TESIS

CON EL TEMA:

“RESPUESTA DEL ARANDANO (*Vaccinium corymbosum*) A TRES BIOESTIMULANTES DURANTE EL DESARROLLO Y LA PRODUCCIÓN”

QUE PRESENTA:

MARCO ANTONIO SOLANO DE LA CRUZ

ASESOR

MC. JORGE AMRANDO PERALTA NAVA

REVISORES

MC. JOSE ANGEL TORRES RANGEL

MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGRONOMÍA

TLAJOMULCO DE ZÚÑIGA, JALISCO. ABRIL, 2026.

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 24/Marzo/2026
No. DE OFICIO: D.SA/DEP/458/2026

ASUNTO: Autorización de impresión definitiva y digitalización.

C. MARCO ANTONIO SOLANO DE LA CRUZ
PASANTE DE LA CARRERA DE INGENIERÍA 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 **"RESPUESTA DEL ARANDANO (*Vaccinium corymbosum*) A TRES BIOESTIMULANTES DURANTE EL DESARROLLO Y LA PRODUCCIÓN"** 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.

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®

EDUCACIÓN | TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO
INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TLAJOMULCO
DIRECCION

C. MARÍA ISABEL BECERRA RODRÍGUEZ
DIRECTORA DEL PLANTEL

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -
MIBR/IGL/HMGG/mjhc*

Educación
Secretaría de Educación Pública

TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

Instituto Tecnológico de Tlajomulco
Dirección
Subdirección Académica
Departamento de Ciencias Agropecuarias

Tlajomulco de Zúñiga, Jalisco, 23/Marzo/2026
No. DE OFICIO: D.SA/DCA/209/2026

ASUNTO: Liberación de proyecto para la titulación integral.

ME. ANDREA TORRES RICO
JEFA DE LA DIVISIÓN DE ESTUDIOS PROFESIONALES
P R E S E N T E

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

NOMBRE DEL ESTUDIANTE Y/O EGRESADO:	MARCO ANTONIO SOLANO DE LA CRUZ
NO. DE CONTROL:	21940143
PRODUCTO:	OPCIÓN I (TESIS)
CARRERA:	INGENIERÍA EN AGRONOMÍA
NOMBRE DEL PROYECTO:	**"RESPUESTA DEL ARANDANO (*Vaccinium corymbosum*) A TRES BIOESTIMULANTES DURANTE EL DESARROLLO Y LA PRODUCCIÓN"**

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

A T E N T A M E N T E
Excelencia en Educación Tecnológica®
Educando para la sociedad Actual y los Retos del futuro®

SEP. TECNM 14DIT0003B IT TLAJOMULCO CIENCIAS AGROPECUARIAS

DRA. DIANA MARIA RIVERA RODRIGUEZ
RESPONSABLE DEL DEPARTAMENTO
DE CIENCIAS AGROPECUARIAS

MC. JORGE ARMANDO PERALTA NAVA **Nombre y firma del asesor**	**MC. JOSE ANGEL TORRES RANGEL** **Nombre y firma del revisor**	**MC. OSVALDO AMADOR CAMACHO** **Nombre y firma del revisor**

C.c.p.- Coordinación Titulación. - Edificio
C.c.p.- Minutario. -
DMRR/mjhc*

2026 año de Margarita Maza

RESUMEN

La presente investigación evaluó la eficacia de la aplicación foliar de bioestimulantes a base de algas marinas y microalgas marinas, para mejorar la respuesta agronómica del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) variedad Atlas blue, bajo las condiciones de un sistema de producción en macro túnel en Ocotlán, Jalisco. Se estableció un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 72 unidades experimentales distribuidas en cuatro tratamientos: T1 (Microalgas marinas), T2 (Algas marinas), T3 (Algas marinas) y T4 (Testigo). Se monitorearon variables de crecimiento vegetativo, diferenciación floral, Grados Brix y Rendimiento.

Los resultados demuestran que el tratamiento T1 (Microalgas marinas) presentó el mayor potencial de diferenciación floral y vegetativa. El T1 fue significativamente superior al Testigo (T4) en el número de brotes laterales, lo que asegura una mayor disponibilidad de madera productiva para ciclos posteriores. En términos de calidad organoléptica, los niveles de azúcares en el T1 alcanzaron niveles de 14.5 °Brix, el T4 se situó en 9.17 °Brix, quedando al límite de requerimientos para exportación. Esta superioridad de las microalgas se atribuye a su composición bioquímica rica en aminoácidos libres y precursores hormonales de rápida asimilación.

En cuanto al rendimiento, se observó una respuesta ascendente y estadísticamente significativa en los tratamientos bioestimulados ($p < 0.0001$). El T1 lideró la producción desde el primer corte semanal (609.00 g/18 plantas), manteniéndose así hasta el tercer corte con 813.00 g, logrando una diferencia acumulada de 396.33 g adicionales frente al T4 en solo tres semanas.

Se concluye que el tratamiento T1 (Microalgas marinas) y el T2 (algas marinas comerciales) son herramientas biotecnológicas validadas que no solo mitigan el estrés, sino que aseguran la rentabilidad económica y la competitividad del cultivo mediante la mejora simultánea del vigor y la calidad del fruto.

Palabras Clave: Bioestimulantes, Arándano, Microalgas, Algas Marinas, Estrés Abiótico, Rendimiento, Grados Brix, Macro túnel.

Contenido

PRELIMINARES 5

AGRADECIMIENTOS 5

RESUMEN 7

I. INTRODUCCIÓN 15

II. OBJETIVOS 18

2.1 Objetivo General 18

2.2 Objetivos Específicos 18

III. HIPÓTESIS 19

3.1. Hipótesis Nula (H0): 19

3.2. Hipótesis Alterna (H1): 19

IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA 20

4.1 Antecedentes 20

4.1.1. Estadísticas de Producción Global 20

4.1.2. Principales Países Productores 21

4.2 Producción en México 21

4.2.1. Distribución geográfica de la producción en México 22

4.2.1.1. Jalisco (Líder Nacional) 22

4.2.1.2. Sinaloa 22

4.2.1.3. Michoacán 22

4.2.1.4. Baja California y Guanajuato 23

4.2.1.5 Estadísticas de mercado 23

4.3. Clasificación botánica 24

4.4. Descripción botánica 25

4.4.1. Planta 25

4.4.2. Raíces 26

4.4.3. Hojas 26

4.4.4. Flores 26

4.4.5. Fruto 27

4.5. Principales especies cultivadas 27

4.6. Características de la variedad atlas blue 28
4.6.1. Poda 28
4.7. Plagas y enfermedades 30
4.7.1. Plagas 30
4.7.1.1 Trips (Frankliniella occidentalis) 30
4.7.1.2. Araña Roja (Tetranychus urticae) 31
4.7.1.3. Gusano Soldado (*Spodoptera exigua*) 31
4.7.2. Enfermedades 32
4.7.2.1. Pudrición de Raíz por *Phytophthora* 32
4.7.2.2. Marchitez Vascular por *Fusarium oxysporum* 33
4.7.2.3. Pudrición de Corona y Raíz por Rhizoctonia solani 34
4.7.2.4. Mancha Foliar y Pudrición del Fruto por *Alternaria sp.* 34
4.7.2.5. Moho Grisáceo por *Cladosporium sp.* 34
4.8. Requerimientos edafoclimáticos 35
4.9. Bioestimulantes en la agricultura: Definición y concepto 37
4.10. Clasificación de los bioestimulantes 38
4.10.1. Sustancias Húmicas 38
4.10.2. Extractos de Algas Marinas 38
4.10.3. Aminoácidos y Péptidos 38
4.10.4. Otros Bioestimulantes 39
4.11. Mecanismos de acción de los bioestimulantes 39
4.11.1. Efecto sobre la Fisiología de la Planta 39
4.11.2. Mitigación del Estrés Abiótico 39
4.11.3. Mejora en la Asimilación de Nutrientes 40
4.12. Aplicación foliar: Principios y ventajas 40
4.12.1. Absorción de compuestos a través de las Hojas 41
4.12.2. Ventajas de la aplicación foliar 41
4.13. Antecedentes del uso de bioestimulantes en el cultivo de arándano 42
4.14. Algas marinas (macroalgas) vs. microalgas marinas 42
4.14.1. Algas marinas (Macroalgas o "Seaweed") 43
4.14.2. Microalgas marinas 43
V. MATERIALES Y METODOS 45

5.1 Area experimental 45
5.2. Pronóstico de rangos de temperatura 46
5.3 Material vegetal 47
5.4 Tratamientos 48
5.4.1 Información y fichas técnicas 49
5.4.1.1 Nutrenza® Foliar 49
5.4.1.2 Stimplex ® 51
5.4.1.3. Seazyme ® 53
5.5 Diseño experimental 55
5.5.1 Distribución de tratamientos 56
5.6. Preparación y delimitación del área de trabajo 57
5.7 Manejo del Cultivo 58
5.7.1. Poda 58
5.7.2 Marcación e identificación al azar de plantas 59
5.7.3. Aplicación de Bioestimulantes 60
5.7.4.Nutrición 61
5.7.5. Análisis de agua 62
5.7.6 Monitoreo de enfermedades y Control de Trips 63
5.7.7 Colocación de mallas antigranizo 64
5.8 Variables evaluadas en desarrollo vegetativo 65
5.8.1 Numero de brotes por rama 65
5.8.2 Ancho de la planta 66
5.8.3 Altura de plantas 66
5.9. Inicio de floración 67
5.9.1. Fructificación y Llenado de frutos. 68
5.10. Variables evaluadas durante la etapa de llenado y producción 69
5.10.1 Medición de grados Brix 70
5.10.2 medición de peso de fruta 72
5.10.3. Medición de tamaño de frutos. 73
VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN 74
6.1 Número De Brotes 74
6.2. Ancho De Plantas 76

6.3 Altura De Plantas 80
6.4. Análisis de datos número de flores por rama. 83
6.5 Análisis de la variable Grados Brix 86
6.7 Análisis de Rendimiento 93
VII. CONCLUSIONES 99
7.1. Conclusiones 99
7.1.1. Cumplimiento del Objetivo General 99
7.1.2. Comparativa del Crecimiento Vegetativo 99
7.1.3. Análisis de la Floración y Sincronía de cuajado 100
7.1.4. Impacto en el Rendimiento y Calidad 100
7.1.5. Identificación del Bioestimulante de Mayor Eficacia y Rentabilidad 100
7.1.6. Comportamiento Tratamiento Testigo 101
7.1.7. Rendimiento y Proyección Productiva 101
VIII. RECOMENDACIONES 102
7.1. Recomendaciones 102
IX. LITERATURA CITADA 103

INDICE DE FIGURAS

Figura 1-Microalgas marinas al microscopio 44
Figura 2-Localización del proyecto..... 45
Figura 3- Arándano variedad atlas blue 47
Figura 4-Ficha técnica de Nutrenza 50
Figura 5-Ficha técnica de Stimplex 52
Figura 6-Composición Química Seazyme Foliar 53
Figura 7-Ficha técnica Seazyme..... 54
Figura 8-Cultivo antes de poda 57
Figura 9-inicio de poda 58
Figura 10-Selección de cañas..... 58
Figura 11-Termino de poda..... 59
Figura 12-Listones de identificación..... 59
Figura 13-Preparación de aplicación..... 60
Figura 14-Aplicación de Bioestimulantes. 60
Figura 15-Tanques cuarto de riego 61
Figura 16-Análisis de agua 62
Figura 17- Monitoreo de plantas. 63
Figura 18- Planta de arándano con síntomas de enfermedad..... 63
Figura 19-Macro túnel con malla antigranizo 64
Figura 20- Efecto de bioestimulantes y malla antigranizo 64
Figura 21-Brotación de yemas laterales..... 65
Figura 22-Medición de ancho de plantas 66
Figura 23- Medición de altura de plantas 66
Figura 24-Inicio de floración cultivo de arándano 67
Figura 25- Inicio de cuaje de frutos cultivo de arándano 68
Figura 26- Frutos medianos cuajados..... 68
Figura 27-cajas empacadas de arándano 69
Figura 28-Refractómetro RE-RHW040 70
Figura 29-Muestra de grados brix-T2, Stimplex 71
Figura 30-Muestra de grados brix-Testigo 71
Figura 31-Fruta para toma de datos..... 72
Figura 32-Pesaje de 10 frutos por tratamiento. 72

Figura 33-Medición de calibres de frutos. 73
Figura 34-Anova Variable número de Brotes. 74
Figura 35-Gráfica número de yemas..... 75
Figura 36-Anova F1 ancho de plantas 76
Figura 37-Anova F2 ancho de plantas 77
Figura 38-Anova T3 ancho de las plantas..... 77
Figura 39-Gráfica de variable, ancho de plantas..... 79
Figura 40-Ancho de planta T1..... 79
Figura 41-Toma de medidas de altura de plantas 80
Figura 42-Anova F1 altura de plantas 80
Figura 43-Anova F2 altura de plantas. 81
Figura 44-Anova F3 altura de plantas. 81
Figura 45- Gráfica de altura de plantas 82
Figura 46-Anova Número de Flores 83
Figura 47- Gráfica promedios número de flores por rama. 84
Figura 48-Floración de arándano 85
Figura 49-Anova F1 grados Brix 86
Figura 50-Anova F2 grados Brix 87
Figura 51-Anova F3 grados Brix 88
Figura 52-Anova F4 grados Brix. 89
Figura 53-Anova F5 grados Brix. 90
Figura 54-Anova grados Brix F5 91
Figura 55-Gráfica Grados Brix 92
Figura 56-Anova rendimiento F1..... 93
Figura 57-Anova Rendimiento F2 94
Figura 58-Anova Rendimiento F3 95
Figura 59- Gráfica de variable de Rendimiento 96
Figura 60-Cultivo de arándano en producción..... 98

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1- Producción de arándano en el mundo..... 21
Tabla 2 -Estadísticas de producción. 23
Tabla 3-Caracteristicas de bioestimulantes..... 44
Tabla 4-Rangos de temperatura 46
Tabla 5-Tratamientos y dosis por Hectárea 48
Tabla 6-Diseño Experimental en Bloques 55
Tabla 7-Distribución de tratamientos..... 56
Tabla 8-Distribución de tratamientos II..... 56
Tabla 9- Solución nutritiva 61
Tabla 10-Medias y grupos estadísticos, número de brotes. 75
Tabla 11-Medias y grupos estadísticos variable; ancho de plantas..... 78
Tabla 12-Medias y grupos altura de plantas 82
Tabla 13- Promedios y grupos estadísticos número de flores 84
Tabla 14- Gráfica de variable, Grados Brix 91
Tabla 15-Medias y grupos estadísticos Rendimientos. 95
Tabla 16-Rendimientos en gramos de tratamientos vs Tratamiento testigo. 97
Tabla 17- Proyección de rendimiento en la temporada. 97

I. INTRODUCCIÓN

El arándano (Vaccinium corymbosum L.), conocido comúnmente como "blueberry", es un frutal de alto valor a nivel mundial, apreciado tanto por su rentabilidad económica como por sus reconocidas propiedades nutracéuticas, especialmente su elevado contenido de antioxidantes. Este reconocimiento ha impulsado un crecimiento exponencial en su cultivo, consolidándose como una de las berries de mayor importancia en los mercados internacionales. En México, la producción de arándano ha emergido como una actividad agrícola estratégica, capitalizando la proximidad con el mercado estadounidense y la diversidad climática del país para posicionarse como un proveedor clave. (Intagri, 2018; Infoagro, 2023).

Dentro de este panorama, el estado de Jalisco se ha consolidado como el epicentro de la producción nacional, aportando casi la mitad del volumen total y destacando por su liderazgo en la adopción de un modelo de agricultura tecnificada orientada a la exportación. Este modelo se fundamenta en el uso de sistemas de producción intensiva bajo macro túneles, que permiten optimizar las condiciones de crecimiento, extender la temporada de cosecha y proteger al cultivo de inclemencias climáticas como lluvias y heladas, asegurando así la productividad y la calidad del fruto. (SIAP, 2023; TecnoAgro, 2025).

A pesar de sus ventajas, la producción bajo macro túnel modifica drásticamente el microclima, exponiendo a las plantas a condiciones de estrés abiótico crónico. El principal desafío agronómico es la acumulación de altas temperaturas y una elevada radiación solar, factores que superan con frecuencia los umbrales óptimos para el cultivo. Temperaturas superiores a los 30 °C pueden reducir drásticamente la tasa de fotosíntesis, mientras que la alta radiación induce estrés oxidativo, un proceso fisiológico que daña las células vegetales y compromete el desarrollo general de la planta. (Osorio et al., 2009; Red agrícola, 2023).

Para mitigar estos efectos y mejorar la resiliencia de las plantas, la bioestimulación agrícola emerge como una estrategia innovadora y sostenible. Los bioestimulantes son sustancias o microorganismos que, aplicados en pequeñas cantidades,

estimulan los procesos fisiológicos de la planta para mejorar la eficiencia en el uso de nutrientes, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad del cultivo, sin actuar directamente como fertilizantes o pesticidas. Su mecanismo de acción se centra en modular las respuestas internas de la planta, ayudándola a superar condiciones adversas mediante la optimización de sus propios recursos metabólicos. (López Domínguez, 2024; Bioera, 2023).

Dentro de las diversas categorías de bioestimulantes, como los extractos de algas marinas y los aminoácidos, la aplicación foliar se presenta como una vía de administración altamente eficiente. La absorción directa a través de las hojas permite una respuesta fisiológica rápida, ideal para contrarrestar los efectos de picos de estrés como las olas de calor. Este método supera las limitaciones del suelo y asegura que los compuestos bioactivos lleguen directamente a los tejidos fotosintéticos, donde pueden activar mecanismos de defensa y protección osmótica de manera casi inmediata. (Rottenberg, s.f.; Biologicals Latam, 2022).

Aunque la literatura científica reporta efectos positivos de los bioestimulantes en diversos cultivos de *berries*, incluyendo mejoras en rendimiento y calidad en arándano y fresa, existe un vacío de conocimiento específico sobre su eficacia bajo las condiciones combinadas de alta temperatura y radiación características de los macro túneles en la región de Ocotlán, Jalisco. La presente investigación se justifica por la necesidad de generar conocimiento aplicado que ofrezca a los productores locales herramientas validadas para optimizar el manejo agronómico, mejorar la rentabilidad y asegurar la sostenibilidad de un cultivo de alta importancia económica para la región y el país. (Santos et al., 2024; Lara-Reimers et al., 2024; García-Vázquez et al., 2023).

En este contexto, el presente estudio se evaluará el efecto de tres bioestimulantes a base de algas y microalgas marinas en el cultivo de arándano, enfocándose en las variables estructurales clave como el número de yemas, la altura, el ancho de la planta y la generación de brotes laterales vigorosos ya que de esto depende una planta fuerte y productiva.

A través de este enfoque experimental, se pretende demostrar que una planta con un crecimiento equilibrado en altura y cobertura es capaz de sostener una floración más abundante y una fructificación más eficiente. A través de este estudio se pretende proveer datos precisos que confirmen que la bioestimulación foliar es la herramienta estratégica para que estos procesos culminen en una cosecha, caracterizada por buenos niveles de grados Brix y rendimientos que aseguren la competitividad y rentabilidad del productor. Mediante esta investigación, también se busca identificar el bioestimulante más efectivo para transformar el potencial genético del arándano en resultados productivos tangibles y sostenibles en la producción en la zona de la Ciénega.

II. OBJETIVOS

La investigación de este trabajo de tesis tiene como fin obtener datos precisos y fiables acerca de la relevancia que tiene un manejo integrado acompañado de una bioestimulación constante a base de algas marinas y de la nueva tendencia de la biotecnología con las microalgas marinas, desde la etapa de poda hasta la etapa de floración y fructificación, en el cultivo de arándano.

2.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de bioestimulantes foliares derivados de algas marinas convencionales y microalgas marinas emergentes, en el crecimiento, floración y rendimiento del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum) bajo condiciones de macro túnel en Ocotlán, Jalisco, para determinar cuál presenta los mejores resultados agronómicos.

2.2 Objetivos Específicos

1. Comparar el efecto de los bioestimulantes foliares (algas marinas convencionales y microalgas) en el crecimiento vegetativo del arándano (altura, ancho de la planta y número de brotes, grados brix y rendimiento total).
2. Analizar la influencia de los bioestimulantes en la floración (número de flores por planta, sincronía de floración y amarre de flor).
3. Determinar el impacto de los tratamientos en el rendimiento del cultivo (número de frutos por planta, peso fresco y calidad postcosecha).
4. Identificar cuál de los bioestimulantes evaluados (algas convencionales o microalgas) presenta mayor eficacia agronómica y rentabilidad potencial para el cultivo de arándano en condiciones protegidas.

III. HIPÓTESIS

3.1. Hipótesis Nula (H0):

No existen diferencias estadísticamente significativas en las variables de respuesta: altura, ancho, número de brotes, número de flores, grados brix y rendimiento entre los tratamientos con bioestimulantes y el tratamiento testigo **(**$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$**).**

3.2. Hipótesis Alterna (H1):

Al menos uno de los tratamientos presenta una media significativamente diferente de los demás en las variables de respuesta evaluadas, demostrando un efecto positivo en el desarrollo del cultivo **(**$\mu_1 \neq \mu_J$**. para algún *i, j*).**

IV. REVISIÓN DE LA LITERATURA

4.1 Antecedentes

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es un arbusto caducifolio de la familia Ericaceae, originario de Norteamérica, que se ha consolidado como un cultivo de alta rentabilidad a nivel mundial. Su éxito se debe principalmente a la alta demanda internacional por sus frutos, reconocidos como un "súper fruto" por su excepcional contenido de antioxidantes, especialmente antocianinas, y compuestos bioactivos asociados a beneficios para la salud, como la prevención de enfermedades neurodegenerativas y cardiovasculares. Desde el punto de vista agronómico, es una especie que requiere condiciones específicas para un desarrollo óptimo, suelos ácidos (pH entre 4.5 y 5.5) con alto contenido de materia orgánica y excelente drenaje, siendo común el uso de sustratos en macetas y sistemas de riego tecnificado para cumplir con estos requisitos en zonas no tradicionales (Robinson, 2020).

