



EDUCACIÓN
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



TECNOLÓGICO
NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tlajomulco



TESIS

CON EL TEMA:

**“EFECTO DE BIOESTIMULANTES A BASE DE ALGAS MARINAS
(*Macrocystis pyrifera*) EN EL CULTIVO DE FRAMBUESA (*Rubus
ideaus*)”**

QUE PRESENTA:

JAIME ROMAN SANTANA CANDELARIO

ASESOR:

MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA

REVISORES:

**MC. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ
LA. GLORIA SUSANA NAVARRO CARDONA**

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

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. SEPTIEMBRE, 2024.

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **29/Agosto/2024**

No. DE OFICIO: D.SA/981/2024
ASUNTO: Autorización de impresión definitiva y digitalización.

**C. JAIME ROMAN SANTANA CANDELARIO
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERIA EN AGRONOMÍA
P R E S E N T E**

Dado que el Comité dictaminó como **APROBADA** su TITULACIÓN INTEGRAL: OPCIÓN I (TESIS), con el tema **"EFECTO DE BIOESTIMULANTES A BASE DE ALGAS MARINAS (*Macrocystis pyrifera*) EN EL CULTIVO DE FRAMBUESA (*Rubus ideaus*)"** y determinó que da cumplimiento con los requisitos establecidos, se le notifica que tiene la autorización para su impresión definitiva y digitalización.

Sin otro particular quedo de usted.

ATENTAMENTE

Excelencia en Educación Tecnológica®
Educativa para la Sociedad Actual y los Retos

**C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRIGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL**



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

MIBR/**PN**/VHPS/mjhc
JP



Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, **27/Agosto/2024**

No. DE OFICIO: D.SA/DCA/296/2024
ASUNTO: Liberación de proyecto para
la titulación integral.

MTI. VIOLETA HAIDE PLAZOLA SOLTERO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
PRESENTE

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

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	JAIME ROMAN SANTANA CANDELARIO
NO. DE CONTROL:	20940073
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
NOMBRE DEL PROYECTO:	"EFECTO DE BIOESTIMULANTES A BASE DE ALGAS MARINAS (<i>Macrocystis pyrifera</i>) EN EL CULTIVO DE FRAMBUESA (<i>Rubus ideaus</i>)"

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

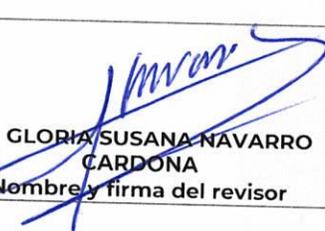
ATENTAMENTE

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



S.E.P.
TECNM
14DT0003B
TLAJOMULCO
CIENCIAS
AGROPECUARIAS

MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

 MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA Nombre y firma del asesor	 MC. FAUSTINO RAMIREZ RAMIREZ Nombre y firma del revisor	 LA. GLORIA SUSANA NAVARRO CARDONA Nombre y firma del revisor
---	---	---

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



CARTA DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco; a los 29 días del mes de Agosto del 2024.

A QUIEN CORRESPONDA

PRESENTE

Por medio del presente documento me permito otorgar la cesión de derechos de autor. Yo, **JAIME ROMAN SANTANA CANDELARIO** egresado del programa de Licenciatura: **Ingeniería en Agronomía** y con número de control **20940073**. Expreso mi deseo y conformidad de ceder los derechos de nuestra obra "**EFECTO DE BIOESTIMULANTES A BASE DE ALGAS MARINAS (*Macrocystis pyrifera*) EN EL CULTIVO DE FRAMBUESA (*Rubus ideaus*)**" al Tecnológico Nacional de México, Campus Tlajomulco para que sea publicada en el Repositorio Institucional.

Manifestó que el trabajo es completamente original, no ha sido publicado ni mostrado, por ende, es inédito y soy la única autora del mismo.

Lo anterior con carácter permanente e irrevocable y a título gratuito. Teniendo efecto desde el momento en que se reciba la carta.

De antemano agradezco su comprensión y quedo atenta a la respuesta.

Atentamente



JAIME ROMAN SANTANA CANDELARIO
Nombre completo y firma

candelarioroman123@gmail.com

email

DEDICATORIA.

AGRADECIMIENTOS.

RESUMEN.

“Efecto de bioestimulantes a base de algas marinas (*Macrosystis pyrifera*) en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*)”

El cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) ha adquirido una notable relevancia económica y nutricional a nivel mundial, lo que subraya la importancia de mejorar las prácticas agrícolas para maximizar su producción (García, M. 2018). Este estudio se enfoca en evaluar el impacto de tres bioestimulantes a base de algas marinas (Kelplek, Stimplex y Algaenzims) en el proceso de brotación y elongación de brotes en plantas de frambuesa (*Rubus idaeus*). El ensayo se realizó en San Andrés Ixtlán, Jalisco, empleando un diseño experimental riguroso. Se utilizaron análisis estadísticos, incluyendo ANOVA y el Test de Duncan, para identificar diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados indicaron que Kelplek fue el bioestimulante más eficaz, favoreciendo significativamente la longitud de los brotes y mostrando un incremento en el número de brotes durante las primeras semanas. Stimplex, en contraste, mostró una eficacia notable en las fases intermedias y finales del crecimiento, mientras que Algaenzims tuvo un impacto positivo en las etapas iniciales, aunque con menor consistencia en la elongación de los brotes. En conclusión, la intervención temprana con bioestimulantes es esencial para optimizar el crecimiento de los brotes. Kelplek se destaca como la opción más prometedora para maximizar tanto la longitud como el número de brotes, lo que podría traducirse en una mayor productividad en el cultivo de frambuesas.

Palabras clave: *frambuesa, bioestimulantes, algas marinas, poda, crecimiento de brotes.*

INDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	i
AGRADECIMIENTOS.....	ii
RESUMEN.....	iii
INDICE GENERAL.....	iv
INDICE DE TABLAS.....	vii
INDICE DE FIGURAS.....	viii
I INTRODUCCIÓN.....	1
II OBJETIVOS.....	2
2.1 Objetivo general.....	2
2.2 Objetivos específicos.....	2
III HIPOTESIS.....	3
3.1 Hipótesis nula.....	3
3.2 Hipótesis alternativa.....	3
IV REVISIÓN DE LITERATURA.....	4
4.1 Regiones productoras de frambuesa en México.....	4
4.1.1 Principales estados productores de frambuesa en México.....	4
4.1.2 Principales municipios productores de frambuesa en México.....	5
4.2 Importancia económica.....	6
4.3 Descripción botánica.....	7
4.3.1 Raíz.....	7
4.3.2 Brotes.....	7
4.3.3 Hojas.....	8
4.3.4 Flores.....	8
4.3.5 Fruto.....	8
4.4 Clasificación taxonómica.....	8
4.5 Requerimientos Climáticos y Edafológicos.....	9
4.5.1 Clima.....	9
4.5.2 Temperatura.....	9
4.5.3 Horas frío.....	10
4.5.4 Suelo.....	10
4.5.5 Fertilización.....	10

4.6 Podas.....	11
4.6.1 Podas de invierno	11
4.6.2 Raleo de cañas.....	11
4.6.3 Rebaje de cañas.....	12
4.6.4 Podas de primavera.....	13
4.6.5 Eliminación de retoños que salen de la línea.....	13
4.6.6 Eliminación de los primeros retoños.....	13
4.6.7 Poda sanitaria.....	13
4.6.8 Despunte de retoños.....	14
4.7 Técnicas de cultivo.....	14
4.7.1 Preparación del terreno.....	14
4.7.2 Plantación.....	14
4.7.3 Entutorado	15
4.8 Uso de bioestimulantes en la agricultura.....	16
4.9 Tipos de bioestimulantes.....	18
4.9.1 Ácidos húmicos y fúlvicos.....	18
4.9.2 Aminoácidos y mezclas de péptidos.....	19
4.9.3 Quitosanos y otros biopolímeros.....	19
4.9.4 Compuestos inorgánicos.....	20
4.9.5 Hongos beneficiosos.....	20
4.9.6 Bacterias beneficiosas.....	20
4.9.7 Extractos de algas y de plantas.....	21
4.10 Algas marinas.....	21
4.10.1 <i>Ascophyllum nodosum</i>	21
4.10.2 <i>Macrocystis pyrifera</i>	22
4.11 Efecto de las algas en los cultivos y en frambuesa.....	23
4.11.1 Beneficios generales de los bioestimulantes de algas en los cultivos	23
4.11.2 Efectos específicos en el cultivo de frambuesa.....	24
V MATERIALES Y METODOS	25
5.1 Área experimental.....	25
5.2 Material vegetal.....	25
5.3 Preparación del cultivo.....	26
5.3.1 Poda.....	26
5.3.2 Deshierbe.....	26
5.3.3 Trituración del material vegetativo.....	27
5.4 Tratamientos	27
5.4.1 Testigo.....	27

5.4.2 Tratamiento 1.....	28
5.4.3 Tratamiento 2.....	28
5.4.4 Tratamiento 3.....	28
5.5 Aplicaciones.....	35
5.6 Distribución de tratamientos.....	37
5.7 Variables a Evaluar.....	39
5.7.1 Número de Brotes.....	39
5.7.2 Longitud de Brotes.....	39
5.8 Toma de Datos.....	39
5.9 Evidencia de tratamientos y mediciones.....	40
VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	42
6.1 Análisis de datos.....	42
6.2 Interpretación de numero de brotes.....	42
6.3 Interpretación de la longitud de brote.....	45
6.4 Discusión.....	48
VII CONCLUSIONES.....	51
7.1 Temporalidad de Impacto.....	51
7.1.1 Implicaciones Agrícolas.....	51
7.2 Recomendaciones.....	52
7.2.1 Optimización de Tratamientos.....	52
7.2.2 Pruebas Adicionales:.....	52
7.2.3 Divulgación y Capacitación:.....	53
7.3 Conclusión general.....	53
VIII LITERATURA CITADA.....	54

INDICE DE TABLAS

TABLA 1.- Los 10 estados con mayor producción de frambuesa en 2021. (Fuente sader 2021)	5
TABLA 2.- Tratamientos a evaluar	29
Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.....	29
TABLA 3.- Calendario de aplicaciones.....	36
Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.....	36
TABLA 4.- Distribución de tratamientos.	37
Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.....	37
TABLA 5.- ANOVA números de brote	42
Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.....	42
TABLA 6.- ANOVA longitud de brotes.....	45
Nota: Datos realizados por Jaime Román Santana Candelario.	45

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Distribución de exportaciones de frutillas a los estados unidos en 2011. (fuente: International Trade Center, 2012)	6
Figura 2. Función de macro y micronutrientes (fuente: INIA 2017).....	11
Figura 3. Programa de cultivo fuente: (El cultivo de frambuesa INFOAGRO 2020).....	15
Figura 4. Efectos de los bioestimulantes agrícolas en las plantas. (Fuente: Info Agrónomo.).....	18
Figura 5. Ubicación del área experimental.	25
Figura 6. Poda a media caña 35cm.....	26
Figura 7. Deshierbe del área de investigación.....	26
Figura 8. Trituración de material vegetativo.....	27
Figura 9. Ficha técnica ProGibb 40% GS.....	30
Figura 10. Ficha técnica Kelplek.....	31
Figura 11. Ficha técnica Stimplex.....	32
Figura 12. Ficha técnica AlgaEnzimS.....	33
Figura 13. Tratamiento testigo.....	34
Figura 14. Tratamiento 1.....	34
Figura 15. Tratamiento 2.....	34
Figura 16. Tratamiento 3.....	35
Figura 17. Distribución de testigo color azul.....	37
Figura 18. Distribución de tratamiento 1 color amarillo.....	38
Figura 19. Distribución de tratamiento 2 color rojo.....	38
Figura 20. Distribución de tratamiento 3 color verde.....	38
Figura 21. Semana 2: Conteo de brotes.....	40
Figura 22. Semana 3: Conteo de brote y medicion de la longitud del brote.....	40
Figura 23. Semana 5: Conteo de brotes y medición de la longitud del brote.....	41
Figura 24. Semana 8: Conteo de brotes y medición de la longitud del brote.....	41
Figura 25. Semana 9: Conteo de brotes y medición de la longitud del brote.....	41
Figura 26. Grafica número de brotes.....	45
Figura 27. Grafica longitud de brote.....	48

I INTRODUCCIÓN.

El cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) ha experimentado un notable crecimiento en las últimas décadas, posicionándose como una de las frutas de mayor relevancia económica y nutricional a nivel global. Su alto contenido de antioxidantes, vitaminas y minerales, junto con su atractivo sabor y versatilidad en la industria alimentaria, ha impulsado su demanda tanto en mercados locales como internacionales. Sin embargo, para satisfacer estas crecientes demandas, es crucial mejorar las prácticas agrícolas que aseguren una producción sostenible y de alta calidad. Entre los desafíos más importantes que enfrentan los productores de frambuesa se encuentra la optimización del crecimiento vegetativo, particularmente en etapas críticas como la brotación después de la poda.

A pesar de los avances en la agricultura, la implementación de prácticas que mitiguen el estrés por poda y promuevan un crecimiento vigoroso en la frambuesa sigue siendo un problema no resuelto. La poda cut back, necesaria para mantener la productividad del cultivo, puede generar un estrés significativo en las plantas, afectando la brotación y, por ende, la producción. Diversas investigaciones han explorado el uso de bioestimulantes a base de algas marinas como una solución potencial, debido a sus propiedades promotoras del crecimiento vegetal. No obstante, la eficacia de estos productos en el contexto específico de la frambuesa y su impacto en las fases iniciales del crecimiento aún no ha sido plenamente establecido. Este estudio se propone evaluar el efecto de tres bioestimulantes derivados de algas marinas (Kelplek, Stimplex y Algaenzims) en el proceso de brotación y elongación de brotes en frambuesa, con el objetivo de identificar el producto más efectivo para mitigar el estrés post-poda y promover un crecimiento óptimo. La hipótesis central es que la aplicación de estos bioestimulantes mejorará significativamente tanto la longitud como el número de brotes en comparación con un control sin tratamiento. Los resultados de esta investigación tienen el potencial de proporcionar recomendaciones prácticas para los productores, contribuyendo a una mayor eficiencia y productividad en el cultivo de frambuesa.

II OBJETIVOS

2.1 Objetivo general.

Evaluar el efecto de tres tipos de bioestimulantes a base de algas marinas en la mitigación del estrés causado por la poda cut back en plantas de frambuesa (*Rubus idaeus*), mediante la medición de la longitud y el número de brotes producidos.

2.2 Objetivos específicos.

- **Cuantificar el número de brotes producidos en plantas de frambuesa (*Rubus idaeus*)** tratados con tres diferentes tipos de bioestimulantes, con el fin de determinar su impacto en la respuesta de brotación post-poda.
- **Medir la longitud de los brotes en plantas de frambuesa (*Rubus idaeus*)** después del tratamiento con cada uno de los bioestimulantes, para evaluar cómo estos productos afectan el desarrollo de los brotes en términos de crecimiento.
- **Comparar la eficacia de los bioestimulantes** mediante el análisis de los resultados obtenidos en términos de brotación y crecimiento de los brotes, con el objetivo de identificar el bioestimulante más efectivo en la mitigación del estrés post-poda y en la mejora del desarrollo de las plantas.
- **Analizar el impacto de los bioestimulantes en la sostenibilidad agrícola** al contribuir a la implementación de prácticas más eficientes y respetuosas con el medio ambiente, promoviendo un aumento en la productividad del cultivo de frambuesa.
- **Proporcionar recomendaciones** prácticas basadas en los resultados obtenidos para la optimización del uso de bioestimulantes a base de algas marinas en el cultivo de frambuesa, con el fin de mejorar las técnicas de manejo y fomentar prácticas agrícolas sostenibles.

III HIPOTESIS.

3.1 Hipótesis nula.

No hay diferencias significativas en el número de brotes ni en la longitud de los brotes en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) al aplicar los tres diferentes bioestimulantes a base de algas comparado con un control sin bioestimulantes.

3.2 Hipótesis alternativa.

Existen diferencias significativas en el número de brotes y en la longitud de los brotes en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) al aplicar los tres diferentes bioestimulantes a base de algas comparado con un control sin bioestimulantes.

IV REVISIÓN DE LITERATURA.

4.1 Regiones productoras de frambuesa en México.

En México la producción de frambuesa se da principalmente en las regiones del norte y el centro del país y se estima que la industria de la frambuesa nacional tiene un valor de unos 60 millones de dólares, siendo que la gran mayoría de las explotaciones mexicanas de frambuesa son pequeñas empresas familiares.

Jalisco es uno de los estados líderes en el cultivo de frambuesas en México, debido a varias razones, entre ellas las condiciones climáticas y de suelo, pues los suelos drenan bastante bien, que es otro factor clave en el cultivo de la frambuesa, así como el clima cálido, ideal para las plantas de frambuesa ([SADER-SIAP](#))

4.1.1 Principales estados productores de frambuesa en México

Los estados que lideran la producción de frambuesa en México son Jalisco, Michoacán, Baja California, Guanajuato y Puebla con el 99.9% del volumen nacional en 2021, es decir, 165,533 toneladas. (SADER. 2019)

Jalisco, en la 1° posición, produjo 116,340 toneladas de frambuesa (70.2%), volumen obtenido de 6,296 hectáreas cosechadas (73.9%), por lo que el rendimiento promedio en la entidad fue de 18.5 toneladas por hectárea.

De los 5 estados con mayor producción Michoacán obtuvo el mayor rendimiento promedio, con 25.8 toneladas por hectárea, mientras que el mayor precio por tonelada de frambuesa se obtuvo en Baja California con 74,514 pesos.

En cuanto al valor de la producción de frambuesa, Jalisco lidera con 3,514 millones de pesos, equivalentes al 52.2% del total nacional, seguido por Michoacán y Baja California con el 27.8% y el 17.8%, respectivamente (SADER. 2019)

TABLA 1.- Los 10 estados con mayor producción de frambuesa en 2021. (Fuente sader 2021)

Los 10 estados con mayor producción de frambuesa en 2021

Estado	Producción obtenida (t)	Superficie cosechada (ha)	Rendimiento promedio (t/ha)	Precio medio (\$/t)	Valor de la producción (mdp)
Jalisco	116,340	6,296	18.5	30,207	3,514
Michoacán	29,872	1,157	25.8	62,611	1,870
Baja California	16,089	850	18.9	74,514	1,199
Guanajuato	2,073	112	18.5	53,651	111
Puebla	1,159	84	13.8	28,470	33
México	87	16	5.5	20,030	2
Colima	29	2	14.6	44,286	1
Tlaxcala	17	1	17.2	37,100	1
Ciudad de México	10	3	3.8	10,564	0
Aguascalientes	0	0	0.0	0	0

4.1.2 Principales municipios productores de frambuesa en México

México se ha colocado como el segundo productor a nivel mundial de frambuesa (FAOSTAT, 2017), donde los estados de Jalisco, Michoacán y Baja California, son los que por su ubicación geográfica y clima abastecen el mercado de exportación durante los meses de octubre a mayo, cuando los precios son superiores.

Los 10 municipios con mayor producción de frambuesa en México durante 2021 fueron: Jocotepec, Zapotlán el Grande, Ensenada, Zamora, Tuxcueca, Zapotiltic, Tangancicuaro, Tizapán El Alto, Jacona y Tuxpan, que sumaron 87.2% del volumen nacional, es decir, 144,484 toneladas.

Jocotepec, en la 1° posición, produjo 44,650 toneladas (27.0%), aunque Zapotlán el Grande fue el municipio con mayor superficie cosechada con 2,571 hectáreas (30.2%), siendo Jocotepec el municipio que obtuvo el mayor valor de la producción, con 1,497 millones de pesos (22.2%) (SADER. 2019).

4.2 Importancia económica.

Los cultivos de frambuesa son de significancia global en su producción y valor. Para frambuesa roja la mayor producción está en Europa proveniente de Serbia, Rusia y Polonia, seguida de UK, España y Portugal, particularmente para el mercado fresco. Fuera de Europa, la gran producción de frambuesa está en México, USA y Chile (Graham & Brennan, 2018).

El principal exportador de frutillas es México, con 96% del total de las importaciones, seguido de Guatemala con 2.5% y Chile con poco menos de 1% (International Trade Center, 2012).

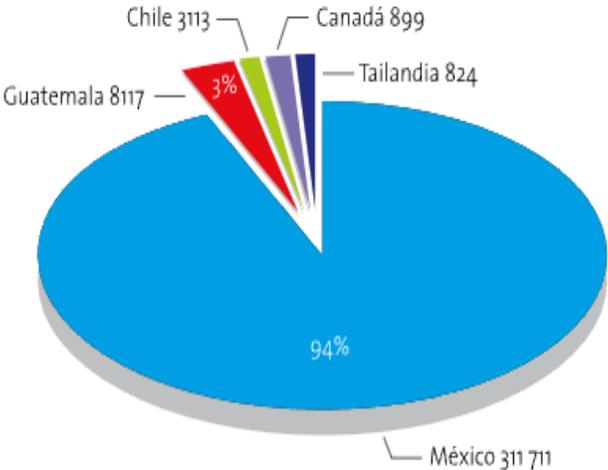


Figura 1. Distribución de exportaciones de frutillas a los estados unidos en 2011. (fuente: International Trade Center, 2012)

4.3 Descripción botánica

(García et al. 2014) la frambuesa es un arbusto con tallo subterráneo, semileñoso, erecto y espinoso, posee las siguientes descripciones:

4.3.1 Raíz.

El sistema radical se encuentra en la parte más superficial del suelo, situándose el 80% en los primeros 30 cm. Está compuesto en su mayoría por raíces finas, y por otras más gruesas y leñosas que sirven de soporte a la planta. Sobre estas últimas se forman yemas adventicias de las que surgen nuevos brotes todos los años, asegurando la producción regular del cultivo. (Bañados, 2002)

4.3.2 Brotes.

El número de brotes por planta puede oscilar bastante en función de la variedad y la edad, desde 2-3 en el primer año, hasta más de 20 en planta adulta. Según cultivares, las ramas son más o menos vigorosas y están cubiertas de un número variable de espinas en la mayoría de los casos. Pueden llegar a alcanzar más de 2 metros de altura, con un crecimiento vertical e inclinándose en la producción con el peso de la fruta. Reciben nombres diferentes según sea su etapa de crecimiento, primer o segundo año, diferenciándose dos tipos:

“Primocañas”. Se corresponden con los brotes o renuevos crecidos el primer año. En cultivares remontantes son los que producen fruta a finales del verano en el extremo superior de la caña.

“Floricañas”. Se corresponden a las cañas ya lignificadas en el segundo año. Los cultivares remontantes y no remontantes producen fruta sobre ellas. (Bañados, 2002)

4.3.3 Hojas.

Las hojas son alternas, compuestas y estipuladas, formadas por 5-7 folíolos ovales y doblemente aserrados, de color verde en el haz y ligeramente blanquecino en el envés, con abundante vellosidad, e incluso ligeras espinas, y nervios muy marcados. (García SD 2017).

4.3.4 Flores.

Las flores se agrupan en inflorescencias y son muy atractivas y apetecibles para las abejas ya que, además de polen, tienen mucho néctar. Son hermafroditas, de color blanco, compuestas de 5 pétalos con numerosos estambres y pistilos y, si bien la inmensa mayoría de las variedades son totalmente auto fértiles, la polinización cruzada puede mejorar las producciones. El cáliz es persistente y está formado por 5 sépalos de pelosidad variable. (García et al. 2014).

4.3.5 Fruto.

El fruto está formado por numerosas drupas agregadas entre sí, formando una polidrupa en torno a un receptáculo, del que se desprende en la maduración. La inmensa mayoría de las variedades cultivadas producen frutos de color rojo, aunque también existen algunos de color amarillo, purpúreo o negro. La pulpa es jugosa y contiene en su interior un gran número de diminutas semillas, normalmente una por drupella, que no impiden su consumo en fresco. El sabor es acidulado, muy aromático y perfumado. (García et al. 2014).

