, 2014).

- Plántulas de *Fragaria x annanassa* Duch. cv. Fern obtenidas por cultivo *in vitro* fueron inoculadas con tres especies de hongos micorrízicos del género *Glomus*, para evaluar su efecto en la promoción de la formación de estolones y plantas hija, así como en su concentración de nitrógeno (N) y fósforo (P). La inoculación produjo en promedio mayor número de estolones (2.6 planta⁻¹) y plantas hija (6.2 planta⁻¹) en la planta madre, mientras que en el testigo sólo se presentaron 1.4 estolones y 3.8 plantas hija planta⁻¹. Se observaron diferencias en volumen y peso seco radical de las plantas inoculadas, aunque significativamente menores que las de plantas testigo; mientras que no se presentaron diferencias significativas en el peso seco de la parte aérea. Se observó mayor relación raíz:parte aérea en plantas no inoculadas, la cual no fue significativa a la de plantas inoculadas. La concentración foliar de N y P fue mayor en plantas hijas de plantas madre inoculadas. Los hongos permitieron mayor capacidad de propagación de plantas madre y del mismo modo se observaron efectos significativos en el crecimiento y la nutrición de las plantas hija unidas a plantas madre inoculadas (Alarcón *et al.*, 2000).
- En un estudio realizado *in vitro* con hongos que causan deterioro en postcosecha (*Rhizopus stolonifer*, *Mucor* spp., *Penicillium digitatum*, *Rhizoctonia solani*, *Aspergillus niger* y *Pythium* spp.) para el cultivo de fresa encontró que el hongo *Trichoderma harzianum* es un excelente biocontrolador de hongos postcosecha en frutos de fresa a través del parasitismo como mecanismo de acción, es decir debe aplicarse antes de la cosecha para disminuir pérdidas durante el transporte y en los sitios de venta (Guédez *et al.*, 2012).

3.9.7 Bacterias benéficas

Hay bacterias que presentan la capacidad de mejorar el desarrollo de las plantas las cuales se denominan 'bacterias promotoras del crecimiento vegetal' (PGPR) como las endosimbiontes mutualistas del tipo *Rhizobium* y rizobacterias y presentan diferentes aspectos de su metabolismo o biología que les hacen interesantes desde el punto de vista agrícola. Estos son los llamados mecanismos de promoción del crecimiento vegetal que pueden dividirse en directos o indirectos en función de cómo la bacteria ejerza su efecto sobre la planta.

Los mecanismos directos realizan su acción mediante el aporte de nutrientes, o la síntesis de un compuesto determinado con acción directa sobre la planta o sobre la adquisición de un recurso. Entre ellos tenemos la fijación de nitrógeno atmosférico, la solubilización de fosfato o potasio, la producción de sideróforos o la producción de fitohormonas, siendo la más común la producción de auxinas, aunque también de citoquininas y de giberelinas. De ellos, la fijación de nitrógeno y la solubilización de fosfato o potasio permiten incrementar la cantidad disponible de estos elementos para el cultivo, reduciendo la cantidad de fertilizante a utilizar y aprovechando los recursos disponibles en el suelo. Los sideróforos son moléculas capaces de secuestrar el hierro insoluble del suelo y la captación del complejo formado depende de receptores específicos presentes tanto en bacterias como en plantas por lo que estas últimas son capaces de valerse de la producción de estas moléculas para conseguir hierro del suelo de una manera eficiente. La producción de fitohormonas consiste en un efecto fitoestimulador, aportando cantidades equilibradas de estas moléculas, por ejemplo, auxinas, siendo este un mecanismo extendido entre los microorganismos de la rizosfera que induce en la planta un mayor desarrollo radicular y una elongación del sistema aéreo. La producción de giberelinas y citoquininas también ha sido detectada en algunas bacterias aisladas a partir de entornos vegetales,

Los PGPR son multifuncionales e influyen en todos los aspectos de la vida vegetal: nutrición y crecimiento, morfogénesis y desarrollo, respuesta al estrés biótico y abiótico de interacción con otros organismos en los agroecosistemas. Sin embargo, los usos agrícolas de los PGPRs están restringidos por su complejidad, por las respuestas variables de los cultivares de plantas por las respuestas variables de los cultivares de plantas y los ambientes receptores. También las dificultades técnicas asociadas con la formulación de los inoculantes dan lugar a resultados inconsistentes en la práctica. A

pesar de esto, el mercado, el mercado mundial de bioestimulantes bacterianos está creciendo y los inoculantes PGPR se consideran ahora como algún tipo de probióticos de las plantas, es decir, contribuidores eficientes a la nutrición e inmunidad de las plantas (Flores-Félix *et al.*, 2021).

