

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

Frecuencia de aplicación de estimulantes del crecimiento radicular en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), Huamanga a 2750 msnm. Ayacucho - 2022

Para optar el título profesional de:
INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:

Bach. Blanca Stefanny PARADO MEDINA

ASESOR:

Dr. Juan Ramiro PALOMINO MALPARTIDA

COASESOR:

Dr. Cayo GARCÍA-BLÁSQUEZ MOROTE

AYACUCHO - PERÚ

2025

A Dios, por la vida y ser mi guía en cada paso de mi crecimiento personal, y haberme permitido llegar a alcanzar este logro importante en mi formación profesional.

A mis amados padres Nilo y Gladys, gracias por ser siempre mi apoyo y soporte en todo momento, por acompañarme y ser parte de mi formación profesional. Son el faro que siempre guiaran mis pasos.

A mis hermanos Diego y Yuli por su apoyo incondicional durante mi formación profesional.

A mi abuela Valentina y mis Tíos: Emiterio, Sonia, Erlinda, Vilma, Roly, Raúl, Ángel y Sandra, por apoyarme en este proyecto.

A Joel A.D. por su apoyo y constante motivación a lo largo de mi etapa universitaria.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional San Cristóbal de Huamanga; Facultad de Ciencias Agrarias, a la Escuela Profesional de Agronomía, a cada uno de los docentes por cada enseñanza aprendida.

Al Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida, por su asesoramiento en la realización del presente trabajo de investigación.

Al Dr. Cayo García Blásquez Morote por su asesoramiento constante en la ejecución del trabajo de investigación, así como su orientación y enseñanzas.

A la Ing. Susan Milagros Alarcón Romaní, por su colaboración y apoyo.

Asimismo, a mis amigos que me brindaron su ayuda en la realización de mi trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ANEXOS	xi
RESUMEN	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPITULO I	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas del Arándano	5
1.2.1. Origen y distribución	5
1.2.2. Taxonomía	5
1.2.3. Variedad de arándano en el Perú	6
1.2.4. Tipos de arándano	7
1.2.5. Caracteres botánicos del arándano	7
1.2.6. Fenología	8
1.2.7. Ecología del cultivo de arándano	9
1.2.8. Manejo agronómico	10
1.2.9. Plagas del arándano	13
1.2.10. Enfermedades del arándano	14
1.2.11. Sustrato en el cultivo de arándano	15
1.3. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)	16
1.3.1. Microorganismos endófitos	17
1.4. Bioestimulante	19
1.4.1. Ácidos húmicos y fúlvicos	20
1.4.2. Proteínas hidrolizadas	20
1.4.3. Extracto de algas y plantas	20
1.4.4. Quitosano y otros biopolímeros	22
1.4.5. Compuestos inorgánicos	22

1.4.6.	Hongos benéficos.....	23
1.4.7.	Bacterias benéficas	23
CAPÍTULO II.....		24
METODOLOGÍA.....		24
2.1.	Ubicación del ensayo	24
2.2.	Temperatura y humedad diaria del medio ambiente	25
2.3.	Análisis del sustrato	26
2.4.	Características del sustrato utilizado.....	26
2.5.	Materiales y equipos	28
2.5.1.	Materiales biológicos.....	28
2.5.2.	Materiales.....	28
2.5.3.	Equipos	29
2.6.	Factores en estudio.....	29
2.7.	Problemas específicos	29
2.8.	Tratamientos.....	30
2.9.	Diseño experimental.....	30
2.10.	Croquis de los tratamientos	31
2.11.	Duración del experimento	32
2.12.	Instalación y conducción del experimento	32
2.13.	VARIABLES EVALUADAS	35
2.14.	Procesamiento de datos	37
CAPÍTULO III.....		38
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		38
3.1.	Crecimiento de la plántula	38
3.1.1.	Altura de planta.....	41
3.1.2.	Número de ramas	43
3.1.3.	Tamaño de rama.....	44
3.1.4.	Número de hojas	46
3.1.5.	Diámetro de tallo	48
3.1.6.	Tamaño de la raíz.....	50
3.1.7.	Peso fresco de la raíz	51
3.1.8.	Peso seco de la raíz	53
3.1.9.	Peso fresco aéreo	54

3.1.10. Peso seco aéreo	56
3.1.11. Peso fresco total	57
3.1.12. Peso seco de la planta	59
3.2. Calidad de plántula.....	60
3.2.1. Índice de calidad de Dickson	60
3.2.2. Coeficiente de esbeltez	62
CONCLUSIONES	66
RECOMENDACIONES.....	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.

Tabla 2.1. Composición química y valor nutricional de la turba.....	27
Tabla 2.2. Características de la fibra de coco	27
Tabla 2.3. Propiedades típicas y análisis químico de la tierra Diatomea Agrícola.....	27
Tabla 2.4. Composición química de la cascarilla de arroz	28
Tabla 2.5. Descripción de tratamientos	30
Tabla 2.6. Croquis de los tratamientos	31
Tabla 2.7. Características de cada unidad experimental (UE).....	31
Tabla 2.8. Cronología de la conducción del experimento.....	32
Tabla 3.1. Crecimiento de plántulas de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	39
Tabla 3.2. Análisis de variancia de la altura de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	41
Tabla 3.3. Prueba de Tukey de la altura de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	42
Tabla 3.4. Análisis de variancia del número de ramas de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	43
Tabla 3.5. Prueba de Tukey del número de ramas de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	43
Tabla 3.6. Análisis de variancia del tamaño de rama de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	44
Tabla 3.7. Prueba de Tukey del tamaño de rama de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	45
Tabla 3.8. Análisis de variancia del número de hojas de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	46
Tabla 3.9. Prueba de Tukey del número de hojas de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	47

Tabla 3.10. Análisis de variancia del diámetro de tallo de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	48
Tabla 3.11. Prueba de Tukey del diámetro de tallo de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	49
Tabla 3.12. Análisis de variancia del tamaño de la raíz de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	50
Tabla 3.13. Prueba de Tukey del tamaño de la raíz de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	50
Tabla 3.14. Análisis de variancia del peso fresco de la raíz de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	51
Tabla 3.15. Prueba de Tukey del peso fresco de la raíz de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	52
Tabla 3.16. Análisis de variancia del peso seco de la raíz de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	53
Tabla 3.17. Prueba de Tukey del peso seco de la raíz de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	54
Tabla 3.18. Análisis de variancia del peso fresco aéreo de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	54
Tabla 3.19. Prueba de Tukey del peso fresco aéreo de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	55
Tabla 3.20. Análisis de variancia del peso seco aéreo de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	56
Tabla 3.21. Prueba de Tukey del peso seco aéreo de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	56
Tabla 3.22. Análisis de variancia del peso fresco total de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	57
Tabla 3.23. Prueba de Tukey del peso fresco total de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	58
Tabla 3.24. Análisis de variancia del peso seco de la planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	59

Tabla 3.25. Prueba de Tukey del peso seco de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	59
Tabla 3.26. Análisis de variancia del índice de calidad de Dickson de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	60
Tabla 3.27. Prueba de Tukey del índice de calidad de Dickson de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	61
Tabla 3.28. Análisis de variancia del coeficiente de esbeltez de planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	62
Tabla 3.29. Prueba de Tukey del coeficiente de esbeltez de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.)	62
Tabla 3.30. Coeficientes de correlación del N P K de las hojas y las características de las plántulas de Arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	64

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura. 1.1. Etapas fenológicas del arándano en Villacuri, Ica.....	9
Figura 1.2. Tipos de bioestimulantes aplicados en plantas.	19
Figura 2.1. Mapa de ubicación del lugar del experimento.....	24
Figura 2.2. Temperatura máxima y mínima del invernadero.....	25
Figura 2.3. Humedad máxima y mínima del invernadero.	26
Figura 3.1. Altura de la planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) del mejor tratamiento en relación al testigo	40
Figura 3.2. Número de ramas de la planta de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) del mejor tratamiento en relación al testigo.....	40

ÍNDICE DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Datos recogidos de la altura de la planta (cm).	78
Anexo 2. Datos recogidos del Número de ramas por tratamientos.	79
Anexo 3. Datos recogidos del tamaño de ramas por tratamientos (cm).	80
Anexo 4. Datos recogidos del número de hojas por tratamientos.....	87
Anexo 5. Datos recogidos del diámetro del cuello de la planta por tratamientos (cm). ..	88
Anexo 6. Datos de la temperatura máxima y mínima del invernadero.....	89
Anexo 7. Datos de la humedad máxima y mínima del invernadero	90
Anexo 8. Panel de fotografías realizadas en el trabajo de investigación.	91
Anexo 9. Análisis de sustrato	96
Anexo 10. Análisis foliar por tratamientos.	97

RESUMEN

El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) requiere alternativas que favorezcan el enraizamiento de la planta para optimizar la absorción de agua y nutrientes, y así mejorar su crecimiento, desarrollo y producción. Para este estudio se utilizaron plántulas de arándano (variedad Biloxi) de 2 meses de edad, inoculadas con dosis de *Azospirillum* y Kelpak, en condiciones de vivero. Con el objetivo de evaluar, la mejor dosis y frecuencia de aplicación de *Azospirillum* y Kelpak en el cultivo de arándano variedad Biloxi. Se instaló un experimento factorial bajo un Diseño Completamente Randomizado (DCR), utilizando la prueba de Tukey para comparar los promedios de los tratamientos. Se trabajó con 7 tratamientos y seis repeticiones. Los resultados obtenidos fueron, el tratamiento con mayor altura fue el T5 (Kelpak, 10ml, 1 aplicación) con 60.25cm, seguida del T3 (*Azospirillum*, 20ml ,1aplicación) con 59.33cm, así también este tratamiento obtuvo el mayor número de hojas, 216.17 y la longitud de ramas fue 29.52 cm, el tratamiento testigo presentó menores promedios, con una altura de 47.50 cm, longitud de rama 20. 80 cm y un volumen foliar de 135.33 hojas en promedio. El tratamiento con el mejor peso seco de la raíz fue el T3 (*Azospirillum*, 20 ml, 1 aplicación) con 141.74 g, y un peso seco total de 376.06 g, mientras el T7 (testigo) tuvo un peso seco de raíz de 85.36g y peso seco total de 196.28g. Concluyéndose que, la aplicación de *Azospirillum*, 20ml, con una sola aplicación, promovió mejores resultados, supliendo la utilización de productos químicos, para su enraizamiento, y proporcionando un buen índice de calidad a la planta (Índice de calidad de Dickon y coeficiente de esbeltez).

Palabras clave: *Azospirillum*, Kelpak, dosis, frecuencia.

INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), es una fruta que ha ganado un lugar en el mercado mundial, debido a sus propiedades nutricionales y beneficiosas para la salud. Esta baya es originaria de América del Norte, generalmente se cultivan dos tipos de arándano: Lowbush blueberry y Highbush blueberry, dentro de estas se encuentran muchas variedades comerciales (MIDAGRI, 2016). El arándano se viene posicionando en todo el Perú, considerándose como uno de los principales cultivos de exportación.

Actualmente en la región de Ayacucho, existe una empresa dedicada a la producción de arándano, la que destaca que tiene un buen piso ecológico para la producción de este cultivo; así como también ofrece un mayor número de horas frío, lo que favorece a la calidad del fruto. El principal problema es el tipo de raíz con carencia de pelos absorbentes (Tanta, 2024).

El arándano al no formar un sistema radicular fasciculado “cabellera”, limita a la absorción de agua y nutrientes, haciéndola más susceptible a la sequía y exceso de agua, también implica en la longevidad (García et al. 2018). Una de las prácticas más comunes en la formación de raíces, son los enraizantes, que aceleran y mejoran el área radicular de las plantas (Valencia et al. 2021). En ese contexto se propone evaluar la frecuencia del uso de bioestimulantes radiculares y Bacterias Promotoras del Crecimiento Vegetal (PGPR) como es el *Azospirillum* en el cultivo de arándano.