El arándano ha experimentado un notable ascenso en popularidad global y en el ámbito agrícola. Este fruto es altamente valorado no solo por sus características organolépticas, sino también por sus probadas propiedades nutracéuticas, particularmente su alto contenido de antioxidantes (Valenzuela-Bustamante, 2016).

Su cultivo se ha consolidado como uno de los *berries* de mayor importancia económica a nivel mundial, con una demanda en constante crecimiento que impulsa la intensificación de las técnicas de producción (SIAP, 2024).

4.1.1. Estadísticas de Producción Global

De acuerdo con el informe de la International Blueberry Organization, la producción mundial de arándanos superó por primera vez los 2.1 millones de toneladas en 2024. Se estima que la superficie cultivada crece a un ritmo del 10% anual, impulsada por inversiones masivas en Asia y América Latina. (IBO, 2024),

4.1.2. Principales Países Productores

La producción se encuentra altamente concentrada, donde los 10 principales países representan el **88% del volumen global**. China se ha consolidado como el líder absoluto en volumen, desplazando a los Estados Unidos.

Tabla 1- Producción de arándano en el mundo

Ranking	País	Producción Estimada (MT)	Cuota de Mercado (%)
1	**China**	563,000	32%
2	**Estados Unidos**	283,000	16%
3	**Perú**	234,000	13%
4	**Chile**	132,000	7%
5	**España**	71,000	4%
6	**México**	67,000 - 81,000	4%

4.2 Producción en México

México se ha posicionado como el quinto productor mundial de arándano (Vaccinium spp.), consolidándose como un actor estratégico en el mercado internacional, especialmente hacia los Estados Unidos. Este crecimiento ha sido impulsado por la adopción de variedades de bajo requerimiento de frío y la implementación de sistemas de alta tecnología bajo agricultura protegida (macro túneles y sistemas en sustrato). (Aneberries, 2024).

4.2.1. Distribución geográfica de la producción en México

A diferencia de otras berries, la producción de arándano en México presenta una distribución que integra tanto el centro-occidente como el noroeste del país, permitiendo una ventana de cosecha extendida.

4.2.1.1. Jalisco (Líder Nacional)

Jalisco encabeza la producción nacional tanto en volumen como en valor. El estado ha sido pionero en la adopción de tecnología hidropónica en macro túnel, lo que maximiza el rendimiento por hectárea.

Municipios Clave: Zapotlán el Grande (Ciudad Guzmán), Zapotiltic, Tuxpan, Tala y Ahualulco de Mercado.

Jalisco aporta aproximadamente el 35% de la producción nacional, destacando por la calidad de su fruta destinada casi en su totalidad a la exportación.

4.2.1.2. Sinaloa

Este estado ha experimentado el crecimiento más acelerado en años recientes, convirtiéndose en el segundo productor nacional. Su producción es clave durante la ventana de invierno y primavera.

Zonas Clave: El Fuerte y Ahome (Los Mochis). Sinaloa se especializa en grandes extensiones tecnificadas, aprovechando su infraestructura de riego y cercanía con la frontera estadounidense.

4.2.1.3. Michoacán

Ocupa el tercer lugar en importancia. Aunque es líder en zarzamora, ha diversificado gran parte de su superficie hacia el arándano debido a su alta rentabilidad.

Municipios Clave: Tangancícuaro, Zamora, Los Reyes y Salvador Escalante.

Michoacán destaca por su especialización técnica y su consolidada red logística para el comercio exterior.

4.2.1.4. Baja California y Guanajuato

Baja California: Concentra su producción en el Valle de San Quintín, donde el clima marítimo favorece la firmeza de la baya.

Guanajuato: Produce principalmente en municipios como Irapuato y Dolores Hidalgo, fungiendo como una región de transición importante.

4.2.1.5 Estadísticas de mercado

De acuerdo con el Panorama Agroalimentario la producción anual de arándano en México supera las 80,000 toneladas. La industria está transitando de la variedad 'Biloxi' hacia variedades patentadas, que ofrecen mayor calibre y mejor vida de anaquel. (SIAP, 2024)

Tabla 2 -Estadísticas de producción.

Estado	Producción Estimada (Toneladas 2024)	Participación (%)
Jalisco	28,564	35%
Sinaloa	26,287	32%
Michoacán	11,969	15%
Baja California	8,000	10%
Otros	6,500	8%

4.3. Clasificación botánica

El arándano alto (*Highbush blueberry*), especie de principal interés agronómico y comercial a nivel global, se ubica taxonómicamente dentro de la siguiente jerarquía biológica, la cual es fundamental para comprender su fisiología y requerimientos de manejo:

- **Reino:** Plantae
- **División:** Magnoliophyta (Plantas con flor)
- **Clase:** Magnoliopsida (Dicotiledóneas)
- **Orden:** Ericales
- **Familia:** Ericaceae
- **Género:** *Vaccinium*
- **Especie:** *Vaccinium corymbosum* L.

La pertenencia del arándano a la familia **Ericaceae** es el aspecto taxonómico de mayor relevancia agronómica.

Esta familia agrupa a plantas conocidas como acidófilas, es decir, que han evolucionado y se desarrollan óptimamente en suelos con un pH bajo, típicamente entre 4.5 y 5.5. Esta condición es un factor crítico y no negociable en el manejo del cultivo, ya que un pH fuera de este rango limita severamente la disponibilidad y absorción de nutrientes esenciales, especialmente el hierro, llevando a deficiencias fisiológicas que merman el vigor y la productividad de la planta. Niveles de pH superiores a 5.8 provocan que micronutrientes esenciales como el hierro (Fe), el manganeso (Mn) y el zinc (Zn) se vuelvan insolubles y queden retenidos en la matriz del suelo, resultando en la clásica "clorosis férrica" que se manifiesta como un amarillamiento internerval en las hojas jóvenes. Además, la fisiología de las Ericáceas está adaptada para preferir el nitrógeno en forma de amonio ($NH4+$) sobre el nitrato ($NO3-$), una asimilación que es mucho más eficiente en medios ácidos.(Calderón-Salas, 2021).

4.4. Descripción botánica

El arándano, es el fruto comestible de un grupo de arbustos perennes que se clasifican dentro del género ***Vaccinium***. Este género pertenece a la familia **Ericaceae**, un grupo botánico de gran importancia que se caracteriza por agrupar especies adaptadas a suelos ácidos y que incluye, además, a los rododendros y los arándanos rojos .Esta pertenencia a la familia Ericaceae no es un dato menor, ya que define en gran medida las condiciones específicas de cultivo que la planta requiere para prosperar, particularmente en lo referente a la acidez del suelo. (Retamales & Hancock, 2018).

Botánicamente, el fruto que se consume es clasificado como una baya verdadera, la cual se desarrolla a partir de un ovario ínfero; una característica clave que significa que otras partes de la flor están fusionadas con el ovario y permanecen en la punta del fruto maduro, formando esa pequeña corona tan distintiva. La diversidad dentro del género Vaccinium es notable, existiendo una amplia variabilidad genética entre sus diferentes especies. Esta riqueza genética ha sido la base para el desarrollo y la mejora de los diversos cultivares comerciales que dominan el mercado actual, adaptados a una gama muy variada de climas y condiciones de crecimiento (Brazelton & Young, 2021).

4.4.1. Planta

El arándano alto (*Highbush blueberry*) es un arbusto perenne de hoja caduca, que puede alcanzar alturas que varían entre 1.5 y 3 metros, dependiendo del cultivar y las condiciones de manejo. Su estructura es de múltiples tallos que se originan desde una corona basal, dándole un hábito de crecimiento erecto y ramificado. La planta produce dos tipos de yemas: las yemas vegetativas, que son pequeñas, delgadas y puntiagudas y dan origen a nuevos brotes y hojas; y las yemas florales, que son más grandes, globosas y de las cuales se desarrollarán las inflorescencias y, posteriormente, los frutos. La diferenciación de estas yemas es un proceso clave que determina el potencial productivo de la siguiente temporada (Moggia & Lobos, 2017).

4.4.2. Raíces

El sistema radicular del arándano es una de sus características más distintivas y limitantes desde el punto de vista agronómico. Sus raíces son superficiales, fibrosas y, crucialmente, carecen de pelos radiculares, que en la mayoría de las plantas son los principales responsables de la absorción de agua y nutrientes. Esta particularidad hace que la planta sea altamente dependiente de la asociación simbiótica con hongos micorrícicos (micorrizas ericoides) para una absorción eficiente. Además, su sistema radicular superficial la vuelve muy susceptible tanto al estrés hídrico (sequía) como al exceso de humedad (asfixia radicular), lo que justifica el uso de sustratos con excelente drenaje y sistemas de riego de alta frecuencia en la producción moderna (Calderón-Salas, 2021).

4.4.3. Hojas

Las hojas del arándano son simples, de disposición alterna en los tallos, y de forma que varía de ovalada a lanceolada. Poseen un peciolo corto y sus márgenes pueden ser enteros o finamente aserrados. Su color es verde intenso en el haz y más pálido en el envés durante la temporada de crecimiento. Como planta caducifolia, las hojas adquieren tonalidades rojizas y púrpuras en otoño antes de caer, un proceso inducido por la acumulación de antocianinas en respuesta a las bajas temperaturas (Moggia & Lobos, 2017).

4.4.4. Flores

Las flores del arándano son hermafroditas y se agrupan en inflorescencias de tipo racimo, conteniendo generalmente entre 8 y 10 flores cada uno. La corola está formada por cinco pétalos fusionados (simpétala), lo que le confiere una característica forma de campana o urna (urceolada), de color blanco a ligeramente rosado. La flor presenta un ovario ínfero, del cual se desarrollará el fruto. La polinización es principalmente entomófila, es decir, realizada por insectos, siendo las abejas un factor clave para asegurar un buen cuajado y desarrollo de los frutos (Calderón-Salas, 2021).

4.4.5. Fruto

Botánicamente, el fruto del arándano es una baya falsa o baya epigina, de forma esférica y tamaño variable según el cultivar. Una característica distintiva es la presencia de una "corona" en el ápice del fruto, que corresponde a los restos del cáliz de la flor. La epidermis está cubierta por una capa cerosa llamada pruina, la cual es responsable de su color azul-grisáceo característico y actúa como una barrera protectora contra la deshidratación y patógenos. La pulpa es translúcida, jugosa y contiene numerosas semillas pequeñas que generalmente no son perceptibles al consumo (Moggia & Lobos, 2017). La calidad del fruto, definida por su tamaño, firmeza y contenido de azúcares, es el objetivo principal de las prácticas de manejo agronómico.

4.5. Principales especies cultivadas

El género *Vaccinium* es diverso, pero la producción comercial de arándanos a nivel mundial se centra en un número limitado de grupos y sus híbridos, seleccionados por su adaptación a diferentes condiciones climáticas y por la calidad de su fruta. La principal distinción entre los arándanos de tipo arbustivo alto (*highbush*) se basa en sus requerimientos de horas frío (horas acumuladas por debajo de 7°C) para una adecuada brotación y floración. Los dos grupos principales son:

- **Arándanos Altos del Norte (*Northern Highbush*):** Originarios de climas fríos, requieren entre 800 y 1,200 horas frío. Son la base de la industria en regiones como Estados Unidos, Canadá y el norte de Europa.
- **Arándanos Altos del Sur (*Southern Highbush*):** Son híbridos complejos desarrollados para adaptarse a climas con inviernos suaves. Tienen bajos requerimientos de frío, generalmente entre 150 y 600 horas, lo que ha permitido la expansión del cultivo a nuevas regiones productoras como México, Perú, España y Marruecos.

Adicionalmente, existen los arándanos “Ojo de Conejo” (*Rabbiteye*) y los de arbusto bajo (*Lowbush*), pero los *Southern Highbush* dominan la producción en las zonas productoras de Jalisco (FIRA, 2016).

4.6. Características de la variedad atlas blue

La variedad **Atlas blue** registrada bajo el nombre **'FCM12-045'**, es un arándano del tipo *Southern Highbush* desarrollado por el programa de mejoramiento genético de Fall Creek Farm & Nursery. Ha ganado popularidad rápidamente en regiones de bajo a nulo requerimiento de frío, como Jalisco, por su combinación de vigor, precocidad y alta calidad de fruta.

Sus características agronómicas más destacadas son:

Requerimiento de Frío: Se clasifica como una variedad de muy bajo a cero requerimiento de frío ("low-chill" o "no-chill"), lo que la hace excepcionalmente adaptable a climas subtropicales donde se busca la producción continua o de primicia (Fall Creek, 2023).

Vigor y Arquitectura: La planta es de crecimiento muy vigoroso y presenta una arquitectura erecta y abierta, lo que facilita las labores de poda, la ventilación dentro del dosel y la eficiencia en la cosecha.

Fruta: Produce frutos de calibre muy grande ("jumbo"), de color azul claro y cubiertos por una pruina abundante y persistente que le otorga una excelente apariencia. [Imagen de arándanos Atlas blue grandes y pruinosos] La fruta es notablemente firme, con una cicatriz del pedúnculo pequeña y seca, características que le confieren una excelente vida postcosecha y capacidad para viajar a mercados lejanos.

Productividad y Precocidad: Es una variedad muy precoz, entrando en producción rápidamente y alcanzando altos rendimientos en sus primeros años. Su ventana de cosecha es temprana en la temporada, lo que a menudo permite a los productores acceder a precios de mercado favorables (Intagri, 2022).

4.6.1. Poda

La poda es la práctica agronómica más importante para manejar el vigor de la planta, equilibrar el crecimiento vegetativo con la producción de fruta y asegurar la rentabilidad del huerto a largo plazo.

En variedades vigorosas como la Atlas, una poda adecuada es fundamental para evitar el exceso de sombreamiento, mejorar la calidad de la fruta y facilitar las cosechas.

Los objetivos principales de la poda en arándano son:

Renovación de la Madera Productiva: El arándano produce su fruta de mejor calidad en las yemas florales ubicadas en madera joven y vigorosa (brotes del año anterior). La poda busca eliminar sistemáticamente las cañas más viejas (generalmente de más de 4-5 años), que son menos productivas y producen fruta de menor calibre, para estimular el crecimiento de nuevas cañas desde la corona.

Equilibrio Vegetativo/Reproductivo: Se busca dejar un número adecuado de cañas productivas por planta (generalmente entre 6 y 10, dependiendo del vigor y la edad) para evitar una sobrecarga de fruta, lo que resultaría en frutos pequeños y un agotamiento de la planta.

Mejorar la Arquitectura de la Planta: Se eliminan las ramas bajas que tocan el suelo, las que se entrecruzan en el centro del arbusto y los brotes débiles o delgados. Esto abre el dosel, mejorando la penetración de la luz y la circulación del aire, lo que a su vez favorece la coloración uniforme de la fruta, reduce la incidencia de enfermedades fúngicas y facilita la aplicación de productos fitosanitarios.

La poda se realiza generalmente durante el período de dormancia de la planta, aunque en sistemas de producción continua en climas subtropicales, se pueden realizar podas de ajuste después de los picos de cosecha, es fundamental que esta práctica se realice como el mayor cuidado tanto en el corte como en la selección de las varas tanto de su diámetro como de su distribución, ramas mal seleccionadas repercute en el rendimiento y la distribución en el flujo del aire y el control de plagas y enfermedades. (Retamoza, 2022).

4.7. Plagas y enfermedades

El ambiente protegido que ofrecen los macro túneles, si bien mitiga los riesgos climáticos, crea condiciones micro climáticas específicas como temperaturas más elevadas, menor circulación de aire y humedad relativa variable que pueden favorecer el desarrollo y la rápida proliferación de ciertas plagas y enfermedades. Un manejo fitosanitario integrado, basado en el monitoreo constante y el conocimiento del ciclo biológico de los organismos, es indispensable para garantizar la sanidad del cultivo y la obtención de fruta de alta calidad, libre de daños y residuos. A continuación, se describen las principales plagas que afectan al cultivo de arándano en las condiciones de producción de Jalisco.

4.7.1. Plagas

4.7.1.1 Trips (Frankliniella occidentalis)

El trips occidental de las flores, *Frankliniella occidentalis*, es una de las plagas más polífagas y cosmopolitas, y representa una amenaza constante para el cultivo de arándano bajo macro túnel. Son insectos diminutos, de forma alargada y coloración que varía del amarillo al marrón oscuro, cuyo ciclo de vida corto y alta tasa reproductiva les permite alcanzar poblaciones muy altas en poco tiempo, especialmente bajo condiciones de temperaturas cálidas (Cesavejal, 2018).

Daños: El daño principal es causado por las ninfas y los adultos al alimentarse, utilizando su aparato bucal raspador-chupador para perforar las células epidérmicas de los tejidos vegetales. Su ataque se concentra en los órganos más tiernos y en desarrollo

Flores: Se alimentan de los ovarios y del polen, provocando el aborto floral y, consecuentemente, una reducción drástica en el cuajado de frutos.

Frutos: Las picaduras en los frutos recién cuajados dejan cicatrices corchosas o plateadas (efecto de "russeting") que deprecian su valor comercial y pueden ser una vía de entrada para patógenos secundarios.

Brotes y Hojas: La alimentación en los brotes nuevos provoca deformaciones, enanismo y un aspecto bronceado en las hojas.

Además del daño directo, *F. occidentalis* es un conocido vector de virus, lo que incrementa su peligrosidad en el cultivo (García-López et al., 2021).

4.7.1.2. Araña Roja (Tetranychus urticae)

La araña roja o ácaro de dos manchas, *Tetranychus urticae*, es un ácaro tetraníquido extremadamente polífago y una de las plagas más problemáticas en cultivos protegidos a nivel mundial. Su desarrollo se ve fuertemente favorecido por las condiciones de alta temperatura y baja humedad relativa, un escenario común dentro de los macro túneles. Su capacidad para desarrollar resistencia a los acaricidas exige un manejo integrado y la rotación de ingredientes activos (Intagri, 2017).

Daños: Los ácaros se alimentan succionando el contenido celular de las hojas, principalmente en el envés.

Hojas: Las primeras señales de su presencia son pequeños puntos cloróticos o amarillentos en el haz de las hojas. [Imagen de punteado clorótico por araña roja en hoja] A medida que la población aumenta, estos puntos se unen, causando un bronceado generalizado o un amarillamiento completo de la hoja.

Reducción Fotosintética: La destrucción de clorofila reduce drásticamente la capacidad fotosintética de la planta, lo que se traduce en una pérdida de vigor, menor calibre y calidad de la fruta, y en infestaciones severas, puede provocar una defoliación prematura.

Telarañas: En altas infestaciones, producen una fina telaraña que cubre hojas, brotes y frutos, lo que interfiere con la fotosíntesis y deprecia la calidad de la cosecha.

4.7.1.3. Gusano Soldado (*Spodoptera exigua*)

El gusano soldado, también conocido como gusano soldado de la remolacha, es la larva de una polilla (lepidóptero) de la familia Noctuidae. Es una plaga migratoria y altamente polífaga.

Los adultos (polillas) son de hábitos nocturnos y depositan sus huevos en masas sobre el follaje. Las larvas recién eclosionadas son las que causan el daño, mostrando una gran voracidad (Cesavejal, 2023).

Daños: El daño es causado exclusivamente por las larvas al alimentarse.

Hojas y Brotes: Las larvas en sus primeros estadios se alimentan raspando la superficie de las hojas (daño de "ventanita"), mientras que las larvas más desarrolladas son capaces de devorar completamente el follaje, dejando únicamente las nervaduras principales. Esto reduce el área fotosintética y debilita la planta.

Flores y Frutos: Las larvas también pueden barrenar y alimentarse de las flores y los frutos, causando su caída y una pérdida directa en el rendimiento. Las perforaciones en los frutos los hacen inviables para su comercialización y actúan como puerta de entrada para hongos y bacterias que provocan pudriciones secundarias.

El monitoreo con trampas de feromonas para detectar la llegada de los adultos es una herramienta clave para anticipar los picos poblacionales y controlar la plaga en sus etapas iniciales.

4.7.2. Enfermedades

La sanidad del sistema radicular y del follaje es un pilar para la productividad del arándano. Las enfermedades, principalmente de origen fúngico, representan una amenaza significativa que puede causar desde mermas en el rendimiento hasta la muerte completa de las plantas. El manejo se centra en la prevención, mediante el uso de material vegetal sano, sustratos desinfectados, un manejo preciso del riego para evitar la asfixia radicular y la creación de condiciones de buena ventilación dentro del macro túnel.

4.7.2.1. Pudrición de Raíz por *Phytophthora*

La pudrición de raíz causada por el oomiceto *Phytophthora cinnamomi* es una de las enfermedades más destructivas del arándano a nivel mundial.

Este patógeno del suelo prospera en condiciones de alta humedad y mal drenaje, un riesgo constante en cultivos en sustrato si el manejo del riego no es óptimo.

Síntomas: La enfermedad afecta principalmente al sistema radicular y la corona.

Sistema Aéreo: Los síntomas iniciales son sutiles y pueden confundirse con deficiencias nutricionales: pérdida de vigor, crecimiento reducido, clorosis (amarillamiento) de las hojas y enrojecimiento prematuro del follaje. En etapas avanzadas, se produce una marchitez generalizada que puede llevar a la muerte súbita de la planta (Schilder et al., 2017).