En el cultivo de fresa se han realizado múltiples estudios donde se han aplicado bacterias benéficas y han proporcionado buenos resultados como los que se muestran a continuación:

- Con el objetivo de probar si los extractos acuosos de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* promueven el desarrollo vegetativo y radicular en *Fragaria ananassa*. Se realizó un estudio bajo un diseño de bloques al azar con seis tratamientos en plantas de *F. ananassa* cultivadas en maceta en condiciones de vivero: plantas testigo solo riego con agua potable, plantas con extractos acuoso de *V. sphaerocephala* (concentraciones al 10% y 15%), plantas con extractos acuoso de *V. fastigiata* (Concentraciones al 10% y 15%) y Volvox. Se evaluó número de hojas, ancho de la hoja, largo de la hoja, número de flores, número de botones, número de frutos, número de coronas, peso fresco y longitud de raíz. También fue calculado el índice para determinar la eficiencia agronómica. Los resultados obtenidos mostraron evidencia que la aplicación de extractos acuosos de las especies de *V. sphaerocephala* y *V. fastigiata* pueden ser una alternativa viable como potencial agrícola ya que fue evidente un buen desarrollo en todas las etapas fenológicas del cultivo.
- Con el biofertilizante de *Rhizobium etli* se han presentado beneficios adicionales en el frijol; por ejemplo, en general una mejor salud de la planta, mayor vigor, menos ataque de plagas como mosquita blanca, menor tasa de picado de semilla por gorgojo y un ciclo vital ligeramente más corto. Estos efectos necesitan reconfirmarse y determinar su magnitud. El biofertilizante se está utilizado también con fríjol como cultivo de cobertura asociado a acacias nativas en ensayos de manejo integral sustentable, para obtener grano y leña, en Morelos, México. Adicionalmente, se ha experimentado con cultivos distintos al fríjol y se han observado también varios de los beneficios mencionados. Hay reportes publicados de que *Rhizobium* puede beneficiar, no precisamente por fijación de nitrógeno, a cultivos de hortalizas como betabel y zanahoria, también se ha encontrado asociado a la rizósfera y espacios intercelulares de maíz en la milpa

tradicional. Se requiere realizar más trabajo, no sólo en estos temas, sino también en la búsqueda de sustratos de bajo costo disponibles localmente, en producir biofertilizantes para otras leguminosas como alfalfa, soya, chícharo, haba y lenteja con aislados efectivos de las regiones de cultivo, probar combinaciones de organismos benéficos (*Rhizobium*-micorriza, *Azospirillum*-micorriza, *Azospirillum-Rhizobium* u otros como *Bacillus-Azospirillum*) y sus efectos, así como extender la vida útil de las presentaciones comerciales, etc. (Peralta-Díaz, 2007).

- La empresa Koppert Biological Systems en Holanda cuenta con un producto denominado Trianum-P que se puede encontrar en México y ha demostrado que al aplicarse de forma en las raíces de las plantas logra los siguientes resultados:
- Reducción de la incidencia de las enfermedades mencionadas.
- Mayores rendimientos.
- Mayor peso fresco y peso seco de las partes superficiales y subterráneas de la planta.
- Mejor desarrollo de las flores.
- Finalmente, se observa un sistema de raíces mejor desarrollado y un crecimiento más uniforme de los cultivos. Esto ocurre incluso cuando las condiciones del cultivo no son las óptimas.
- En la universidad de Salamanca España, un grupo de investigadores en microbiología inocularon plantas de fresa con de dos cepas de los géneros *Rhizobium* y *Phyllobacterium* y encontraron tanto en invernadero como en campo que estas bacterias, ejercían un efecto positivo en las plantas mejorando parámetros tanto vegetativos como productivos. Se obtuvo un incremento cercano al 100% en el número medio de estolones por planta, así como una mayor longitud de los mismos en las plantas que había sido tratadas con estas bacterias. Además, se incrementó el número de flores y frutos por planta, el tamaño radicular y las plantas inoculadas con bacterias presentaba un mayor desarrollo foliar que las plantas control sin inoculación bacteriana. También se observó que las plantas inoculadas presentaban una productividad