Los bioestimulantes y las PGPR, han cobrado una relevancia significativa en la agricultura moderna debido a su capacidad para mejorar el crecimiento y la salud de las plantas de una manera más sostenible y amigable con el medio ambiente (Sun et al. 2024). En el contexto de la producción de arándanos en la región ha mostrado un notable potencial en la agricultura. El uso de productos biológicos se presenta como una estrategia clave para optimizar el rendimiento y la calidad de la planta.

Por lo expuesto, buscamos encontrar la mejor dosis y frecuencia de aplicación de promotores de crecimiento vegetal (PGPR) (*Azospirillum brasilense*) en relación al bioestimulante Kelpak (algas marinas), en el cultivo de arándano, se planteó los siguientes objetivos:

Objetivo general:

Determinar la mejor dosis y frecuencia de aplicación de Promotores de crecimiento vegetal (PGPR) (*Azospirillum brasilense*) en relación al bioestimulante Kelpak recomendado en el cultivo de arándano en condiciones de vivero.

Objetivos específicos:

1. Determinar la mejor dosis y frecuencia de aplicación de Promotores de crecimiento vegetal (PGPR) (*Azospirillum brasilense*) en relación al bioestimulante Kelpak, en el crecimiento y desarrollo del cultivo de arándano en condiciones de vivero.
2. Determinar la mejor dosis y frecuencia de aplicación de Promotores de crecimiento vegetal (PGPR) (*Azospirillum brasilense*) en relación al bioestimulante Kelpak, en la calidad del cultivo de arándano en condiciones de vivero.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Tejada (2019) evaluó plantas de arándano a partir de esquejes, utilizando el ácido indol butírico (AIB) juntamente con el *Azospirillum brasilense* en diferentes dosis, mediante el diseño completamente aleatorio. Los tratamientos fueron: 0 (control); 500 mg L⁻¹ de AIB; 1000 mg L⁻¹ de AIB; *A. brasilense*; 500 mg L⁻¹ de AIB + *A. brasilense*; y 1000 mg L⁻¹ de AIB + *A. brasilense*. El objetivo de la investigación fue evaluar la adaptabilidad de esquejes de arándano con diferentes dosis de AIB con *Azospirillum*. Las variables que se evaluaron fueron los esquejes enraizados, supervivencia de esquejes, retención foliar, brotación, número de raíces, longitud de raíz y masa seca de raíces. Como resultado obtuvieron efecto en el enraizamiento y longitud de raíz en los esquejes de arándano.

Villagra et al. (2021), estudiaron el crecimiento y desempeño de la frutilla inoculadas con *Azospirillum brasilense*, para lo cual usaron dos cepas: REC3 (endofítica, aislada de *F. x ananassa*) y 2A1 (aislada de *Petunia* sp.). Los tratamientos que utilizaron fueron los siguientes: plantas sin inocular; plantas inoculadas con REC3 y plantas inoculadas con 2AI. Como resultado obtuvieron el crecimiento de las plantas, así como también evidenciaron la asociación *Azospirillum brasilense*-planta, siendo REC3 y 2AI quienes superaron al control.

Mendoza et al. (2020), evaluaron diferentes concentraciones de 2,4 diclorofenoxiacético y kelpak en el enraizamiento de estacas de *Vaccinium floribundum*, más conocido como pushgay. Los resultados que obtuvieron mostraron que existe una diferencia significativa entre tratamientos, por lo que concluye que el 1% kelpak tiene un efecto favorable en el enraizamiento de estacas de *Vaccinium floribundum*,

1.2. Bases teóricas del Arándano

1.2.1. Origen y distribución

El arándano es una baya que se originó en América del Norte específicamente en Estados Unidos y Canadá, mientras en Europa fue en los Alpes, Apeninos Centrales y Pirineos, también se encontraron rastros de su origen en Eurasia y América central, donde crece de manera silvestre y por lo que se cultiva dos tipos de arándano: Lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium* L.) y Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.), dentro de estas variedades se encuentran las variedades comerciales más grandes (Armando, 2016).

Los continentes con un 80% en la producción es América del Norte y Sur, seguida por el continente europeo con un 11% de la producción. Finalmente, con un 8% Asia y Países del Pacífico. En los últimos años China aumentó la producción de arándano en un 30% por lo que para el 2025 aspira en convertirse en el mayor productor a nivel mundial (García, et al., 2018).

1.2.2. Taxonomía

Sobre la taxonomía del arándano, el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos. USDA, 2021 citado en (Orga, 2021) identifica de la siguiente forma:

Reino: Plantae

Subreino: Tracheobionta

División: Magnoliophyta

Clase: Magnoliopsida

Sub clase: Dilleniidae

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Género: *Vaccinium*

Especie: *Vaccinium corymbosum* L.

1.2.3. Variedad de arándano en el Perú

Según la revista Agronegocios Perú, 2014 las variedades que mejor se adaptan en el Perú son la Biloxi, Ventura y Emerald:

Biloxy

Es una planta erecta, vigorosa y productiva, requiere un mínimo de 400 horas frío, siendo de producción temprana, tiende a florecer y fructificar dos veces al año, por lo que podría verse afectada por las heladas. La fruta es de tamaño mediano, color azul claro y de excelente sabor (Gonzales et al, 2017).

Ventura

Variedad creada por Fallcreek, de buen vigor y de gran calibre. Esta variedad es la principal en plantaciones en España y muy pedida en los supermercados europeos. Presenta un gran rendimiento y firmeza, en cuanto al fruto es de tamaño grande y su cosecha se extiende por 4 a 6 semanas.(Gonzales et al, 2017).

Según la revista (F&H, 2023) esta variedad habría superado a la variedad biloxy, debido a que para el 2021 la variedad ventura habría incrementado su instalación en un 32% del total seguida por la biloxy en un 30% y con un 7% la variedad Emerald, 6% Rocio y el 25% con otras variedades.

Emerald

Esta variedad mantiene sus hojas en invierno, se adapta a las altas temperaturas y sequía, tiene un requerimiento bajo de horas frío, estimando en 250. Su fruto se caracteriza por ser grande, firme y de presentar un color azul claro. Esta variedad se adapta muy bien a suelos pesados por lo que es muy resistente a Phytophthora y otras enfermedades relacionadas a la madera. Emerald permite tener una cosecha con intervalos de 4 a 5 días, sin perjudicar o dañar el fruto (Gonzales et al, 2017).

Rocio

Es una variedad para climas templados cálidos y tropicales, Rocio es una variedad jumbo en Perú, que es fácil de cosechar debido a que sus racimos se encuentran expuestos, la planta es erecta y de fácil manejo agronómico, desde el 2014 tienes sus inicios en el Perú. El fruto es grande y firme, en cuanto al sabor es dulce con acidez variable (Gonzales et al, 2017).

1.2.4. Tipos de arándano

Mendoza (2016); García et al (2010), consideran que habitan diferentes tipos de arándano, siendo los siguiente:

a) Arándano alto (highbush)

Es la primera especie que se introdujo como cultivo. Es una planta que se originó en la Costa este de América del Norte, esta planta puede alcanzar alturas hasta 2.5m. Proviene de cruza entre *V. corymbosum* y *V. australe*, siendo un tetraploide ($2n=4x$).

b) Arándano gigante u “ojo de conejo” (rabbiteye)

El ojo de conejo es procedente de Georgia del Sur, se considera la especie más productiva y fácil de cultivar. A diferencia del arándano alto, necesitan suelos con mayor cantidad de materia orgánica. Esta especie suele ser resistente a la sequía y tienen mayor producción. Es un hexaploide y puede alcanzar hasta 4m de altura.

c) Arándano bajo (lowbush)

Pueden alcanzar alturas menores de 1 m, sus raíces emiten brotes vegetativos debido a que son rizomatosas, principalmente se encuentra silvestre, aportó genéticamente para la selección de clones de arándano alto.

1.2.5. Caracteres botánicos del arándano

García et al. (2018) y Gordó (2008), mencionan que los arándanos son arbustos erectos o rastreros, con altura variable dependiendo de la especie (0,3 a 7,0 m), con una longevidad que puede superar los 50 años. *Vaccinium corymbosum* L., posee la mayor calidad y tamaño de fruto, es por ello que es la más importante en cuanto a la superficie cultivada, puede llegar a 2,5 m de altura para así facilitar las distintas labores que el cultivo requiere.

a) Raíz

En cuanto a la raíz del arándano se describe que en los primeros 40 cm del suelo se encuentra en 80% de las raíces y estas tienden a ser finas y fibrosas pero carentes de pelos absorbentes, lo que conlleva a una mayor dificultad a la hora de la absorción de nutrientes.

En la mayoría de los casos las raíces se asocian con las micorrizas y forman una simbiosis, beneficiando así el desarrollo vegetativo.

b) Tallo

El tallo es de color marrón anaranjado (esto varía de acuerdo a la variedad), inician de la base de la planta y llevan las yemas vegetativas y florales. La longitud del tallo varía de acuerdo a la edad de la planta y la ubicación en la que se encuentran, normalmente la ramificación es abundante.

c) Hojas

El arándano presenta hojas simples, alternas, cortamente pediceladas de unos 5cm de longitud, caducas, de un color verde pálido a muy intenso según cultivares, ligeramente dentadas y finamente nervadas por el envés.

d) Flores

El arándano presenta flores son axilares o terminales, en racimos de 6 a 10 en cada yema, poseen corola blanca o rosada formada por 4 a 5 pétalos fusionados, de 8 a 10 estambres con anteras aristadas o no, prolongadas en tubos terminales con una abertura en el ápice, un pistilo simple, ovario ínfero, de 4 a 10 lóculos.

e) Fruto

El fruto es una falsa baya, esférica de 1 a 3 cm de diámetro, con un peso promedio de 1,3 a 2,5 g y varias semillas en su interior. A medida que maduran los frutos los colores van cambiando, adquiriendo como color final el azul. Así también la epidermis del fruto se encuentra cubierta por secreciones cerosas, dándole una terminación atractiva y que es de importancia a la hora de su comercialización. Tiene un sabor difícilmente comparable: dulce y ligeramente ácido a la vez.

1.2.6. Fenología

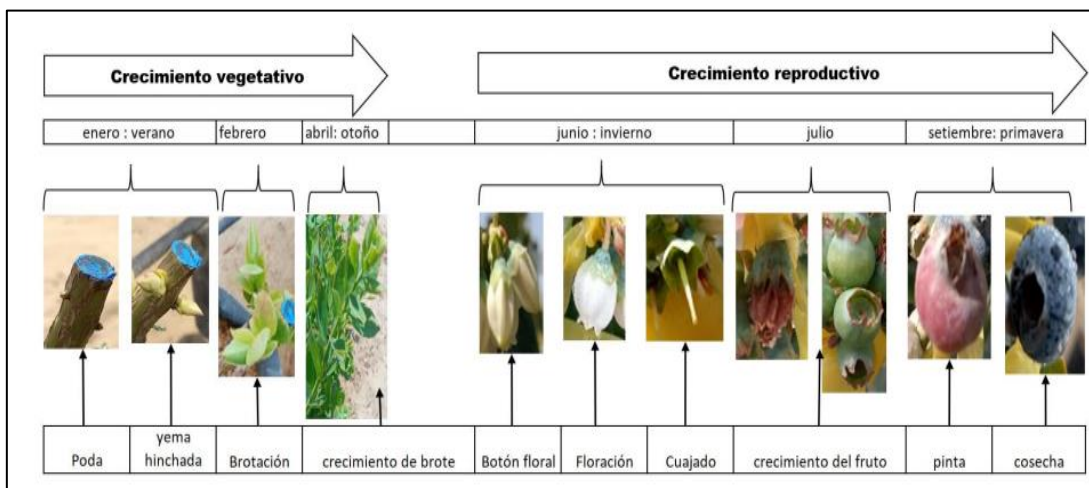
Las diferentes etapas del crecimiento y desarrollo de los organismos vivos y su relación con el medio que los rodea se conoce como fenología. Esta nos proporciona datos sobre el tiempo periódico de fenómenos biológicos como brotación, floración y fructificación, los cuales van a depender de las características propias de cada especie y están relacionados estrechamente con el clima en el que se desarrollan, en particular con la temperatura ambiental (Lemus y Donoso, 2018).