Sistema Radicular: Al examinar las raíces, se observa una necrosis de color marrón oscuro a negro. Las raíces finas se desintegran fácilmente, y al realizar un corte en la corona, se puede observar una clara delimitación entre el tejido sano (blanquecino) y el tejido necrótico de color canela o marrón-rojizo.

La prevención es clave y se basa en el uso de sustratos con excelente drenaje, evitar el exceso de riego y la aplicación de fungicidas preventivos específicos.

4.7.2.2. Marchitez Vascular por *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum es un hongo habitante del suelo que causa una marchitez vascular. El patógeno ingresa a la planta a través de las raíces, a menudo aprovechando pequeñas heridas, y coloniza los vasos del xilema. Una vez dentro, el crecimiento del micelio y la producción de toxinas taponan el sistema vascular, impidiendo el transporte de agua y nutrientes desde la raíz hacia el resto de la planta.

Síntomas: El síntoma más característico es una **marchitez unilateral**, donde solo una rama o una parte de la planta se muestra flácida y clorótica mientras el resto parece sano. Con el tiempo, la marchitez se generaliza. Al realizar un corte longitudinal en los tallos afectados, se puede observar una decoloración vascular de color marrón o rojizo, que confirma la infección sistémica del hongo (Pérez-Hernández, 2021).

4.7.2.3. Pudrición de Corona y Raíz por Rhizoctonia solani

Rhizoctonia solani es otro hongo polífago del suelo que causa enfermedades en la raíz y la corona del arándano. Es particularmente problemático en viveros y en plantas jóvenes recién establecidas en campo. El hongo sobrevive en el suelo como esclerocios (estructuras de resistencia) y micelio.

Síntomas: La enfermedad se manifiesta como un "damping-off" o mal del talluelo en plántulas, causando un estrangulamiento necrótico en la base del tallo. En plantas más desarrolladas, provoca una pudrición seca de color marrón rojizo en la corona y las raíces principales. A menudo, las plantas infectadas muestran un desarrollo pobre, enanismo y clorosis, y pueden morir de forma repentina, especialmente bajo condiciones de estrés (García-López et al., 2021).

4.7.2.4. Mancha Foliar y Pudrición del Fruto por *Alternaria sp.*

El género *Alternaria* incluye especies que actúan como patógenos foliares y también como agentes causales de pudrición de frutos, especialmente en la etapa de postcosecha. La infección se ve favorecida por periodos de alta humedad y temperaturas moderadas.

Síntomas:

Hojas: Provoca manchas necróticas circulares, de color marrón a grisáceo, que a menudo presentan anillos concéntricos, dándoles una apariencia de "ojo de buey" o "tiro al blanco".

En ataques severos, puede causar una defoliación prematura, debilitando la planta.

Frutos: La pudrición por *Alternaria* (*Alternaria fruit rot*) comienza típicamente en el extremo del cáliz (la "corona" del fruto). Se desarrolla un moho de color oscuro, verdoso a negro, y el fruto se ablanda y colapsa. Es una de las principales causas de pérdidas en almacenamiento y transporte (Caruso & Ramsdell, 2017).

4.7.2.5. Moho Grisáceo por *Cladosporium sp.*

Al igual que *Alternaria*, *Cladosporium* es un hongo muy común en el ambiente, a menudo considerado un contaminante secundario o saprófito.

Sin embargo, bajo condiciones de alta humedad prolongada, puede infectar flores y frutos, especialmente aquellos que han sufrido algún daño previo (por insectos, granizo o mal manejo).

Síntomas: En los frutos, causa una pudrición que se caracteriza por el desarrollo de un moho aterciopelado de color verde oliva a negruzco. Aunque a menudo se asocia con la postcosecha, la infección puede iniciarse en el campo en flores senescentes o en frutos maduros, manifestándose plenamente durante el almacenamiento. Su control se basa en mantener una buena ventilación en el cultivo y realizar un enfriamiento rápido de la fruta después de la cosecha (García-López et al., 2021).

4.8. Requerimientos edafoclimáticos

El arándano es una especie con requerimientos muy específicos, particularmente en lo que respecta al suelo, lo que ha condicionado su expansión y ha impulsado el desarrollo de sistemas de producción tecnificados. El éxito del cultivo depende de replicar, en la medida de lo posible, las condiciones de su hábitat natural. (Intagri, 2017).

Requerimientos de Suelo (Edáficos): El factor más limitante para el cultivo del arándano es el **pH del suelo**.

pH: Requiere suelos extremadamente ácidos, con un rango óptimo de **4.5** a **5.2**. Un pH por encima de 5.5 provoca severas deficiencias nutricionales, especialmente de hierro (clorosis férrica), ya que este se vuelve insoluble y no disponible para la planta. Esta es la principal razón por la que, en regiones con suelos calcáreos o neutros, como muchas zonas de Jalisco, el cultivo se realiza exclusivamente en sustratos artificiales donde el pH puede ser controlado con precisión.

Materia Orgánica: Prospera en suelos con altos contenidos de materia orgánica (>3-5%), que ayudan a mantener la acidez, retener la humedad y mejorar la estructura del suelo.

Textura y Drenaje: Debido a su sistema radicular superficial y sensible a la asfixia, el suelo debe ser ligero, con excelente drenaje y buena aireación. Las texturas arenosas o franco-arenosas son ideales. Suelos pesados o arcillosos son completamente inadecuados.

Conductividad Eléctrica (CE): Es un cultivo extremadamente sensible a la salinidad. La CE en el extracto de saturación del suelo o sustrato no debe superar los 1.5 dS/m.

Requerimientos Climáticos:

Temperatura: La mayoría de las variedades comerciales son caducifolias y requieren un período de acumulación de **horas frío** (horas con temperaturas por debajo de 7°C) durante el invierno para romper la dormancia de las yemas y asegurar una brotación y floración uniformes. Las variedades *Southern Highbush* como ''Atlas blue'' se han adaptado a climas con inviernos suaves, requiriendo entre 150 y 600 horas frío. Las temperaturas óptimas para el desarrollo vegetativo oscilan entre 20-25°C. Temperaturas superiores a 30°C pueden causar estrés térmico y reducir la fotosíntesis.

Luz: Es una planta que requiere alta luminosidad para una buena producción y calidad de fruta. La exposición directa al sol es necesaria para la síntesis de azúcares y antocianinas, aunque un exceso de radiación, especialmente en combinación con altas temperaturas, puede causar quemaduras en hojas y frutos (golpe de sol).

Agua: Necesita un suministro de agua constante y de buena calidad, pero sin encharcamientos. La calidad del agua de riego es crítica, debiendo tener un bajo contenido de sales y bicarbonatos para no alterar el pH del sustrato.

4.9. Bioestimulantes en la agricultura: Definición y concepto

En el contexto de una agricultura que busca optimizar la eficiencia y la sostenibilidad, los bioestimulantes vegetales han emergido como una herramienta agronómica innovadora. A diferencia de los fertilizantes o los productos fitosanitarios, un bioestimulante no actúa por su aporte nutricional directo ni por su acción biocida contra plagas o enfermedades.

Es fundamental entender que su función es **moduladora**, distinguiéndose categóricamente de otros insumos agrícolas. A diferencia de los fertilizantes, que aportan nutrientes esenciales por su peso químico (N-P-K), o de los productos fitosanitarios, cuya acción es biocida contra plagas y patógenos, un bioestimulante opera a nivel fisiológico y metabólico, actuando como un complemento de alto valor.

Según el Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo, un bioestimulante de plantas se define como un producto que estimula los procesos de nutrición de las plantas independientemente del contenido de nutrientes del producto, con el único objetivo de mejorar una o varias de las siguientes características de la planta o su rizosfera:

- Eficiencia en el uso de nutrientes.
- Tolerancia al estrés abiótico.
- Características de calidad del producto.
- Disponibilidad de nutrientes inmovilizados en el suelo o la rizosfera.

En esencia, los bioestimulantes actúan sobre la fisiología de la planta, mejorando su vigor, rendimiento y calidad, especialmente bajo condiciones de estrés, funcionan como "catalizadores" de los procesos naturales de la planta, ayudándola a maximizar su potencial genético. Esta capacidad de modulación es la clave de su creciente importancia económica, ya que ofrecen una vía para incrementar la productividad de manera sostenible y con un menor riesgo ambiental.(Calvo et al., 2014).

4.10. Clasificación de los bioestimulantes

Los bioestimulantes agrícolas son un grupo heterogéneo de productos que se pueden clasificar según su naturaleza y composición. Las principales categorías son:

4.10.1. Sustancias Húmicas

Son una mezcla compleja de moléculas orgánicas que se forman a partir de la descomposición de materia vegetal y animal. Se dividen en **ácidos húmicos** y **ácidos fúlvicos**. Su aplicación, principalmente al suelo, pero también foliar, mejora la absorción de nutrientes al actuar como agentes quelantes naturales, especialmente de micronutrientes como el hierro y el zinc, haciéndolos más disponibles para la planta. Además, mejoran la estructura del suelo y estimulan la actividad microbiana (Aguilar-Paredes et al., 2023).

4.10.2. Extractos de Algas Marinas

Los extractos de algas, principalmente de *Ascophyllum nodosum*, son una de las categorías más utilizadas de bioestimulantes. Contienen una compleja mezcla de componentes bioactivos, incluyendo polisacáridos (laminarina, fucoidanos), polifenoles, vitaminas, aminoácidos y trazas de fitohormonas (citoquininas, auxinas). Estos compuestos actúan sinérgicamente para mejorar la tolerancia de las plantas al estrés abiótico (sequía, salinidad, temperaturas extremas) y estimular el crecimiento radicular y la floración (Battacharyya et al., 2015).

4.10.3. Aminoácidos y Péptidos

Son hidrolizados de proteínas de origen animal o vegetal. La aplicación foliar de aminoácidos libres y péptidos de cadena corta proporciona a la planta "bloques de construcción" para la síntesis de sus propias proteínas y enzimas, lo que representa un ahorro energético significativo, especialmente en momentos de alta demanda metabólica o bajo condiciones de estrés. Además, algunos aminoácidos como la prolina actúan como osmoprotectores, ayudando a la planta a mantener su turgencia celular durante el estrés hídrico.

4.10.4. Otros Bioestimulantes

Esta categoría incluye una variedad de sustancias como:

- Microorganismos benéficos: Hongos micorrízicos y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) que mejoran la absorción de nutrientes.
- Quitosano y otros biopolímeros: Que pueden inducir respuestas de defensa en las plantas.
- Elementos químicos benéficos: Como el Silicio (Si), que refuerza las paredes celulares y mejora la tolerancia a estrés biótico y abiótico.

4.11. Mecanismos de acción de los bioestimulantes

El efecto positivo de los bioestimulantes en el crecimiento y rendimiento de los cultivos no se debe a un único modo de acción, sino a una compleja interacción de sus componentes bioactivos con la fisiología de la planta. Estos mecanismos pueden variar según el tipo de bioestimulante, pero generalmente se agrupan en tres áreas principales.

4.11.1. Efecto sobre la Fisiología de la Planta

Los bioestimulantes pueden modular procesos metabólicos fundamentales para el desarrollo vegetal. Por ejemplo, los extractos de algas marinas y los hidrolizados de proteínas contienen compuestos que pueden tener una actividad similar a la de las fitohormonas, como las auxinas y las citoquininas. Estos compuestos pueden promover la división y elongación celular, estimular el desarrollo de raíces secundarias y retrasar la senescencia de las hojas. Al mejorar la tasa fotosintética y la síntesis de clorofila, la planta optimiza la producción de fotoasimilados (azúcares), que son la base energética para el crecimiento y la producción de frutos de alta calidad (García-Gómez et al., 2020).

4.11.2. Mitigación del Estrés Abiótico

Quizás uno de los roles más importantes de los bioestimulantes en la agricultura moderna es mejorar la resiliencia de las plantas frente a condiciones ambientales adversas.

El microclima dentro de un macro túnel, con sus altas temperaturas y radiación, representa un estrés abiótico constante. Los bioestimulantes ayudan a la planta a sobrellevar este estrés de varias maneras:

- Activación de defensas antioxidantes: Promueven la síntesis de enzimas (como la superóxido dismutasa y la catalasa) que neutralizan las especies reactivas de oxígeno (EROs), moléculas dañinas que se producen en exceso durante el estrés.
- Ajuste osmótico: Compuestos como los aminoácidos (ej. prolina) y el glicin-betaína actúan como osmolitos compatibles, acumulándose en el citoplasma para mantener la turgencia celular y proteger las membranas y proteínas del daño por deshidratación (Du Jardin, 2015).

Al mitigar los efectos negativos del estrés, la planta puede destinar más energía al crecimiento y la producción en lugar de solo a la supervivencia.

4.11.3. Mejora en la Asimilación de Nutrientes

Los bioestimulantes mejoran la eficiencia en el uso de los nutrientes (EUN) tanto a nivel de la raíz como de la hoja. Al ser aplicados vía foliar, algunos de sus componentes, como los aminoácidos, actúan como agentes quelantes naturales, facilitando la absorción y el transporte de micronutrientes (hierro, zinc, manganeso) a través de la cutícula y membranas celulares. Esto es particularmente útil para corregir deficiencias de manera rápida. Además, al mejorar la salud general y el metabolismo de la planta, se optimiza la translocación y el uso de los nutrientes ya presentes en los tejidos, asegurando que se destinen a los órganos de mayor demanda, como los frutos en desarrollo (García-Gómez et al., 2020).

4.12. Aplicación foliar: Principios y ventajas

La aplicación foliar es una técnica que consiste en la aspersión de nutrientes o bioestimulantes directamente sobre el follaje de las plantas. Aunque no reemplaza a la fertilización radicular, es un complemento altamente eficaz para lograr objetivos específicos.

4.12.1. Absorción de compuestos a través de las Hojas

La hoja, aunque su función principal es la fotosíntesis, tiene la capacidad de absorber compuestos a través de su superficie. La eficacia de la absorción foliar depende de factores como la formulación del producto (el uso de coadyuvantes que reducen la tensión superficial), las condiciones ambientales (humedad relativa alta y temperaturas moderadas favorecen la apertura estomática) y el estado fenológico de la planta (hojas jóvenes y activas son más eficientes) (Fernández & Eichert, 2009).

4.12.2. Ventajas de la aplicación foliar

La nutrición y bioestimulación foliar ofrecen ventajas estratégicas significativas:

Rapidez de Respuesta: La absorción a través de las hojas es mucho más rápida que la absorción radicular, lo que permite corregir deficiencias nutricionales visibles en cuestión de días.

Alta Eficiencia: Se evitan las interacciones negativas que ocurren en el suelo o sustrato (fijación, lixiviación, antagonismos), asegurando que una mayor proporción del producto aplicado llegue a la planta.

Aplicación Específica: Permite aportar elementos o compuestos específicos en momentos fenológicos clave de alta demanda.

Complemento en Condiciones de Estrés: Cuando el sistema radicular está comprometido por estrés (asfixia, salinidad, patógenos), la aplicación foliar es la única vía viable para nutrir y apoyar a la planta.

4.13. Antecedentes del uso de bioestimulantes en el cultivo de arándano

La investigación sobre el uso de bioestimulantes en *berries* ha crecido en los últimos años, buscando alternativas sostenibles para mejorar la productividad. Varios estudios han demostrado resultados positivos en arándano y cultivos similares.

En un estudio realizado en Perú con la variedad 'Biloxi' se evaluó el efecto de un bioestimulante a base de algas marinas (*Ascophyllum nodosum*). Los resultados mostraron que las aplicaciones foliares incrementaron significativamente el número de frutos por planta y el rendimiento total en comparación con el tratamiento control. Además, se observó una mejora en la calidad del fruto, específicamente en el contenido de sólidos solubles (°Brix). (Calderón-Salas 2021),

En zarzamora, un cultivo con fisiología comparable se encontró que la aplicación de bioestimulantes a base de aminoácidos y extractos orgánicos aumentó el contenido de fenoles y antocianinas en los frutos, compuestos directamente relacionados con la capacidad antioxidante y el valor nutracéutico del producto final. (Salas-Pérez et al. 2016)

Estos antecedentes sugieren que los bioestimulantes tienen un alto potencial para mejorar no solo los parámetros de crecimiento y rendimiento del arándano, sino también sus atributos de calidad. Sin embargo, existe un vacío de información sobre la respuesta específica de variedades de reciente introducción como Atlas blue bajo las condiciones de producción intensiva en macro túnel en la región de Jalisco con las condiciones específicas de esta región.

4.14. Algas marinas (macroalgas) vs. microalgas marinas

Dentro de la categoría de bioestimulantes de origen marino, es crucial hacer una distinción técnica y biológica entre los productos derivados de algas marinas (conocidas científicamente como macroalgas) y los derivados de microalgas marinas. Aunque ambos son organismos fotosintéticos acuáticos, su biología, método de obtención y los compuestos bioactivos que aportan a la agricultura son significativamente diferentes.

4.14.1. Algas marinas (Macroalgas o "Seaweed")

Cuando en la literatura agronómica y en los productos comerciales se habla de "extractos de algas marinas", casi exclusivamente se refieren a las macroalgas.

Definición y estructura: Son organismos pluricelulares y macroscópicos, visibles a simple vista. A diferencia de las plantas superiores, no poseen verdaderas raíces, tallos ni hojas, sino estructuras análogas que conforman un cuerpo vegetativo llamado talo. Este se compone de un rizoide (anclaje), un estipe (tallo) y frondas o láminas fotosintéticas. (García-Gómez et al., 2020).

Clasificación y obtención: Se clasifican por sus pigmentos, siendo las algas pardas *(Phaeophyceae)*, y en particular la especie *Ascophyllum nodosum*, la fuente más importante para la industria de bioestimulantes. Estos productos se obtienen mediante la recolección de la biomasa de su hábitat natural (costas rocosas) y su posterior extracción industrial para liberar los compuestos bioactivos (García-Gómez et al., 2020).

Compuestos bioactivos: Su principal valor reside en una compleja mezcla de polisacáridos (alginatos, fucoidanos, laminarina), polifenoles, vitaminas, manitol y compuestos con actividad hormonal, que actúan sinérgicamente para mejorar la tolerancia al estrés y la absorción de nutrientes en las plantas.

4.14.2. Microalgas marinas

Las microalgas representan una frontera más reciente y tecnificada en el desarrollo de bioestimulantes, con un enfoque productivo completamente distinto.

Definición y estructura: Son organismos **unicelulares** y **microscópicos**, cuya estructura es mucho más simple que la de las macroalgas. Cada célula es una unidad funcional independiente que vive de forma individual o en colonias.

Clasificación y obtención: Este grupo es extremadamente diverso e incluye géneros como *Chlorella sp.* y cianobacterias como *Arthrospira platensis* **(Espirulina)**. A diferencia de las macroalgas, las microalgas no se recolectan, sino que se cultivan de forma controlada y masiva en sistemas artificiales como

fotobiorreactores o estanques abiertos ("raceways"). Este cultivo permite optimizar las condiciones para maximizar la producción de compuestos específicos (Álvarez-Gómez et al., 2023).

Compuestos bioactivos: El producto final suele ser la biomasa celular completa. Son "bio-fábricas" particularmente ricas en aminoácidos libres, proteínas de alto valor biológico, pigmentos antioxidantes (*clorofilas, carotenoides)*, lípidos y péptidos bioactivos. Su efecto se asocia más con un aporte energético directo y la estimulación del metabolismo primario de la planta (Posada-Pérez et al., 2016)

Tabla 3-Caracteristicas de bioestimulantes

Característica	Algas Marinas (Macroalgas)	Microalgas Marinas
Complejidad	Pluricelulares, complejas	Unicelulares, simples
Tamaño	Macroscópicas (cm a metros)	Microscópicas (micrómetros)
Ejemplo Clave	*Ascophyllum nodosum*	*Chlorella sp.*, *Spirulina*
Método de Obtención	Recolección del mar y **extracción**	**Cultivo** masivo en fotobiorreactores
Compuestos Clave	Polisacáridos complejos, polifenoles	Aminoácidos, proteínas, pigmentos

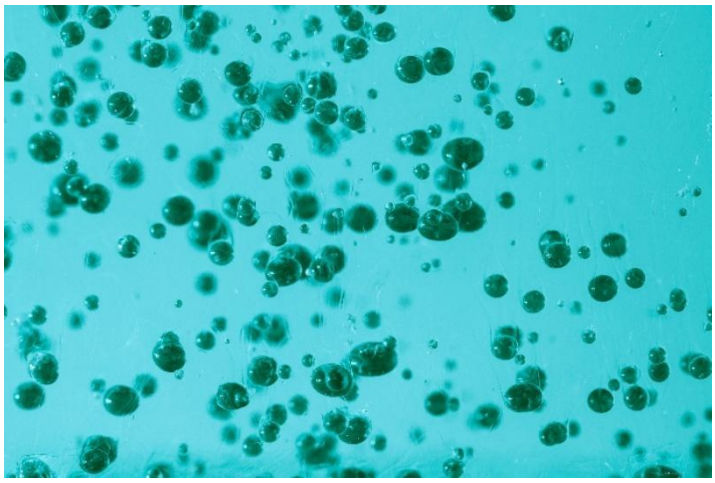

Figura 1-Microalgas marinas al microscopio

V. MATERIALES Y METODOS

5.1 Area experimental

Esta investigación se realizó en un invernadero de plantación de arándano *(Vaccinium corymbosum),* variedad Atlas Blue, en el Rancho Ocoberries, que se ubica en carretera camino a Santa Clara de Zula km 3, municipio de Ocotlán, Jal. C.P. 47785 cuyas coordenadas geográficas son: **20.3981983° N = 20° 23' 53.5" - 102.6985484° W = *102° 41' 54.8" W.** Tomando 4 macro túneles para el desarrollo del proyecto.