mayor no sólo por el incremento en el número de frutos, sino por un incremento en el peso medio de los frutos de entre el 30% y el 20%. A su vez, el análisis elemental de los frutos mostró un incremento en la concentración de nitrógeno, fósforo y potasio, más destacable en los frutos provenientes de las plantas tratadas con *Phyllobacterium*. Sin embargo, los resultados más destacables fueron que las plantas inoculadas con *P. endophyticum* presentaban un incremento en la concentración de vitamina C, siendo este un aspecto que no había sido descrito con anterioridad, y que abre las puertas a la mejora no sólo a nivel productivo sino también cualitativo, donde la bioestimulación bacteriana puede jugar un papel fundamental (Flores-Félix *et al.* 2018, Canales sectoriales Interempresas Consulta 2022).

- En un estudio realizado en fresa (*Fragaria × ananassa* Duch.) se analizó el efecto de bioactivos con dos cepas bacterianas (PEPV15 y PEPV16, de los géneros *Phyllobacterium* y *Rhizobium*) en condiciones de campo. Demostró que el contenido de antocianinas aumentó cuando las plantas se biofertilizaron con la cepa PEPV15 y el contenido de pelargonidin-3- O - rutinósido aumentó significativamente. Además, los contenidos de ácido cítrico, vitamina C y epicatequina fueron significativamente mayores cuando se utilizó cualquiera de las dos cepas como biofertilizante. Dicho estudio mostro que la inoculación con cepas de *Phyllobacterium* y *Rhizobium* es una buena práctica agronómica, que mejoran el contenido de varios compuestos bioactivos de las fresas aumentando los efectos beneficiosos sobre la salud humana (Flores-Félix, *et. al.*, 2018).

IV. CONCLUSIÓN

Si bien los bioestimulantes son productos de composición y acción muy diversa en las plantas que se han utilizado para mejorar la tolerancia al estrés, mejorar la nutrición de la planta y mejorar la calidad y rendimiento de los cultivos, es reciente su designación. Es por ello que en el mercado y de manera experimental, se han desarrollado múltiples sustancias bioestimulantes que han proporcionado resultados exitosos en la producción de fresa como las presentadas en este trabajo. Sin embargo, aún faltan realizar y reportar mayores investigaciones al respecto que sean de utilidad para los interesados en este cultivo.

V. LITERATURA CITADA

- Acuña C. J. F. 2020. Fresa (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). Manual de recomendaciones técnicas para su cultivo en el departamento de Cundinamarca. Bogotá, Colombia. 92 p.
- Ait-Barka E., Eullaffroy P., Clément C. and Vernet G. 2004. Chitosan improves development and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. Plant Cell Report; 22:608-614.
- Alarcón A., Ferrera-Cerrato R., González-Chávez M.C. y Villegas-Monter A. 2000. Hongos micorrizicos arbusculares en la dinámica de aparición de estolones y nutrición de plantas de fresa cv. Fern obtenidas por cultivo *in vitro*. Terra Latinoamericana; 18 (3): 211-218.
- Álvarez- Herrera G. J., Merchán-Gaitán J. V. y Ferrucho R. Lilia. 2014. Efecto de dos cepas de *Trichoderma* en el control de *Botrytis cinerea* y la calidad del fruto en fresa (*Fragaria* sp.). Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas; 8:44-56.
- Altamirano H. R.C. 2004. El cultivo de la fresa para el ciclo otoño-invierno, en California, E.U. de Norteamérica. Universidad de Guadalajara. Zapopan, Jalisco. 70 p.
- Arancon N. Q., Edwards C. A. Lee S. y Byrne R. 2006. Efectos de los ácidos húmicos de vermicompostas en el crecimiento de las plantas. Revista Europea de Biología del Suelo; 42:65-69.
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1164556306000379>
- Arthur G. D., Stirk W. A. y Vanstaden J. 2003. Effect of a seaweed concentrate on the growth and yield of three varieties of *Capsicum annum*. South African Journal of Botany; 69:207-211.
- Apoyos y Servicios a la Comercialización Agropecuaria. 1998. *Revista Claridades Agropecuarias*, num. 5, marzo.
- Basurto S. M., Nuñez B. A., Pérez L. R. R. y Hernández R. O. A. 2008. Fisiología del Estrés Ambiental en Plantas. Facultad de Ciencias Agrotecnológicas/Universidad Autónoma de Chihuahua. 2008. Synthesis 48. Aventuras del pensamiento. Pp. 1-5. Octubre-diciembre.
- Benavides, M. A. 2002. Ecofisiología y química del estrés en plantas. Departamento de Horticultura. UAAAN. 2002.
- Bonilla C. C. R. 2011. Cartillas del Corredor Tecnológico Cultivando su Futuro, Universidad Nacional de Colombia, Corredor Tecnológico Agroindustrial; Bogotá.
- Cabioch J. 1976. Utilisation des Algues. Skol-Vreiz; 45:20-24.
- Cote and Hahn. 1994. Oligosacarinas: estructura y transducción de señales. Springer. Dordrecht. 143-175.