El crecimiento en la planta de arándano se divide en dos partes que es el vegetativo y reproductivo. Rivadeneira y Carlazara (2011), especifican que son cuatro etapas de crecimiento vegetativo, siendo el primero la yema vegetativa, segundo el brote que se caracteriza por entrenudos cortos, como tercero el alargamiento de los entrenudos y la expansión de las hojas y último es la rama nueva conformada por las hojas extendidas.

En la etapa reproductiva se comprende de seis partes, iniciando por la yema hinchada lo cual dará origen a las flores, seguida de ellas esta yema se abrirá dando inicio a la floración, tercero es la formación de botones florales con la corola cerrada, cuarto es la flor en plena floración con la corola abierta, la quinta es la caída de la corola y cuaje del fruto, finalizando con el fruto verde (Lemus y Donoso, 2018).

Figura. 1.1

Etapas fenológicas del arándano en Villacuri, Ica



Fuente: Julian Orga Porras

1.2.7. Ecología del cultivo de arándano

a) Temperatura

Los arándanos se desarrollan de manera óptima en climas moderados, con temperaturas que varían de 7°C a 33°C (Ormazábal et al., 2020). El arándano soporta heladas durante el receso invernal, considerando -6°C un valor crítico, por lo que se recomienda el uso de datos históricos de helada en el lugar donde se producirá el cultivo, y la cantidad de horas frío que requiere el arándano debe estar de 400 a 1200 con un margen de 7°C (Morales, 2017).

Los vientos fuertes, pueden dañar a la planta en las primeras etapas fenológicas, perjudicando su crecimiento, daño en el follaje, floración y en algunas ocasiones podría ocasionar lesiones en los frutos (García et al., 2018).

b) Suelo

Según Morales (2017), menciona que el arándano requiere suelos livianos con buen drenaje, profundo y alto contenido de materia orgánica. El ph es el parámetro más importante para el buen desarrollo del cultivo ya que debe encontrarse en un rango de 4.5 a 5.5, en caso que no se tenga esos niveles se debe realizar enmiendas oportunas para el manejo del suelo. La conductividad es otro parámetro de importancia, ya que mide la cantidad de sales, en el suelo la CE en el suelo no debe pasar de 0.5 mS/cm y en la solución nutritiva debe ser 1.0 mS/cm, valores mayores a 1.5 mS/cm han generado problemas en el cultivo. De igual modo, la caliza no debe superar el 2% y los carbonatos deben ser inferior de 150 ppm (García et al., 2018).

c) Agua

Los arándanos son sensibles al déficit o exceso de agua, debido a sus raíces que son superficiales, fibrosas y de poca extensión; el riego localizado puede mantener el nivel adecuado de humedad en los primeros 15 a 20 cm del suelo (Undurraga et al., 2013). Respecto a la radiación Morales (2017), que el exceso provocaría el acortamiento de la maduración de la fruta, obteniéndose así frutos de baja calidad.

1.2.8. Manejo agronómico

d) Siembra e instalación

La distancia de plantación del arándano que se considera entre plantas es de 0,5 a 1,0 m y entre calles de 2,5 a 3m para que se alcance una densidad de 6000 plantas/ha con el fin de conseguir mayores producciones en los primeros años (Bustillo, 2018).

El trasplante se debe realizar provista de cepellón de un año, ya que no es aconsejable trasplantar a raíz desnuda debido que el sistema radicular del arándano es sensible y podría ocasionar pérdidas en la producción (Retamales & Hancock, 2018).

e) Poda:

La poda es una actividad agronómica que influencia a la buena producción del arándano, otorgándole un equilibrio a la planta.

La poda en arándano es el proceso de recortar y dar forma a las plantas de arándano con el fin de optimizar su crecimiento y producción de frutos. Este proceso incluye eliminar ramas muertas, enfermas o poco productivas, así como dar forma a la planta para que reciba mejor luz y aire (Grupo Raiseb Perú SAC, 2015).

Los objetivos de la poda son:

- Mejorar la producción: Fomentar el crecimiento de ramas fructíferas.
- Aumentar la calidad de los frutos: Permitir que la planta concentre su energía en menos ramas, resultando en frutos más grandes y sabrosos.
- Facilitar la cosecha: Mantener una altura y forma manejables.

Se recomienda podar en invierno o principios de primavera, antes del nuevo crecimiento. Las técnicas específicas pueden variar según la variedad de arándano y la edad de la planta, Strik et al. (2022) considera los siguientes tipos de poda:

- Poda de primer año: Esto se realiza con el fin de mejorar el vigor de la planta, se debe eliminar todas las yemas florales después de la instalación del cultivo y de preferencia pasado el año de establecimiento.
- Poda en plantas jóvenes: los primeros años de debe realizar este tipo de poda teniendo en consideración el tamaño de la planta, se debe eliminar toda rama delgada o aquellas que presentan demasiadas ramificaciones que se forma en la base, esto impedirá crecer y desarrollar. El objetivo de los dos o tres primeros años es establecer la copa por medio del crecimiento vegetativo y que la planta desarrolle de manera adecuada.
- Poda en plantas de producción: se realiza para optimizar el buen rendimiento de la fruta, manteniendo el vigor de la planta para futuras cosechas. Se debe eliminar las ramas viejas cada año, este proceso contribuirá a la renovación continua de las ramas.

f) Fertilización

La fertilización continua es productiva cuando el sustrato contiene fibra de coco, esto dependiendo de los requerimientos que la planta necesitará de acuerdo al estado fenológico en el que se encuentre, y el fertilizante se distribuirá de manera proporcional durante cada riego (Betega, 2022). Mientras Retamales y Hancock, (2018) consideran que la fertilización aplicada debe basarse al análisis de suelo y foliar, considerando también las condiciones edafoclimáticas y desarrollo de la planta.

García et al, (2013) mencionan que en los primeros años la planta requiere anualmente un promedio de 18kg de N, 9 kg de P₂O₅ y 18 kg de K₂O. A partir del 3er año, la dosificación aumentará en 20 kg N y K anualmente, en caso del fósforo, los primeros años será de 7,5 a 10 kg, para el tercer año incrementará anualmente 10 kg, llegando como máximo a 45kg de P₂O₅. En los inicios de la planta no es recomendable la aplicación del calcio, pero a partir del tercer año la dosis a emplear sería de 7kg con un máximo de 25kg a partir del sexto año.

Nutrientes

Para la elaboración de un plan de fertilización en general, se debe tener en cuenta los nutrientes del suelo y del agua. Por o general en los primeros años la planta tiene la capacidad de extraer nitrógeno y calcio, mientras pasan los años se observa la mayor absorción del potasio (Hirzel, 2014).

- **Nitrógeno:** Hayden (2016) menciona que el nitrógeno es el elemento necesario, para las plantas maduras debe aplicarse de 60 a 80 libras de nitrógeno antes del inicio de cada primavera. El nitrógeno no debe ser en forma de nitrato, ya que puede ser toxico para la planta. Este elemento es esencial en la planta y se presenta en la clorofila, por ello es importante para el crecimiento y obtención de nuevos brotes de la planta la carencia de este elemento podría ocasionar amarillamiento y caída de las hojas, también se puede observar la deficiencia de nuevos brotes. El exceso podría hacer que la planta sufra el alargamiento del periodo vegetativo, escases de yemas florales y frutos pequeños por consecuente se debe suministrar las dosis adecuadas (García, 2018).
- **Fósforo:** Krewer y Scott (2019) consideran al fósforo un elemento importante para el buen crecimiento de las raíces y la transferencia de energía en la planta. El fósforo es un elemento escaso en muchos campos de arándanos. Esto se debe a los bajos niveles de fósforo en campos vírgenes, la menor disponibilidad de fósforo en suelos muy ácidos y la posible lixiviación de fósforo en suelos muy arenosos. García et al. (2018) mencionan que intervienen en la fotosíntesis, producción de azúcares y almidón. Su principal misión es estimular el desarrollo radicular, jugando un papel importante para la acumulación de reservas de la planta. La deficiencia de este elemento ocasiona hojas pequeñas y ramas delgadas. El exceso de P podría ocasionar un efecto tóxico directo inhibiendo la absorción de micronutrientes.

- **Potasio:** no es metabolizado por las plantas, pero sirve para la activación de diversas enzimas, almacenamiento de carbohidratos y regulación hídrica de la planta al estar involucrado en las células especializadas en la apertura y cierre de estomas. La carencia puede provocar la sensibilidad a plagas, en cuanto a su exceso podría ocasionar salinidad en el suelo (García et al. 2018). El nitrógeno contribuye en la fotosíntesis y la regulación del agua, Krewer y Scott (2019) recomiendan la aplicación de potasio de 50 a 75 libras como potasio por año en las plantas productoras.
- **Calcio y Magnesio:** las deficiencias de este elemento se pueden corregir aplicando piedra caliza o sulfato de calcio. Se recomienda la piedra caliza dolomítica, cuando el suelo tiene un bajo contenido de magnesio, ya que podría variar el pH del suelo, en cuanto a las deficiencias de magnesio pueden tratarse con un sulfato y óxido de magnesio, aplicado solo o como parte de fertilizante (Hayden, 2016).
- **Micronutrientes:** el arándano necesita micronutrientes como el manganeso, hierro, boro, cobre y zinc en pequeñas cantidades, pero importantes. Las cantidades de micronutrientes en la planta podrán determinarse mediante un análisis de hojas. La deficiencia del hierro se caracteriza por el amarillamiento de las hojas jóvenes entre las nervaduras, esta deficiencia ocurre a menudo cuando el pH del suelo es superior a 5,3 o cuando los niveles de calcio o fósforo son demasiado altos. El quelato de hierro aplicado al suelo ayuda a reducir estas deficiencias, también puede utilizarse sulfato de hierro, ya que reduce el pH y aporta hierro (Krewer y Scott, 2019).

1.2.9. Plagas del arándano

En el seminario sobre Berries, organizado por Sierra exportadora, Torres (2015), explicó las principales plagas que atacan al cultivo del arándano en el Perú.

Uno de las plagas que están atacando al cultivo es el insecto Anómala sp, es un escarabajo de color blanco o cremoso, con la cabeza rojiza, estos se alimentan principalmente de las raicillas de la planta causando daños en la absorción de nutrientes, este insecto puede llegar a causar la muerte de la planta, atacando durante todo el año.

La plaga que ha molestado al cultivo de arándano en especial al norte del país es la Prodiplosis longifila, este insecto tiene una la capacidad de reproducción alta, por lo que ocasiona el desarrollo irregular de los puntos de crecimiento y como consecuencia imposibilita el desarrollo vegetativo del arándano.

Otro insecto que se considera de importancia son los Trips que afecta gran variedad de cultivos, las larvas y los adultos se alimentan de los tejidos tiernos a través de su estilete, ocasionando así la propagación de hongos y bacterias, también afecta las partes florales ocasionando la interferencia con la polinización y amarre del fruto.

Otra plaga de importancia es el *Heliothis*, conocido como gusano perforador del fruto, las larvas perforan el fruto, lo cual ocasiona la podredumbre del fruto, para posteriormente su caída, ocasionando pérdidas en la cosecha. La Mosca de la fruta, *Ceratitis capitata* Wied, constituye un riesgo presente en Perú, debido al clima que poseemos, este insecto se hace presente durante todo el año, las larvas atacan la pulpa de la fruta produciendo una caída prematura.