Figura 2-Localización del proyecto

La duración de este experimento abarca un lapso de 6 meses a partir de la fecha de poda del ciclo 2025-2026 que se realizó en los primeros días del mes de julio y así ir evaluando la respuesta de las plantas después de cada una de las aplicaciones de los bioestimulantes.

En la realización del proyecto se evaluarán 4 tratamientos (1 tratamiento por macro túnel), marcando un total de 18 plantas aleatoriamente en cada túnel, previamente identificadas en las que se obtendrán los datos, de alto y ancho de la planta, grosor de tallos, numero de yemas, amarre de flores, grados brix y rendimiento de producción total por tratamiento.

5.2. Pronóstico de rangos de temperatura

La temperatura máxima promedio en Ocotlán de julio a septiembre oscila entre 28 °C y 30 °C, se puede deducir que dentro de la agricultura protegida (macro túnel), las temperaturas pueden superar fácilmente los **32 °C a 35 °C** durante el día, es por ello por lo que se tomó la decisión de dejar la malla antigranizo hasta inicios del mes de noviembre evitando así un exceso de temperatura a la planta durante los meses en que es mayor la radiación

Promedios basados en datos históricos (IIEG, 2024; INEGI)

Tabla 4-Rangos de temperatura

Mes	Temperatura Mínima Promedio (°C)	Temperatura Máxima Promedio (°C)	Condición Climatológica Dominante
Julio	18 – 20	28- 30	Pico de Temporada de Lluvias / Semicálido
Agosto	18 – 20	28- 30	Plena Temporada de Lluvias / Semicálido
Septiembre	17.5 - 19.5	27.5 - 29.5	Transición / Final de Lluvias
Octubre	16 – 18	26 - 28	Inicio de Sequía y Templado
Noviembre	dic-15	25- 27	Baja de Temperatura / Ambiente Seco
Diciembre	**9.- 13**	**24 - 26**	**Época Fría / Acumulación de Horas Frío**

5.3 Material vegetal

La variedad **Atlas blue** registrada bajo el nombre **FCM12-045**, es un arándano del tipo *Southern Highbush* desarrollado por el programa de mejoramiento genético de Fall Creek Farm & Nursery. Ha ganado popularidad rápidamente en regiones de bajo a nulo requerimiento de frío, como lo es el Estado de Jalisco.

Para el presente estudio, se trabajó con un lote de plantas de dos años, etapa en la que el arándano alcanza su madurez fisiológica inicial y comienza a expresar en gran medida su potencial productivo.

El cultivo se estableció utilizando tezontle (roca volcánica) como sustrato principal. La elección de este material inerte responde a una estrategia de manejo preventivo basada en los resultados del análisis de agua de la zona, el cual reportó niveles considerables de sodio y bicarbonatos; sin embargo, favorece la problemática de lavado de sustrato, ya que así mismo hay muy poca retención de los nutrientes y agua que también son un factor importante para las raíces de las plantas de arándano.

Figura 3- Arándano variedad atlas blue

5.4 Tratamientos

Los tratamientos se aplicaron conforme a la recomendación técnica del fabricante, realizando una aplicación semanal posterior a la poda, y alargando estas a 15 días a partir del primer mes de aplicación.

Esta investigación tiene como fin obtener datos precisos y fiables acerca de la relevancia que tiene un manejo integrado acompañado de una bioestimulación constante a base de algas marinas y de la nueva tendencia de la biotecnología con las microalgas marinas, desde la etapa de poda hasta la etapa de floración y fructificación, en el cultivo de arándano.

En la investigación agrícola moderna, se utilizan dos tipos de organismos marinos para crear bioestimulantes.

Algas Marinas (Macroalgas)

La mayoría de los bioestimulantes comerciales, se basan en macroalgas (principalmente el alga parda ***Ascophyllum nodosum***).

Microalgas Marinas

Productos de nueva generación, como los que pueden integrar fórmulas utilizando biomasa de microalgas (como *Chlorella* o *Spirulina)*

Tabla 5-Tratamientos y dosis por Hectárea

NUMERO DE TRATAMIENTO	TIPO DE BIOESTIMULANTE	DOSIS RECOMENDADA	FRECUENCIA DE APLICACIÓN-NUMERO DE SEMANA								
Tratamiento 1	Nutrenza Foliar ®	1 litro/Hectárea	3	5	6	7	8	9	11	13	16
Tratamiento 2	Stimplex ®	1 litro/Hectárea	3	5	6	7	8	9	11	13	16
Tratamiento 3	Seazyme ®	1 litro/Hectárea	3	5	6	7	8	9	11	13	16
Tratamiento 4	Testigo	-	..	..	..	..	..	..	..	..	..

5.4.1 Información y fichas técnicas

5.4.1.1 Nutrenza® Foliar

Nutrenza® Foliar es un bioestimulante agrícola de alta calidad obtenido **a partir de microalgas.** Todos los nutrientes contenidos en Nutrenza® Foliar son de gran biodisponibilidad, por lo que se produce una rápida penetración de todos ellos a través de los tejidos de la planta.

Nutrenza® es un bioestimulante de alta especialidad diseñado para la agricultura intensiva. Su formulación se basa en biomasa activa de microalgas marinas obtenidas mediante procesos controlados de cultivo y lisis celular. Es un concentrado líquido soluble en agua, cuyo ingrediente activo principal proviene de microalgas unicelulares (principalmente de los géneros *Chlorella* y *Dunaliella*).

Debido a su naturaleza unicelular, el producto actúa como un precursor metabólico de asimilación sistémica. Su composición rica en nitrógeno orgánico y aminoácidos libres permite un ahorro energético sustancial para la planta, optimizando los procesos de síntesis proteica y división celular desde el momento de la aplicación sobre la superficie foliar.

Composición Química

La composición técnica del producto se define por los siguientes parámetros y rangos de concentración:

Aminoácidos Libres (L-α-aminoácidos): 4.0% - 6.0% (p/p)

Contiene aminoácidos esenciales obtenidos por hidrólisis enzimática, lo que facilita su absorción foliar inmediata.

Materia Orgánica Total: 15.0% - 20.0% (p/p)

Derivada íntegramente de la biomasa microalgal procesada.

Nitrógeno Total (N): 2.0% - 3.0% (p/p)

Nitrógeno de origen orgánico, altamente asimilable y de baja conductividad eléctrica.

Fósforo Asimilable (P_2O_5**):** 1.0% (p/p)

Potasio Soluble (K_2O**):** 1.0% (p/p)

Fitohormonas de Origen Natural:

Presencia natural de citoquininas, auxinas y giberelinas derivadas del metabolismo de las microalgas.

Agentes Quelantes Naturales:

Polisacáridos y péptidos que actúan como transportadores de nutrientes.

Propiedades Físicas

- **Estado Físico:** Líquido.
- **Densidad:** 1.10 - 1.20 g/cm³.
- **pH (solución al 10%):** 5.5 - 6.5
- **Solubilidad:** 100% soluble en agua.

Figura 4-Ficha técnica de Nutrenza

5.4.1.2 Stimplex ®

STIMPLEX® es un bioestimulante producido por Acadian Plant Health líder mundial en soluciones bioestimulantes y bionutricionales para sus cultivos. Se deriva de *Ascophyllum nodosum* y se fabrica mediante un proceso de extracción de nuestra propiedad, garantizando una composición única con la más alta bioactividad.

Nombre del producto:	**Stimplex®**
Grupo:	Bioestimulante
Composición (p/v):	Materia orgánica mínimo ..... 13 %
	Protocitoquininas (kinetina) ..... 0.01 %*
	Nitrógeno total ..... 0.35 %
	Fósforo (P_2O_5) .....0.64 %
	Potasio soluble (K_2O).....4.20 %
	Calcio (Ca) .....320 ppm
	Magnesio (Mg).....665 ppm
	Manganeso (Mn) ..... 375 ppm
	Hierro (Fe) .....413 ppm
	Cobalto (Co).....0.75 ppm
	Zinc (Zn)..... 500 ppm
	Cobre (Cu)..... 25 ppm
	Boro (Bo).....300 ppm
	Molibdeno (Mo.....25 ppm
	Niquel (Ni) .....0.75 ppm
	Ingredientes inertes.....80 %
	Total..... 100 %

OBJETIVO DE USO

STIMPLEX® es un producto diseñado para ser usado en aplicaciones foliares en frutales, hortalizas y cultivos extensivos. Las aplicaciones regulares de STIMPLEX® aumentan la tolerancia de la planta frente a situaciones de estrés abiótico, maximizando su potencial fotosintético, y mejorando la capacidad de producción, la calidad y apariencia general de las plantas.

STIMPLEX®

BIOESTIMULANTE DE PLANTAS NO MICROBIANO LÍQUIDO

COMPOSICIÓN	p/v
Carbono orgánico	4,40 %
Materia seca	22,00 %

100% Extracto puro de algas *Ascophyllum nodosum*

Suspensión líquida
Solubilidad en agua a 20°C: 100%
pH: 8,0
Densidad a 20°C: 1100 g/L
Ausencia de *Escherichia coli* y *Salmonella sp*
Contenido de metales pesados:
Plomo (Pb) <1 mg/kg; Cadmio (Cd) <1 mg/kg;
Arsénico (As) <7 mg/kg; Mercurio (Hg) <1 mg/kg
Cromo hexavalente (Cr VI)<2 mg/kg;
Níquel (Ni)<2 mg/kg

LOTE:
FECHA DE FABRICACIÓN:
FECHA DE VENCIMIENTO:

País de origen: Canadá

Convenio CITUC/AFIPA - Atención las 24 horas, los 7 días de la semana:
En caso de INTOXICACIÓN llamar al 2 2635 3800
En caso de EMERGENCIAS QUÍMICAS, DERRAME o INCENDIO, llamar al 2 2247 3600

Importado y distribuido por:
Syngenta S.A.
Av. Isidora Goyenechea 2800
Piso 37, Oficina 3701
Las Condes
Santiago, Chile
Teléfono: 2 29410100

Fabricado por:
Acadian Seaplants Limited
30 Brown Avenue, Dartmouth, Nova Scotia
Canada, B3B 1X8
Tel: +1 902 468 2840, Fax: +1 902 468 3474
www.acadianseaplants.com

Acadian Plant Health® es una división de Acadian Seaplants Limited.

HECHO EN CANADÁ

CONTENIDO NETO:
2 x 10 LITROS

CL_53130c-004_0924

ACADIAN™ PLANT HEALTH

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO
STIMPLEX® es un bioestimulante producido por Acadian Plant Health líder mundial en soluciones bioestimulantes y bionutricionales para sus cultivos. Se deriva de *Ascophyllum nodosum* y se fabrica mediante un proceso de extracción de nuestra propiedad, garantizando una composición única con la más alta bioactividad.

OBJETIVO DE USO
STIMPLEX® es un producto diseñado para ser usado en aplicaciones foliares en frutales, hortalizas y cultivos extensivos. Las aplicaciones regulares de STIMPLEX® aumentan la tolerancia de la planta frente a situaciones de estrés abiótico, maximizando su potencial fotosintético, y mejorando la capacidad de producción, la calidad y

RECOMENDACIONES DE USO

ESPECIES	TIPO	DOSIS	MOMENTO Y FRECUENCIA DE APLICACIÓN
FRUTALES	Pomáceas Vid Cítricos Paltos Cerezos Kiwi Olivo Berries Nogales Avellanos Otros	2 a 3 L/ha	1) Brotación. 2) Flor - Cuaja 3) Llenado de fruto 4) Post Cosecha 5) Ante situaciones de estrés abiótico (temperatura, radiación)
HORTALIZAS	Leguminosas Zanahoria Cebolla Ajo Brócoli Apio Pimiento Melón Zapallo Lechuga Espinaca Tomate Otro	1,5 a 3 L/ha	1) Sumergir en solución pre trasplante 2) Aplicar una semana después de trasplante 3) Aplicaciones sucesivas cada 14 días
	Papa	3 L/ha	1) Tuberización 2) Prefloración 3) 15 días posterior a última aplicación
CULTIVOS EXTENSIVOS	Arroz Trigo Cebada Otros	1,5 a 3 L/ha	1) Etapa vegetativa - macollamiento 2) Etapa reproductiva / hoja bandera 3) Ante situaciones de estrés abiótico.

La dosis recomendada es referencial y puede ajustarse dependiendo de la frecuencia de uso, objetivo buscado y situación productiva en la que se desenvuelve el cultivo. Consulte con su soporte técnico.

INSTRUCCIONES DE MEZCLA Y COMPATIBILIDAD PARA LA APLICACIÓN
STIMPLEX® es un producto 100% soluble y es compatible con la mayoría de los productos fitosanitarios y nutricionales utilizados en el mercado. Agregue la cantidad recomendada de STIMPLEX® con el estanque de aplicación medio lleno de agua limpia, seguido de cualquier fertilizante soluble y otros productos fitosanitarios. Mantenga agitación constante en el estanque. Complete con agua de acuerdo con el volumen requerido para asegurar un cubrimiento total de las plantas.

Si no está seguro, se debe realizar una "prueba de jarra" estándar antes de mezclar para verificar que no hay incompatibilidades.

Siempre revise las etiquetas de los productos individuales y consulte a su representante técnico comercial para detectar posibles restricciones antes de hacer una mezcla.

CONDICIONES DE ALMACENAMIENTO:
Conservar en el embalaje original. Almacenar a una temperatura entre -5 °C y 35 °C, protegido de la luz solar. No almacenar por debajo de -5 °C durante períodos de tiempo prolongados ya que el producto contiene agua y puede congelarse. Evite la contaminación del agua, comida o alimento para animales cuando almacene o elimine el producto.

IMPORTANTE: La información contenida en esta etiqueta representa el más reciente conocimiento del fabricante en las materias informadas. No obstante, el fabricante y Syngenta garantizan exclusivamente la calidad del Producto y de su contenido activo, mientras esté bajo su control directo. Las instrucciones de conservación y uso describen, conforme a las pruebas realizadas, la forma apropiada de operar el Producto para obtener los resultados esperados. Sin embargo, dichas instrucciones no constituyen garantía explícita ni implícita, debido a la existencia de circunstancias externas en un medio biológico cambiante, que se encuentran fuera del control del fabricante y Syngenta. Todos nuestros productos han sido debidamente probados; a pesar de ello, no es posible testear todos los usos, formas o métodos de aplicación, medios agroclimáticos, suelos, fechas de aplicación y sistemas de cultivo a los que el Usuario pueda eventualmente someter el Producto, por los que el fabricante y Syngenta no se hacen responsables. Ante cualquier duda, consulte con su asesor técnico de Syngenta. Asimismo, una vez que el Producto sale del control directo del fabricante y Syngenta, cumpliendo las características anteriormente señaladas, el Usuario asume todos los riesgos asociados al uso, momento y manejo del Producto, aun siguiendo las instrucciones contenidas en esta etiqueta. La información de la presente etiqueta sobre naturaleza y uso del Producto anula cualquier otra, ya sea escrita u oral.

SAMPLE ONLY

Figura 5-Ficha técnica de Stimplex

5.4.1.3. Seazyme ®

SEAZYME cuenta con una combinación de algas marinas (uno de los compuestos con mayor cantidad de nutrientes), proteínas, fósforo, potasio y algunos aditivos para acelerar y reforzar todos los procesos fisiológicos en las plantas.

Componente	Función / Origen	Concentración (% P/V)
Algas marinas	*Ascophyllum Nodosum*	20.00 %
Aminoácidos	Proteínas y soporte metabólico	16.50 %
Fósforo	Nutriente esencial (P)	10.00 %
Potasio	Nutriente esencial (K)	10.00 %
Potencializadores	Elementos relacionados y aditivos	43.50 %
TOTAL		**100.00 %**

Figura 6-Composición Química Seazyme Foliar

Seazyme es un producto que se puede utilizar tanto para aumentar la producción como para mejorar la calidad y color de las cosechas, y aumentar la resistencia de las plantas a condiciones adversas, por lo que es recomendado en cualquier etapa fenológica del cultivo para ayudarlo a salir de cualquier situación de estrés (sobreproducción, heladas, granizadas, sequía, salinidad e intoxicación por algún agroquímico).

En aplicaciones al suelo contribuye a la activación de la microflora y microfauna del suelo, responsable de los procesos de humificación, así como al facilitado de la absorción de nutrientes.

AgroScience®
Cosecha mayores ganancias!

FICHA TÉCNICA

INFORMACIÓN GENERAL

SEAZYME cuenta con una combinación de algas marinas (uno de los compuestos con mayor cantidad de nutrientes), proteínas, fósforo, potasio y algunos aditivos para acelerar y reforzar todos los procesos fisiológicos en las plantas.
SEAZYME es un producto que se puede utilizar tanto para aumentar la producción como para mejorar la calidad y color de las cosechas, y aumentar la resistencia de las plantas a condiciones adversas, por lo que es recomendado en cualquier etapa fenológica del cultivo para ayudarlo a salir de cualquier situación de estrés (sobreproducción, heladas, granizadas, sequía, salinidad e intoxicación por algún agroquímico). En aplicaciones al suelo contribuye a la activación de la micro flora y micro fauna del suelo, responsable de los procesos de humificación, así como al facilitado de la absorción de nutrientes. Contribuye también a mejorar la penetración de nutrientes, fungicidas, insecticidas o bactericidas, así como a disminuir la agresividad de los compuestos que se aplican. Puede ser parte de cualquier programa de fertilización foliar con excelentes resultados.

INSTRUCCIONES DE USO

CULTIVO	DOSIS L/Ha	APLICACIONES
CALABACITA, CHILE, MELÓN, PEPINO, SANDÍA, TOMATE.	1 L	Aplicar al inicio de floración y repetir cada 15 o 21 días hasta el término de llenado.
PAPA Y ZANAHORIA.	500 ml	Aplicar desde el inicio de desarrollo hasta la salida del cultivo. No mezclar con potasio para evitar reacción a floración.
AJO, CEBOLLA Y RÁBANO.	500 ml - 1 L	Aplicar en la formación de bulbo y repetir cada 15 o 21 días.
BRÓCOLI, COLIFLOR Y COLES.	500 ml - 1 L	Aplicar al inicio de floración y repetir cada 15 o 21 días.
CHICHARO, CACAHUATE, FRIJOL, GARBANZO, HABA, LENTEJA Y SOYA.	500 ml - 1 L	Aplicar al inicio de floración y repetir para el llenado de grano o vaina.
AVENA, MAÍZ, SORGO, TRIGO.	500 ml - 1 L	Aplicar al inicio de floración y repetir al cuajado de granos.
ALFALFA Y FORRAJES.	500 ml	Aplicar después de cada corte.
AGUACATE, BANANO, CAFÉ, DURAZNO, MANZANA, NECTARINA, NOGAL Y PERA.	1 - 2 L	Aplicar al inicio de floración y repetir cada 15 o 21 días hasta el término de llenado.
LIMA, LIMÓN, MANDARINA, NARANJA, TORONJA.	1 L	Aplicar al inicio de floración y repetir cada 15 o 21 días hasta el término de llenado.
ARÁNDANO, FRAMBUESA, FRESA, MORA AZUL, UVA, ZARZAMORA.	1 L	Aplicar al inicio de floración y repetir cada 15 o 21 días hasta el término de llenado.
ALGODÓN	500 ml	Aplicar al inicio de floración y repetir al llenado de bellota.
ORNAMENTALES *Realice pruebas según la variedad	500 ml - 1 L	Aplicar al inicio de floración y repetir cada 15 o 21 días hasta el término de llenado.
PIÑA	1.5 - 2 L	Aplicar a partir de los 6 días de la inducción, asperjando al fruto. Repetir cada 15 o 21 días hasta el término de llenado.
CAÑA DE AZÚCAR.	1.5 - 2 L	Aplicar en tiempos de estrés, heladas, sequías e inundaciones y al inicio de las lluvias.

CONSIDERACIONES EN SU USO

Disolver los litros de **SEAZYME** en el agua que se aplique por hectárea.
APLICACIÓN: vía Foliar. Aplicar con equipo de aspersión, se recomienda que las aplicaciones se realicen en horarios no calurosos. Si se realiza con avión, se disuelven los litros requeridos en la cantidad de agua que se utilice por hectárea.

CONTRAINDICACIONES

No aplicar **SEAZYME** cuando existan problemas por hongos, bacterias o este presente una botritis, en cuyo caso se aconseja corregir primero dicha situación. No aplique cuando la velocidad del viento sea alta y/o cuando haya alta temperatura.

INCOMPATIBILIDAD

No mezclar **SEAZYME** con productos sin registro y en cultivos no autorizados.

SeaZyme®
BIOESTIMULANTE FOLIAR

¡Atrévete a comparar!

ESPECIFICACIÓN

ANÁLISIS GARANTIZADO	%P/V
Algas marinas (Ascophyllum Nodosum)	**20.00 %**
Aminoácidos	**16.50 %**
Fósforo	10.00 %
Potasio	10.00 %
Potencializadores y elementos relacionados	43.50%
TOTAL	**100.00%**

PRESENTACIÓN

250 ml, 1, 5, 10 y 20 L.

Porque con AgroScience® siempre cosechas mayores ganancias!

www.agroscience.com ★ 01 800 570 6766

Figura 7-Ficha técnica Seazyme

5.5 Diseño experimental

Se estableció un Diseño en Bloques Completamente al Azar (DBCA) con 4 tratamientos, 1 tratamiento por macro túnel y 72 unidades experimentales, donde las variables dependientes de crecimiento: ancho, altura, desarrollo floral y frutos formados, fueron monitoreadas.