Cortés K.G., Calvo M.C., Granados X.M. 2018. Efecto de fosfitos de potasio sobre *Phytophthora* sp. y parámetros de crecimiento en plantas de piña (*Ananas comosus* var. *comosus*). Revista AgrolInnovación en el Trópico Húmedo; 1: 10-24.

Chérif M., Benhamou N., Menzies J.G. and Bélanger R. 1992. Silicon induced resistance in cucumber plants against *Pythium ultimum*. Physiol. Mol. Plant Pathol; 41, 411–425. doi: 10.1016/0885-5765(92)90053-X

Cruz Hipólito Juan Pablo. 2018. Respuesta agronómica y fisiológica de la fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) a la aplicación de silicio. Tesis de maestría. Colegio de Posgraduados, México. 91 p.

Daniel R. and Guest D. 2006. Defence responses induced by potassium phosphonate in *Phytophthora palmivora*-challenged *Arabidopsis thaliana*. Physiological and Molecular Plant Pathology; 67:194-201. <https://doi.org/10.1016/j.pmp.2006.01.003>

Del Jardín P. 2015. Bioestimulantes vegetales: Definición, concepto, principales categorías y regulación. Ciencia Horticultura; 196:6-14.

du Jardin, P., 2012. La ciencia de los bioestimulantes vegetales: un análisis bibliográfico. Informe de estudio ad hoc a la Comisión Europea DG ENTR. http://ec.europa.eu/enterprise/sectors/chemicals/files/fertilizers/final_report_bio_2012_en.pdf .

El-Sheekh M. M. and El-Saied A.E.F. 2000. Effect of crude seaweed extracts on seed germination, seedling growth and some metabolic processes of *Vicia faba* L. Cytobios 101: 378 – 382.

FAOSTAT. 2020. Base de datos estadísticos de la FAO. <http://www.fao.org/faostat/es/#data>.

Fornes F., Sánchez. Perales M. y Guardiola J. L. 2002. Effect of a seaweed extract on the productivity of 'de Nules' clementine mandarin and Navelina orange. Botanica Marina; 45:486-489.

Flores-Félix J.D., Velázquez E., García-Fraile P González-Andrés F, Silva L. R. y Rivas R. 2018. Los inoculantes bacterianos *Rhizobium* y *Phyllobacterium* aumentan los compuestos bioactivos y la calidad de las fresas cultivadas en condiciones de campo. Investigación internacional de alimentos; 111:416-422.

Flores-Félix J.D., Martínez-Molina E., Silva L. R., Velázquez E y Rivas R. 2021. Empleo de biofertilizantes bacterianos para la mejora nutricional de fresa. Canales sectoriales Interempresas.

Hong D. D., Hien H.M. Hijo P.N. 2007. Algas marinas de Vietnam utilizadas para alimentos funcionales, medicinas y biofertilizantes. Journal of applied phycology; 19(6). 817-826.

Guédez, C.; Cañizalez, L. M.; Castillo, C. y Olivar, R. 2012. Evaluación *in vitro* de aislamientos de *Trichoderma harzianum* para el control de *Rhizoctonia*

solani, *Sclerotium rolfsii* y *Fusarium oxysporum* en plantas de tomate. Rev. de la Sociedad Venezolana de Microbiología; 3(32):44-49.

Jackson TJ, Burgess T, Colquhoun I and Hardy GESTJ. 2000. Action of the fungicide phosphite on *Eucalyptus marginata* inoculated with *Phytophthora cinnamomi*. Plant Pathology 49:147-154. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3059.2000.00422.x>

Jones, N. B. and Vanstaden, J. 1997. The effect of a seaweed application on the rooting of pine cuttings South Afr. J. Bot.; 63:141-145.