La araña roja se encuentra en las hojas, brotes tiernos y frutos; estas se agrupan en colonias, localizándose en la parte superior de las hojas, por lo que las hojas afectadas tienen de tornarse cloróticas, y estas provocarán el debilitamiento de la planta y así evitando el óptimo crecimiento.

1.2.10. Enfermedades del arándano

Las enfermedades importantes en arándano que considera Torres (2015) son las siguientes:

a) Pudrición radicular (*Phytophthora cinnamoni*)

France (2013), menciona que los síntomas que presenta en vivero es la muerte de los brotes, necrosis en la base de la estaca y carece de desarrollo radicular, mientras en el campo de cultivo las hojas muestran clorosis y necrosis en todo su contorno, menor crecimiento y falta de vigor. El sistema radicular también puede presentar necrosis parcial o totalmente ocasionando que la corteza se desprenda.

Control: la principal medida es evitar el exceso de agua de riego, evitar que los goteros mojen el cuello de la planta. No utilizar plantas enfermas de vivero. El uso de fungicidas como metalaxil, mefenoxam o fosetil aluminio son alternativas de control, pero innecesarias si se evita el exceso de humedad.

b) Moho gris (*Botrytis cinerea*)

Lesiones necróticas que crecen hasta atizar por completa la flor y posteriormente el racimo floral. En los frutos inmaduros también se puede observar necrosis, mientras en los frutos maduros se caracteriza por ablandamiento de la fruta, tonalidad opaca, liberación de jugo, deshidratación y desarrollo de nidos de micelio. La infección puede pasar de los racimos de flores hasta la punta de los tallos, volviéndolos de color marrón (France, 2013).

Para el control Agri-Food Canada (2016) menciona el uso de fungicidas, por lo que la primera pulverización debe aplicarse a mitad de la floración y cada 7 a 10 días hasta el final de la floración.

c) *Alternaria*

Zhu y Xiao (2015) señalan que este hongo es el principal responsable en causar manchas foliares y pudrición de los frutos en postcosecha de arándanos. Las esporas se transportan por el viento, y estas se reproducen rápidamente sobre las hojas en las que caen.

Rivera et al. (2009) recomienda para el control preventivo en eliminar los órganos que se ven afectados por este hongo, disminuir la humedad foliar y evitar el estrés de la planta. Al notar la presencia de los primeros síntomas en las hojas o tallos, se recomienda el uso de fungicidas para minimizar los daños.

1.2.11. Sustrato en el cultivo de arándano

Ochmian et al. (2022) indican que, debido al aumento en la superficie dedicada al cultivo de arándanos y la escasez de suelos orgánicos adecuados, se hace necesario explorar alternativas para cultivar estos arbustos en suelos que no son apropiados, como los arcillosos y alcalinos. Por ello, proponen evaluar los sustratos disponibles en la región que puedan ser útiles para estos cultivos y determinar cuál es el sistema de cultivo más eficiente. Además, resaltan la importancia de analizar el impacto de estos sustratos, así como los efectos de la acidificación generada por la fertilización y el riego sobre las propiedades del suelo.

Pese a que los viveros han cultivado arándanos en sustratos durante muchos años, la idea de la producción comercial del arándano en contenedores es relativamente nueva. Las

mezclas de sustrato utilizadas en estos viveros suelen incluir turba, fibra de coco, corteza y/o perlita, pero no está claro si estos componentes son igualmente adecuados para la producción de arándanos a largo plazo. Tradicionalmente, las plantas se han cultivado en bolsas con turba parcialmente descompuesta. La turba es un material ideal para sustratos sin suelo debido a su alta capacidad de retención de agua, su gran capacidad de intercambio iónico, su resistencia a la descomposición y la relativa abundancia de turberas en el hemisferio norte. Además, la turba tiene un pH naturalmente bajo, entre 3.5 y 4.5, lo que se ve como una opción popular para plantas ácidas, como los arándanos altos (Scagel, 2003).

Según Linares (2023), los sustratos para arándanos deben ser orgánicos, no salinos, ácidos o neutros, de biodegradación lenta y con una capacidad de retención de agua superior al 30% y 40% de su porosidad. Además, destaca que las características físicas más relevantes de los sustratos son la capacidad de aire y la capacidad de retención de agua, las cuales pueden medirse en el campo. Al combinar diferentes sustratos para aprovechar las mejores propiedades de cada uno y crear una mezcla ideal, es importante considerar que las proporciones de los sustratos dependen de la cantidad de aire y agua que pueden retener en la mezcla.

1.3. Bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)

Según Beneduzi et al. (2021) menciona que el PGPR se refiere a las bacterias de vida libre en el suelo, las que llegan a colonizar la rizósfera o el tejido de la planta; estas bacterias al usarse como inoculante, posee efectos positivos sobre la planta. el PGPR puede influir en el crecimiento de la planta de manera directa o indirecta. El crecimiento directo sucede cuando el PGPR facilita la adquisición de nutrientes del ambiente, pudiendo ser el nitrógeno, fósforo y hierro o de otra manera como proporcionando o regulando diversas hormonas vegetales, como la auxina, citoquinina, giberalina y etileno. La promoción indirecta del crecimiento y desarrollo de las plantas se da cuando una bacteria limita o previene los daños a la planta que pueden ser causados por varios patógenos, incluida algunas bacterias, hongos y nemátodos (Santoyo et al. 2015).

En la actualidad el uso de PGPR en la agricultura sostenible se ha convertido de gran importancia, debido a los efectos positivos sobre el suelo y la producción de los cultivos; así como también en la reducción del uso de fertilizantes químicos (Ramakrishna et al., 2019)

1.3.1. Microorganismos endófitos

Afzal et al. (2019) definen como microorganismos endófitos aquellos capaces de colonizar los tejidos de la planta y lograr establecer una relación mutualista con esta. A diferencia de la interacción que genera entre rizobios y leguminosas, la interacción entre microorganismos endófitos y la planta no necesita mecanismos moleculares, al contrario, se basa en la capacidad que tiene este microorganismo para invadir los tejidos vegetales sin causar alguna enfermedad o daños. La colonización que se da del huésped por la bacteria se determina por la combinación de diferentes rasgos bacterianos. Este proceso implica una comunicación compleja entre los dos miembros, esto siempre inicia desde las raíces y requiere el reconocimiento de compuestos específicos en los exudados de la raíz por parte de las bacterias endofíticas.

En este grupo de microorganismos se han clasificado varios, pero entre los principales y los que ocupan el lugar principal se encuentra el *Azospirillum* y *Herbaspirillum*.

a. *Azospirillum*

Este género es una de las PGPR más estudiadas y utilizadas en la agricultura. Pertenecen a la clase Alphaproteobacteria, el *Azospirillum* se caracteriza por la forma de bacilo, ligeramente curvado y recto. Estas bacterias contienen gránulos intracelulares de poli- β -hidroxibutirato (Baldani et al., 2015).

El *Azospirillum* pertenece a los gram negativo en cultivos jóvenes, pudiendo variar en diferentes etapas de la planta. En medio líquido desarrollan un flagelo polar, perdiéndole el movimiento tipo “sacacorchos”, mientras en medio sólido algunas especies pueden desarrollar flagelos laterales. Son catalasa y oxidasa positivo, logrando reducir nitratos a nitritos, hidrolizan la urea y diversas condiciones como el envejecimiento celular.

Cassán y Diaz-Zorita (2016) mencionan que es una bacteria que fija el nitrógeno y tiene un efecto sobre el crecimiento de las plantas y el rendimiento de muchos cultivos. Se evidenció que su uso causa efectos en las raíces de la planta, principalmente asociados a la proliferación de los pelos radiculares, los cuales se asocian. El área radicular de la planta tiene un efecto directo en cuanto al crecimiento que posee la planta, ya que influye de manera positiva en la adquisición de nutrientes del suelo.

El *Azospirillum* es capaz de fijar el nitrógeno atmosférico y convertirlo en amonio, esto ocurre bajo condiciones de microaerófilo, es decir en presencia de bajas tensiones de oxígeno, ya que en altas concentraciones afecta directamente el complejo nitrogenasa e impiden su actividad. Para el aislamiento de esta bacteria se utiliza un medio semisólido sin nitrógeno, contenido de ácido málico y pH neutro, el ambiente semisólido es de importancia para un ambiente microaerofílico y esto permitirá al microorganismo sintetizar el complejo nitrogenasa e iniciar con el proceso de fijación de nitrógeno. El ácido málico, por su parte es de importancia debido a que se encuentra asociado al exudado radicular de la planta, y ha mostrado ser de importancia para la interacción entre el microorganismo y la planta (Baldani et al., 2015).

Las plantas poseen diferentes mecanismos contra ataques de patógenos, como es la resistencia sistémica adquirida. Algunas de las PGPB también muestran la capacidad de inducir mecanismos de defensa contra bacterias patógenas, virus y hongos. Las plantas una vez inoculadas con *Azospirillum* permanecen protegidas durante largos periodos (Cassán y Diaz-Zorita, 2016).

Fukami et al. (2018) definió cuatro mecanismos principales en la que las Bacterias Promotoras Del Crecimiento Vegetal (PGPR) pueden inducir en las plantas, siendo las siguientes: (1)desarrollo, escape: relacionado con el crecimiento de la planta;(2)fisiológico, tolerancia: minimizar la presencia de síntomas;(3) ambiental: asociado con el antagonismo microbiano de la rizosfera; (4) resistencia bioquímica: permite a las plantas que activen de manera rápida y efectiva sus respuestas de defensa que son inducidas por el contacto con el patógeno.

b. Herbaspirillum

Alves et al. (2015) consideran un género clasificado como PGPR que tiene la capacidad de poder fijar el nitrógeno y solubilizar fósforo, además del desarrollo radicular a través de la producción de diferentes reguladores de crecimiento vegetal. Herbaspirillum pertenece a la clase Betaproteobacteria y se encuentra asociado adiferentes especies vegetales de gramíneas. Algunos géneros se han aislado de los nódulos del frijol y también se encontraron en algunos árboles frutales, como la piña. Herbaspirillum es un bacilo gran-negativo, vibroide, aunque a veces puede presentar forma de espirilo; este microorganismo tiene característica motil debido a sus flagelos.

1.4. Bioestimulante

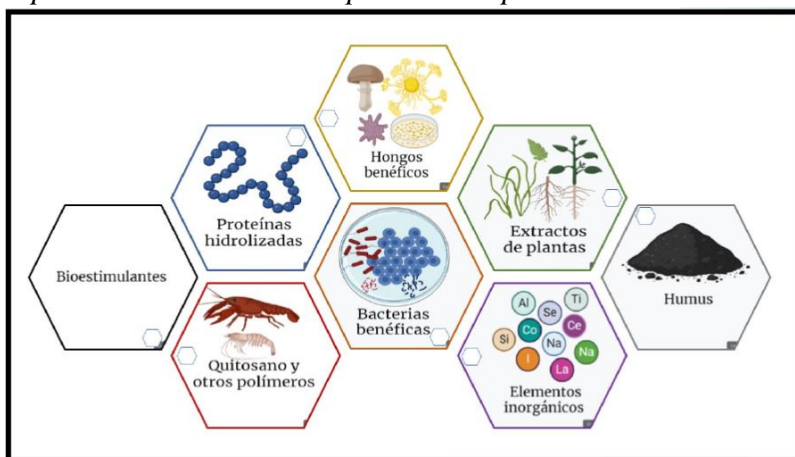
Valverde et al. (2020) consideran que un bioestimulante es cualquier sustancia o microorganismo que, al aplicar a la planta, mejoran su eficacia, en la absorción y asimilación de nutrientes, así como también haciendo a la planta tolerante al estrés biótico, abiótico o mejorando algunas características agronómicas. Independiente del contenido de nutrientes que se proporciona a la planta, mejora el rendimiento de los cultivos, estimula y vigoriza desde su germinación hasta que fructifique. Los bioestimulantes reducen el ciclo del cultivo, debido a que potencia su fertilización y por consecuencia se reduce en un 30 y 50% la dosis recomendada. Los estimulantes también están asociados a la nutrición, con el agua, estructura del suelo, pH, metales pesados y patógenos.