Tabla 6-Diseño Experimental en Bloques

DISEÑO EXPERIMENTAL A AZAR POR BLOQUES (DBCA)					
TRATAMIENTO	BLOQUE 1	BLOQUE II	BLOQUE III	TOTAL, UNIDADES EXPERIMENTALES	TOTAL, PLANTAS MACRO TÚNEL
T1 (NUTRENZA-MICROALGAS MARINAS)	T1	T1	T1	18	270
T2 (STIMPLEX-ALGAS MARINAS)	T2	T2	T2	18	270
T3 (SEAZYME-ALGAS MARINAS)	T3	T3	T3	18	270
T4 (TESTIGO)	T4	T4	T4	18	270
TOTAL	24	24	24	72	1080

Dentro de cada uno de los bloques se eligieron de manera totalmente al azar las plantas a evaluar (unidades experimentales).

Este experimento evaluó la diferencia de aplicar bioestimulantes a base de algas y microalgas marinas a partir de la poda hasta la etapa de producción e identificar cuál de los tratamientos es mejor, ya que uno de los tratamientos es una herramienta relativamente nueva en el mercado cuyo interés y estudio puede ser de gran utilidad para los productores de la región de la ciénega.

5.5.1 Distribución de tratamientos

Tabla 7-Distribución de tratamientos

MACRO TUNEL 16 NUTRENZA FOLIAR			MACRO TUNEL 18 SEAZYME		
BIOESTIMULANTE	HILERAS	ID	BIOESTIMULANTE	HILERAS	ID
NUTRENZA	HILERA 1	N1-9	SEAZYME	HILERA 1	SE1-6
NUTRENZA	HILERA 1	N2-10	SEAZYME	HILERA 1	SE2-11
NUTRENZA	HILERA 1	N3-35	SEAZYME	HILERA 1	SE3-38
NUTRENZA	HILERA 1	N4-38	SEAZYME	HILERA 1	SE4-46
NUTRENZA	HILERA 1	N5-72	SEAZYME	HILERA 1	SE5-79
NUTRENZA	HILERA 1	N6-76	SEAZYME	HILERA 1	SE6-78
NUTRENZA	HILERA 2	N7-4	SEAZYME	HILERA 2	SE7-4
NUTRENZA	HILERA 2	N8-5	SEAZYME	HILERA 2	SE8-10
NUTRENZA	HILERA 2	N9-34	SEAZYME	HILERA 2	SE9-40
NUTRENZA	HILERA 2	N10-37	SEAZYME	HILERA 2	SE10-50
NUTRENZA	HILERA 2	N11-72	SEAZYME	HILERA 2	SE11-74
NUTRENZA	HILERA 2	N12-86	SEAZYME	HILERA 2	SE12-85
NUTRENZA	HILERA 3	N13-8	SEAZYME	HILERA 3	SE13-5
NUTRENZA	HILERA 3	N14-14	SEAZYME	HILERA 3	SE14-7
NUTRENZA	HILERA 3	N15-39	SEAZYME	HILERA 3	SE15-24
NUTRENZA	HILERA 3	N16-42	SEAZYME	HILERA 3	SE16-43
NUTRENZA	HILERA 3	N17-79	SEAZYME	HILERA 3	SE17-66
NUTRENZA	HILERA 3	N18-86	SEAZYME	HILERA 3	SE18-77

Tabla 8-Distribución de tratamientos II

MACRO TUNEL 17 STIMPLEX FOLIAR			MACRO TUNEL 19 TESTIGO		
BIOESTIMULANTE	HILERAS	ID	BIOESTIMULANTE	HILERAS	ID
STIMPLEX	HILERA 1	ST1-3	TESTIGO	HILERA 1	T1-3
STIMPLEX	HILERA 1	ST2-6	TESTIGO	HILERA 1	T2-9
STIMPLEX	HILERA 1	ST3-38	TESTIGO	HILERA 1	T3-38
STIMPLEX	HILERA 1	ST4-64	TESTIGO	HILERA 1	T4-42
STIMPLEX	HILERA 1	ST5-73	TESTIGO	HILERA 1	T5-72
STIMPLEX	HILERA 1	ST6-79	TESTIGO	HILERA 1	T6-84
STIMPLEX	HILERA 2	ST7-3	TESTIGO	HILERA 2	T7-6
STIMPLEX	HILERA 2	ST8-14	TESTIGO	HILERA 2	T8-13
STIMPLEX	HILERA 2	ST9-30	TESTIGO	HILERA 2	T9-44
STIMPLEX	HILERA 2	ST10-36	TESTIGO	HILERA 2	T10-65
STIMPLEX	HILERA 2	ST11-65	TESTIGO	HILERA 2	T11-72
STIMPLEX	HILERA 2	ST12-82	TESTIGO	HILERA 2	T12-85
STIMPLEX	HILERA 3	ST13-5	TESTIGO	HILERA 3	T13-4
STIMPLEX	HILERA 3	ST14-42	TESTIGO	HILERA 3	T14-11
STIMPLEX	HILERA 3	ST15-57	TESTIGO	HILERA 3	T15-35
STIMPLEX	HILERA 3	ST16-71	TESTIGO	HILERA 3	T16-43
STIMPLEX	HILERA 3	ST17-79	TESTIGO	HILERA 3	T17-79
STIMPLEX	HILERA 3	ST18-81	TESTIGO	HILERA 3	T18-83

5.6. Preparación y delimitación del área de trabajo

Las primeras labores fueron de acondicionamiento del área del proyecto, se revisaron los goteros que estuvieran funcionando correctamente, el gasto especifico de los goteros según la ficha técnica de la fábrica Wade Rain, son goteros auto compensados de 4 l/h, algunos goteros estaban obstruidos con partículas finas de arena que se arrastraba desde la extracción del agua de pozo, condición de varios pozos profundos en la zona.

la poda de las plantas se realizó a 40 cm aproximados del pie de la planta hasta el área de corte. dejando entre 7 y 10 cañas en cada planta, eligiendo las que presentaran mayor vigor y una distribución de equilibrio entre cada una de ellas, para que cuando retoñen se cubra correctamente el espacio de las plantas y podamos así tener una mayor área foliar y por consecuente una mayor cosecha.

Figura 8-Cultivo antes de poda

5.7 Manejo del Cultivo

5.7.1. Poda

Se inicio con la poda de las plantas, tomando en cuenta el desinfectado de la herramienta de poda, ya que es muy fácil la transmisión de enfermedades a través de esta actividad. Para posteriormente sellar los cortes de las plantas con una mezcla de pintura ecológica blanca, sulfato de cobre pentahidratado y un fungicida comercial, Captan 50.

Figura 9-inicio de poda

Figura 10-Selección de cañas

5.7.2 Marcación e identificación al azar de plantas

Las plantas seleccionadas se identificaron con listones de colores, con el nombre del tratamiento, marcando aleatoriamente 6 plantas de cada hilera, dando un total de 18 plantas por tratamiento en cada macro túnel.

Figura 11-Termino de poda

En las plantas seleccionadas se elegirán ramas con las mismas características de grosor, altura de corte para que los resultados sean lo más precisos posible.

Figura 12-Listones de identificación

5.7.3. Aplicación de Bioestimulantes

Se realizaron las aplicaciones, con el equipo de protección personal (EPP) completo, conforme a la política de buenas prácticas agrícolas (BPA) se realizó una aplicación cada semana a partir de la fecha de poda y una cada 30 días a partir de la fecha de poda.

Figura 13-Preparación de aplicación

Figura 14-Aplicación de Bioestimulantes.

5.7.4.Nutrición

Se realizaron ajustes en la solución nutritiva conforme al desarrollo de las plantas, de inicio es una nutrición con baja conductividad, después un poco más vegetativa y así hasta llegar a la etapa de llenado y fructificación.

Tabla 9- Solución nutritiva

			Aniones					Cationes							
	C.E 1 dS/m		NO_3^-	$H_2PO_4^-$	SO_4^{2-}	HCO_3^-	Cl^-	NH_4^+	K^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	pH	CE	
Sol. Nutritiva Arandano			5.0	1.0	4.0	0.0	0.0	4.0	1.0	4.0	1.0	0.0	5.5	1.0	
Aporte Agua			0.01	0.00	0.03	1.70	0.33	0.00	0.37	0.31	0.05	2.03	8.48	0.28	
FERTILIZANTES	Aportes	me L^{-1}	4.99	1.00	3.97	-1.70	-0.33	4.00	0.63	3.69	0.95	-2.03			CE Gotero
NITRATO DE CALCIO	$Ca(NO_3)_2 H_2O$	3.69	3.69					0.00		3.69					1.00
ACIDO FOSFORICO	H_3PO_4	0.00		0.00		0.00									
ACIDO NITRICO	HNO_3	0.00	0.00			0.00									DRENAJE
ACIDO SULFURICO	H_2SO_4	1.70			1.70										1.25
NKS	KNO_3	1.86	0.63						0.63						
SULFATO DE POTASIO	K_2SO_4	0.00													
SULFATO DE MAGNESIO	$MgSO_4 7H_2O$	0.00													
NITRATO DE AMONIO	NH_4NO_3	0.00	0.00					0.00							
MKP	KH_2PO_4	0.00									0.00				
MAP	$NH_4H_2PO_4$	1.00	0.00	1.00	0.00			1.00							
SOLUB 21	(NH4)2 SO4	3.27			3.27			3.27							
SOLUB 45	CO(NH2)2	0.00			0.00			0.00							
NITRATO DE MAGNESIO	$Mg(NO_3)_2 6H_2O$	0.95	0.95								0.95				
CLORURO DE POTASIO	KCl	0.00	0.00				0.00			0.00	0.00				
CLORURO DE CALCIO	CaCl	0.00					0.00		0.00						
	Aportes me L^{-1}		5.28	1.00	5.00	0.00	0.00	4.27	1.00	4.00	1.00				
	Aportes mmol L^{-1}		5.28	1.00	2.50	0.00	0.00	4.27	1.00	2.00	0.50				
	Aportes ppm		327.36	97.00	240.00	0.00	0.00	76.86	39.00	80.00	12.00				
	Aportes ppm (elemento)		73.92	31.00	160.00		0.00	59.78	39.00	80.00	12.00				

Figura 15-Tanques cuarto de riego

5.7.5. Análisis de agua

La calidad del agua de riego es una variable crítica en el cultivo de arándano, bajo sistemas intensivos con sustrato. Se realizó un análisis fisicoquímico del agua para descartar cualquier factor limitante o tóxico que pudiera interferir en los resultados de los tratamientos con bioestimulantes.

FERTILIDAD DE SUELOS S. DE RL.
Poniente 6 No. 200, Ciudad Industrial, Celaya, Gto. C.P. 38010
www.fertilab.com.mx

Análisis de Agua de Riego

FOR-PO-01-2
Emisión: 2023-06-29
Revisión: 02

INFORME DE RESULTADOS DE ENSAYO — **FOLIO: AG-23092**

Cliente: Félix Fonseca
Localización: Na, Ocotlan, Jalisco
Coordenadas: 20.4014982, 1026992629
Predio / ID: ND / Muestra 1
Emisión: 2023/07/05
Cultivo: Arandano
Fuente de Agua: Pozo

Características Generales de Salinidad / Sodicidad

Determinación	Abreviatura	Unidades	Resultados	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
Cond. Eléctrica	CE	dS/m	0.28							
pH	pH	-	8.48							
Rel. Ads Sodio	RAS	-	4.78							
Rel. Ads Sodio Aj	RASaj	-	3.31							
Dureza*	°f	-	1.80							

Cationes

Determinación	Abreviatura	Unidades me / L	Unidades ppm	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
Calcio	Ca	0.31	6.21							
Magnesio	Mg	0.05	0.61							
Sodio	Na	2.03	46.7							
Potasio	K	0.37	14.5							
Suma de Cationes	-	**2.76**	-							

Aniones

Determinación	Abreviatura	Unidades me / L	Unidades ppm	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
Sulfatos	$S\text{-}SO_4$	0.03	0.96							
Bicarbonatos	HCO_3	1.70	104							
Cloruros	Cl	0.33	11.6							
Carbonatos	CO_3	0.42	12.6							
Nitratos	$N\text{-}NO_3$	0.01	0.14							
Suma de Aniones	-	**2.49**	-							

Determinaciones Especiales

Determinación	Abreviatura	Unidades	Resultados	Muy Bajo	Bajo	Mod. Bajo	Mediano	Mod. Alto	Alto	Muy Alto
Boro	B	ppm	0.36							
Hierro	Fe	ppm	0.0010							
Manganeso	Mn	ppm	0.0010							
Cobre	Cu	ppm	0.0010							
Zinc	Zn	ppm	0.0010							
Arsénico	As	ppm	0.0020							

Determinación	Amonio ($N\text{-}NH_4$)	Fosfatos ($P\text{-}PO_4$)	Solidos Totales	Solidos Disueltos	Níquel	Molibdeno	Fluoruro
Resultado	NA	0	NA	NA	NA	NA	NA
Unidades	ppm	me / L	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm

PND = Pendiente por verificación NA = No analizado ND = Sin datos
Niveles de cobre (Cu) superiores de 0.5 ppm pueden ser tóxicos para el cultivo

*Dureza del agua va de muy blanda a muy dura

Figura 16-Análisis de agua

5.7.6 Monitoreo de enfermedades y Control de Trips

En los monitores durante el temporal de lluvias, se detectaron manchas necróticas ocasionada por la presencia de hongos, como alternaria, antracnosis y fungosis causadas por una bacteria (Pseudomonas syringae) para ello se realizaron aplicaciones de control, apegados a la lista permitida de Aneberries.

Figura 17- Monitoreo de plantas.

Figura 18- Planta de arándano con síntomas de enfermedad

5.7.7 Colocación de mallas antigranizo

Las mallas antigranizo no solo tienen la función protección contra el granizo y el viento, sino también una función foto selectiva, que influye directamente en la fisiología de la planta. El color de la malla determina qué tipo de luz (espectro) y cuánta luz (intensidad) pasa a través de ella, lo que modula la respuesta de la planta.

Figura 19-Macro túnel con malla antigranizo

Figura 20- Efecto de bioestimulantes y malla antigranizo

5.8 Variables evaluadas en desarrollo vegetativo

Las variables evaluadas fueron 3 durante el desarrollo vegetativo de las plantas, ancho, altura y numero de brotes por rama.

5.8.1 Numero de brotes por rama

Durante esta etapa después de la poda se evaluó el número de yemas, tomando en cuenta un tallo de cada una de las unidades experimentales.

El monitoreo para la toma de datos se realizó una vez durante cada mes a partir de la fecha de poda.

Figura 21-Brotación de yemas laterales

5.8.2 Ancho de la planta

Se realizaron recuentos de los avances mediante mediciones y monitoreos para ir viendo el progreso de cada uno de los tratamientos y observar el comportamiento del testigo, para esta actividad se necesitó un flexómetro y un cuadernillo de notas.

Figura 22-Medición de ancho de plantas

5.8.3 Altura de plantas

La primera medición de la altura de las plantas se realizó a partir del primer mes con respecto a la fecha de poda, y durante los primeros 3 meses en el desarrollo vegetativo

Figura 23- Medición de altura de plantas

5.9. Inicio de floración

Durante el mes de noviembre se realizó el cambio de la cubierta de la malla antigranizo por la del plástico lechoso a los macro túneles esto con el fin de evitar algún daño por heladas o descensos de temperatura que puedan afectar a la floración y formación de los frutos de las plantas.

Figura 24-Inicio de floración cultivo de arándano

5.9.1. Fructificación y Llenado de frutos.

Figura 25- Inicio de cuaje de frutos cultivo de arándano

Figura 26- Frutos medianos cuajados

5.10. Variables evaluadas durante la etapa de llenado y producción

Durante el mes de enero se inició con la cosecha de arándano, mostrando ciertas diferencias en el calibre del fruto entre los tratamientos y el tratamiento testigo, para ello se evaluaron las variables de peso en gramos y cantidad de grados brix para determinar la diferencia entre los tratamientos.

El mercado internacional de *berries* es sumamente exigente y paga un sobreprecio por los calibres mayores. Los frutos se categorizan de la siguiente manera:

- **Jumbo:** Generalmente >18 mm. Son los de mayor valor y se destinan a mercados de lujo.
- **Large / Premium:** Entre 14 y 18 mm. Es el estándar de exportación de alta calidad.
- **Medianos/Pequeños:** <12-14 mm. Suelen castigarse en el precio y, en ocasiones, se destinan solo a proceso industrial (mermeladas, jugos), donde el pago es mucho menor.

Figura 27-cajas empacadas de arándano

5.10.1 Medición de grados Brix

Los Grados Brix (°Brix) son una medida de la concentración de sacarosa en una solución líquida y, en el caso del arándano, representan el porcentaje de sólidos solubles totales (SST) presentes en el jugo del fruto.

El estándar para exportación de arándano oscila entre los 9 grados Brix como mínimo, y esta condición de dulzura de la fruta puede marcar un precio más favorable al productor ya que este parámetro es el principal indicador de la dulzura y la aceptación del consumidor.

Figura 28-Refractómetro RE-RHW040

En el arándano, la acumulación de los sólidos disueltos ocurre durante la etapa de maduración, cuando el fruto cambia de color verde a rosado y finalmente a azul/púrpura.

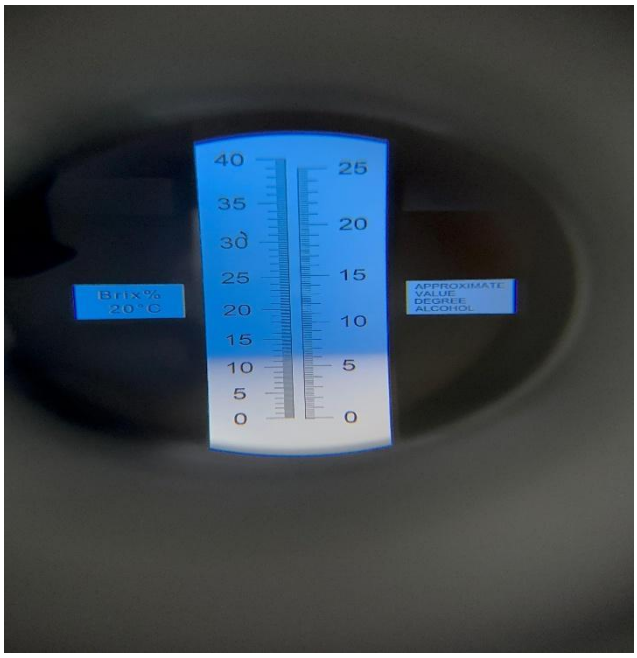

Figura 29-Muestra de grados brix-T2, Stimplex

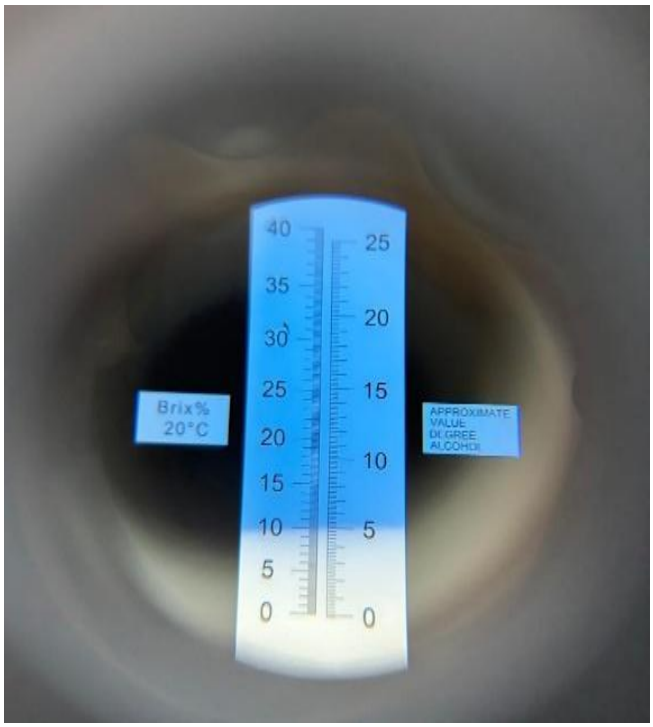

Figura 30-Muestra de grados brix-Testigo

5.10.2 medición de peso de fruta

Para la evaluación de esta variable y el pesaje correspondiente, se realizó un muestreo representativo de 10 frutos por cada tratamiento, asegurando la consistencia en los datos obtenidos.

Figura 31-Fruta para toma de datos

Figura 32-Pesaje de 10 frutos por tratamiento.

5.10.3. Medición de tamaño de frutos.

La importancia del tamaño del fruto (comúnmente llamado **calibre**) en el arándano es un factor determinante que vincula la fisiología de la planta con la rentabilidad económica del productor.

La medición del tamaño o calibre del fruto, expresado generalmente como el diámetro ecuatorial en milímetros (mm) El mercado internacional categoriza el arándano por su tamaño. Frutos con diámetros superiores a 18 mm se clasifican como "Jumbo", mientras que aquellos entre 14 y 18 mm se consideran "Large". El calibre determina directamente el precio de venta por kilogramo.