4.4 Clasificación taxonómica.

Enciclopedia Colaborativa en la Red Cubana -ECURED- (2018a) señala la clasificación taxonómica de frambuesa de la siguiente manera:

- Reino: Plantae (Plantas)
- División: Magnoliophyta (Plantas con flores)
- Clase: Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
- Orden: Rosales
- Familia: *Rosaceae*
- Género: *Rubus*
- Especie: *Rubus idaeus*

4.5 Requerimientos Climáticos y Edafológicos

4.5.1 Clima

La frambuesa se adapta a climas muy variados ya que es bastante resistente a los fríos invernales y a las altas temperaturas del verano.

Cada especie o variedad necesita una duración media específica de reposo invernal, que se conoce como sus necesidades de frío. Este número de horas acumuladas durante el reposo invernal, por debajo de una temperatura umbral, se denomina horas-frío (h-f). El umbral se fija, generalmente, en 7 °C.

Las condiciones climáticas óptimas son inviernos cortos con bajas temperaturas constantes, necesarias para acumular las horas-frío necesarias requeridas por esta especie, que están entre las 600 y 1200 h/f para la mayoría de las variedades. (García. J., Guillermo, G. and Ciordia, M.,2015)

4.5.2 Temperatura

La frambuesa (*Rubus idaeus L.*) es tolerante a bajas temperaturas y veranos frescos, 14 y 19°C son las temperaturas óptimas para un desarrollo fisiológico y productivo en la frambuesa (SIAP,2017), la temperatura base mínima de crecimiento es de 10°C y la máxima de 28-32°C (CIREN,2016). Cada variedad de frambuesa necesita una duración de reposo invernal, que se conoce como horas frío, en las que las temperaturas deben estar por debajo de 7°C que es el umbral fijo.

4.5.3 Horas frío

Existen variedades de frambuesa con bajo requerimiento de horas frío, como la variedad “Heritage” que necesita únicamente 250 horas, mientras que otras variedades de frambuesa requieren de 800-1600 horas frío cuando la frambuesa ha acumulado el frío suficiente, se prepara para el clima óptimo que le permitirá brotar y florecer (Muratalla, A. et al, 2016).

4.5.4 Suelo

Los suelos más adecuados para establecer el cultivo de frambuesa son los que tienen textura blanca arcillosa, suelos bien drenados, con poca probabilidad de encharcamientos y profundos. El contenido mínimo de materia orgánica recomendada es el 3%, el pH del suelo debe de ser neutro entre 6-7; que el contenido de carbonato cálcico no supere el 2%, y que los niveles de cloruro, bicarbonato y sodio sean inferiores a 150 ppm ya que la frambuesa es una frutilla relevantemente sensible a la salinidad del suelo (Ríos, M.L.,2016)

4.5.5 Fertilización

Para realizar la fertilización es necesario esperar una semana después de haber sembrado, independientemente de haber realizado o no fertilización de fondo durante la preparación del terreno (Ríos, M.L., 2016). Con esta práctica de fertilización se aportan macronutrientes como el nitrógeno (N) cuyo requerimiento en frambuesa es alto, además de fósforo (P), potasio (K), magnesio (Mg) y calcio (Ca) que son imprescindibles para la producción de fruto. (INIA 2017I)

Es necesario conocer las funciones de cada nutriente en la frambuesa para entender la importancia de la fertilización, y entre ellas están:

ELEMENTO	FUNCIÓN
Nitrógeno (N)	Vigorizante de cañas, raíces y brotes, además de mejorar el crecimiento y producción en flores y frutos.
Fósforo	Potencializa la acumulación de reservas nutrimentales, mejora el crecimiento de raíces
Potasio	Aumenta la resistencia a las horas frío, y ataques de enfermedades y plagas, mejora el tamaño y sabor de frutos.
Calcio	Mejora la calidad del fruto postcosecha y de las cañas.
Magnesio	Ayuda a la producción de clorofila, aumenta la actividad fotosintética en las hojas.
Boro	Aumenta el amarre en flores, mejora la acumulación de reservas de nutrientes

Figura 2. Función de macro y micronutrientes (fuente: INIA 2017).

4.6 Podas

Instituto para la Innovación Tecnológica en Agricultura (INTAGRI 2017) reporta que las actividades se dividen por la temporada que son efectuadas: invierno y verano.

4.6.1 Podas de invierno

Se realiza concluida la caída de hojas, tanto en las variedades remontantes como no remontantes. El objetivo depende del sistema de producción elegido. Si desea tener fruta temprano o una cosecha tardía, condición del huerto, disponibilidad de mano de obra, entre otras. (Uribe, H 2017)

4.6.2 Raleo de cañas.

Las cañas de una temporada de crecimiento se presentan en un número superior al necesario para producir fruta de buena calidad. Las primeras cañas que se deben eliminar son aquellas enfermas y débiles, y aquellas fuera de línea en el camellón. Posteriormente se deben dejar las cañas más vigorosas, que idealmente debieran ser 10 a 12 por metro lineal. (Hanson, E., crain and J. Moses 2019)

Esto permitirá que los tallos tengan espacio para emitir buenos laterales frutales, con una buena exposición a la luz y así se logrará el desarrollo de yemas florales con una ventilación adecuada evitando problemas sanitarios. Es importante que el agricultor considere que no obtendrá un aumento del rendimiento al dejar más cañas por metro. (Hanson, E., crain and J. Moses 2019)

4.6.3 Rebaje de cañas.

En variedades remontantes, la poda de despunte en los tallos de segundo año tiene por finalidad la eliminación de la porción de la caña que produjo fruta durante fines de verano y otoño. La altura de corte y el número de yemas que se deja en la caña son decisiones relevantes para no producir efectos negativos en el rendimiento. (CIREN,2016)

Se sugiere una altura de rebaje a 1-1,5 m, cortando inmediatamente bajo los nudos que produjeron en el verano otoño. Mientras mayor sea la altura de corte mayor es el rendimiento. También se debe considerar el grosor de caña, a mayor grosor se debe podar más alto, dejando al menos 15 yemas o nudos. El momento en que se realiza el rebaje de la caña también genera efectos en la productividad: con poda temprana (junio) el rendimiento es mayor que con poda tardía (agosto) (CIREN,2016).

En el caso de las variedades no remontantes, el rebaje también puede ser útil para evitar que las ramas laterales fructíferas queden muy arriba dificultando la cosecha. La otra alternativa es no podar y ordenar las cañas atándolas al sistema de conducción, haciendo más accesible la fruta a los cosechadores.

Al amarrar los ápices de las cañas al alambre del sistema de conducción se produce un doblamiento que favorece la floración y fructificación. (CIREN,2016)

4.6.4 Podas de primavera

Estas podas se realizan entre septiembre y noviembre. (INTAGRI 2017)

4.6.5 Eliminación de retoños que salen de la línea.

Se realiza para evitar la excesiva producción de retoños que crecen en condiciones de menor espacio y mayor sombreado, lo que se traduce en tallos más débiles y con un desarrollo de yemas de menor calidad. Estos retoños igual serán raleados en el invierno siguiente con el consiguiente gasto de energía para la planta. Este manejo consume mano de obra adicional, por lo que se presta para implementarlo en huertos de superficie pequeña. (INTAGRI 2017)

4.6.6 Eliminación de los primeros retoños.

Se realiza con el fin de evitar la competencia con las cañas frutales y facilitar la cosecha. Esta labor debe realizarse en huertos bien manejados, de buen vigor, con buen estado nutricional y sanitario para obtener una buena respuesta en producción. (CIREN,2016)

4.6.7 Poda sanitaria.

Se deben eliminar todas aquellas cañas enfermas, cortándolas desde la base, principalmente las afectadas por *Phytophthora*, para promover el crecimiento de los retoños. Otro tipo de poda es la eliminación de las hojas basales para favorecer la aireación y también evitar que se propague la roya desde esas hojas a los frutos. Raleo de retoños cuando se realizó poda a piso. Después de realizar una poda a piso la planta se vigoriza y emite una mayor cantidad de retoños, los cuales podrían tener efectos negativos en el calibre de los frutos y la aireación del huerto. (INTAGRI 2017)

4.6.8 Despunte de retoños.

El objetivo de esta poda es favorecer la emisión de laterales largos y así aumentar la producción de otoño, sin embargo, se produce un retraso de la época de cosecha. La época de despunte va desde octubre a diciembre, mientras más tardío más se retrasa la cosecha y podría disminuir el rendimiento. No se recomienda hacerlo en enero. (Alvarado, H. E., Avita, E., & Castillo, A. M. 2016).

4.7 Técnicas de cultivo.

4.7.1 Preparación del terreno

(El cultivo de frambuesa -INFOAGRO 2020). Antes de llevar a cabo la plantación, es recomendable realizar un análisis de suelo y aplicar, si es necesario, cal o abonos minerales. Posteriormente, se debe realizar una labor de subsolado (40-50cm de profundidad) con objeto de aumentar la aireación y el drenaje del suelo. Seguidamente, se debe arar y aportar materia orgánica si ésta es inferior al 3%. Finalmente, es necesario realizar un pase de fresadora para eliminar las malas hierbas ya que el frambueso es muy sensible a la competencia de vegetación espontánea.

Por lo general, es necesaria la realización de caballones (60cm de ancho y 12-15cm de alto) ya que el frambueso es muy sensible al encharcamiento.

4.7.2 Plantación.

Se recomienda efectuar la plantación a finales de otoño (época vegetativa) o a principios de primavera si las condiciones son muy adversas.

Programa de Cultivo	
Primer año	
Preparación del suelo	Febrero-Marzo
Plantación	Abril
Primera cosecha	Septiembre- Noviembre
Poda de invierno	Diciembre
Segundo año y sucesivos	
Segunda cosecha	Abril- Mayo
Poda de verano	Principio de Julio
Tercera cosecha	Septiembre- Noviembre

Figura 3. Programa de cultivo fuente: (El cultivo de frambuesa INFOAGRO 2020).

Las plantas empleadas deben proceder de viveros especializados y se deben plantar inmediatamente tras su recepción. En caso contrario, se tienen que proteger del sol y del viento, para evitar una posible deshidratación de las raíces.

La distancia entre plantas debe ser la suficiente como para permitir el paso de maquinaria. Normalmente, se aconseja para el frambueso rojo una distancia entre filas de 2-3m en función de la fertilidad del terreno y del vigor del propio cultivar y una distancia entre plantas de 60-70cm.

La profundidad a la que deben colocarse las plantas debe ser de 15 cm aproximadamente. Posteriormente, han de regarse para mejorar el arraigo en el suelo. (INFOAGRO 2020).

4.7.3 Entutorado

Generalmente el frambueso necesita ser entutorado ya que sus tallos se curvan con facilidad bajo el peso de la vegetación (pudiendo llegar a fracturarse), dificultando así la recolección.

Existen varios tipos de entutorado que dependen fundamentalmente del vigor de la variedad y del sistema de recolección, entre otros. (INFOAGRO 2020).

Método holandés: Consiste en colocar dos filas de alambre a cada lado de la hilera manteniendo la planta en el centro. La distancia entre filas debe ser de 40-50cm, cuyos alambres deben estar colocados a 0,8-1m y 1,4 m de altura respecto al suelo. Este sistema apenas se utiliza debido a su dificultad para realizar las labores de cultivo y la recolección.

Entutorado en doble T: Consiste en colocar sobre un eje principal, generalmente de madera, dos postes en posición perpendicular. El poste inferior debe ser de 40cm y estar situado a 0,6 m sobre el suelo. Por otro lado, el superior debe ser de 75cm y estar colocado a 1,6m del suelo. En cada extremo va sujeta una hilera de alambre galvanizado.

Entutorado en V: Consiste en colocar dos postes en forma de “V”, donde van sujetas dos hileras de alambre galvanizado a cada lado a una distancia de 0,6m y 1,6 m sobre el suelo. (INFOAGRO 2020).

4.8 Uso de bioestimulantes en la agricultura.

Un bioestimulante se puede definir como un producto formulado de origen biológico que mejora la productividad de las plantas como consecuencia de las propiedades nuevas o emergentes del complejo de constituyentes y no como una única consecuencia de la presencia de nutrientes esenciales, reguladores del crecimiento o compuestos protectores de las plantas (Yakhin et al., 2017).