Los bioestimulantes se deben usar en pequeñas cantidades para complementar la fertilización y control de plagas y enfermedades, con el propósito de incrementar el rendimiento y la calidad de la fruta. Los productos no dejan ningún residuo y es seguro para aquellas personas que hacen uso del producto. Su composición es variada, se puede identificar nutrientes minerales, compuestos orgánicos y otros ingredientes activos (Morales,2017).

El uso de bioestimulantes ayuda a reducir el uso desmedido de agroquímicos sintéticos, que pueden llegar a causar daños en el medio ambiente y a lo largo tienen un impacto negativo en la salud del hombre. Muñoz et al. (2023) mencionan diferentes tipos de bioestimulantes y se pueden clasificar de la siguiente manera como se muestra en la siguiente imagen.

Figura 1.2

Tipos de bioestimulantes aplicados en plantas



Fuente: Christian Lisette Muñoz-Ibarra

1.4.1. Ácidos húmicos y fúlvicos

El humus se forma por la degradación de la materia orgánica, pudiendo ser las hojas que se encuentran en el suelo, cortezas, tallos, raíces, polen, semillas, etc., los ácidos húmicos contribuyen directamente en la nutrición de la planta ya que liberan elementos nutritivos, siendo el nitrógeno el elemento especial, en cambio los ácidos fúlvicos estimulan la raíz, por lo que se consideran como un enraizante para los cultivos, también contribuyen en la capacidad para la retención de agua y nutrientes (Morales,2017).

1.4.2. Proteínas hidrolizadas

Cuando la proteína se rompe se dice que se desnaturaliza, a este proceso se le conoce como hidrólisis, en aquí las moléculas se convierten en pequeñas y sencillas, estas contribuyen en el crecimiento de la planta debido a los mecanismos de acción que ejercen en diferentes etapas del ciclo de las plantas (Alves et al., 2015).

1.4.3. Extracto de algas y plantas

Las algas con la mayor fuente de oxígeno (O₂), estas llegan a producir más del 50% del O₂ que se libera durante el año a la atmósfera, son considerados el pulmón del planeta, también son utilizados como bioestimulantes, que pueden producirse de algas verdes, rojas o marrones, ya que estas contienen sustancias que mejoran el crecimiento y activan el sistema de defensa de las plantas. Se usa en la agricultura debido a las hormonas que contienen, sirviendo como mensajeros químicos, favoreciendo que las células se comuniquen entre sí (Morales,2017).

a) Kelpak

Según Agroenfoque (2020), menciona que el Kelpak es un bioestimulante líquido de algas marinas (*Ecklonia máxima*), de uso foliar o al suelo. Alga que tiene una alta tasa de crecimiento, siendo proporcional a la concentración de fitohormonas. Debido al proceso de extracción que tiene estimula un buen desarrollo de las raíces primarias y secundarias en las plantas, aumentando así el buen rendimiento del cultivo.

Kelpak cuenta con compuestos activos que son liberadas, a este proceso se le conoce como Tecnología de explosión celular en frío, aquí se extrae el contenido de las células sin el uso de químicos, calor, congelamiento o deshidratación. Como resultado se tiene como

producto Kelpak que es un potente bioestimulante orgánico además de ecológico, descrito en el análisis químico.

Ventajas:

- Mejor absorción de nutrientes
- Uniforme establecimiento del cultivo
- Aumenta la resistencia a la sequía
- Resistencia a enfermedades en el cultivo
- Reduce la quemadura en las hojas
- La producción de raíces secundarias estimula la mayor absorción de agua y nutrientes, produciendo así mejor follaje, incrementando en la producción y calidad de cosecha.
- Mejor cuajo del fruto, debido a la alta actividad auxínica y Brassinoesteroides, siendo las hormonas responsables de la elongación de los tubos polínicos.
- Producto biodegradable, de uso en la agricultura orgánica, por lo que no cuenta con restricciones de carencia.

Desventajas:

- El exceso de dosificación puede causar daños en los cultivos.
- Mayores costos en la adquisición de estos productos.
- No reemplaza a los nutrientes esenciales que necesita la planta.
- Como producto natural, puede tener una vida útil limitada o requerir condiciones especiales de almacenamiento.

Análisis químico:

Nutrientes:

Nitrógeno (N).....	0,4 g/L (0.04% p/v)
Fósforo (P ₂ O ₅).....	0,3 g/L (0,03% p/v)
Potasio (K ₂ O).....	6,1 g/L (0,61% p/v)
Micronutrientes.....	trazas

Fitohormonas: Actividad Biológica equivalente a:

Auxinas.....	11 mg/L
--------------	---------

Citoquininas..... 0,031 mg/L

Brassinoesteroides..... 1,1 µg/L

Poliaminas..... 2,0 mg/L

Florotanninas..... 4,0 mg/L

(Todas provenientes de Ecklonia máxima)

Otros:

Aminoácidos..... trazas

Carbohidratos..... trazas

Proteínas..... trazas

Vitaminas..... trazas

Metales pesados:

Arsénico (As)..... 1,02ppm

Cadmio (Cd)..... 0,034ppm

Mercurio (Hg)..... 0,01ppm

Plomo (Pb)..... <0,0001ppm

1.4.4. Quitosano y otros biopolímeros

El quitosano es una molécula que se encuentran en gran cantidad en la naturaleza, se encuentra en los caparazones de los crustáceos, así como también en el esqueleto externo de algunos insectos como son los escarabajos, incluso en la pared celular de los hongos. Se utiliza como defensa para las plantas, evitando el crecimiento de agentes patógenos en las plantas. Algunas proteínas y enzimas ayudan en la activación de los genes de defensa, mejorando su respuesta a diferentes tipos de estrés como la salinidad, sequía o las temperaturas extremas (Alves et al., 2015).

1.4.5. Compuestos inorgánicos

Son considerados bioestimulantes inorgánicos, no cuentan con carbono, promueven el crecimiento y desarrollo de la planta. se compone de 10 elementos de la tabla periódica siendo el aluminio, cerio, cobalto, yodo, lantano, sodio, selenio, silicio, titanio y vanadio, todos estos elementos se puede encontrar en el suelo y plantas, como sales inorgánicas e

insolubles, siendo una alternativa para problemas agronómicos como la pérdida de suelos, industrialización y el cambio climático (Morales,2017).

1.4.6. Hongos benéficos

Los hongos descomponen la materia orgánica, sin estos hongos los desechos podrían acumularse en los bosques y no se utilizaría de manera adecuada para reciclar nutrientes que puedan ser usados por las plantas, mejoran la respuesta de defensa de las plantas al estrés, del mismo modo pueden causar ciertas enfermedades en las plantas.

Los hongos establecen asociaciones con las plantas y mejoran la disponibilidad de nutrientes, además puede utilizarse para el control de plagas, así como la planta proporciona nutrientes necesarios para su existencia, de manera que ambos sean beneficiados (Alves et al., 2015).

1.4.7. Bacterias benéficas

Las bacterias son organismos unicelulares, que pueden habitar en cualquier ambiente de la tierra, así como existen bacterias benéficas, también hay bacterias perjudiciales que pueden llegar a causar daños en las plantas.

Las bacterias estimulan la síntesis de promotores de crecimiento vegetal, aumentando la eficacia de los nutrientes esenciales para la planta y contribuyen a inducir la tolerancia a los factores de estrés (Morales,2017).

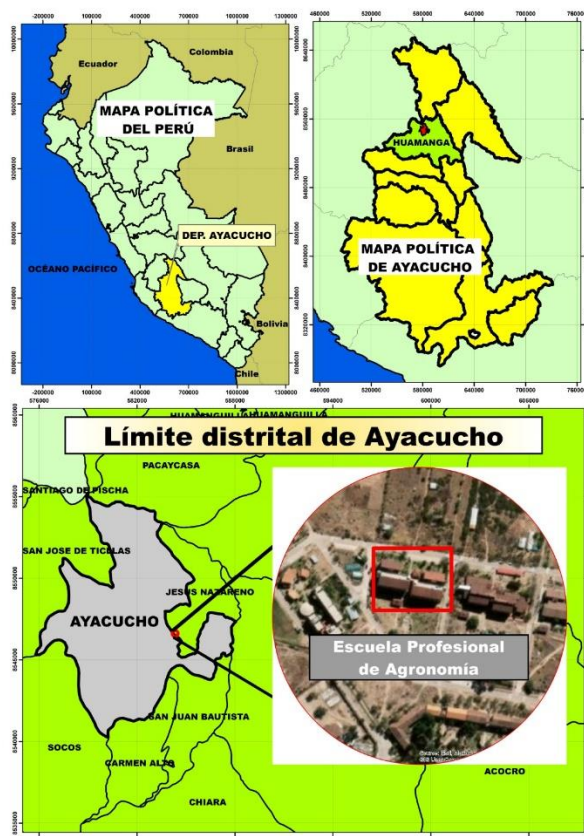
CAPÍTULO II METODOLOGÍA

2.1. Ubicación del ensayo

La presente investigación se desarrolló en el laboratorio de Horticultura y Semillas de la Escuela Profesional de Agronomía, de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y Departamento de Ayacucho a 2750 msnm, cuyas coordenadas son 13°08'20.07" Latitud Sur y 74°13'13.70" Longitud oeste.

Figura 2.1.

Mapa de ubicación del lugar del experimento.



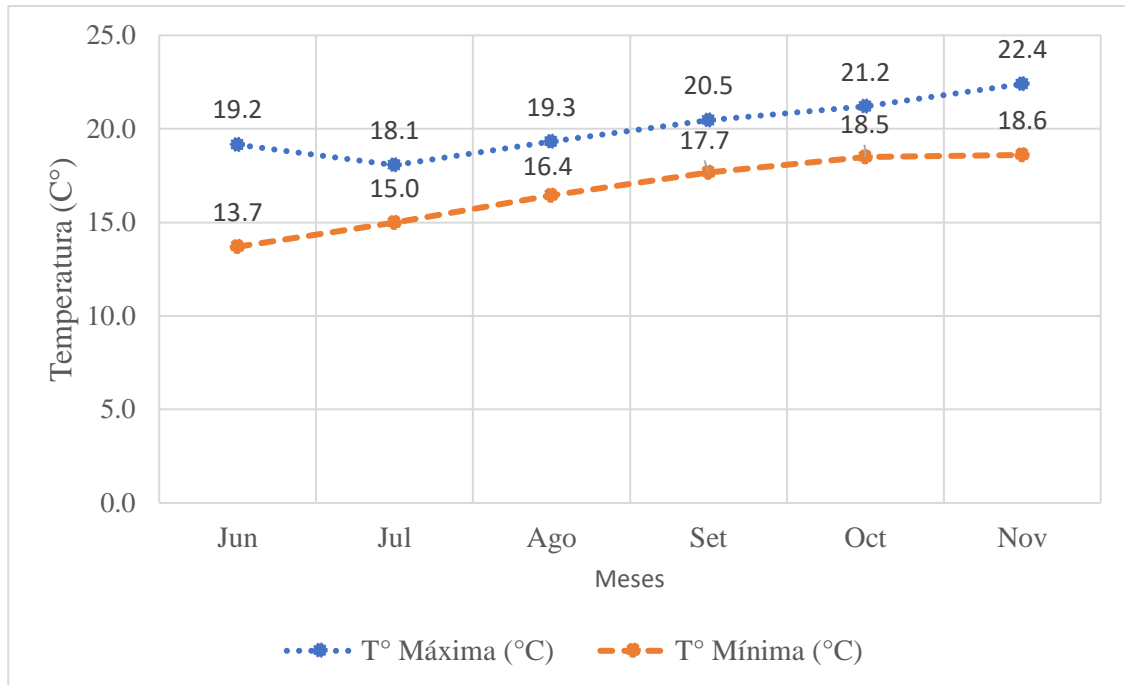
Fuente: elaboración propia

2.2. Temperatura y humedad diaria del ambiente

Los datos de temperatura y humedad del vivero fueron registrados diariamente en horas de la mañana con ayuda de un termohigrómetro digital. Los promedios mensuales se muestran en las siguientes figuras.