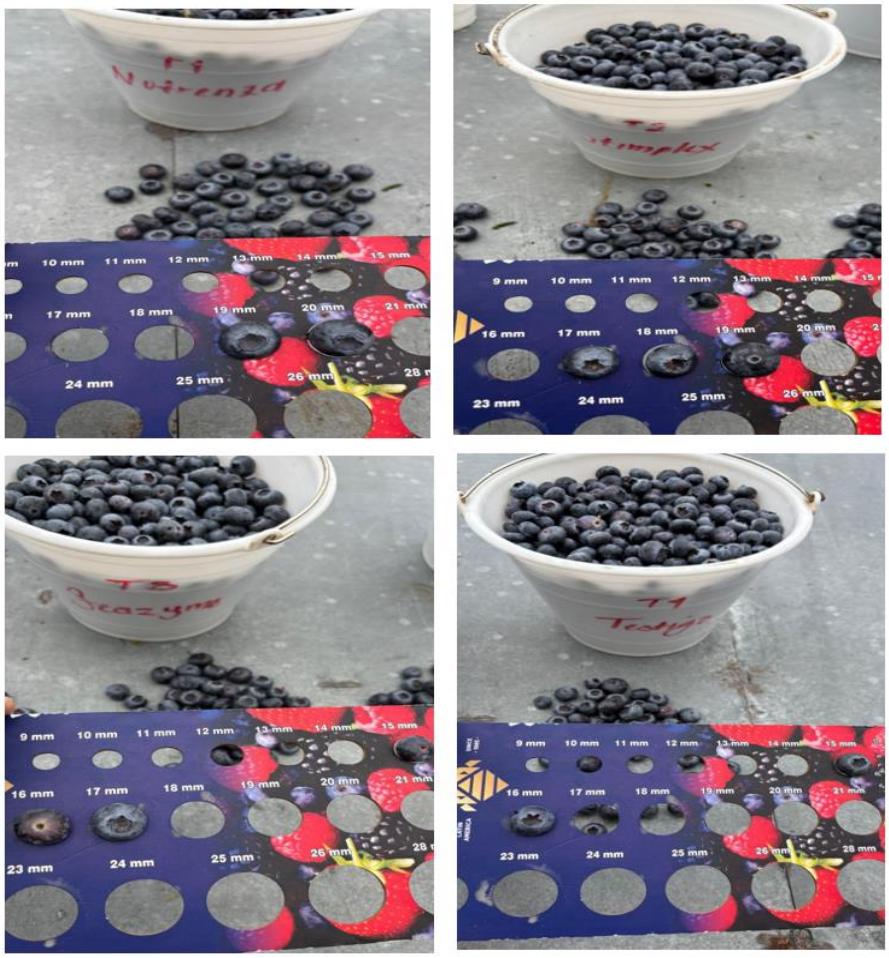

Figura 33-Medición de calibres de frutos.

VI. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1 Número De Brotes

El análisis del número de brotes es determinante para evaluar el potencial productivo del cultivo, ya que un mayor número de brotes laterales se traduce en una mayor cantidad de madera nueva para el desarrollo de yemas florales en el siguiente ciclo. una mayor cantidad de madera nueva para el desarrollo de yemas florales en el siguiente ciclo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
BROTES F1	12	0.73	0.50	7.08

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1.67	5	0.33	3.22	0.0937
TRATAMIENTO	1.64	3	0.55	5.26	0.0406
BLOQUE	0.03	2	0.01	0.14	0.8702
Error	0.62	6	0.10		
Total	2.30	11			

Test:Duncan Alfa=0.05

Error: 0.1041 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
NUTRENZA	5.00	3	0.19	A		
STIMPLEX	4.83	3	0.19	A	B	
SEAZYME	4.28	3	0.19		B	C
TESTIGO	4.11	3	0.19			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 34-Anova Variable número de Brotes.

De acuerdo con el Análisis de Varianza (ANOVA) para los numero de brotes, el factor tratamiento resultó significativo con un p-valor de 0.0406 ($p < 0.05$), por lo que se rechaza la Hipótesis Nula (H0) y se opta por decidir que el uso de bioestimulantes generó una respuesta diferenciada en el cultivo. Para corroborar dónde se localizaban estas diferencias, se aplicó la prueba de comparación de medias de Duncan (α=0.05), la cual validó que el tratamiento **T1** (5.00) fue estadísticamente superior al **T4** (4.11), Con un Coeficiente de Variación (CV) de apenas 7.08%

Tabla 10-Medias y grupos estadísticos, número de brotes.

NUMERO DE BROTES		
TRATMIENTO	MEDIAS	GRUPO
1	5	A
2	4.83	A B
3	4.28	B C
4	4.11	C
CV	7.08	

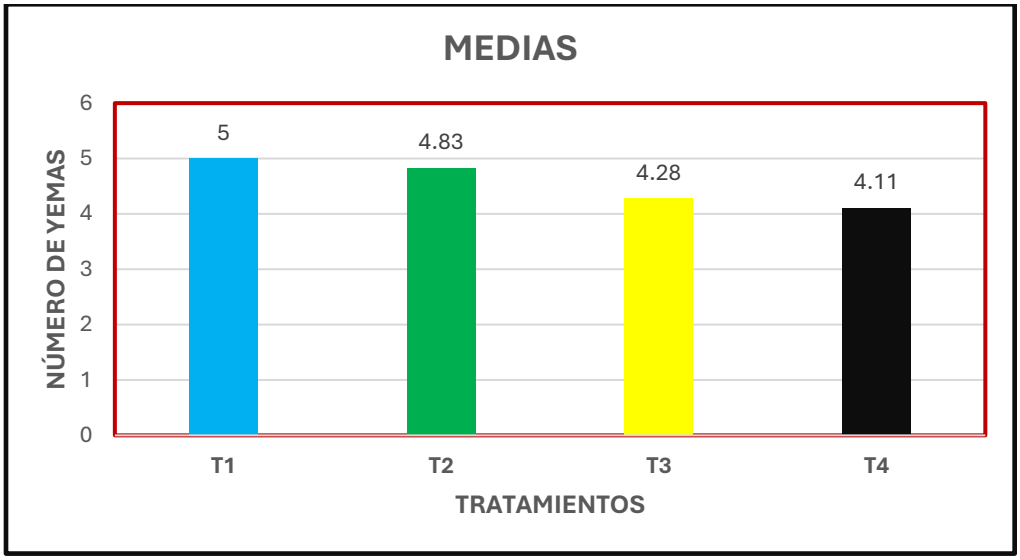

Figura 35-Gráfica número de yemas

El análisis de grupos estadísticos reveló una respuesta de tres niveles: el Grupo (A), del tratamiento 1 (5.00 brotes/rama) y (4.83 brotes/rama) del tratamiento 2, los cuales son estadísticamente iguales entre sí. Este grupo superior se diferencia significativamente del Grupo Inferior (C), ocupado por el Testigo (4.11 brotes/rama).

Mientras que las macroalgas se enfocan más en la resistencia al estrés hídrico, las microalgas actúan como un suministro inmediato de energía metabólica (ATP) y señales hormonales que contrarrestan el efecto de las auxinas apicales.

Esto permite que la planta de arándano "despierte" las yemas laterales con mayor velocidad y en mayor cantidad, logrando ese incremento de casi un 22% en brotación frente al Testigo.

En los últimos años, los bioestimulantes vegetales han sido propuestos como una herramienta de apoyo clave para abordar los desafíos de productividad y sostenibilidad ambiental que enfrenta el sistema agrícola. Los bioestimulantes a base de microalgas (MBS) están ganando especial atención por ser una rica fuente de compuestos bioactivos y nutrientes capaces de inducir mejoras significativas en términos de rendimiento, calidad y protección de diferentes cultivos.(Maldonado, 2023)

6.2. Ancho De Plantas

el ancho de planta es un indicador crucial del crecimiento lateral y la capacidad de la planta para ramificar, lo que influye directamente en la intercepción de luz y la eficiencia fotosintética.

Análisis de la varianza

ANCHO F1

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
ANCHO F1	12	0.85	0.72	1.85

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	21.33	5	4.27	6.56	0.0202
TRATAMIENTO	17.43	3	5.81	8.93	0.0124
BLOQUE	3.90	2	1.95	3.00	0.1250
Error	3.90	6	0.65		
Total	25.24	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.27979

Error: 0.6506 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
STIMPLEX	45.28	3	0.47	A	
NUTRENZA	44.11	3	0.47	A	B
SEAZYME	43.17	3	0.47	A	B
TESTIGO	42.00	3	0.47		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 36-Anova F1 ancho de plantas

Durante la primer toma de datos, el análisis de varianza mostró diferencias significativas tanto por bloque como por tratamiento, siendo el T2 el más eficiente en este arranque de crecimiento en cuanto al porte de la planta en lo ancho, aunque tiene similitud con los tratamientos T1 y T3, ya contra el testigo tiene una superioridad de crecimiento de un 7.8 % en cuanto a crecimiento.

```
ANCHO F2

Variable N   R²   R² Aj   CV
ANCHO F2 12 0.84   0.71 3.90

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
   F.V.        SC    gl   CM     F    p-valor
Modelo       206.79   5 41.36 6.35   0.0218
TRATAMIENTO  106.09   3 35.36 5.43   0.0381
BLOQUE       100.70   2 50.35 7.73   0.0219
Error         39.09   6  6.52
Total        245.89  11

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.21486
Error: 6.5158 gl: 6
TRATAMIENTO Medias n  E.E.
NUTRENZA     70.17  3 1.47 A
SEAZYME      65.17  3 1.47 A  B
STIMPLEX     64.83  3 1.47 A  B
TESTIGO      61.89  3 1.47    B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 37-Anova F2 ancho de plantas

Durante la segunda toma de datos se sigue manifestando diferencia entre tratamientos siendo el T1 el que resalta en cuanto a crecimiento en lo ancho de las plantas, no siendo tan diferentes contras los tratamientos T2 y T3, pero si contra el tratamiento testigo con un 13.38% de crecimiento lateral.

```
ANCHO F3

Variable N   R²   R² Aj   CV
ANCHO F3 12 0.92   0.86 2.72

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
   F.V.        SC    gl   CM     F    p-valor
Modelo       285.11   5 57.02 14.78   0.0025
TRATAMIENTO  239.20   3 79.73 20.66   0.0015
BLOQUE        45.91   2 22.95  5.95   0.0377
Error         23.15   6  3.86
Total        308.26  11

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.55205
Error: 3.8585 gl: 6
TRATAMIENTO Medias n  E.E.
NUTRENZA     76.78  3 1.13 A
STIMPLEX     74.00  3 1.13 A
SEAZYME      73.33  3 1.13 A
TESTIGO      64.83  3 1.13    B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 38-Anova T3 ancho de las plantas.

Durante esta última toma de muestras las plantas tratadas con los diferentes bioestimulantes mostraron una superioridad contra el tratamiento testigo siendo el T1 a base de microalgas con mejor crecimiento lateral.

T1 vs. T2: 3.76% superior

T1 vs. T3 4.70% superior

T1 vs. T4 un **18.43%** superior

Tabla 11-Medias y grupos estadísticos variable; ancho de plantas.

	F1 *		F2 *		F3 *	
TRATAMIENTO	MEDIAS EN CM	GRUPO	MEDIAS EN CM	GRUPO	MEDIAS EN CM	GRUPO
2	**45.28**	**A**	64.83	A B	74	A
1	44.11	A B	**70.17**	**A**	**76.78**	**A**
3	43.17	A B	65.17	A B	73.33	A
4	B	B	61.89	B	64.83	B
CV	1.85		3.9		2.72	

Al inicio las plantas empezaron muy parecidas, pero ya se notaba una pequeña ventaja. Los Tratamientos T1 y T2 hicieron que las plantas comenzaran a abrirse más rápido que el Testigo (las que no recibieron nada), que se quedó en los 42 cm.

Durante la segunda medición vimos que el tratamiento T2 mejoró , llegando a los 70 cm de ancho. En este punto, las plantas tratadas ya le sacaban casi 9 cm de ventaja a las plantas sin producto. Se notaba un seto de planta mucho más tupido y fuerte.

Al terminar la tercera medición el tratamiento T1, cerró con casi 77 cm, mientras que el Tratamiento T1, se quedó rezagado en 64.8 cm. Esto significa que, gracias a la aplicación de estos productos (especialmente los de microalgas), logramos que las plantas fueran casi un 19% más anchas.

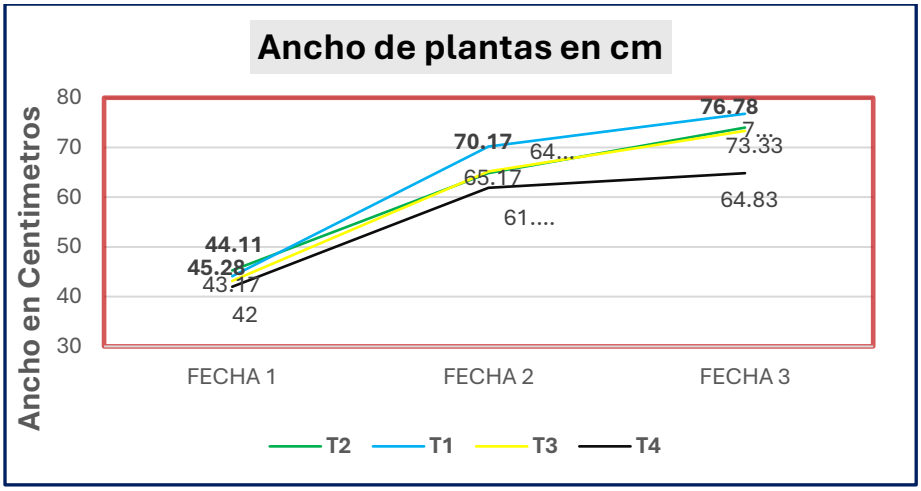

Figura 39-Gráfica de variable, ancho de plantas.

Un enfoque relativamente nuevo para impulsar la producción agrícola ha sido el desarrollo de nuevos bioestimulantes durante las dos últimas décadas, que se han considerado una herramienta muy prometedora para aliviar los efectos negativos del cambio global en la producción agrícola. "Los bioestimulantes vegetales contienen sustancia(s) y/o microorganismos cuya función, aplicada a las plantas o a la rizosfera, es estimular procesos naturales para potenciar/beneficiar la absorción de nutrientes, la eficiencia nutricional, la tolerancia al estrés abiótico y la calidad de los cultivos". (Calvo et al., 2014)

Figura 40-Ancho de planta T1

6.3 Altura De Plantas

En el manejo de los cultivos, y específicamente en el cultivo de arándano, la altura de la planta es el primer parámetro que captura la atención tanto de los técnicos como del productor al entrar en un macro túnel. Se considera en muchos casos la salud del cultivo; es la evidencia física más inmediata de que los procesos internos de la planta como la fotosíntesis, la absorción de nutrientes y el equilibrio hormonal están operando correctamente.

Figura 41-Toma de medidas de altura de plantas

Análisis de la varianza

ALTURA F1

Variable	N	R²	R² Aj	CV
ALTURA F1	12	0.90	0.82	1.92

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	54.69	5	10.94	10.82	0.0058
TRATAMIENTO	52.84	3	17.61	17.42	0.0023
BLOQUE	1.84	2	0.92	0.91	0.4509
Error	6.07	6	1.01		
Total	60.75	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.84194

Error: 1.0110 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
STIMPLEX	54.89	3	0.58	A		
NUTRENZA	53.78	3	0.58	A	B	
SEAZYME	51.72	3	0.58		B	C
TESTIGO	49.39	3	0.58			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 42-Anova F1 altura de plantas

Para la variable Altura de Planta (F1), el Análisis de Varianza determinó un efecto altamente significativo del factor tratamiento (p=.0023), respaldado con un Coeficiente de Variación (CV) de apenas 1.92%. Mediante la prueba de comparación de medias de Tukey (α=0.05), se identificó que el tratamiento T2 y el T1 mostraron un grupo superior contra el tratamiento T3 y el tratamiento T4.

ALTURA F2

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
ALTURA F2	12	0.87	0.77	3.10

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	220.91	5	44.18	8.40	0.0111
TRATAMIENTO	93.26	3	31.09	5.91	0.0318
BLOQUE	127.65	2	63.82	12.13	0.0078
Error	31.56	6	5.26		
Total	252.47	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=6.48262

Error: 5.2603 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
STIMPLEX	76.05	3	1.32	A	
SEAZYME	75.72	3	1.32	A	B
NUTRENZA	75.28	3	1.32	A	B
TESTIGO	69.28	3	1.32		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 43-Anova F2 altura de plantas.

Durante esta segunda toma de datos, se siguen manifestando diferencias significativas entre los tratamientos mostrando similitud en cuanto a crecimiento entre los diferentes bioestimulantes, pero con un margen del 8.66% mayor del T1 al tratamiento testigo T4.

ALTURA F3

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
ALTURA F3	12	0.95	0.91	1.96

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	319.04	5	63.81	24.65	0.0006
TRATAMIENTO	245.21	3	81.74	31.57	0.0005
BLOQUE	73.83	2	36.92	14.26	0.0053
Error	15.53	6	2.59		
Total	334.58	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=4.54770

Error: 2.5888 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
NUTRENZA	85.56	3	0.93	A	
STIMPLEX	84.72	3	0.93	A	
SEAZYME	83.11	3	0.93	A	
TESTIGO	74.22	3	0.93		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 44-Anova F3 altura de plantas.

Al finalizar la última toma de datos se registró una separación estadística entre los tratamientos bioestimulados y el control (p= 0.0005). El tratamiento T1 se consolidó como el mejor en vigor vegetativo, logrando una superioridad del 15.28% en altura respecto al Testigo (T4). De manera similar, los tratamientos T2 y T3 superaron al crecimiento natural en un 14.15% e 11.98%, respectivamente. Estos resultados demuestran que la aplicación de extractos de algas y microalgas permitió una mayor ganancia de desarrollo vertical en las plantas.

Tabla 12-Medias y grupos altura de plantas

F1 *			F2 *		F3*	
TRATAMIENTO	MEDIAS EN CM	GRUPO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO
T2	54.89	A	76.05	A	84.72	A
T1	53.78	A B	75.28	AB	85.56	A
T3	51.72	BC	75.72	AB	83.11	A
T4	49.39	C	69.28	B	74.22	B
CV	1.92		3.1		1.96	

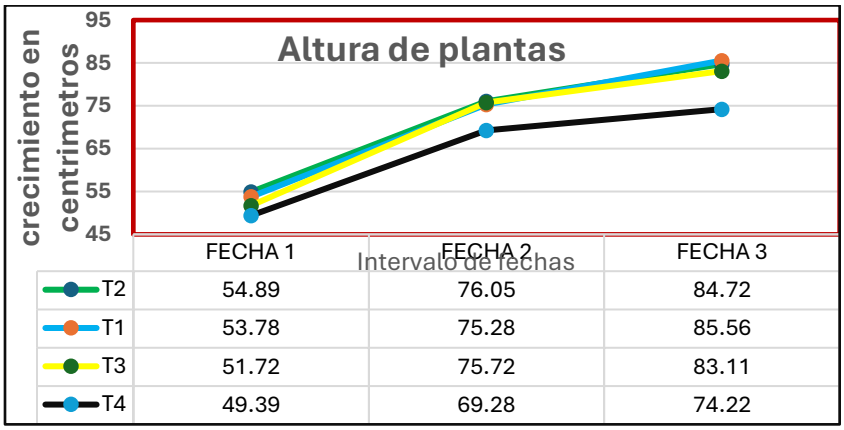

Figura 45- Gráfica de altura de plantas

Los bioestimulantes pueden tratarse como aditivos a los fertilizantes y favorecen la absorción de nutrientes, favorecen el crecimiento de las plantas y aumentan la tolerancia al estrés abiótico, hay dos características principales que distinguen a los bioestimulantes de otros agentes de crecimiento y protección vegetal. (Ciencias Horticas. 2015) Las fitohormonas son compuestos naturales que, aunque se producen en cantidades diminutas, controlan procesos vitales como el estiramiento de los tallos y la creación de nuevas hojas. Wani et al. (2016)

El efecto promotor del crecimiento de las algas se debe a que contienen una gran variedad de "sustancias similares a las fitohormonas". Entre estas sustancias destacan las auxinas (IAA), las cuales son responsables directas de la elongación celular .(Battacharyya et al. 2015),

6.4. Análisis de datos número de flores por rama.

El Número de flores es el principal indicador directo del potencial de rendimiento, ya que cada flor exitosamente cuajada representa un fruto. Esta variable evalúo la eficacia de los bioestimulantes en la diferenciación floral, un proceso metabólico clave después del crecimiento vegetativo.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
NÚMERO DE FLORES F1	12	0.93	0.87	9.07

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	559.91	5	111.98	16.17	0.0020
TRATAMIENTO	538.80	3	179.60	25.93	0.0008
BLOQUE	21.11	2	10.55	1.52	0.2916
Error	41.55	6	6.93		
Total	601.46	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=7.43817

Error: 6.9254 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
NUTRENZA	37.78	3	1.52	A		
STIMPLEX	32.67	3	1.52	A	B	
SEAZYME	25.39	3	1.52		B	C
TESTIGO	20.28	3	1.52			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 46-Anova Número de Flores

De acuerdo con el Análisis de Varianza (ANOVA) para la variable **Número de Flores F1**, se registró un efecto altamente significativo del factor tratamiento (p= 0.0008), con coeficiente de variación de **9.07%**, mostrando una buena precisión experimental.

Tratamiento (T1): 37.78 flores por rama.

Tratamiento Testigo (T4): 20.28 flores por rama.

Al contrastar este resultado con el tratamiento Testigo (20.28 flores), se observa un incremento porcentual del 86.29%.

Contar las flores por rama nos permite saber cuántos frutos podría darnos la planta en el futuro cercano, los tratamientos T1 y T2 siguen sobresaliendo como bioestimulantes sobre el tratamiento T3 y el tratamiento T4.