El modo de acción específico si se atiende la propia definición es difícil de determinar, sin embargo, es más fácil hablar del mecanismo de acción que refiere a un efecto amplio sobre un organismo, esto también permite diferenciar a otros compuestos como fitohormonas y nutrientes que ya tienen determinado su modo de acción específico en las plantas (Yakhin et al., 2017).

La determinación de los mecanismos de acción de los bioestimulantes involucra auxiliarse de herramientas de las ciencias denominadas omicas como la transcriptómica, genómica y metabolómica, la correlación de estas es clave para determinar la forma en que estos compuestos actúan. Esto permite ver las rutas metabólicas activadas cuando son aplicados bajo condiciones sin estrés y con estrés y como alteran los fenotipos, sin embargo, solo cuando se integran estudios de metabolómica se obtienen un enfoque completo y concreto de los mecanismos moleculares regulados o modificados con la aplicación de los bioestimulantes en organismos bajo estrés (Nephali et al., 2020).

La clasificación de los mismos se ha visto en constante actualización, sin embargo, una de las clasificaciones más aceptadas fue planteada por Du Jardín (2015), quien los clasificó en 7 grupos: ácidos húmicos y fulvicos, compuestos de nitrógeno y proteína hidrolizada, extractos de botánicos y algas marinas, quitosán y otros biopolímeros, compuestos inorgánicos, hongos benéficos y bacterias benéficas. Otros investigadores como Franzoni et al. (2022) los clasifican en 5 grupos parecidos: extractos de algas y plantas, sustancias húmicas, proteínas hidrolizadas y compuestos nitrogenados, microorganismos y compuestos inorgánicos con acción bioestimulante.

El objetivo básico de emplear bioestimulantes es aumentar la eficiencia en el uso de nutrientes y agua, aumentar la tolerancia contra estrés abiótico y mejorar los rendimientos y calidad de los productos comerciales obtenidos (Bulgari et al., 2019; Du Jardín et al., 2020). Por lo tanto, la respuesta de las plantas se puede basar en ver los efectos en aspectos fisiológicos (fotosíntesis, concentración de clorofila, transpiración), agronómicos (rendimiento, acumulación de biomasa, calidad del producto), bioquímicos (actividad enzimática, sistemas de defensa antioxidante, asimilación de nutrientes) (Franzoni et al., 2022).

La implementación de estas sustancias puede realizarse mediante aspersiones foliares o vía riego, en cualquier caso, el compuesto tiene que disolverse y esto indica su bajo tamaño por lo que puede fácilmente absorberse y traslocarse por los tejidos de las plantas (Yakhin et al., 2017).

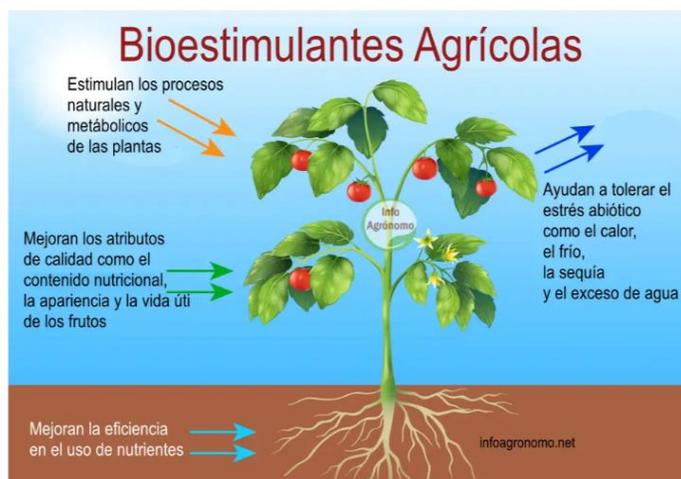


Figura 4. Efectos de los bioestimulantes agrícolas en las plantas. (Fuente: Info Agrónomo.)

4.9 Tipos de bioestimulantes.

Los bioestimulantes se enmarcan en una categoría de productos tan novedosa que su reglamentación a nivel mundial aún no está completamente cerrada. Sin embargo, existe cierto consenso entre científicos, reguladores, productores y agricultores en la definición de las categorías principales de productos bioestimulantes. (Heide et al., 2011)

4.9.1 Ácidos húmicos y fúlvicos.

Las sustancias húmicas son constituyentes naturales de la materia orgánica de los suelos, resultantes de la descomposición de las plantas, animales y microorganismos, pero también de la actividad metabólica de los microorganismos del suelo que utilizan estos compuestos como sustrato.

Las sustancias húmicas son una colección de compuestos heterogéneos, originalmente categorizadas de acuerdo a su peso molecular y solubilidad en huminas, ácidos húmicos y ácidos fúlvicos. (García, S. D. 2017.)

4.9.2 Aminoácidos y mezclas de péptidos.

Se obtienen a partir de la hidrólisis química o enzimática de proteínas procedentes de productos agroindustriales tanto vegetales (residuos de cultivos) como animales (colágenos, tejidos epiteliales, etc.). Estos compuestos pueden ser tanto sustancias puras como mezclas (lo más habitual).

Otras moléculas nitrogenadas también consideradas bioestimulantes incluyen betaínas, poliaminas y aminoácidos no proteicos, que son muy diversas en el mundo vegetal y muy poco caracterizados sus efectos beneficiosos en los cultivos. (Liu et al., 2019).

4.9.3 Quitosanos y otros biopolímeros.

El quitosano es la forma desacetilada del biopolímero de quitina, producido natural o industrialmente. Los polímeros/oligómeros de tamaño variado se usan habitualmente en alimentación, cosmética, medicina y recientemente en agricultura. (Lárez C. 2002)

El efecto fisiológico de los oligómeros de quitosano en plantas son el resultado de la capacidad de este compuesto policatiónico de unirse a una amplia variedad de compuestos celulares, incluyendo DNA y constituyentes de la membrana plasmática y de la pared celular.

Además, son capaces de unirse a receptores específicos responsables de la activación de las defensas de las plantas, de forma similar a los elicitores de las plantas. (Lárez C. 2002)

4.9.4 Compuestos inorgánicos.

Se suelen llamar “elementos beneficiosos” a aquellos elementos químicos que promueven el crecimiento de las plantas y que pueden llegar a ser esenciales para algunas especies, pero no para todas. Entre estos elementos se suelen considerar el Aluminio, Cobalto, Sodio, Selenio y Silicio; y están presentes tanto en el suelo como en plantas como diferentes sales inorgánicas y como formas insolubles.

Sus efectos beneficiosos pueden ser constitutivos, como el reforzamiento de las paredes celulares por los depósitos de silicio, o por la expresión en determinadas condiciones ambientales, como es el caso del selenio frente al ataque de patógenos. (Du Jardin, P. 2020)

4.9.5 Hongos beneficiosos.

Los hongos interactúan con las plantas de muchas formas, desde simbiosis mutualista hasta el parasitismo. Plantas y hongos han coevolucionado desde el origen de las plantas terrestres. Los hongos micorrícicos son un heterogéneo grupo de hongos que establecen simbiosis con el 90% de las plantas.

Hay un creciente interés por el uso de los hongos micorrícicos para promocionar la agricultura sostenible, considerando sus efectos en mejorar la eficacia de la nutrición, balance hídrico y protección frente al estrés de las plantas. (du Jardin, P. 2015)

4.9.6 Bacterias beneficiosas.

Las bacterias interactúan con las plantas de todas las formas posibles: Como en los hongos, esta interacción puede ir desde el parasitismo hasta el mutualismo. Los nichos de las bacterias se extienden desde el suelo hasta el interior de las células vegetales, con localizaciones intermedias como la rizósfera. Estas asociaciones pueden ser permanentes o temporales (algunas se transmiten vía semilla). (Sharma, H. S. S 2015).

Su influencia en la planta es de todo tipo, desde los ciclos biogeoquímicos, aportación de nutrientes, incremento de la eficiencia en el uso de los nutrientes, inducción de la resistencia a enfermedades, mejora de la tolerancia al estrés abiótico y biótico e incluso modulación de la morfogénesis de la planta.

En cuanto a su uso como bioestimulantes se consideran dos tipos fundamentales, los endosimbiontes mutualistas (tipo Rhizobium) o mutualistas no endosimbiontes o PGPRs de la rizósfera (del inglés Plant Growth-Promoting Rhizobacteria). (Sharma, H. S. S 2015).

4.9.7 Extractos de algas y de plantas.

El uso de algas como fuente de materia orgánica y con fertilizante es muy antiguo en la agricultura, pero el efecto bioestimulante ha sido detectado muy recientemente.

- Esto ha disparado el uso comercial de extractos de algas o compuestos purificados como polisacáridos de laminarina, alginato y carragenanos. Otros compuestos que contribuyen al efecto promotor del crecimiento incluyen micro y macronutrientes, esteroides y hormonas. 399. (Sharma et al., 2014).

4.10 Algas marinas.

4.10.1 *Ascophyllum nodosum*.

No todas las algas son iguales. Las que se manufacturan habitualmente para los extractos son las denominadas algas pardas. Es importante destacar que la elección de la especie de alga puede variar el resultado final. (Norrie, J. 2015).

Los extractos de *Ascophyllum nodosum* son utilizados como bioestimulantes, pues incentivan a la planta a producir sus propias hormonas, contribuyen en la absorción y translocación de nutrientes presentes en el suelo. (Norrie, J. 2016).

Lo anterior trae beneficios como el aumento del crecimiento de la planta, rápida germinación de las semillas, retraso de la senescencia, incremento en la resistencia

a enfermedades fúngicas y bacterianas, adaptación a condiciones de estrés, entre otros. (Norrie, J. 2016).

Los ingredientes activos que contiene el extracto de *Ascophyllum nodosum* y que permiten entender su comportamiento y efecto en la planta son:

- Betaínas.
- Manitol.
- Ácido algínico.
- Polifenoles.
- Fucanos.
- Laminarina.

(Norrie, J. 2015).

4.10.2 *Macrocystis pyrifera*.

Su nombre científico es *Macrocystis pyrifera*, pertenece a la familia Laminariaceae y está incluida dentro del tipo de las algas pardas, siendo utilizados sus extractos para la formulación de bioestimulantes para plantas. En concreto, pertenece al grupo de materias activas de bioestimulantes no microbianos. (Clark eat al., 2004)

Como sucede con otras muchas algas, en este caso, la *Macrocystis pyrifera* tiene diferentes usos en el campo de la agricultura. Uno de ellos es como biofertilizante. Aportado directamente en el campo, su alto contenido en nutrientes, como nitrógeno, fósforo y potasio, la convierte en un excelente biofertilizante natural, mejorando la fertilidad del suelo. (Norrie, J. 2016).

Como hemos avanzado, también permite, mediante sus extractos del alga, formular bioestimulantes agrícolas. Estos extractos contienen citoquininas, auxinas y ácido algínico, que son promotores del crecimiento vegetal, a la vez que ayuda a las plantas a tolerar el estrés ambiental, como la sequía y las heladas.

Concretando los componentes del extracto de *Macrocystis pyrifera* que le confieren sus propiedades bioestimulantes, por ejemplo:

- Fitohormonas. Citoquininas, auxinas y ácido alginico.
- Nutrientes. Nitrógeno, fósforo, potasio, calcio, magnesio y otros micronutrientes.
- Vitaminas. A, B, C y E.
- Antioxidantes. Carotenoides, flavonoides y polifenoles.
- Ácidos húmicos y fúlvicos. Mejoran la absorción de nutrientes por las plantas.

En cuanto a las formas de aplicación de formulados comerciales que contienen extractos de *Macrocystis pyrifera*, pueden ser vía foliar (aplicación directa sobre las hojas de las plantas), riego (aplicación al suelo a través del sistema de riego) y aplicados sobre las semillas antes de la siembra. (Clark et al., 2004)

4.11 Efecto de las algas en los cultivos y en frambuesa.

Los bioestimulantes derivados de algas marinas han demostrado ser efectivos en la mejora del rendimiento y la calidad de diversos cultivos. Estos compuestos contienen una amplia gama de nutrientes, hormonas de crecimiento, y otros compuestos bioactivos que pueden estimular el crecimiento vegetal, mejorar la resistencia al estrés, y aumentar la productividad. (Sharma et al., 2014).