Figura 2.2

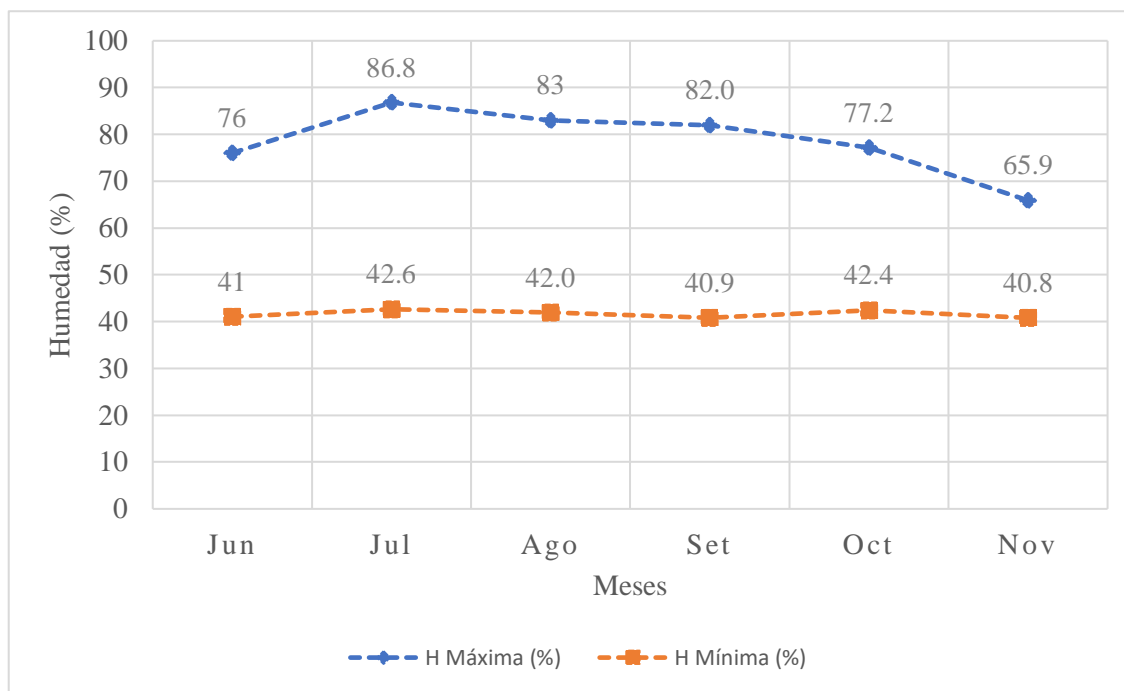
Temperatura máxima y mínima del vivero



Fuente: Elaboración propia

Figura 2.3

Humedad máxima y mínima del vivero



Fuente: Elaboración propia

2.3. Análisis del sustrato

El sustrato utilizado presentó un pH = 7.9 (ligeramente alcalino), CE = 1.5 dS/m (ligeramente salino), materia orgánica (%) = 51.89, nitrógeno total (%) = 0.99, fósforo (P₂O₅) (%) = 0.44 y potasio (K₂O) (%) = 0.15, estos datos fueron obtenidos en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

Estos resultados obtenidos indican que el sustrato para el cultivo de arándano es bueno, sin embargo, hay necesidad de ajustar el pH que presenta el sustrato debe ser regulado con los nutrientes que se le proporcione a la planta para que conjuntamente se pueda lograr un pH de rango 4.5 a 5.5.

2.4. Características del sustrato utilizado

El sustrato utilizado para el soporte de las plántulas de arándano fue turba rubia (60%), fibra de coco (20%), cascarilla de arroz y diatomeas (20%), considerando un 80% de retención y 20% de aireación. Se utilizó esta composición en el sustrato debido a las características que posee cada una de ellas, Ciordia y García (2006) recomiendan emplear

sustratos como fibra de coco, cascarilla de arroz, turba, humus, etc., con la finalidad de proporcionarle al suelo condiciones adecuadas para un buen desarrollo del cultivo.

Tabla 2.1

Composición química y valor nutricional de la turba

Composición Química		Valor Nutricional	
pH	5.2-5.8	Nitrógeno (mg N/L)	56-84
Fertilizante (g/l)	0.5NPK+TE	Potasio (mg K₂O/L)	72-108
EC (mS/cm)	0.4-0.6	Fósforo (mg P₂O₅/L)	64-96
Granulometría	0 – 5 mm	Incluye todos los oligoelementos	
Agente humectante agregado		Microcomplex fe (g/m³)	100

Fuente: Moliplant

Tabla 2.2

Características de la fibra de coco

Características	Detalles
Composición	100% chip
Humedad	15% - 20% (w/w base húmeda)
pH	5.5 -6.5
CE	< 0.59 dS/m
Granulometría media	0 – 70 mm
Nutrientes	N: 0.16% O: 0.08% K:0.06%
Volumen hidratado 60-65 L	220 – 240 L

Fuente: Moliplant

Tabla 2.3

Propiedades típicas y análisis químico de la tierra Diatomea Agrícola

Propiedades		Análisis Químico	
Grado	fino	SiO₂	94 %
Color	Blanco grisáceo	Al₂O₃	3.3 %
Densidad Húmeda	220 kg/m ³	Fe₂O₃	0.8 %
pH en sol al 10%	6-8.5	P₂O₅	0.2 %

%humedad de empacado	<0.5	TiO₂	0.2 %
		CaO	0.4 %
		MgO	0.4 %
		Na₂O + K₂O	1.2 %

Fuente: Moliplant

Tabla 2.4

Composición química de la cascarilla de arroz

Componente	Contenido (%)
SiO ₂	86.9 - 97.3
K ₂ O	0.58 - 2.5
Na ₂ O	0.0 – 1.75
CaO	0.2 – 1.5

Fuente: Moliplant

2.5. Materiales y equipos

2.5.1. Materiales biológicos

- Plántulas de arándano de 2 meses, variedad Biloxi
- *Azospirillum brasilense* (inoculante producido por el proyecto FBN y PGPR, UNSCH-FOCAM)
- Kelpak (producto comercial)

2.5.2. Materiales

- Baldes de 4 L
- Turba rubia
- Fibra de coco
- Cascarilla de arroz
- Diatomeas
- Carrizos
- Costales
- Regla
- Plástico transparente PVC
- Chinchas de metal

- Luces prismáticas LED 100 W
- Soluciones nutritivas
- Fungicida-Bactericida Phyron-27

2.5.3. Equipos

- Flexómetro
- Balanza electrónica
- Estufa eléctrica
- Termómetro digital
- Vernier
- Cámara fotográfica

2.6. Factores en estudio

Para el presente trabajo de investigación se consideró los siguientes factores:

- a. Bioestimulantes y Bacterias Promotoras De Crecimiento Vegetal (PGPR)
 - Kelpak (producto comercial)
 - *Azospirillum brasilense* (inoculante producido por el proyecto FBN y PGPR, UNSCH-FOCAM)
- b. Dosis
 - 10 ml
 - 20 ml
- c. Frecuencia
 - 0 (una sola aplicación al inicio)
 - 30 días

2.7. Problemas específicos

¿Cuál es la dosis y frecuencia de aplicación de *Azospirillum* y Kelpak en los parámetros de crecimiento del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*)?

¿Cuál es la dosis y frecuencia de aplicación de *Azospirillum* y Kelpak en la calidad del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*)?

2.8. Tratamientos

Los tratamientos realizados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 2.5

Descripción de tratamientos

Tratamiento	Descripción
T1	Azosp. 10ml/ 0(una sola aplicación)
T2	Azosp. 10ml/cada 30 días
T3	Azosp. 20ml/ 0(una sola aplicación)
T4	Azosp. 20ml/cada 30 días
T5	Kelpak 10ml/ 0(una sola aplicación)
T6	Kelpak 10ml/cada 30 días
T	Testigo

Fuente: Elaboración propia

2.9. Diseño experimental

Para la distribución de las unidades experimentales se utilizó en Diseño Completamente Randomizado (DCR), con arreglo factorial diferenciado: *Azopirillum brasilense* 2D x 2F + Kelpak 1D x 2F + Testigo, resultando 7 tratamientos, 6 repeticiones, 42 unidades experimentales empleando una plántula de arándano (*Vaccinium corymbosum* L). Se desarrolló el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. Los datos obtenidos fueron procesados usando el programa InfoStat 2020. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor observado

μ = media general

A_i = efecto del estimulante

B_j = efecto de la dosis

C_k = efecto de la frecuencia

$(AB)_{ij}$ = interacción estimulante \times dosis

$(AC)_{ik}$ = interacción estimulante \times frecuencia

$(BC)_{jk}$ = interacción dosis \times frecuencia

$(ABC)_{ijk}$ = interacción triple

ϵ_{ijk} = error aleatorio

2.10. Croquis de los tratamientos

Cada unidad experimental fue distribuida de acuerdo al croquis de la tabla 2.6., que fueron distribuidos al azar, cada planta de arándano estuvo en una maceta de balde de capacidad de 4L.

Tabla 2.6

Croquis de los tratamientos

R1	R2	R3	R4	R5	R6
T1	T4	T3	T	T2	T5
T5	T6	T1	T2	T4	T6
T	T2	T	T5	T3	T1
T3	T1	T4	T3	T	T4
T6	T	T5	T6	T1	T2
T2	T5	T6	T1	T5	T
T4	T3	T2	T4	T6	T3

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.7

Características de cada unidad experimental (UE)

Descripción	Unidad	Medida
Diámetro de maceta	m	0.18
Altura de la maceta	m	0.19
Área de la maceta	m ²	0.158
Número de plantas por UE	Unidad	1

Fuente: Elaboración propia

2.11. Duración del experimento

El experimento se desarrolló durante los meses de junio a noviembre del 2024, teniendo una duración de 5 meses (152 días), condiciones controladas de temperatura, luz y riego manual. En la siguiente tabla se muestra la cronología de la conducción del experimento.

Tabla 2.8

Cronología de la conducción del experimento.

Actividades	Meses (2024)					
	junio	juli o	agost o	setiembr e	octubr e	noviembr e
Selección y Limpieza del área de trabajo	X					
Acondicionamiento del área experimental	X					
Preparación de sustrato y llenado en baldes	X					
Obtención de plantulas y trasplante en baldes	X					
Preparación, distribución y aplicación de los tratamientos (<i>Azospirillum brasilense</i> y Kelpak)	X	X	X	X	X	
Control de T°, humedad, y riego	X	X	X	X	X	X
Evaluación y control de los tratamientos y cosecha final		X	X	X	X	X

Fuente: Elaboración propia

2.12. Instalación y conducción del experimento

a. Acondicionamiento del área experimental.

Se limpió el área del laboratorio donde se instaló el proyecto, utilizando hipoclorito de sodio al 1% para la desafección del lugar.