Kessel D. A. 2018. Potencialidades del quitosano para la fresa. Usos en la mejora y conservación de los frutos. Cultrop. 39: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0258-59362018000100020#:~:text=La%20quitosana%20resulta%20un%20bioestimulante,p%C3%A9rdida%20postcosecha%20de%20la%20fruta.

Kieschbaum D.S., Heredia A. M., Funes C. F. y Quiroga R.J. 2019. Efectos de aplicaciones de bioestimulantes en el rendimiento y la calidad del cultivo de frutilla o fresa. Horticultura Argentina; 38 (95):25-40.

Koppert. Consulta noviembre 2023. <https://www.koppert.mx/noticias-item/por-que-utilizar-especies-de-trichoderma-es-una-excelente-idea-para-proteger-las-raices-de-tus-cultivos/>

Kuwada K. T., Ishii I., Matsushita I., Matsumoto y Kadoya K. 1999. Effect of seaweed extracts on hyphal growth of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and their infectivity on trifoliolate orange roots Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 68:321-326.

Lee Y-J., Chung C.H., and Day, D.F. 1999. Sugarcane bagasse oxidation using a combination of hypochlorite and peroxide. Bioresource Technology; 100:935-941

Lockwood G.B., Supawan B., Thanapat S., Nijsiri R. 2007 Producción de d-limoneno en cultivos en suspensión de *Citrus Japonica* provocados por quitosano. Journal of Essential Oil Research; 19(2):113-116

Loué, A. 1988. Los microelementos en la agricultura. Silicio. Ed. Mundi-Prensa, Brasil. pp. 208-211.

Lobato M. C., Olivieri F. P., González Altamiranda E.A., Wolski E.A., Daleo G. R., Caldiz D. O. y Andreu A. B. 2008. Phosphite Compounds Reduce Disease Severity in Potato Seed Tubers and Foliage. European Journal of Plant Pathology; 122(3): 349-358. <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-008-9299-9>

Luyckx M., J. F. Hausman, Lutts S. Y Guerrero G. 2017. Silicio y Plantas: Conocimiento Actual y Perspectivas Tecnológicas. Ciencia de la planta frontal; 8:411 doi: 10.3389/fpls.2017.00411.

Majeti N.V. R. K. 2002. A review of chitin chitosan applications. Reactive and functional polymers. 16:1-17 [https://doi.org/10.1016/S1381-5148\(00\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S1381-5148(00)00038-9)

Martínez-Bolaños M., Nieto-Angel D., Téliz-Ortiz D., Rodríguez-Alcazar J., Martínez-Damian Ma. T., Vaquera-Huerta H., Carrillo-Mendoza O. 2008. Comparación cualitativa de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) de cultivares mexicanos y estadounidenses. *Revista Chapingo Serie Horticultura*; 14(2): 113-119.

MAFA Consulta junio 2022. <https://www.mafa.es/los-aminoacidos-de-aminon-wsp-eficaces-biofertilizantes-para-la-fresa/>

Menéndez E. and García-Fraile P. 2017. Plant probiotic bacteria: solutions to feed the world. *AIMS Microbiol.* 3(3): 502-524.

Moerschbacher B., Kogel K. H., Noll U., Reisener H.J. 1986. An Elicitor of the Hypersensitive Lignification Response in Wheat Leaves Isolated from the Rust Fungus *Puccinia graminis* f. sp. *tritici* I. Partial Purification and Characterization. *Zeitschrift für Naturforschung.* 830-838.

Morard M. y Morard P. 2006. Las sustancias húmicas mejoran la calidad de fresa. *Fertilizantes y nutríficos.* *Revista Horticultura*; 193: 20-23.

Morales-Morales E. J., Martínez-Campos A. R., López-Sandoval J. A. y Rubí-Arriaga M. 2022. Los fosfitos y sus aplicaciones en la agricultura. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.*; 13(2): <https://doi.org/10.29312/remexca.v13i2.2906>

D. Moreno, E. Santiago, R. Vilchis, J. Martínez, L. Trejo y S. Leyva. 2017. Silicio en el control de *Botrytis cinerea* en fresa (*Fragaria x ananassa* Duch.) en hidroponía. En: *Ciencias de la Biología, Agronomía y Economía.* F. Pérez, E. Figueroa, L. Godínez, R. Pérez (eds.) *Handbook T-II.*- ©ECORFAN, Texcoco de Mora, México. Pp 13-19.