4.11.1 Beneficios generales de los bioestimulantes de algas en los cultivos

- **Aumento del crecimiento vegetal:** Las algas contienen fitohormonas, como auxinas, citoquininas y giberelinas, que promueven el crecimiento y desarrollo de las plantas (Khan et al., 2009).
- **Mejora de la resistencia al estrés:** Los extractos de algas pueden ayudar a las plantas a tolerar mejor las condiciones adversas como sequía, salinidad y temperaturas extremas (Craigie, 2011).

- **Incremento de la calidad del suelo:** Los bioestimulantes de algas mejoran la estructura del suelo y aumentan la disponibilidad de nutrientes, lo que resulta en un crecimiento más robusto de las plantas (Sharma et al., 2014).

4.11.2 Efectos específicos en el cultivo de frambuesa.

- **Estimulación de la brotación:** en cultivos de frambuesa, la aplicación de bioestimulantes de algas puede acelerar la brotación después de la poda, mejorando el establecimiento inicial de las plantas (fan et al., 2013).
- **Mejora de la producción y calidad de la fruta:** se ha observado que los tratamientos con extractos de algas pueden aumentar tanto el rendimiento como la calidad de la fruta, incluyendo el tamaño y contenido de azúcar de las frambuesas (ali et al., 2021).
- **Reducción de la incidencia de enfermedades:** los bioestimulantes de algas pueden mejorar la resistencia natural de las frambuesas a ciertas enfermedades, reduciendo la necesidad de pesticidas químicos. (fan et al., 2013).

V MATERIALES Y METODOS

5.1 Área experimental.

El trabajo de residencia se realiza en las instalaciones del rancho AGRÍCOLA PKO-PRODUCE S.P.R. DE R.L. ubicado en el municipio de San Andrés Ixtlán, Jalisco. Calle Vicente Guerrero #22, consta una extensión aproximada de 40 h y una superficie plantada de 35 h aproximadamente.



Figura 5. Ubicación del área experimental.

5.2 Material vegetal.

Para este proyecto, se seleccionó específicamente la planta de frambuesa de la variedad Yazmin, la cual es propiedad de la empresa Driscolls y tiene tres años de edad. Es una variedad que normalmente se cultiva durante dos años de producción activa, dado que en el tercer año tiende a volverse principalmente vegetativa y menos productiva. Sin embargo, para este estudio, las características únicas de la variedad Yazmin se alinearon perfectamente con los objetivos y las condiciones específicas de la investigación.

5.3 Preparación del cultivo.

5.3.1 Poda.

Se realizó la poda cutback, dejando una longitud de 35 cm desde el suelo hasta el último cargador, utilizando tijeras de poda. Posteriormente, se deshojaron los 35 cm de la planta, incorporando todo el material vegetativo cortado a las calles del cultivo.



Figura 6. Poda a media caña 35cm

5.3.2 Deshierbe.

Para mantener las áreas del campo experimental limpias, se llevó a cabo un deshierbe manual de las camas utilizando un trinchete, garantizando así la eliminación de la maleza y la conservación de un entorno ordenado.



Figura 7. Deshierbe del área de investigación.

5.3.3 Trituración del material vegetativo.

Después de la poda y el deshoje, se procedió a triturar todo el material vegetativo restante en las calles. Este proceso se realizó con el objetivo de prevenir obstrucciones en las mismas y enriquecer los suelos del campo experimental con materia orgánica.



Figura 8. Trituración de material vegetativo.

5.4 Tratamientos

En el presente estudio se evaluó la efectividad de tres bioestimulantes a base de algas en el cultivo de frambuesa (*Rubus idaeus*) variedad Yazmin en su tercer año de producción. Se utilizó un diseño de bloques completamente al azar, con cuatro tratamientos, incluido un testigo. Los tratamientos fueron los siguientes:

5.4.1 Testigo

- Producto: ProGibb 40% GS
- Dosis: 1 gramo por 25 litros de agua
- Color de Identificación: Azul

El testigo consistió en la aplicación del regulador de crecimiento ProGibb 40% GS sin la adición de ningún bioestimulante. Este tratamiento sirvió como referencia para comparar los efectos de los tratamientos con bioestimulantes.

5.4.2 Tratamiento 1

- Producto: ProGibb 40% GS + Kelplek
- Dosis: 1 gramo de ProGibb 40% GS por 25 litros de agua + 50 mililitros de Kelplek por 25 litros de agua
- Color de Identificación: Amarillo

En este tratamiento se combinó el regulador de crecimiento ProGibb 40% GS con el bioestimulante Kelplek, que es un producto a base de algas cuyo objetivo es mejorar la resistencia de las plantas a condiciones de estrés y promover un desarrollo vegetativo más vigoroso.

5.4.3 Tratamiento 2

- Producto: ProGibb 40% GS + Stimplex
- Dosis: 1 gramo de ProGibb 40% GS por 25 litros de agua + 50 mililitros de Stimplex por 25 litros de agua
- Color de Identificación: Rojo

Este tratamiento consistió en la combinación de ProGibb 40% GS con Stimplex, otro bioestimulante a base de algas, cuyo objetivo es mejorar la resistencia de las plantas a condiciones de estrés y promover un desarrollo vegetativo más vigoroso.

5.4.4 Tratamiento 3

- Producto: ProGibb 40% GS + AlgaEnzimS
- Dosis: 1 gramo de ProGibb 40% GS por 25 litros de agua + 50 mililitros de AlgaEnzimS por 25 litros de agua
- Color de Identificación: Verde

En este tratamiento se utilizó ProGibb 40% GS en combinación con AlgaEnzimS, un bioestimulante que proporciona enzimas y nutrientes esenciales derivados de algas, cuyo objetivo es mejorar la resistencia de las plantas a condiciones de estrés y promover un desarrollo vegetativo más vigoroso.

Cada tratamiento se aplicó siguiendo las dosis indicadas y se identificó con un color específico para evitar confusiones durante el manejo y la evaluación de los mismos. Las aplicaciones de los productos se realizaron de manera uniforme en todas las parcelas experimentales, asegurando la correcta distribución de los bioestimulantes y del regulador de crecimiento.

TABLA 2.- Tratamientos a evaluar

TRATAMIENTO	PRODUCTO (NOMBRE COMERCIAL)	DOSIS	COLOR
TESTIGO	ProGibb 40% GS	1 gr/ 25 lt	AZUL
TRATAMIENTO 1	ProGibb 40% GS + Kelplek	1 gr/ 25 lt + 50 ml/25 lt	AMARILLO
TRATAMIENTO 2	ProGibb 40% GS + Stimplex	1 gr/ 25 lt + 50 ml/25 lt	ROJO
TRATAMIENTO 3	ProGibb 40% GS + AlgaEnzimS	1 gr/ 25 lt + 50 ml/25 lt	VERDE

Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.

ProGibb®



HOJA TÉCNICA

REGISTRO COFEPRIS: RSCO-143/XII/01

1. GENERALIDADES

ProGibb 40% GS está oficialmente registrado como **regulador de crecimiento vegetal** a base de **Ácido Giberélico (GA3)** que es un compuesto natural.

ProGibb 40% GS es producido por Valent BioSciences LLC en Libertyville, Il. 60048 USA bajo las más severas normas y reglamentos de la industria farmacéutica.

ProGibb 40% GS Debe ser usado de acuerdo con las recomendaciones dadas en la etiqueta y las buenas prácticas agronómicas.

ProGibb 40% GS tiene **CERTIFICACIONES** que le permiten ser utilizado en la producción denominada agricultura orgánica.

2. COMPOSICIÓN PORCENTUAL

		% EN PESO
INGREDIENTE ACTIVO	NO MENOS DE:	40%
<i>ácido giberélico</i>		

3. CARACTERÍSTICAS FÍSICO – QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS

Nombre común (Ingrediente activo) Ácido Giberélico (GA3)	Categoría toxicológica Regulador de Crecimiento Vegetal Tipo 1
Grupo químico Giberelinas	Fitotoxicidad No detectada en cultivos y dosis aprobadas.
Nombre químico Ácido Giberélico (GA3) Producto natural en todas la plantas.	Efectos adversos No detectados
Formulación Gránulos Solubles	Contraindicaciones No detectadas
Concentración 40% en peso	Incompatibilidad No detectada, pero por desconocimiento no se recomienda mezclar con otros químicos.

Figura 9. Ficha técnica ProGibb 40% GS.



Bioestimulante- Extracto de Algas Marinas

FICHA TÉCNICA

1.- INDICACIONES:

Producto obtenido del alga parda gigante o Kelp *Macrocystis pyrifera* la cual se desarrolla en "bosques de Kelp" en aguas frías, ricas en nutrientes del Océano Pacífico, con temperaturas debajo de 20°C en promedio. El alga marina es seleccionada y colectada directamente del mar, pasando directamente a los molinos, posteriormente es lavada con agua potable y acondicionada para la ruptura de células o "Extracción" del contenido celular. De esta forma se logra conservar el sensitivo balance hormonal, los nutrientes y todas las propiedades y beneficios naturales de *Macrocystis pyrifera*.

Para aumentar su eficacia en campo el producto es concentrado en relación de 1.7 veces mas que los productos estándar en el mercado lo que permite disminuir dosis de uso y ahorro en la inversión.

Como valor agregado KELPLEK tiene registro OMRI, que otorga la confianza al agricultor de que empleará un producto orgánico sin importar que tipo de plantación que realice y con la certeza de que no daña su salud y afecta al medio ambiente.

2.- CONTENIDO TÍPICO

ANÁLISIS TÍPICO POR LITRO			
ELEMENTOS %			
NITRÓGENO	0,30	MAGNESIO	1,0
FÓSFORO	0,056	ZINC	0,003
POTASIO	2,21	FIERRO	0,8
CALCIO	0,86	BORO	0,2
AZUFRE	0,34	MANGANESO	0,3
FITOHORMONAS mg/Lt			
CITOQUININAS	16,2	AUXINAS	15,4
COMPONENTES PARTICULARES %			
PROTEÍNAS	1,0	MATERIA ORGÁNICA	7,0
AMINOÁCIDOS	1,38	CARBOHIDRATOS	3,0
CENIZA	3,0	FIBRA	0,4

AMINO ÁCIDOS	%
Alanina	0.05-0.08
Arginina	0.03-0.07
Ácido Aspartic	0.07-0.09
Cysteina	0.03-0.07
Glycina	0.04-0.06
Ácido Glutámico	0.1-0.2
Histidina	0.13-0.22
Isoleucina	0.03-0.05
Laucina	0.05-0.07
Lysina	0.055-0.075
Metionina	0.022-0.040
Fenilalanina	0.037-0.06
Prolina	0.026-0.04
Serina	0.05-0.08
Treonina	0.04-0.07
Tyrosina	0.03-0.05
Valina	0.05-0.065

Autorización de análisis 28 de Noviembre, 2021. INAPESCA

Figura 10. Ficha técnica Kelplek.

Stimplex^{®7}

Extracto de Algas (*Ascophyllum nodosum*)
ALGAS PARA APLICACIÓN AL SUELO

Activador genético • Precursor de floración/cuajado • Bioestimulante antiestrés

DESCRIPCIÓN



Stimplex^{®7} es un fertilizante balanceado de forma natural, con efecto bioestimulante, formulado a base de extracto de algas marinas frescas *Ascophyllum nodosum*.

Stimplex^{®7} mejora los procesos naturales dentro de la planta, activando su expresión génica e incrementando los diferentes compuestos orgánicos como: aminoácidos, ácido alginico (agente complejante), ácidos orgánicos, manitol, polisacáridos, oligosacáridos (inductores SAR) entre otros promotores de crecimiento.

Ascophyllum nodosum es un alga exclusiva de las cristalinas aguas del Atlántico norte, está expuesta a condiciones climáticas extremas y puede crecer en ambientes cálidos y fríos (-25°C en invierno y 40°C en verano). Particularmente en Nova Scotia Canadá, el alga sufre los efectos de las grandes mareas (de hasta 21 metros), lo que resulta en deshidratación durante marea baja. *Ascophyllum nodosum* experimenta estos fenómenos que pueden suceder hasta dos veces al día, adaptándose a la vida intermareal al evolucionar sus compuestos bioquímicos y superar el estrés.