Tabla 13- Promedios y grupos estadísticos número de flores

NÚMERO DE FLORES POR RAMA		
TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPO
T1	**37.78**	**A**
T2	32.67	A B
T3	25.39	BC
T4	20.28	C
CV	9.07	

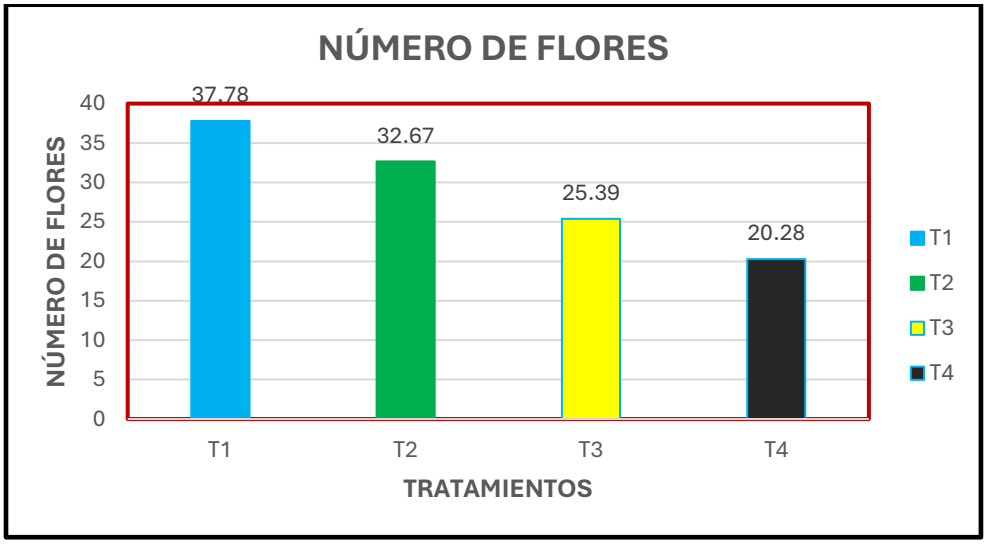

Figura 47- Gráfica promedios número de flores por rama.

La aplicación de microalgas favoreció significativamente la floración temprana de las caléndulas. Los valores de macronutrientes y micronutrientes fueron estadísticamente similares entre las plantas control y las tratadas con microalgas. Al considerar solo las plantas tratadas, hubo una correlación significativa entre la concentración de *C. vulgaris* y las concentraciones de N, P, Mn y Cu en los brotes de *las plantas de T. patula*.

Estos resultados ponen de manifiesto el posible uso de *Chlorella vulgaris* como bioestimulante eficaz para potenciar el crecimiento, la floración y la absorción de nutrientes de *T. patula*, ofreciendo aplicaciones valiosas para mejorar la producción de plantas ornamentales y, en última instancia, la sostenibilidad agrícola. (Academic Press,1993).

De acuerdo con la investigación de, (Ronga et al., 2019). El incremento en la cantidad de flores se debe a que los extractos de microalgas y algas marinas actúan como moduladores del metabolismo del nitrógeno y del carbono. Al aportar aminoácidos libres y compuestos con actividad similar a las citoquininas, estos productos reducen el gasto energético de la planta, permitiéndole destinar mayores reservas hacia la inducción y diferenciación de yemas reproductivas, procesos que normalmente se ven inhibidos por el estrés térmico del macro túnel. (Ronga et al., 2019).

Figura 48-Floración de arándano

6.5 Análisis de la variable Grados Brix

El término Grados Brix (°Brix) se ha consolidado como el indicador universal de calidad . Técnicamente, un grado Brix equivale a 1 gramo de sacarosa disuelto en 100 gramos de solución; sin embargo, en la práctica agronómica, este valor representa mucho más que una simple medida de azúcar.

El sabor es el factor número uno que decide la compra del consumidor. Un arándano con niveles óptimos de sólidos solubles ofrece ese equilibrio entre dulzor y acidez.

Bajo condiciones de estrés abiótico, como el calor intenso registrado en los macro túneles, En este estudio, la evaluación de los grados Brix permite determinar si los tratamientos aplicados (T1, T2 y T3) lograron proteger a la planta de este agotamiento energético, permitiéndole conservar y concentrar los azúcares en el fruto a pesar del ambiente dentro de los macro túneles. Para la toma de datos de los grados brix se realizaron monitoreos iniciando el 6 de enero fecha en que la producción de arándano comenzó a establecerse de manera normal en cuanto a volumen de cosecha.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
GRADOS BRIX F1	12	0.94	0.90	5.77

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	47.08	5	9.42	19.94	0.0011
TRATAMIENTO	46.92	3	15.64	33.12	0.0004
BLOQUE	0.17	2	0.08	0.18	0.8424
Error	2.83	6	0.47		
Total	49.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.94231

Error: 0.4722 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
NUTRENZA	14.50	3	0.40	A		
STIMPLEX	12.83	3	0.40	A	B	
SEAZYME	11.17	3	0.40		B	
TESTIGO	9.17	3	0.40			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.49091

Error: 0.4722 gl: 6

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1	12.00	4	0.34	A
3	12.00	4	0.34	A
2	11.75	4	0.34	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 49-Anova F1 grados Brix

Durante la primer toma de muestra de grados brix, se encontraron diferencias significativas entre los tratamientos mas no entre los bloques, esto se debe a que las condiciones del sustrato, clima riego y temperatura son prácticamente iguales pero entre los tratamientos si se notó una diferencia marcada sobre todo entre el tratamiento T1 y el tratamiento T3 y el T4.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
GRADOS BRIX F2	12	0.91	0.83	6.06

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	34.01	5	6.80	11.84	0.0046
TRATAMIENTO	33.83	3	11.28	19.62	0.0017
BLOQUE	0.18	2	0.09	0.16	0.8549
Error	3.45	6	0.57		
Total	37.46	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.14276

Error: 0.5747 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
NUTRENZA	14.60	3	0.44	A		
STIMPLEX	13.33	3	0.44	A	B	
SEAZYME	12.00	3	0.44		B	C
TESTIGO	10.07	3	0.44			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.64478

Error: 0.5747 gl: 6

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
2	12.68	4	0.38	A
1	12.43	4	0.38	A
3	12.40	4	0.38	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 50-Anova F2 grados Brix

El análisis de varianza Grados Brix F2 mostró diferencias significativas entre los tratamientos (p=0.0017), con un coeficiente de variación del 6.06%. De acuerdo con la prueba de Tukey (α=0.05), el tratamiento T1 (14.60 °Brix) se posicionó en el grupo estadístico superior (A), superando significativamente al T4 (10.07 °Brix), el cual se ubicó en el nivel inferior (C).

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
GRADOS BRIX F3	12	0.86	0.75	4.84

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	14.91	5	2.98	7.52	0.0145
TRATAMIENTO	14.72	3	4.91	12.37	0.0056
BLOQUE	0.19	2	0.09	0.24	0.7973
Error	2.38	6	0.40		
Total	17.29	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.78016

Error: 0.3967 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
NUTRENZA	14.23	3	0.36	A	
STIMPLEX	13.73	3	0.36	A	
SEAZYME	12.73	3	0.36	A	B
TESTIGO	11.33	3	0.36		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.36644

Error: 0.3967 gl: 6

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1	13.18	4	0.31	A
2	12.98	4	0.31	A
3	12.88	4	0.31	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 51-Anova F3 grados Brix

El análisis de varianza para los Grados Brix F3 mostró diferencias altamente significativas entre los tratamientos (p=0.0056), con una excelente precisión experimental reflejada en un coeficiente de variación del 4.84%. De acuerdo con la prueba de Tukey (α=0.05), los tratamientos T1 (14.23 °Brix) y T2 (13.73 °Brix) se posicionaron en el grupo estadístico superior (A), superando significativamente al T4 (11.33 °Brix), el cual se ubicó en el nivel inferior (B).

Al realizar el análisis comparativo, se determinó que el tratamiento (**T1**) obtuvo un incremento del 25.60% en la concentración de azúcares respecto al tratamiento Testigo (T4).

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
GRADOS BRIX F4	12	0.96	0.93	3.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	36.07	5	7.21	31.52	0.0003
TRATAMIENTO	34.61	3	11.54	50.40	0.0001
BLOQUE	1.46	2	0.73	3.19	0.1139
Error	1.37	6	0.23		
Total	37.44	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.35225

Error: 0.2289 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
STIMPLEX	14.20	3	0.28	A	
NUTRENZA	13.90	3	0.28	A	
SEAZYME	11.07	3	0.28		B
TESTIGO	10.33	3	0.28		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.03799

Error: 0.2289 gl: 6

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1	12.83	4	0.24	A
2	12.33	4	0.24	A
3	11.98	4	0.24	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 52-Anova F4 grados Brix.

Durante este cuarto monitoreo se siguen obteniendo diferencias significativas entre los tratamientos, el tratamiento T1 y T2 mantienen sus nivel de azúcar en un rango optimo, mientras que el tratamiento T3 y el testigo muestran un nivel más bajo. Al realizar el análisis comparativo, se determinó que el tratamiento con mejor desempeño numérico (T2) obtuvo un incremento del 37.46% en la concentración de azúcares respecto al tratamiento Testigo (T4).

Estos resultados de las plantas tratadas confirman el efecto favorable del uso de bioestimulantes para mantener durante la época de cosecha un nivel de grados brix mas estable y conveniente para exportación.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
GRADOS BRIX F5	12	0.90	0.82	6.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	35.41	5	7.08	10.93	0.0057
TRATAMIENTO	34.57	3	11.52	17.78	0.0022
BLOQUE	0.85	2	0.42	0.65	0.5544
Error	3.89	6	0.65		
Total	39.30	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.27537

Error: 0.6481 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.		
STIMPLEX	14.37	3	0.46	A	
NUTRENZA	13.80	3	0.46	A	
SEAZYME	10.83	3	0.46		B
TESTIGO	10.60	3	0.46		B

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.74657

Error: 0.6481 gl: 6

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1	12.60	4	0.40	A
3	12.58	4	0.40	A
2	12.03	4	0.40	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 53-Anova F5 grados Brix.

El análisis de varianza para la variable Grados Brix F5 demostró un efecto significativo del factor tratamiento (p=0.0022), con un sólido ajuste del modelo (R2 = 0.90) y una excelente precisión experimental reflejada en un coeficiente de variación del 6.49%. De acuerdo con la prueba de Tukey (α=0.05), los tratamientos T2 (14.37 °Brix) y T1 (13.80 °Brix) conformaron el grupo estadístico (A), superando de manera significativa al tratamiento T4 (10.60 °Brix), el cual se ubicó en el nivel inferior (B). Durante esta toma de datos el tratamiento T2 alcanzo una ventaja del 34 % mayor de dulzura con respecto al tratamiento testigo.

```
Análisis de la varianza

   Variable     N   R²   R² Aj  CV
GRADOS BRIX F5 12 0.90  0.82 6.49

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
   F.V.        SC   gl  CM    F    p-valor
Modelo       35.41  5  7.08 10.93  0.0057
TRATAMIENTO  34.57  3 11.52 17.78  0.0022
BLOQUE        0.85  2  0.42  0.65  0.5544
Error         3.89  6  0.65
Total        39.30 11

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=2.27537
Error: 0.6481 gl: 6
TRATAMIENTO Medias n  E.E.
STIMPLEX     14.37  3 0.46 A
NUTRENZA     13.80  3 0.46 A
SEAZYME      10.83  3 0.46    B
TESTIGO      10.60  3 0.46    B
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)


Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=1.74657
Error: 0.6481 gl: 6
BLOQUE Medias n  E.E.
1       12.60  4 0.40 A
3       12.58  4 0.40 A
2       12.03  4 0.40 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 54-Anova grados Brix F5

Tabla 14- Gráfica de variable, Grados Brix

	GRADOS BRIX F1		GRADOS BRIX F2		GRADOS BRIX F3		GRADOS BRIX F4		GRADOS BRIX F5		GRADOS BRIX F6	
TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO
T1	14.5	A	14.6	A	14.23	A	13.9	A	13.8	A	14.2	A
T2	12.83	A B	13.33	AB	13.73	A	14.2	A	14.37	A	14	A
T3	11.17	B	12	BC	12.73	AB	11.07	B	10.83	B	13.6	A
T4	9.17	C	10.07	C	11.33	B	10.33	B	10.6	B	9.17	B
CV	5.77		6.06		4.84		3.87		6.49		6.76	

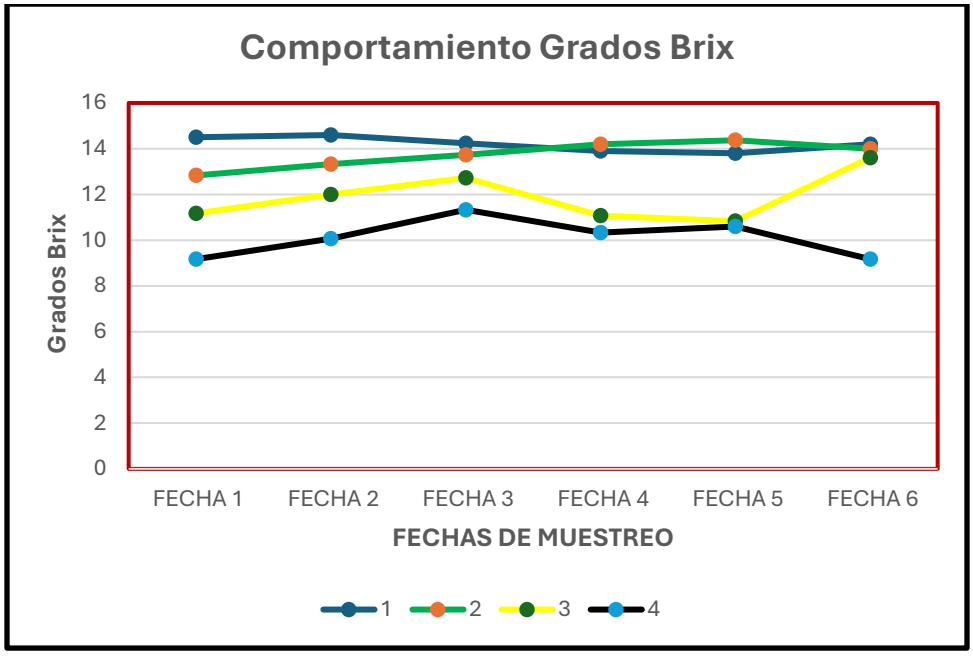

Figura 55-Gráfica Grados Brix

La gráfica de evolución de los Grados Brix muestra una dinámica diferenciada de los tratamientos T1 y T2 manteniendo un nivel de dulzura constante a lo largo de los monitoreos, el tratamiento T3 también se mantiene en los niveles óptimos estándar para exportación, en contraste, la línea representativa del Testigo (T4) se sitúa permanentemente en el límite del umbral comercial de los 10 °Brix.

La capacidad de las microalgas para elevar la calidad interna de los cultivos ha sido validada recientemente en investigaciones regionales. De acuerdo con Sumuano-Barragán et al. (2025), la aplicación de bioestimulantes a base de microalgas no solo potencia el rendimiento físico, sino que asegura el mantenimiento y la mejora de los parámetros de calidad industrial, tales como la concentración de sacarosa y los **Grados Brix**. Este incremento se debe a que los metabolitos activos de las microalgas estimulan la eficiencia en la asimilación de nutrientes y la actividad fotosintética, permitiendo que la planta acumule una mayor cantidad de sólidos solubles sin comprometer el volumen de producción.

6.7 Análisis de Rendimiento

El rendimiento es la variable más importante, ya que representa el resultado final de todo el proceso y por ende la ganancia económica. Aunque la altura, el ancho y las flores son señales de que la planta está sana, la productividad es lo que realmente definen si el manejo funcionó.

Diferentes factores dentro del macro túnel suelen frenar el crecimiento de las plantas, por lo que pesar la cosecha nos permite ver qué tanto ayudaron los bioestimulantes a que las plantas de arándano puedan expresar su potencial de producción, para evaluar la variable de rendimiento se tomaron 3 muestras del peso que daba por tratamiento o sea las 18 plantas que usamos como unidades experimentales, iniciando la semana 2 el día 6 de enero.

Análisis de la varianza

Variable	N	R^2	R^2 Aj	CV
RENDIMIENTO EN GRS F1	12	0.98	0.96	1.89

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	26267.42	5	5253.48	49.29	0.0001
TRATAMIENTO	26196.25	3	8732.08	81.93	<0.0001
BLOQUE	71.17	2	35.58	0.33	0.7287
Error	639.50	6	106.58		
Total	26906.92	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=29.18031

Error: 106.5833 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.				
NUTRENZA	609.00	3	5.96	A			
STIMPLEX	568.33	3	5.96		B		
SEAZYME	518.00	3	5.96			C	
TESTIGO	487.00	3	5.96				D

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=22.39875

Error: 106.5833 gl: 6

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1	549.00	4	5.16	A
2	544.25	4	5.16	A
3	543.50	4	5.16	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 56-Anova rendimiento F1

En el primer corte de Rendimiento F1, el análisis de varianza reveló un efecto significativo ($p < 0.000$) de la bioestimulación foliar, con un Coeficiente de Variacion del 1.89% y un ajuste del modelo $R^2 = 0.98$ que confirma que el peso obtenido depende directamente de los tratamientos aplicados. El tratamiento T1 obtuvo una media de 609.00 g, logrando una superioridad del 25.05% respecto al tratamiento Testigo (487.00 g), Esta ganancia representa 122 gramos adicionales en el arranque de la cosecha.

Análisis de la varianza

Variable	N	R²	R² Aj	CV
RENDIMIENTO EN GRS F2	12	0.99	0.97	1.32

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	29670.83	5	5934.17	81.14	<0.0001
TRATAMIENTO	29275.67	3	9758.56	133.42	<0.0001
BLOQUE	395.17	2	197.58	2.70	0.1457
Error	438.83	6	73.14		
Total	30109.67	11			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=24.17238

Error: 73.1389 gl: 6

TRATAMIENTO	Medias	n	E.E.			
NUTRENZA	715.33	3	4.94	A		
STIMPLEX	673.33	3	4.94		B	
SEAZYME	612.00	3	4.94			C
TESTIGO	590.67	3	4.94			C

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=18.55468

Error: 73.1389 gl: 6

BLOQUE	Medias	n	E.E.	
1	652.50	4	4.28	A
2	651.25	4	4.28	A
3	639.75	4	4.28	A

Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)

Figura 57-Anova Rendimiento F2

En el segundo pesaje de frutos F2, se confirmó que la aplicación de bioestimulantes fue factor para aumentar el peso y el numero de fruta cosechada, con un (CV de solo 1.32%). El tratamiento T1 se mantuvo con una producción de 715.33 gramos, lo que representa un incremento del 21.10% en comparación con el Testigo (590.67 g).