Nge K.L., New N., Chandkrachang S. and Stevens W.F. 2006. Chitosan as a growth stimulator in orchid tissue culture. *Plant Science*; 170:1185-1190.

Pearce, R. B. and J. P. Ride. 1982. Chitin and related compounds as elicitors of the lignification response in wounded wheat leaves. *Physiological and Molecular Plant Pathology*; 20:119–123.

Peralta-Díaz, H. 2007. *Azospirillum*, *Micorrizas* y *Rhizobium*. *Biofertilizantes Microbianos para una Agricultura Sustentable* En: *Agricultura Sustentable y Biofertilizantes.* Edts. Lira-Saldivar y Medina-Torres. Editorial Serna. Monterrey, Nuevo León, México.

Puente M, García J, Rubio E, Peticari A. 2011. Microorganismos promotores del crecimiento vegetal empleados como inoculantes en trigo. *Misecelánea*; 116: 89-92.

Ravi Kumar M.N.V. 2000. Una revisión de las aplicaciones de quitina y quitosano. *Polímeros reactivos y funcionales*; 46:1-27. [https://doi.org/10.1016/S1381-5148\(00\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S1381-5148(00)00038-9)

Reynolds O. L. 2009. Resistencia de las plantas a los insectos herbívoros aumentada con silicio: una revisión. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2009.00348>.

Rodríguez-Navarro D.N., Dardanelli M.S., Ruiz-Sainz J.E. 2007. Fijación de bacterias a las raíces de las plantas superiores. *FEMS Microbiol Lett.* ; 272:127–136.

Ruíz C. J. A., Medina G. G., González A. I. J., Flores L. H. E., Ramírez O. G., Ortiz T C., Byerly M. K. F., Martínez P R. A. 2013. Requerimientos agroecológicos de cultivos. INIFAP, Jalisco, México. P 206-210.

Sarhan, T.Z. y Ismael, S.F. 2014. Effect of low temperature and seaweed extracts on flowering and yield of two cucumber cultivars (*Cucumis sativus* L.). International Journal of Agricultural and Food Research; 3(1): 41-54.

Shams A, A. Abo - Sedera F, Abo El - Yazied A, El Nagar M, S. EL-Badawy M. 2014. Effect of foliar spray with some safety compounds on growth, productivity and quality of some strawberry cultivars. J. Plant Production, Mansoura Univ.; 5(8):1419-32.

Simpson A. J., G. Song, E. Smith, B. Lam, E. H. Novotny & M.H.B. Hayes. 2007. Unraveling the Structural components of soil humin by use of solution-state nuclear magnetic resonance spectroscopy. *Environ. Sci. Technol*; 41: 876-883.

SIACON. 2019. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta. Modulo agrícola estatal del SIACON-NG. México: SIAP-SADER. <https://www.gob.mx/siap/documentos/siacon-ng-161430>.

UCCE (Universidad de California Extensión Cooperativa). 2016. Muestra de costos para producir y cosechar fresa. Davis California. 20 p.

Veobides-Amador H., Guridi-Izquierdo F. y Vázquez-Padrón V. 2018. Las sustancias húmicas como bioestimulantes de plantas bajo condiciones de estrés ambiental. *cultivo*. 39(4):102-109.

Yoshida S. 1975. The physiology of silicon on rice. Technical Bulletin. Food and Fertilizer Technology Center (FFTC). Taipei, Taiwán. 27 p.

Yves L. A. 1998. A comparison of eighth extractants for potassium magnesium, calcium, sodium, magnese and zinc. *Comm. soil Sci. plant anal.*, 9:477-492.

Woo SL, Pepe O. 2018. Microbial Consortia: Promising Probiotics as Plant Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Front Plant Sci.*; 9 (1801):1-6.

Zydlik P., Zydlik Z. y Wieczorek R. 2021. La eficacia del uso de un preparado que contiene aminoácidos en el cultivo de fresas en condiciones de estrés térmico. *Revista polaca de agronomía*; 44:39–43.
DOI: <https://doi.org/10.26114/pja.iung.429.2021.44.06>.