COMPOSICIÓN

Hecho 100% con *Ascophyllum nodosum* fresco

Potasio soluble en agua (K ₂ O)	39,0 g/l
Carbono orgánico oxidable total (COOT)	45,10 g/l
pH en solución al 10%	7,72
Densidad a 20°C	1,09 g/ml
Conductividad eléctrica 1:200	0,620 ds/m
Sólidos insolubles	29,5 g/l
Sodio (Na)	5,69 g/l
Salmonella	Ausente/25 ml
Coliformes totales	<1.8 NMP /ml
Metales pesados por debajo de la normal actual.	



Figura 11. Ficha técnica Stimplex.

Algaenzims MR

Potenciador Orgánico

Que es.

Es un vigorizante de las plantas 100% orgánico, mejorador de suelos y potenciador de los insumos agrícolas, para ser utilizado en todo tipo de cultivos. Esta elaborado a base de extractos de Algas Marinas y plantas desérticas que, en conjunto, da energía al crecimiento y desarrollo de las plantas y corrige las propiedades fisicoquímicas y biológicas del suelo, dando así, como resultado, una excelente calidad y rendimientos en las cosechas.

Va con la agricultura orgánica y sustentable.

Optimiza la agricultura convencional.

Garantía de composición.

Composición	% p/v
Materia orgánica	4.150
Proteína	1.140
Fibra Cruda	0.430
Cenizas	0.280
Azucares	0.130
Grasas	0.030
Potasio (K)	1.480
Nitrógeno (N)	1.450
Sodio (Na)	1.366
	ppm
Magnesio (Mg)	1320
Fósforo (P)	750
Calcio (Ca)	620
Zinc (Zn)	505
Hierro (Fe)	440
Cobalto (Co)	275
Cobre (Cu)	147
Manganeso (Mn)	72
Silicio (Si)	4
Molibdeno (Mo)	< 0.1
Bario (Ba)	< 0.1
Estaño (Sn)	< 0.1
Talio (Tl)	< 0.1
Niquel (Ni)	< 0.1
Antimonio (Sb)	< 0.1

Efectos plantas.

- ✘ Plantas más vigorosas y sanas.
- ✘ Más biomasa, más raíces.
- ✘ Fija el nitrógeno del aire aun en las no leguminosas.
- ✘ Refuerza los sistemas enzimáticos, alimentarios e inmunitarios.
- ✘ Optimiza el efecto de los fertilizantes y agroquímicos.
- ✘ Más resistentes a plagas y enfermedades y estreses.
- ✘ Alimentos más sanos.
- ✘ Más vida de anaquel.

Efectos suelo.

- ✘ Lleva a cualquier suelo a textura franca.
- ✘ Mejora la estructura de suelo. (mas porosidad, mejor retención de humedad, mejor penetración de raíces, mas aeración).
- ✘ Desaliniza y desodifica los suelos.
- ✘ Más eficiencia del agua de riego.
- ✘ Ahorro de Agua, fertilizantes y agroquímicos.
- ✘ Favorece la propagación de microorganismos benéficos indígenas del suelo.
- ✘ Desintoxicación de suelos. (agroquímicos, metales pesados).
- ✘ Decremento los carbonatos.
- ✘ Ajusta el pH
- ✘ Incrementa la disponibilidad de nutrimentos.
- ✘ Incrementa la materia orgánica.

Figura 12. Ficha técnica AlgaEnzimS.



Figura 13. Tratamiento testigo.



Figura 14. Tratamiento 1.



Figura 15. Tratamiento 2.



Figura 16. Tratamiento 3

5.5 Aplicaciones

Se implementó un riguroso protocolo de aplicación para evaluar la efectividad de los tratamientos en un diseño experimental compuesto por tres bloques, cada uno con cuatro repeticiones distribuidas completamente al azar. En total, se realizaron nueve aplicaciones foliares para cada tratamiento, utilizando una aspersora manual Jacto con capacidad de 25 litros. Esta herramienta permitió un control preciso sobre la dosificación y la cobertura de los bioestimulantes en las plantas de frambuesa.

Las aplicaciones se realizaron con un intervalo de siete días entre cada una, lo que aseguró una distribución uniforme y constante de los tratamientos a lo largo del período de evaluación. Este intervalo fue cuidadosamente seleccionado para permitir la adecuada absorción y acción de los bioestimulantes, evitando la saturación o subdosificación.

El proceso se ejecutó bajo condiciones controladas en los tres bloques experimentales, con las repeticiones asignadas de manera completamente aleatoria para minimizar cualquier posible sesgo. Esta aleatorización aseguró que las variaciones observadas en los resultados fueran atribuibles únicamente a los tratamientos aplicados, y no a factores externos.

Este enfoque meticuloso, que incluyó la aleatorización completa de las repeticiones, garantizó la uniformidad en la administración de los tratamientos y proporcionó

datos robustos y reproducibles, esenciales para evaluar el impacto real de los bioestimulantes en la mitigación del estrés por poda y en la promoción del crecimiento de las plantas.

TABLA 3.- Calendario de aplicaciones.

FECHA DE APLICACIÓN	SEMANA
18/03/2024	Semana 1
25/03/2024	Semana 2
01/04/2024	Semana 3
08/04/2024	Semana 4
15/04/2024	Semana 5
22/04/2024	Semana 6
29/04/2024	Semana 7
6/05/2024	Semana 8
13/05/2024	Semana 9

Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.

5.6 Distribución de tratamientos.

TABLA 4.- Distribución de tratamientos.

TUNE 1 = BLOQUE 1				TUNE 1 = BLOQUE 2				TUNE 1 = BLOQUE 3		
S1	S2	S3		S1	S2	S3		S1	S2	S3
	TESTIGO				T3				T1	
	T2				T1				T2	
	T3				TESTIGO				T3	
	T1				T2				TESTIGO	

Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.



Figura 17. Distribución de testigo color azul.



Figura 18. Distribución de tratamiento 1 color amarillo.



Figura 19. Distribución de tratamiento 2 color rojo.



Figura 20. Distribución de tratamiento 3 color verde.

5.7 Variables a Evaluar

En este estudio se evaluaron dos variables principales para determinar el efecto de los tratamientos con bioestimulantes en el cultivo de frambuesa variedad Yazmin: el número de brotes y la longitud de los brotes.

5.7.1 Número de Brotes

Se seleccionaron plantas específicas dentro de cada parcela experimental para el monitoreo del número de brotes. A partir del inicio del experimento, se realizó un conteo semanal de todos los brotes nuevos emergentes en cada planta seleccionada. Este conteo permitió evaluar el vigor vegetativo y la capacidad de brotación de las plantas bajo cada uno de los tratamientos aplicados.

5.7.2 Longitud de Brotes

Además del conteo de brotes, se midió la longitud de los brotes nuevos. Cada semana, se registró la longitud de los brotes desde su base hasta la punta más alta en las plantas seleccionadas. Esta medición se realizó con una cinta métrica, asegurando la exactitud de los datos recopilados.

La longitud de los brotes es un indicador clave del crecimiento vegetativo y de la eficacia de los tratamientos en promover un desarrollo más robusto y saludable en las plantas de frambuesa.

Ambas variables fueron evaluadas de manera sistemática y consistente a lo largo del periodo experimental, permitiendo una comparación detallada entre el testigo y los diferentes tratamientos con bioestimulantes.

5.8 Toma de Datos

La toma de datos se realizó de manera semanal durante un periodo de 10 semanas. El proceso de recolección de datos comenzó el 18 de marzo de 2024 y concluyó el 13 de mayo de 2024.

Durante cada sesión de toma de datos, se registraron tanto el número de brotes nuevos como la longitud de cada brote en las plantas seleccionadas dentro de las parcelas experimentales. Este procedimiento sistemático permitió asegurar la consistencia y la fiabilidad de los datos recopilados a lo largo del periodo experimental.

5.9 Evidencia de tratamientos y mediciones.



Figura 21. Semana 2: Conteo de brotes.



Figura 22. Semana 3: Conteo de brote y medicion de la longitud del brote.



Figura 23. Semana 5: Conteo de brotes y medición de la longitud del brote.



Figura 24. Semana 8: Conteo de brotes y medición de la longitud del brote.



Figura 25. Semana 9: Conteo de brotes y medición de la longitud del brote.

VI RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Análisis de datos.

Los datos obtenidos se analizaron utilizando paquetería estadística y en cada una de las variables se les realizó un ANOVA y el Test de Duncan obteniendo los siguientes resultados para cada una de las variables analizadas.

TABLA 5.- ANOVA números de brote

	SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7		SEMANA 8		SEMANA 9		SEMANA 10	
TRATAMIENTOS	*		NS		NS		*		*		NS		NS		NS	
	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO												
TESTIGO	0.7	A	1.45	B	1.78	B	3.64	B	5.27	B	8.22	B	12.10	B	18.07	B
TRATAMIENTO 1	1.27	A	3.03	A	6.38	A	16.06	A	20.66	A	26.78	A	32.60	A	41.17	A
TRATAMIENTO 2	0.75	A	1.64	A B	2.49	B	7.22	B	10.17	B	14.23	A B	18.90	A B	26.43	A B
TRATAMIENTO 3	1.33	A	2.94	A	4.77	A B	11.86	A B	15.08	A B	20.49	A B	25.23	A B	33.58	A B
C.V	40.44		30.91		47.29		42.15		39.37		38.92		33.24		28.12	

Nota: Datos elaborados por Jaime Román Santana Candelario.

6.2 Interpretación de numero de brotes.

- **En la semana 2**, los tratamientos tienen un efecto significativo en el número de brotes. Los tratamientos 3 y Testigo tienen significativamente más brotes que los Tratamiento 1 y Tratamiento 2. Las diferencias en la producción de brotes son evidentes, con el Tratamiento 3 siendo el más productivo y el Tratamiento 2 el menos productivo.

- **En la semana 3**, los tratamientos muestran diferencias significativas en el número de brotes. Los tratamientos 1 y 3 producen significativamente más brotes que el Testigo y el Tratamiento 2. Esta diferencia es importante y podría reflejar la efectividad de los tratamientos en esta etapa del desarrollo.
- **En la semana 4**, los tratamientos muestran una tendencia hacia la significancia en su efecto sobre el número de brotes, aunque el valor para el modelo no es significativamente bajo. Los tratamientos 1 y 3 tienen más brotes que el Testigo y el Tratamiento 2, pero la evidencia no es suficientemente fuerte para confirmar diferencias significativas a un nivel de confianza del 95%.
- **En la semana 5**, los resultados muestran una tendencia hacia la significancia, con Tratamiento 1 mostrando el mayor número de brotes. A pesar de la tendencia, el efecto no es completamente significativo. Sin embargo, se observa que los tratamientos 1 y 3 tienen más brotes que el Testigo y el Tratamiento 2.
- **En la semana 6**, el tratamiento sigue mostrando efectos significativos en el número de brotes, con Tratamiento 1 liderando en producción de brotes. Esta semana parece ser crucial para la formación de brotes, y las diferencias en el tratamiento son claras.

En las semanas 7 a 10, los resultados muestran menos variabilidad y significancia en comparación con las semanas anteriores:

ANOVA:

Todas estas semanas presentan valores F marginales o no significativos para el modelo y los tratamientos, con p -valores cerca del límite de significancia ($\alpha=0.05$).

Test de Duncan:

Las medias de los tratamientos en estas semanas se agrupan en categorías similares, indicando que las diferencias entre tratamientos no son tan pronunciadas como en las semanas anteriores.

- **Las semanas posteriores (7 a 10)** muestran menos variabilidad en la producción de brotes. La mayoría de los brotes se formaron en las primeras seis semanas, lo que sugiere que el desarrollo inicial es crucial para el crecimiento de los brotes de frambuesa. A partir de la semana 7, la tasa de brotes se estabiliza, y las diferencias entre tratamientos se vuelven menos pronunciadas, posiblemente porque la mayoría del crecimiento ya se ha alcanzado en las etapas anteriores.

Semanas Significativas: Las semanas 2, 3, 6 y, en menor medida, 4 y 5 muestran diferencias significativas en el número de brotes entre tratamientos despuntando el tratamiento 1. Estas semanas son cruciales para la formación inicial de brotes.