Los marcos para el vivero fueron proporcionados por el laboratorio del proyecto FBN y PGPR, UNSCH-FOCAM. Se limpió cada uno de ellos y se sacó en plástico con

el que estaban, posterior se desinfectó con hipoclorito de sodio, después se procedió al forrado de cada uno de ellos con plástico transparente y chinchas, dejando una abertura de lado. En el interior de cada uno de ellos se colocó luces led 100W.

b. Adquisición de plántulas de arándano

Las plántulas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) se obtuvieron de la Corporación Solverde, ubicados en el Anexo Romani km. 52 carretera de la provincia de Cañete Yauyos, Pacarán, del departamento de Lima. Se adquirió 50 plántulas de arándano de 2 meses. Las plántulas utilizadas presentaban 1 año de establecimiento en el laboratorio, debido a que se obtuvieron mediante propagación In-vitro, se establecen en tubos de ensayo micro estacas de arándano por tres meses, posterior a ello fueron transferidas en medios de cultivo por tres meses, luego fueron trasplantados a sustratos por 3 meses, las plántulas pasado ese tiempo, regresan a laboratorio y para su enraizamiento usaron ácido indol-3-butírico (AIB), agua destilada y alcohol, posteriormente las plántulas son llevadas a invernadero. En el invernadero, las plántulas recibieron bioestimulante como auxinas, aminoácidos, ácidos húmicos, ácido fúlvico, citoquininas y giberelinas, en cuanto a su nutrición utilizaron Nitrofoska especial.

c. Características del arándano variedad Biloxi

La variedad Biloxi es un arándano tetraploide, denominado arbusto alto del sur (Highbush southern), que se caracteriza por el bajo requerimiento de horas frío (alrededor 100-200 horas), manteniéndose activa durante todo el año en muchas zonas del Perú. Sus tallos son rectos, vigorosos y productivos, la fruta madura temprano, de buen tamaño, buen color, firmeza y sabor. El periodo vegetativo empieza en el rebrote vegetativo que se da en los meses de febrero – abril, seguido del desarrollo vegetativo entre los meses marzo- julio, en esta etapa se da el crecimiento y desarrollo de la planta, la inducción floral es el proceso mediante el cual las yemas de las ramas cambian de vegetativas a florales, este periodo se da entre los meses de julio-agosto, la floración dura aproximadamente dos meses de agosto a setiembre, aparecen flores tras yemas inducidas, finalizando en la cosecha pudiendo ser escalonada dependiendo del lote y clima, pudiendo ser entre los meses de noviembre a enero (Hernández, 2014).

d. Selección y peso de plántulas por tamaño

Todas las plántulas fueron seleccionadas por tamaño y peso, para tener una homogeneidad en los tratamientos y repetición al azar, inicialmente se seleccionaron 7 plántulas para la medición del tamaño la parte aérea y raíz, como también la obtención del peso seco y fresco de dichas partes.

e. Llenado de balde

El 26 de junio del 2024 en cada balde se trasplantó una plántula, llenando aproximadamente 2.0 kg de sustrato. Se colocó una etiqueta en cada tratamiento y su repetición.

f. Aplicación de estimulante y promotores de crecimiento vegetal (PGPR)

1. En el caso del *Azospirillum brasilense* se utilizó 10 y 20ml de inoculante líquido con una concentración de 10^8 UFC por planta de acuerdo a lo planificado en el trabajo.

2. En el caso del producto Kelpak se utilizó 10ml por planta de acuerdo a lo recomendado para su uso por el fabricante.

Las aplicaciones de los tratamientos fueron mensuales de acuerdo a lo planificado para cada tratamiento. Para el control se utilizaron plantas sin inoculo y sin bioestimulante que sirvieron como control del trabajo.

g. Riego

Se utilizó agua almacenada en un tanque de 500 L para el riego, durante los meses de Julio a setiembre, se regó las plantas 3 veces a la semana de acuerdo a la necesidad que presentaba, siendo 600 cc de solución nutritiva semanal por planta, posteriormente debido al crecimiento, en los meses de octubre a noviembre se aumentó la necesidad de agua y fue diariamente, siendo una vez en la mañana. En un balde de 20L se preparó la solución nutritiva concentrada, para esto se contaba con una solución madre A, B Y C. La solución madre A estaba compuesta por Nitrato de Potasio, Nitrato de Amonio Y Fosfato Monopotásico, de esta solución se utilizó 5 ml/L de agua, la solución madre B, contenía Sulfato de Magnesio, Sulfato de Potasio, Quelatos de Fe, Mn, B, Zn, Cu y Mo, de esta solución se utilizó 2ml/L de agua, para la solución madre C contenía nitrato de

calcio y se utilizó 2ml/L de agua. Para bajar el pH de la solución se utilizó el ácido fosfórico, siempre se hizo uso del pH metro y el conductímetro.

h. Control fitosanitario

Durante el desarrollo del experimento se utilizó un fungicida-bactericida Phyton 27 de manera preventiva para algunas incidencias que pudiera presentar las plantas.

- ✓ Grupo químico: Compuesto de cobre
- ✓ Ingrediente activo: Sulfato de cobre pentahidratado
- ✓ Dosis: 0.5L/200L de agua
- ✓ Forma de aplicación: foliar
- ✓ Objetivo de aplicación: acción preventiva y curativa, sobre hongos y bacterias.
- ✓ Modo de acción: sistémico

2.13. Variables evaluadas

Las evaluaciones de la planta se realizaron 25 días después de cada inoculación, realizándose 5 evaluaciones, siendo la primera el 22 de julio, la segunda evaluación el 22 de agosto, tercera evaluación el 20 de setiembre, cuarta evaluación el 22 de octubre y la quinta y última evaluación el 25 de noviembre en la que se evaluó las siguientes variables:

a. Altura de la planta (cm)

Se midió con un flexómetro la altura de cada planta, desde el cuello de esta, hasta la parte más alta.

b. Numero de ramas por planta

Se contabilizó manualmente el número de ramas principales que presentaba cada planta de arándano.

c. Tamaño de cada rama

Se midió con un flexómetro cada rama, midiendo desde la unión de la rama principal hasta la punta de cada rama.

d. Número de hojas

Se contabilizó manualmente el número de hojas que presentaba la planta.

e. Diámetro del tallo (cm)

Se utilizó un vernier, para medir diámetro del cuello de cada planta de arándano.

f. Peso seco y fresco parte aérea de la planta (g)

Con una balanza electrónica se procedió a pesar toda la parte aérea de la planta, después se colocó todas las ramas y hojas de la planta en sobres de papel que fueron llevados a la estufa a 45°C por dos días para su secado, luego se procedió al pesado, esto se realizó al final de la evaluación.

g. Longitud de raíz (cm)

Se midió con un flexómetro la raíz, desde el cuello hasta la raíz más larga que presentaba la planta.

h. Peso seco y fresco de la raíz (g)

Se limpió la raíz para eliminar los restos del sustrato, posterior a ellos se lavó la raíz para remover completamente el suelo adherido, después con papel toalla se secó la raíz para eliminar el exceso de agua superficial, de ahí se procedió a pesar en una balanza electrónica, después en sobres hecho con papel se colocó las raíces y se puso en la estufa a 45°C por dos días para su secado, luego se procedió a pesar, esto se realizó al final de la evaluación.

i. Índice de calidad de Dickson

Para evaluar las características de las plántulas que se aplicaron en diferentes combinaciones, para poder dar el peso adecuado a cada factor, se utilizó la siguiente fórmula, propuesta por Alexander Dickson, Albert Leaf y John Hosner en 1960:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco de planta}}{\frac{\text{Altura de tallo}}{\text{Diámetro de tallo}} + \frac{\text{Peso seco de tallo y hojas}}{\text{Peso seco de raíz}}}$$

j. Coeficiente de esbeltez

Rodríguez (2008), evaluó la relación entre la altura y el diámetro del tallo de la planta. Este coeficiente es importante porque ayuda a determinar la resistencia estructural de la planta frente a factores externos.

$$CE = \frac{\textit{Altura de tallo}}{\textit{Diámetro de tallo}}$$

2.14. Procesamiento de datos

Los datos obtenidos serán procesados utilizando hojas de cálculo, utilizando el promedio de las evaluaciones realizadas. Los resultados cuantitativos se analizarán realizando un análisis de varianza (ANVA), de acuerdo al diseño experimental planteado. Pruebas de significación de tukey, para diferenciar entre tratamientos.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Crecimiento de las plantas

El crecimiento y desarrollo de las plantas de arándano se evaluó entre el 26 junio de 2024 (número de días = 0) al 25 de noviembre de 2024 (número de días = 152), las plantas al inicio tenían aproximadamente 2 meses de edad. Al final del experimento la mayor altura en la planta se dio con el tratamiento “Kelpak, 10 ml, 1 aplicación” con 60.25 cm (Figura 3.1). El mayor número de ramas se obtuvo con el tratamiento “*Azospirillum*, 10 ml, 5 aplicaciones” con 5 ramas por planta (Figura 3.2). La mayor longitud de rama se dio con el tratamiento “*Azospirillum*, 20 ml, 1 aplicación” con 29.52 cm. El mayor número de hojas se dio con el tratamiento “*Azospirillum*, 20 ml, 1 aplicación” con 216.17. El mayor diámetro de tallo se dio con el tratamiento “*Azospirillum*, 20 ml, 1 aplicación” con 0.86 cm. (Tabla 3.1)

Tabla 3.1*Crecimiento de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)*

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis ml	Dosificación	Tiempo días	Altura de planta cm	Nº de ramas	Longitud de rama cm	Número de hojas	Diámetro de tallo cm
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	0	16.63	3.33			
				26	17.58	3.33			
				57	28.32	3.83	16.70		
				86	37.75	3.83	20.69	89.83	0.45
				118	44.03	4.50	27.18	161.00	0.57
				152	51.83	4.83	28.94	176.50	0.80
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	0	18.92	3.17			
				26	20.03	3.67			
				57	32.25	4.33	17.32		
				86	38.75	4.83	19.36	104.33	0.52
				118	49.08	5.00	25.87	174.17	0.63
				152	54.83	5.00	27.36	203.17	0.79
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	0	21.72	3.67			
				26	25.10	3.67			
				57	32.30	4.00	18.00		
				86	45.08	4.33	22.26	120.83	0.48
				118	56.67	4.50	29.42	164.50	0.58
				152	59.33	4.50	29.52	216.17	0.86
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	0	18.83	3.33			
				26	22.57	3.50			
				57	34.80	4.33	17.32		
				86	40.38	4.67	17.99	93.67	0.47
				118	46.83	4.67	20.38	134.67	0.55
				152	47.83	4.67	20.80	135.33	0.86
T5	Kelpak	10	1	0	26.50	2.83			
				26	27.02	2.83			
				57	36.35	4.00	18.67		
				86	47.92	4.50	20.69	102.00	0.45
				118	57.50	4.50	24.04	155.83	0.63
				152	60.25	4.50	26.58	195.83	0.86
T6	Kelpak	10	5	0	21.05	3.33			
				26	25.67	3.67			
				57	35.32	4.83	17.16		
				86	43.08	4.83	20.33	101.50	0.43
				118	51.93	4.83	21.91	131.17	0.57
				152	56.92	4.83	23.20	141.67	0.77
T7	Testigo	0	0	0	20.22	2.83			
				26	21.35	2.83			
				57	27.30	3.33	16.98		
				86	33.92	3.33	19.76	86	0.37
				118	40.67	3.50	22.47	125.67	0.43
				152	47.50	3.50	26.11	144.83	0.48

Figura 3.1

Altura de la planta (cm) de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) del mejor tratamiento en relación al testigo.