```
Análisis de la varianza

      Variable          N   R²   R² Aj  CV
RENDIMIENTO EN GRS F3 12 0.97  0.94 1.93

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)
   F.V.          SC     gl    CM       F    p-valor
Modelo       36231.42  5  7246.28 35.36  0.0002
TRATAMIENTO 35810.25  3 11936.75 58.25  0.0001
BLOQUE         421.17  2   210.58  1.03  0.4132
Error         1229.50  6   204.92
Total        37460.92 11

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=40.46074
Error: 204.9167 gl: 6
TRATAMIENTO Medias n  E.E.
NUTRENZA     813.00  3 8.26 A
STIMPLEX     761.00  3 8.26    B
SEAZYME      723.00  3 8.26    B
TESTIGO      663.33  3 8.26       C
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)


Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=31.05760
Error: 204.9167 gl: 6
BLOQUE Medias n  E.E.
1       745.00  4 7.16 A
2       743.50  4 7.16 A
3       731.75  4 7.16 A
Medias con una letra común no son significativamente diferentes (p > 0.05)
```

Figura 58-Anova Rendimiento F3

Al cierre de la etapa de evaluación, los resultados de peso de fruto confirmaron que el uso de bioestimulantes no solo aumenta la producción, sino que ayuda a la planta a mantener un producción estable y diferenciada, el tratamiento a base de microalgas mostro superioridad contra los tratamientos a base de algas marinas y el tratamiento testigo, la diferencia no se vio reflejada en los bloques mas si entre los tratamientos. La diferencia en fruta fresca fue del 23 % mayor del T1 con respecto al tratamiento testigo.

Tabla 15-Medias y grupos estadísticos Rendimientos.

	RENDIMIENTO EN GRAMOS F1		RENDIMIENTO EN GRAMOS F2		RENDIMIENTO EN GRAMOS F3	
TRATAMIENTO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO	MEDIAS	GRUPO
T1	**609**	**A**	**715**	**A**	**813**	**A**
T2	568	B	673	B	761	B
T3	518	C	612	C	723	B
T4	487	D	590	C	663	C
CV	1.89		1.32		1.93	

La tabla muestra que, aunque todos los tratamientos aumentaron su peso debido al avance natural de la temporada, El tratamiento T1 siempre fue el más productivo y el T4 (Testigo) el menos eficiente. Por lo tanto, hubo una separación de grupos estadísticos marcada en 4 grupos diferentes, arrojando que las microalgas marinas tienen un impacto mayor durante la etapa de producción contras las algas marinas convencionales y por ende contra el testigo.

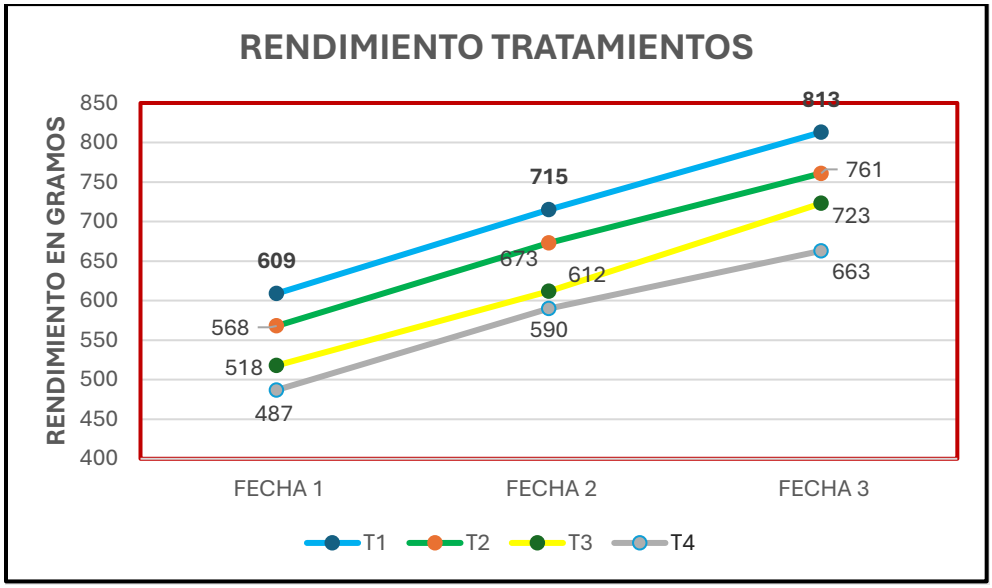

Figura 59- Gráfica de variable de Rendimiento

La gráfica de líneas (**Rendimiento Tratamientos**) muestra un comportamiento en el cual los bioestimulantes marcan una tendencia de mejora durante los diferentes cortes, las cuatro líneas mantienen una pendiente positiva y casi paralela entre sí. Esto indica que, independientemente del tratamiento, todas las plantas respondieron al inicio de la temporada incrementando su producción natural. Manteniendo a los bioestimulantes siempre por encima del control.

La siguiente tabla presenta la productividad total obtenida de las 18 plantas por tratamiento en cada fecha de monitoreo, integrando el diferencial de peso obtenido por cada Tratamiento de bioestimulante en comparación directa con el Tratamiento Testigo (T4).

Tabla 16-Rendimientos en gramos de tratamientos vs Tratamiento testigo.

TRATAMIENTO	1er Corte (F1)	Dif. vs T4	2do Corte (F2)	Dif. vs T4	3er Corte (F3)	Dif. vs T4
T1	609 g (A)	+122.00 g	715 g (A)	**+125.00 g**	813 g (A)	**+150.00 g**
T2	568 g (B)	+81.00 g	673 g (B)	+83.00 g	761 g (B)	+98.00 g
T3	518 g (C)	+31.00 g	612 g (C)	+22.00 g	723 g (B)	+60.00 g
T4	487 g (D)	--	590 g (C)	--	663 g (C)	--
CV (%)	**1.89**		**1.32**		**1.93**	

El análisis de la productividad se realizó durante las tres primeras semanas de enero. Los pesajes se efectuaron los días 6, 10 y 12 de enero, registrando los gramos totales obtenidos por tratamiento (correspondientes a la suma de las 18 plantas analizadas). Es importante destacar que, durante este periodo inicial, la frecuencia de cosecha fue de 2 veces por semana, con la proyección de incrementar a 3 cortes semanales a partir de la cuarta semana de enero y posteriormente dividir el corte para poder estar cosechando de manera continua todos los días.

Proyección de Rendimiento por Hectárea

Para dimensionar la diferencia de los rendimientos, se proyectan los resultados a un ciclo de producción completo, se estima un total de 45 cortes de cosecha por temporada, manteniendo una densidad de plantación de 7,000 plantas por hectárea. Utilizando el rendimiento promedio estabilizado de la tercera fecha de análisis como referencia de producción plena, se obtienen los siguientes indicadores:

Tabla 17- Proyección de rendimiento en la temporada.

Tratamiento	g/planta (1 corte)	kg/planta (50 cortes)	Toneladas/ha (7,000 plantas)	Ganancia vs Testigo
T1 (Micro algas marinas)	45.17 g	2.033 kg	14.23 t	+2.62 t
T2 (Algas marinas)	42.28 g	1.903 kg	13.32 t	+1.71 t
T3 (Algas marinas)	40.17 g	1.808 kg	12.65 t	+1.04 t
T4 (Testigo)	36.85 g	1.658 kg	11.61 t	--

El uso de microalgas como factor diferenciador en la bioestimulación moderna radica en su capacidad única para actuar simultáneamente sobre la productividad física y la estabilidad de la calidad en el fruto. Este efecto ha sido validado recientemente por (López-Cruz et al.2025), quienes demostraron que la aplicación foliar de microalgas (*Chlorella sp.*) incrementa significativamente la producción acumulada y el tamaño de los frutos en cultivos hortícolas.

Este incremento se debe a que las microalgas promueven una distribución más eficiente de los productos fotosintéticos hacia los órganos de cosecha y aportan una alta densidad de metabolitos secundarios, como vitaminas y fitohormonas naturales. Además, se destaca su papel en la calidad postcosecha, al reducir los cambios degenerativos de color durante el almacenamiento.

Estos hallazgos guardan una estrecha correlación con los resultados obtenidos, donde el tratamiento líder basado en microalgas no solo generó un mayor rendimiento por planta, consolidando a esta biotecnología como una herramienta superior para mitigar el estrés y maximizar el valor comercial en sistemas intensivos.

Figura 60-Cultivo de arándano en producción.

VII. CONCLUSIONES

7.1. Conclusiones

Las conclusiones del presente informe responden al objetivo general de evaluar la eficacia de la aplicación foliar de bioestimulantes en la respuesta agronómica del arándano (Vaccinium corymbosum) bajo condiciones de macro túnel en Ocotlán, Jalisco. Los resultados demuestran que la superioridad de los tratamientos no es una condición al azar, sino que responde a la interacción específica de sus componentes con el metabolismo de la planta.

7.1.1. Cumplimiento del Objetivo General

Se validó que existe una diferencia significativa en el desarrollo de la planta en función del tratamiento aplicado. Los tratamientos T1 (Microalgas) y T2 (Algas marinas) resultaron ser las herramientas más eficaces para bioestimular las plantas bajo las condiciones de los macro túneles. Esta eficacia radica en la sinergia de sus activos: mientras que las microalgas del T1 aportaron energía metabólica directa, el extracto de Ascophyllum nodosum del T2 actuó como un escudo hormonal, permitiendo que las plantas superaran el estancamiento vegetativo con una superioridad marcada sobre el testigo (T4).

7.1.2. Comparativa del Crecimiento Vegetativo

Al comparar el efecto de las microalgas frente a las algas marinas convencionales, se comprobó que ambos superan significativamente al testigo, pero con especializaciones distintas:

- Porte Estructural: El T1 (Microalgas) alcanzó el máximo desarrollo con una altura de 85.56 cm (15.28% vs T4) y un ancho de 76.78 cm (18.43% vs T4). Este crecimiento lateral superior se atribuye a sus compuestos de aminoácidos que ayudan a que el desgaste energético de la planta sea menor y por ende su metabolismo mejore.
- Ramificación: El T1 logró 5.00 brotes/rama (+21.65% vs T4). La abundancia de aminoácidos libres y precursores de citoquininas en las microalgas permitió una ruptura de la dominancia apical más eficiente que en los

tratamientos de algas convencionales, sentando las bases para una mayor producción de madera frutal.

7.1.3. Análisis de la Floración y Sincronía de cuajado

La bioestimulación influyó determinantemente en el potencial reproductivo, logrando una floración más abundante y vigorosa:

- Inducción Floral: El T1 alcanzó un promedio de 37.78 flores por rama, superando al testigo en un 86.29%. Esta explosión floral indica que las microalgas actuaron como un "motor metabólico", entregando el ATP necesario para que la planta priorizara la diferenciación de yemas sobre los mecanismos de supervivencia al calor.
- Amarre de Flor: La aplicación de bioestimulantes aseguró una mayor sincronía metabólica, lo que resultó en un incremento masivo en el potencial de frutos, reduciendo el aborto floral inducido por el estrés térmico del macro túnel.

7.1.4. Impacto en el Rendimiento y Calidad

Se determinó que los tratamientos incrementaron drásticamente tanto el volumen de cosecha como la calidad interna del fruto:

- Rendimiento Físico: El T1 fue superior con un peso de 813.00 g/planta en el monitoreo final. La interacción de los antioxidantes protegió el llenado de fruto, logrando un éxito de cuajado del 94.56% superior al testigo.
- Calidad (Grados Brix): El uso de microalgas optimizó la translocación de azúcares, alcanzando un nivel premium de 14.5 °Brix (+58.12% vs T4). Esto garantiza una mejor calidad postcosecha y sabor de exportación, mientras que el testigo (9.17 °Brix) se mantuvo por debajo del estándar comercial.

7.1.5. Identificación del Bioestimulante de Mayor Eficacia y Rentabilidad

Al finalizar el estudio, se identifica al tratamiento basado en Microalgas (T1 - Nutrenza) como el de mayor eficacia agronómica y rentabilidad potencial para condiciones protegidas:

- Eficacia: Superó numéricamente a las algas convencionales en todas las variables de vigor, dulzura y ramificación.
- Rentabilidad: Al proyectar un excedente de 2.62 toneladas adicionales por hectárea (ciclo de 45 cortes), el T1 representa la inversión biotecnológica con el retorno más alto para el productor de Ocotlán, asegurando que el incremento en biomasa frutal pague con creces el costo del insumo.

7.1.6. Comportamiento Tratamiento Testigo

El Tratamiento testigo obtuvo sistemáticamente los valores más bajos. Se concluye que, sin el soporte bioquímico de la bioestimulación, la planta de arándano sacrifica su calidad interna y su vigor estructural para sobrellevar el estrés abiótico, comprometiendo la viabilidad comercial y económica del huerto.

7.1.7. Rendimiento y Proyección Productiva

El rendimiento neto validó la superioridad de la biomasa de las microalgas. Con una producción de 813.00 g/planta en el tercer corte, el tratamiento T1 superó significativamente al testigo (663.33 g). Se concluye que la bioestimulación es el factor determinante para alcanzar la rentabilidad máxima y sostener la curva de producción de manera ascendente durante las primeras semanas durante la temporada.

VIII. RECOMENDACIONES

7.1. Recomendaciones

Basado en los hallazgos de esta investigación, se emiten las siguientes recomendaciones para los productores de la región y futuras líneas de investigación:

1. Se recomienda la implementación del programa de bioestimulación basado en microalgas (T1) como una práctica estándar en el manejo de arándano bajo macro túnel, especialmente durante las etapas de brotación y llenado de fruto para asegurar calidades de exportación.

2. Utilizar las aplicaciones foliares de manera preventiva antes de los picos de temperatura en el macro túnel, aprovechando el aporte de ATP y energía metabólica directa que proporcionan estos productos para evitar el estancamiento del crecimiento.

3. **Análisis de Retorno de Inversión:** Realizar un estudio económico complementario que contraste el costo de los insumos biotecnológicos frente al excedente de tonelaje obtenido, con el fin de cuantificar la utilidad neta por hectárea bajo el esquema de 45 a 50 cortes.

4. Dado que las microalgas reducen los cambios degenerativos de color y mejoran los grados Brix, se sugiere evaluar la firmeza y la resistencia al transporte del fruto de las plantas tratadas para fortalecer la cadena de suministro hacia mercados lejanos.

5. Monitorear la curva de producción a partir de la cuarta semana para ajustar la nutrición edáfica en conjunto con la foliar, buscando sostener el ritmo de tres o más cortes semanales sin agotar las reservas de la planta.

6. **Análisis de costo-beneficio:** Se recomienda realizar un análisis económico detallado de costo-beneficio de la aplicación de Stimplex (algas marinas) y Nutrenza (Microalgas marinas) para cuantificar el retorno de la inversión para el productor, comparando el costo del bioestimulante contra el valor incremental de la cosecha obtenida.

IX. LITERATURA CITADA

Aguilar-Paredes, A., Lucho-Constantino, C. A., Bello-Mendoza, R., & Tovar-Sánchez, E. (2023). Sustancias Húmicas: Generalidades de un Bioestimulante Potencial en la Agricultura. *Revista Agroproductividad*. https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/2418

Álvarez-Gómez, F., Latorre-Lagos, M., Ossa-Grajales, C., & Acevedo-Correa, D. (2023). Biomasa de microalgas como base para la producción de biofertilizantes: estado del arte y retos de escalado. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 47*(182), 173-191. https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/1806

Aneberries. (2024). *Reporte Anual de la Industria de las Berries en México*. Asociación Nacional de Exportadores de Berries. https://www.aneberries.mx/estadisticas/

Battacharyya, D., Babgohari, M. Z., Rathor, P., & Prithiviraj, B. (2015). Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae, 196*, 39-48. https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.012

Bioera. (2023). *Bioestimulantes agrícolas: Qué son y cómo funcionan*. https://bioera.es/bioestimulantes-agricolas/

Biologicals Latam. (2022). *Las claves para la efectividad de la aplicación foliar de los bioestimulantes*. https://biologicalslatam.com/issue-02/las-claves-para-la-efectividad-de-la-aplicacion-foliar-de-los-bioestimulantes/

Brazelton, C. & Young, K. (2021). *World Blueberry Statistics & Insights*. International Blueberry Organization. https://www.internationalblueberry.org/

Calderón-Salas, G. R. (2021). *Efecto de la aplicación de bioestimulantes a base de algas marinas en el rendimiento y calidad del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) var. Biloxi en la zona de Cañete*. Repositorio Institucional UNALM. https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4836

Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. W. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil, 383*(1-2), 3-41. https://link.springer.com/article/10.1007/s11104-014-2131-8

Caruso, F. R., & Ramsdell, D. C. (Eds.). (2017). *Compendium of Blueberry, Cranberry, and Lingonberry Diseases and Insects* (2nd ed.). American Phytopathological Society (APS) Press.

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Guanajuato (CESAVEG). (2023). *Gusano Soldado Spodoptera exigua (Hubner)*. Ficha Técnica. https://cesaveg.mx/wp-content/uploads/2023/07/20.-GUSANO-SOLDADO.pdf

Comité Estatal de Sanidad Vegetal de Jalisco (CESAVEJAL). (2018). *Trips del Aguacatero*. Ficha Técnica No. 24. https://www.cesavejal.org.mx/publicaciones/ficha-tecnica/Ficha-Tecnica-N_24-Trips-del-Aguacate.pdf

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

Fall Creek Farm & Nursery. (2023). *Fall Creek Collection: Atlasblue® 'FCM12-045'*. https://www.fallcreeknursery.com/commercial-growers/varieties/fall-creek-collection/atlasblue-fcm12-045/

Fernández, V., & Eichert, T. (2009). Uptake of hydrophilic solutes through plant leaves: current state of knowledge and perspectives of foliar fertilization. *Critical Reviews in Plant Sciences, 28*(1-2), 36-68. https://doi.org/10.1080/07352680902743069

Fideicomisos Instituidos en Relación con la Agricultura (FIRA). (2016). *Análisis del Cultivo de Arándano*. Dirección de Investigación y Evaluación Económica y Sectorial. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/189620/Analisis_del_cultivo_de_Arandano_2016.pdf

García-Gómez, C., Sampedro, I., & Arriagada, C. (2020). Potencial de los bioestimulantes a base de algas en la agricultura. *Idesia (Arica), 38*(3), 67-75. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292020000300067

García-López, J. C., Toapanta-Gallegos, D. A., & Villegas-Moreno, J. M. (2021). Plagas y enfermedades del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.): Una revisión. *Revista Agroproductividad, 14*(7). https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/2012

García-Vázquez, I., et al. (2023). Biorreguladores y bioestimulantes en el desarrollo, crecimiento y rendimiento de fruto de arándano Biloxi. *Revista Fitotecnia Mexicana, 46*(4), 383-391. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-73802023000400383

Infoagro. (2023). *Producción mundial y nacional de arándano*. https://mexico.infoagro.com/produccion-mundial-y-nacional/

Intagri. (2018). *El Cultivo de Arándano o Blueberry*. Intagri S.C. https://www.intagri.com/articulos/frutillas/El-Cultivo-de-Ar%C3%A1ndano-o-Blueberry

Intagri S.C. (2017). El Manejo Integrado de la Araña Roja. *Serie Fitosanidad, Núm. 88*.

Intagri S.C. (2017). Requerimientos Edafoclimáticos del Arándano. *Serie Frutillas, Núm. 25*.

Intagri S.C. (2022). *Manejo de la Poda en el Cultivo de Arándano*. Serie Frutillas, Núm. 48. https://www.intagri.com/articulos/frutillas/manejo-poda-cultivo-arandano

I**nternational Blueberry Organization (IBO).** (2025, 14 de abril). *Global Fresh Blueberry Outlook 2025–2030*.https://www.internationalblueberry.org/2025/04/14/global-fresh-blueberry-outlook-2025-2030/

JAVIER ABADÍA, ANUNCIACIÓN ABADÍA,15 - IRON AND PLANT PIGMENTS, Editor(s): Larry L. Barton, Bruce C. Hemming,Iron Chelation in Plants and Soil Microorganisms, Academic Press,1993,Pages 327-343

Lara-Reimers, E. A., et al. (2024). Efecto de Bioestimulantes en Producción y Calidad de Fresa (Fragaria ananassa cv. Albión) Bajo Estrés Hídrico. Terra Latinoamericana, 42, e1937. https://www.scielo.org.mx/pdf/tl/v42/2395-8030-tl-42-e1937.pdf

López-Cruz, R., Santos-Cárdenas, M. V., Becerra-Zamorano, C. C., Ponce-Contreras, M., Rodríguez-Flores, R., & Calderón-Santoyo, M. (2025). Biofertilización a base de efluentes dulceacuícolas y microalgas sobre la productividad y calidad del cultivo de jitomate (Solanum lycopersicum L.). Revista Politécnica de Aguascalientes,

5(4). https://upa.edu.mx/revista-politecnica/ (Publicado en el volumen de Mayo 2025).

López Domínguez, J. (2024). Bioestimulantes: el futuro de una agricultura sostenible. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/378181870_Bioestimulantes_el_futuro_de_una_agricultura_sostenible

MALDONADO (2023) MICROALGAS COMO FUENTE DE.pdf (634.09 KB)

Moggia, C., & Lobos, G. A. (2017). Arándanos: Influencia de factores de precosecha en la calidad y condición de la fruta. En P. M. Gil (Ed.), Fruticultura en Chile: Desafíos y Oportunidades (pp. 1-21). Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA). https://biblioteca.inia.cl/handle/123456789/6591

Osorio, L. F., Strik, B. C., & Bryla, D. R. (2009). High Tunnel Production of Southern Highbush Blueberries. HortScience, 44(7), 1850-1856. https://journals.ashs.org/view/journals/hortsci/44/7/article-p1850.xml

Pérez-Hernández, M. I. (2021). Identificación morfológica y molecular de especies de Fusarium asociadas a la marchitez del arándano en Michoacán, México [Tesis de maestría, Colegio de Post-graduados]. Repositorio Institucional COLPO. http://colposdigital.colpos.mx:8080/xmlui/handle/10521/5391

Posada-Pérez, L., Padrón-Montesinos, Y., Nicado-García, M., & González-Olmedo, J. (2016). Microalgas, una fuente potencial de biofertilizantes y bioestimulantes en la agricultura. Cultivos Tropicales, 37(1), 16-29.

Redagrícola. (2023). Los desafíos en el uso de plásticos y mallas en la producción de arándanos. https://redagricola.com/los-desafios-en-el-uso-de-plasticos-y-mallas-en-la-produccion-de-arandanos/

Retamales, J. B., & Hancock, J. F. (2018). Blueberries (2nd ed.). CABI. https://www.cabi.org/bookshop/book/9781780647265/

Retamoza, J. (2022, 11 de agosto). Poda de arándanos: ¿Cómo y cuándo hacerla?. Fruticultor.

Rottenberg, O. (s.f.). El Arte de la Nutrición Foliar. Haifa Chemicals México. https://www.ipipotash.org/udocs/Rottenberg_el_arte_de_la_nutricion_foliar.pdf

Salas-Pérez, L., Preciado-Rangel, P., Segura-Castruita, M. Á., et al. (2016). Efecto de bioestimulantes en la calidad nutracéutica de frutos de zarzamora. Revista mexicana de ciencias agrícolas, 7(8), 1931-1943.

Santos, B. M., et al. (2024). Pre-Harvest Foliar Application of Ecklonia maxima and Glycine-Betaine-Based Biostimulants Improves the Yield and Quality of 'Duke' and 'Draper' Blueberries. Horticulturae, 10(9), 920. https://www.mdpi.com/2311-7524/10/9/920

Schilder, A., Wharton, P., & Miles, T. (2017). *Phytophthora Root Rot of Blueberries*. Michigan State University Extension, Bulletin E3184.

SIAP. (2023). *Panorama Agroalimentario 2023*. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. https://www.gob.mx/siap/acciones-y-programas/panorama-agroalimentario-258035

Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP). (2024). Panorama Agroalimentario 2024: Análisis del Arándano. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural.

Sumuano-Barragán, L. A., Flores-García, F., & Garza-García, D. M. (2025). Efecto de los Bioestimulantes Radix y Optimus a Base de Microalgas sobre el Rendimiento del Cultivo de Caña de Azúcar. Planta, (31), 53-58. Universidad Autónoma de Nuevo León.

TecnoAgro. (2025). *El papel de Michoacán y Jalisco en la producción de berries en México*. https://tecnoagro.com.mx/2025/06/02/el-papel-de-michoacan-y-jalisco-en-la-produccion-de-berries-en-mexico/

Wani, S. H., Kumar, V., Shriram, V., & Sah, S. K. (2016). Phytohormones and their metabolic engineering for abiotic stress tolerance in crop plants. The Crop Journal, 4(5), 362-376.