Semanas No Significativas: Las semanas 7 a 10 no muestran diferencias significativas entre los tratamientos, probablemente porque el crecimiento de brotes se estabiliza y se alcanza el máximo potencial de producción.

Esta información sugiere que la intervención de tratamientos es más eficaz durante las primeras semanas del crecimiento de los brotes, y el efecto se vuelve menos notable a medida que se avanza en el tiempo.

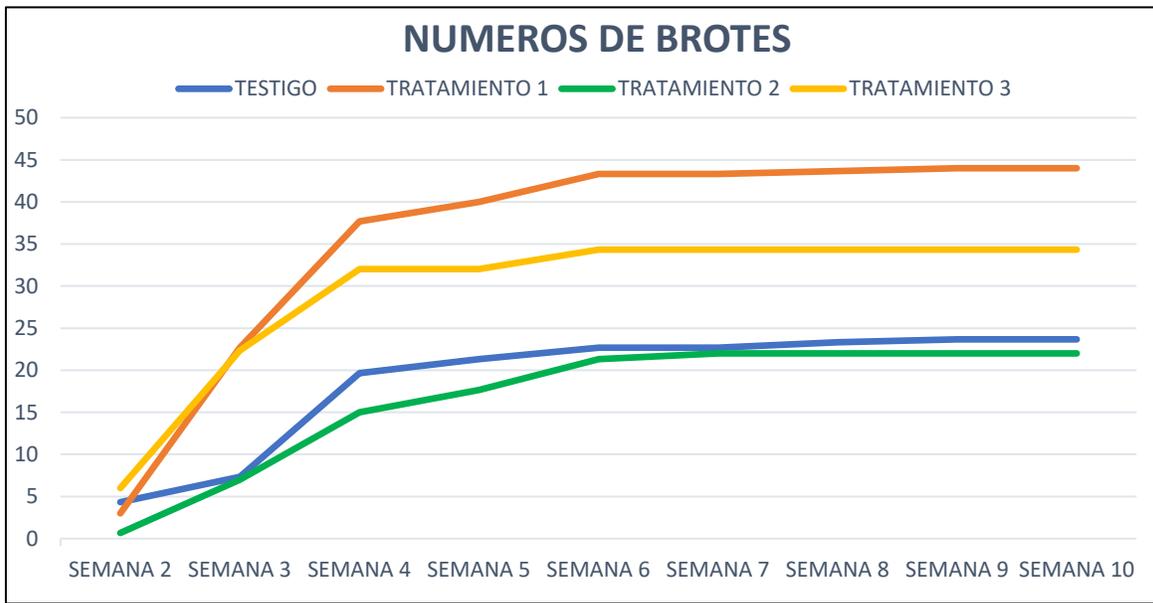


Figura 26. Grafica número de brotes.

6.3 Interpretación de la longitud de brote.

TABLA 6.- ANOVA longitud de brotes.

	SEMANA 3		SEMANA 4		SEMANA 5		SEMANA 6		SEMANA 7		SEMANA 8		SEMANA 9		SEMANA 10	
TRATAMIENTOS	*		NS		NS		*		*		NS		NS		NS	
	MEDIA	GRUPO	MEDIA	GRUPO												
TESTIGO	0.7	A	1.45	B	1.78	B	3.64	B	5.27	B	8.22	B	12.10	B	18.07	B
TRATAMIENTO 1	1.27	A	3.03	A	6.38	A	16.06	A	20.66	A	26.78	A	32.60	A	41.17	A
TRATAMIENTO 2	0.75	A	1.64	A B	2.49	B	7.22	B	10.17	B	14.23	A B	18.90	A B	26.43	A B
TRATAMIENTO 3	1.33	A	2.94	A	4.77	A B	11.86	A B	15.08	A B	20.49	A B	25.23	A B	33.58	A B
C.V	40.44		30.91		47.29		42.15		39.37		38.92		33.24		28.12	

Nota: Datos realizados por Jaime Román Santana Candelario.

- **En la semana 3**, la longitud de los brotes no muestra diferencias significativas entre los tratamientos. El modelo general tampoco es significativo, lo que sugiere que los tratamientos no han tenido un impacto notable en la longitud de los brotes durante esta semana. Las longitudes promedio para todos los tratamientos son bastante similares, indicando que las diferencias observadas no son estadísticamente significativas.
- **En la semana 4**, el modelo muestra una tendencia hacia la significancia, y los tratamientos también están cerca del límite de significancia. El Tratamiento 1 y el Tratamiento 3 presentan una longitud de brotes significativamente mayor en comparación con el Testigo y el Tratamiento 2. Aunque las diferencias no alcanzan el nivel de significancia del 95% ($p > 0.05$), hay una clara tendencia que sugiere que el Tratamiento 1 y el Tratamiento 3 son más efectivos para aumentar la longitud de los brotes en comparación con el Testigo y el Tratamiento 2.
- **En la semana 5**, el Tratamiento 1 muestra una longitud de brotes significativamente mayor en comparación con los otros tratamientos, especialmente con el Testigo y el Tratamiento 2. El p-valor del tratamiento está cerca del límite de significancia, indicando una tendencia fuerte pero no completamente significativa a un nivel del 95%. Los tratamientos 2 y Testigo tienen longitudes de brotes menores, con diferencias claras respecto a los tratamientos 1 y 3.
- **En la semana 6**, el modelo y los tratamientos son significativos. El Tratamiento 1 muestra la longitud de brotes más alta, significativamente mayor que el Testigo y el Tratamiento 2. Esta semana muestra un claro efecto positivo de los tratamientos, con el Tratamiento 1 siendo el más efectivo para promover una mayor longitud de los brotes.
- **En la semana 7**, el Tratamiento 1 presenta una longitud de brotes significativamente mayor en comparación con el Testigo y el Tratamiento 2. El modelo y los tratamientos son significativos, indicando que los tratamientos están teniendo un efecto notable en la longitud de los brotes, con el

Tratamiento 1 sobresaliendo claramente

- **En la semana 8**, el Tratamiento 1 continúa mostrando la longitud de brotes más alta, aunque las diferencias son marginalmente significativas. El Tratamiento 1 sigue siendo el más efectivo para promover una mayor longitud de brotes, con una clara tendencia que no alcanza el nivel de significancia del 95%.
- **En la semana 9**, el Tratamiento 1 tiene una longitud de brotes significativamente mayor que el Testigo y el Tratamiento 2. Aunque el p-valor es marginal, el efecto del Tratamiento 1 sigue siendo claro y notable en esta semana.
- **En la semana 10**, el Tratamiento 1 muestra la longitud de brotes más alta, y aunque el p-valor es marginalmente significativo, la tendencia hacia una mayor longitud es clara. El Tratamiento 1 sigue siendo el más efectivo en esta semana, con diferencias evidentes respecto a los otros tratamientos.

Semanas Significativas: Semana 6, semana 7: en estas semanas muestran resultados significativos, con el Tratamiento 1 destacándose claramente en la longitud de los brotes. Estas semanas son cruciales para evaluar la efectividad de los tratamientos.

Semana 8, semana 9, semana 10, aunque marginalmente significativas, estas semanas siguen mostrando un rendimiento superior del Tratamiento 1 en comparación con el Testigo, Tratamiento 2 y Tratamiento 3.

Semanas No Significativas: Semana 3, semana 4, semana 5, en estas semanas muestran resultados menos claros en cuanto a la longitud de los brotes. Las diferencias entre tratamientos no son completamente significativas, aunque el Tratamiento 1 empieza a mostrar una ventaja en semana 5.

Tendencia General: La longitud de los brotes tiende a aumentar significativamente en las semanas posteriores a la semana 5, con el Tratamiento 1 consistentemente mostrando la mayor longitud en comparación con los otros tratamientos.

La longitud de los brotes se incrementa notablemente en las semanas intermedias y finales del periodo observado. El Tratamiento 1 es el más efectivo para promover una mayor longitud de brotes, con diferencias significativas a partir de la semana 6 y continuando a través de semana 7, semana 8, semana 9, y semana 10. Las primeras semanas muestran menos impacto.

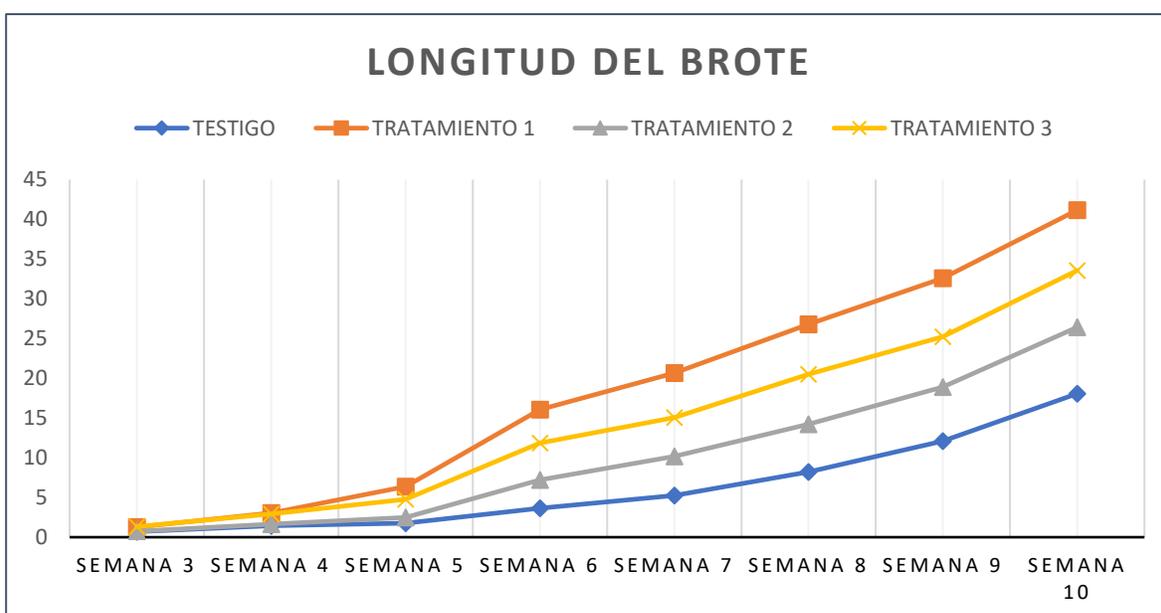


Figura 27. Grafica longitud de brote.

6.4 Discusión.

Tratamiento 1 (ProGibb 40% GS + Kelplek)

Número de Brotes: Kelplek ha mostrado ser el tratamiento más eficaz en las primeras semanas, especialmente en la semana 2, donde generó el mayor número de brotes. Aunque su impacto en el número de brotes se estabiliza en las semanas posteriores, sigue siendo competitivo en términos de longitud de brotes en semanas intermedias.

Longitud de Brotes: A partir de la semana 6, Kelplek muestra una longitud de brotes significativamente mayor comparado con los otros tratamientos. La ventaja se mantiene durante las semanas siguientes, destacando como el tratamiento más efectivo para aumentar la longitud de los brotes.

Tratamiento 2 (ProGibb 40% GS + Stimplex):

Número de Brotes: Stimplex ha demostrado ser efectivo en el incremento del número de brotes, especialmente en semanas intermedias y finales. Su impacto se vuelve más notorio a partir de la semana 4, con un aumento en el número de brotes en comparación con el Testigo y el Tratamiento 3.

Longitud de Brotes: Stimplex muestra una tendencia hacia una mayor longitud de brotes en las semanas intermedias y finales, pero no alcanza el nivel de significancia observado con Kelplek en la longitud. Sin embargo, sigue siendo competitivo y muestra buenos resultados en las semanas finales.

Tratamiento 3 (ProGibb 40% GS + AlgaEnzimS)

Número de Brotes: Algaenzims tiene un impacto notable en las primeras semanas, especialmente en la semana 2, aunque menos significativo en comparación con Kelplek. En semanas posteriores, el número de brotes se estabiliza y se alinea con el Testigo.

Longitud de Brotes: Algaenzims muestra resultados menos consistentes en cuanto a la longitud de brotes en comparación con Kelplek y Stimplex. Las diferencias no son tan marcadas en semanas claves, aunque sigue siendo una opción viable.

Testigo:

- **Número de Brotes:** El Testigo sirve como referencia sin tratamiento bioestimulante y presenta una producción de brotes más baja en comparación con todos los tratamientos. Esto indica que los bioestimulantes

utilizados tienen un efecto positivo significativo en el número de brotes, superando al Testigo, especialmente en semanas tempranas y en semanas intermedias.

- **Longitud de Brotes:** En términos de longitud de brotes, el Testigo generalmente presenta valores más bajos en comparación con los tratamientos bioestimulantes. Aunque el Testigo muestra un crecimiento aceptable, no alcanza el nivel de eficacia en longitud que los tratamientos específicos como Kelplek y Stimplex. Esto sugiere que la aplicación de bioestimulantes puede tener un impacto positivo y significativo en la longitud de los brotes.

VII CONCLUSIONES.

7.1 Temporalidad de Impacto.

Semanas Tempranas (2 a 4): Los tratamientos muestran diferencias significativas en el número de brotes, con Kelplek y Algaenzims destacándose en la semana 2. A partir de la semana 3, Stimplex también muestra una tendencia a incrementar el número de brotes. Para la longitud de brotes, las diferencias no son significativas hasta la semana 4, donde Kelplek y Stimplex empiezan a destacar.

Semanas Intermedias y Finales (5 a 10): A partir de la semana 5, la longitud de brotes es significativamente mayor para el Tratamiento 1 (Kelplek). La longitud de brotes sigue siendo más alta en semanas posteriores, mientras que el número de brotes se estabiliza. En estas semanas, Stimplex también muestra un rendimiento positivo, pero no alcanza el nivel de significancia de Kelplek.

7.1.1 Implicaciones Agrícolas.

Eficiencia del Tratamiento: Kelplek es el bioestimulante más efectivo para aumentar la longitud de los brotes y muestra buenos resultados en el número de brotes en semanas tempranas. Esto sugiere que Kelplek podría ser la opción preferida para maximizar el crecimiento de brotes y su longitud.

Desarrollo Inicial vs. Estabilización: Los tratamientos tienen un impacto significativo en las primeras semanas para el desarrollo de brotes. A medida que el crecimiento se estabiliza en semanas posteriores, el efecto del tratamiento se vuelve menos pronunciado, destacando la importancia de las intervenciones tempranas.

Costos y Beneficios: Considerando la eficacia de Kelplek en la longitud de brotes, su costo puede estar justificado por el aumento en la producción. Stimplex y Algaenzims también muestran beneficios, pero a diferentes niveles de eficacia.

7.2 Recomendaciones.

7.2.1 Optimización de Tratamientos:

Uso de Kelplek: Recomendado para su uso continuo debido a su eficacia en aumentar la longitud de brotes y en el número de brotes en las primeras semanas. Ideal para aplicar durante las semanas iniciales del desarrollo de brotes para maximizar el crecimiento.

Evaluar Stimplex: Puede ser considerado para aplicaciones en semanas intermedias y finales. Aunque no supera a Kelplek en longitud de brotes, ofrece un rendimiento sólido en términos de número de brotes.

Revisar Algaenzims: Aunque mostró buenos resultados en las semanas iniciales, su impacto en la longitud de brotes es menor comparado con Kelplek. Puede ser útil en combinación con otros tratamientos o en programas de tratamiento que requieran un enfoque más centrado en el inicio del ciclo de crecimiento.

Monitoreo Continuo: Es recomendable continuar monitoreando los efectos de los bioestimulantes más allá de las semanas estudiadas para ajustar y optimizar los programas de fertilización y tratamiento.

7.2.2 Pruebas Adicionales:

Realizar estudios adicionales en diferentes condiciones climáticas y de suelo para verificar la consistencia de los resultados y su aplicabilidad en otros contextos agrícolas.

Evaluar el impacto de los bioestimulantes en otros parámetros de producción, como el peso y la calidad del fruto, para obtener una visión más completa de sus beneficios.

7.2.3 Divulgación y Capacitación:

Difundir los resultados de esta investigación entre los agricultores y técnicos agrícolas a través de talleres y publicaciones técnicas para fomentar la adopción de estas prácticas mejoradas.

Proporcionar capacitación sobre la aplicación correcta de bioestimulantes, considerando las recomendaciones específicas derivadas del estudio.

7.3 Conclusión general.

El proyecto ha demostrado que Kelplek es el bioestimulante más eficaz para promover la longitud de los brotes y ha tenido un impacto positivo en el número de brotes en las semanas iniciales. Stimplex también muestra una eficacia notable, especialmente en semanas intermedias y finales, mientras que Algaenzims presenta buenos resultados en las semanas iniciales, pero con menor consistencia en longitud de brotes. La intervención temprana es crucial para el crecimiento óptimo de los brotes, y la selección del bioestimulante debe considerar tanto la longitud como el número de brotes para optimizar la producción de frambuesas.

VIII LITERATURA CITADA.

- Alvarado, H. E., Avita, E., & Castillo, A. M. (2016). Producción de frambuesa “Autumn Bliss” con diferentes densidades de caña en el Valle de México. *Remexca*, 7(1), 17-29.
- CIREN. (2016). Modelo de adaptación al cambio climático por medio de la zonificación de aptitud productiva de especies hortofrutícolas priorizadas en la Región del Biobío. Disponible en: <https://bit.ly/2BBMBYJ> Fecha de consulta: 20/03/24
- FAO. (2017). Datos sobre alimentación y agricultura. Disponible en: <https://bit.ly/2L1l2bZ> Fecha de consulta: 02/04/24
- Guzmán, E., García, R., García, G., Mora, S., & Muratalla, A. (2014). Análisis de precio de la frambuesa roja (*Rubus idaeus* L.) producida en Valle de Bravo, México. *Agrociencias*, 38(5), 565-572.
- Galindo, M. A., González, V. A., López, A., Sánchez, P., Soto, R. M., & Muratalla, A. (2006). Sistemas de manejo para producir dos o tres cosechas por año en frambuesa roja en clima templado. *Revista Fititec*, 29(1), 69-77.
- Muratalla, A., Jaen, D., & Arévalo, L. (2013). La producción de frambuesa y zarzamora en México. *Revista Agroproductividad*, 6(5), 3-13.
- Ríos, M. L. (2006). Producción y comercialización del cultivo de frambuesa *Rubus idaeus* L. en el municipio de Abasolo, Guanajuato (Tesis para obtener título de ingeniero agrónomo administrador). UAAAN, Saltillo, Coahuila.
- SIAP. (2016). Planeación Agrícola Nacional 2017-2030 Frutas del bosque arándano, frambuesa, zarzamoras mexicanas. Disponible en: <https://bit.ly/2IT0y62> Fecha de consulta: 13/03/24

- Uribe, H., & Morales, C. G. (2017). Manual de manejo agronómico del frambueso. Instituto de investigaciones agropecuarias, Santiago, Chile. Boletín N°7: 75-77.
- García, S. D. (2017). Bioestimulantes Agrícolas, Definición, Principales Categorías y Regulación a Nivel Mundial. Serie Nutrición Vegetal Núm. 94. Artículos Técnicos de INTAGRI, México. 4 p.
- Saborio, F. (2002). Bioestimulantes en fertilización foliar. En Fertilización foliar. Principios y aplicaciones (pp. 111-127). Costa Rica.
- Norrie, J. (2016). Ascophyllum nodosum extracts: gifts from Poseidon to Theoi Georgikoi (the Greek gods of agriculture). ISHS Acta Horticulturae, 1148, 1-12. II World Congress on the Use of Biostimulants in Agriculture.
- Norrie, J., & Neyli, W. (2015). Extractos de Ascophyllum nodosum en la Producción Agrícola. Horticultivos, México.
- "Frambuesa: Rubus idaeus L.". INIA. Disponible en: http://www.serida.org/pomovil/imagenes/manuales/frambuesa_inia.pdf
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. "Cultivo de frambuesa". Disponible en: <https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/horticultura/subglobales2021.aspx>
- Ali, S., Shah, T., Ullah, S., Bilal, M., Khan, N., & Ullah, S. (2021). Use of seaweed-based biostimulants for enhanced growth, yield, and quality of horticultural crops. Journal of Plant Growth Regulation, 40(1), 123-133.
- Craigie, J. S. (2011). Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. Journal of Applied Phycology, 23(3), 371-393.
- Fan, D., Hodges, D. M., Critchley, A. T., & Prithiviraj, B. (2013). A commercial extract of brown macroalga (Ascophyllum nodosum) affects yield and the nutritional quality of spinach in the growth stage. Communications in Soil Science and

Plant Analysis, 44(18), 2806-2814.

Gupta, S., Pandey, R., & Rathore, D. (2020). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 24, 101518.

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

Sharma, H. S. S., Fleming, C., Selby, C., Rao, J. R., & Martin, T. (2014). Plant biostimulants: A review on the processing of macroalgae and use of extracts for crop management to reduce abiotic and biotic stresses. *Journal of Applied Phycology*, 26(1), 465-490.

FAOSTAT, F. (2017). Disponible online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data.QC>. QC (Consultado en marzo 2024).

ECURED (Enciclopedia colaborativa en la Red cubana) 2018b. Materia orgánica (en línea). La Habana, Cuba (Consultado en marzo 2024).

Bañados P. (2002). *Frambuesas en Chile: sus variedades y características*. Fundación para la Innovación Agraria, Ministerio Agricultura, Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile. ISBN 956-7874-22-0. 89 pp.

SIAP (Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera). 2011. Anuario estadístico de la producción agrícola. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA). <http://www.siap.gob.mx>.

Infoagro. (2013). Infoagro. Obtenido de www.infoagro.com.

Graham, J., and C. Simpson. 2018. Developmental Transitions to Fruiting in Red Raspberry. In *The Genomes of Rosaceous Berries and Their Wild*

Relatives, edited by T. Hytönen, J. Graham and R. Harrison. Cham: Springer International Publishing, 199-212.

Hanson, E., B. Crain, and J. Moses (2019b). Cropping on primocanes and floricanes increases yields of organic raspberries in high tunnels. *HortScience* 54(3):459-462.

du Jardin, P. 2015. Plant Biostimulants: Definition, Concept, Main Categories and Regulation. *Rev. Scientia Horticulturae*, 196: 3-14 p

Hanson, E., B. Crain, and J. Moses (2019b). Cropping on primocanes and floricanes increases yields of organic raspberries in high tunnels. *HortScience* 54(3):459-462

Heide, O., and A. Sønsteby (2011). Physiology of flowering and dormancy regulation in annual-and biennial-fruited red raspberry (*Rubus idaeus* L.)—a review. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 86(5):433-442.

Lárez C., Canelón F., Millán E., Perdomo G., Katime I. “New results on the polymerisation of the itaconic acid in aqueous médium”. *Polymer Bulletin*, 49, 119-126 (2002).

Yakhin, O. I., Lubyantsev, A. A., Yakhin, I. A., & Brown, P. H. (2017). Biostimulants in plant science: a global perspective. *Frontiers in plant science*, 7, 2049. <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.02049>

SIAP. (2022). Panorama Agroalimentario 2022. Panorama Agroalimentario | Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera | Gobierno gob.mx (www.gob.mx).

Bulgari, R., Franzoni, G., & Ferrante, A. (2019). Biostimulants application in horticultural crops under abiotic stress conditions. *Agronomy*, 9(6), 306. <https://doi.org/10.3390/plants8040092>.

- Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
- Du Jardin, P., Xu, L., & Geelen, D. (2020). Agricultural Functions and Action Mechanisms of Plant Biostimulants (PBs) an Introduction. The chemical biology of plant biostimulants, (pp. 1-30). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119357254.ch1>
- Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on crops: Their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, 8(3), 189. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8030189>
- Nephali, L., Piater, L. A., Dubery, I. A., Patterson, V., Huyser, J., Burgess, K., & Tugizimana, F. (2020). Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: A metabolomics perspective. *Metabolites*, 10(12), 505.
- Clark RP, Edwards MS, Foster MS (2004). Effects of shade from multiple kelp canopies on an understory algal assemblage. *Marine Ecology Progress Series* 267:107-119.