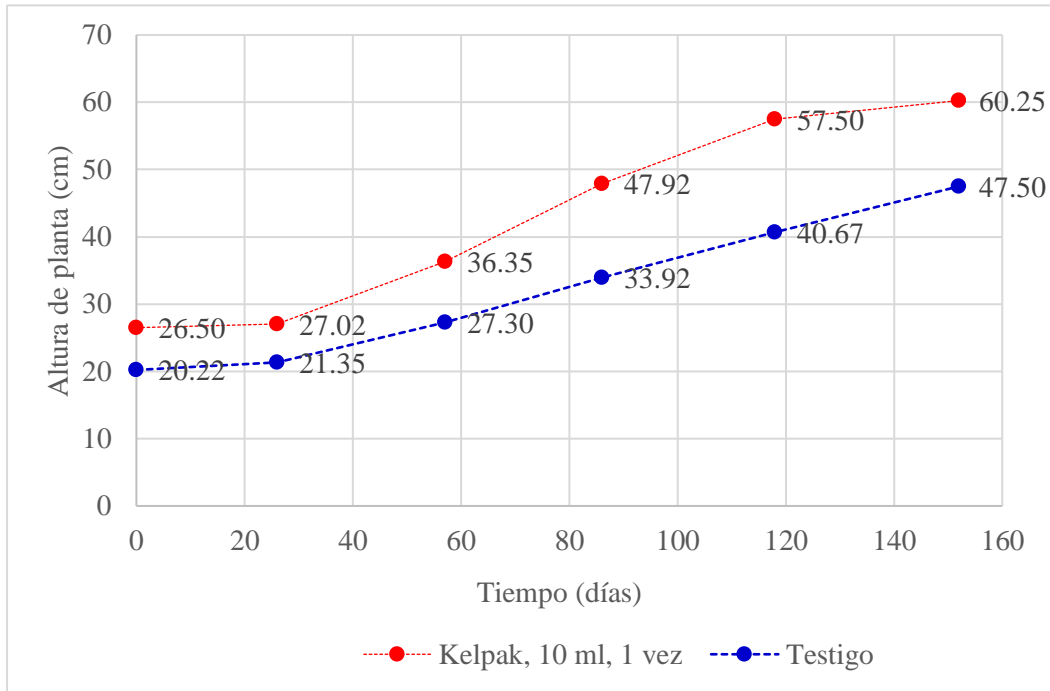
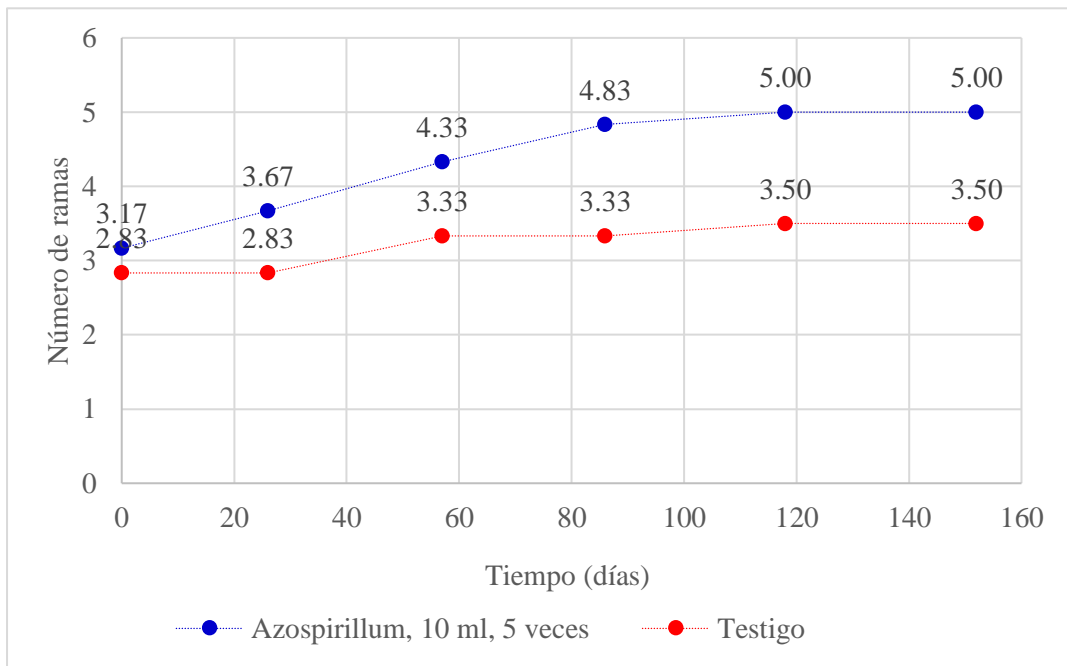


Figura 3.2

Número de ramas de la planta de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) del mejor tratamiento en relación al testigo.



3.1.1. Altura de planta

Tabla 3.2

Análisis de variancia de la altura (cm) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	969.87	161.64	2.69	0.0295
Kelpak-Azospirillum	2	210.50	105.25	1.75	0.1879
Dosis Azospirillum 1	1	27.00	27.00	0.45	0.5067
Dosis Azospirillum 2	1	396.75	396.75	6.61	0.0145
Dosis Kelpak	1	33.33	33.33	0.56	0.4610
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	302.29	302.29	5.04	0.0312
Error	35	2099.92	60.00		
Total	41	3069.79			

CV (%) = 14.33

Promedio = 54.07cm

Según el análisis de Varianza que se presenta en la tabla 3.2. La altura de planta se diferenció significativamente en las fuentes de variación tratamiento, dosis de *Azospirillum* 2 “20 ml” y Kelpak-Azospirillum vs testigo, excepto en la dosis de *Azospirillum* 1 “10ml” y dosis de Kelpak. El promedio de la altura de planta fue de 54.07 cm y el coeficiente de variación fue de 14.33 %, por lo que se encuentra dentro de los límites, por ende, es homogéneo.

Según Chavez (2013) las bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), tienen la capacidad de mejorar el crecimiento de la planta, esto se debe a la producción de fitohormonas y fijación de nitrógeno, así como también aumenta la resistencia al estrés biótico y abiótico. La información descrita concuerda con los resultados que obtuvimos en la presente investigación, lo que nos indica que el *Azospirillum brasilense* promueve el crecimiento, debido a que con la inoculación las plantas lograron un mayor incremento en cuanto a su altura.

El *Azospirillum* promueve el crecimiento en diferentes cultivos, existen diferentes especies, pero la más estudiada es el *Azospirillum brasilense*. El efecto del uso de esta bacteria en el maíz se ve reflejado en la altura de la planta y el contenido de clorofila. El

Azospirillum mejora el crecimiento vegetal debido a las fitohormonas como es principalmente la auxina ácido-3-indol acético (AIA) (Ucea et al., 2019).

Tabla 3.3

Prueba de Tukey de la altura (cm) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T5	Kelpak	10	1	60.25	126.8	a
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	59.33	124.9	a
T6	Kelpak	10	5	56.92	119.8	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	54.83	115.4	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	51.83	109.1	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	47.83	100.7	a
T7	Testigo	0	0	47.50	100.0	a

El rango de la altura de planta varió entre 47.50 a 60.25 cm que correspondieron al “Testigo” y “Kelpak, 10 ml, 1 aplicación” respectivamente, la diferencia entre estos dos tratamientos representa un 26.8 % de incremento. Mediante la prueba de Tukey no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

Lopes et al. (2024) consideran que la aplicación de bioestimulante a base de algas marinas como la *Ecklonia máxima* mejora los suelos agrícolas, por ser fuentes de fitohormonas como las auxinas, citoquininas, ácido abscísico, giberelinas, etileno o brasinoesteroides. El Kelpak es uno de los productos que este hecho a base de algas marinas lo que promueve a mejorar la absorción y utilización de nutrientes por parte de las plantas.

3.1.2. Número de ramas

Tabla 3.4

Análisis de variancia del número de ramas de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	8.905	1.484	1.55	0.1909
Kelpak-Azospirillum	2	0.722	0.361	0.38	0.6885
Dosis Azospirillum 1	1	0.083	0.083	0.09	0.7697
Dosi Azospirillum 2	1	0.083	0.083	0.09	0.7697
Dosis Kelpak	1	0.333	0.333	0.35	0.5589
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	7.683	7.683	8.03	0.0076
Error	35	33.500	0.957		
Total	41	42.405			

CV (%) = 21.51

Promedio = 4.55

Según se muestra el análisis de varianza de la tabla 3.4. el número de ramas no presenta diferencias significativas en cuanto al Kelpak-Azospirillum, dosis de *Azospirillum* 1, dosis de *Azospirillum* 2 y dosis de Kelpak, en cambio existe alta significación estadística del Kelpak-Azospirillum vs Testigo, por lo que se realizó la prueba de tukey. El promedio del número de ramas fue de 4.55 y el coeficiente de variación fue de 21.55 %, por lo que se encuentra dentro de los límites permitidos para este tipo de experimentos.

Tabla 3.5

Prueba de Tukey del número de ramas de planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	5.00	142.9	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	4.83	138.1	a
T6	Kelpak	10	5	4.83	138.1	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	4.67	133.3	a
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	4.50	128.6	a
T5	Kelpak	10	1	4.50	128.6	a
T7	Testigo	0	0	3.50	100.0	a

Mediante la prueba de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos. El número de ramas que presentó la planta varió entre 3.50 a 5 que correspondieron al “testigo” y “*Azospirillum*, 10ml, 5 aplicaciones” respectivamente, la diferencia entre estos dos tratamientos representa un 42.9% de incremento.

Momoli (2018), en los resultados que obtuvo en la inoculación con *Azospirillum brasilense*, en plantas de mirtilo, da un promedio de 9 ramas/planta, mientras el tratamiento testigo presentó un número menor, observándose un incremento del 58% en el número de ramas en relación al testigo. Los estudios demuestran efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las ramas. Esto se debe a la capacidad del *Azospirillum* para fijar nitrógeno y producir compuestos hormonales como son las auxinas, que estimulan el desarrollo vegetativo de las plantas (Pedraza, et al.,2019).

3.1.3. Longitud de rama

Tabla 3.6

Análisis de variancia de la longitud (cm) de rama de planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	348.581	58.097	1.80	0.1280
Kelpak-Azospirillum	2	78.546	39.273	1.22	0.3087
Dosis Azospirillum 1	1	7.568	7.568	0.23	0.6314
Dosis Azospirillum 2	1	228.115	228.115	7.06	0.0118
Dosis Kelpak	1	34.341	34.341	1.06	0.3096
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	0.010	0.010	0.00	0.9860
Error	35	1130.648	32.304		
Total	41	1479.229			

CV (%) = 21.80

Promedio = 26.07 cm

En la tabla 3.6, los resultados del análisis de variancia muestran que la dosis de *Azospirillum* 2 existe diferencias significativas, esto nos indica que la dosis tiene influencia positiva en cuanto al tamaño de la rama de cada planta. Se obtuvo un coeficiente de variación de 21.80% y el promedio de 26.07 en cuanto a la longitud de ramas de la planta.

García et al. (2010), obtiene como resultado el incremento significativo de la altura de la planta de arroz con la inoculación de *Azospirillum spp.* Con índices de efectividad hasta 21.77%. Otro resultado que se obtuvo con la inoculación de *Azospirillum brasilense* en el cultivo de fresa, demuestra ser efectiva al lograr un buen crecimiento de la planta e incrementa la mayor absorción de agua y nutrientes del suelo (Barros,2022).

Tabla 3.7

Prueba de Tukey de la longitud (cm) de rama de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	29.52	113.0	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	28.94	110.9	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	27.36	104.8	a
T5	Kelpak	10	1	26.58	101.8	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	26.11	100.0	a
T6	Kelpak	10	5	23.20	88.9	a
T7	Testigo	0	0	20.80	79.7	a

En la tabla 3.7. se presenta la prueba de Tukey que no muestra diferencias significativas entre los tratamientos. El tamaño de ramas varió entre 20.80 a 29.52 que correspondieron al “testigo” y “*Azospirillum*, 20ml, 1 aplicación” respectivamente, la diferencia entre estos dos tratamientos representa un 33.3% de incremento en el tamaño de las ramas.

Minh (2018), menciona que el efecto del *Azospirillum* en las plantas promueve el mayor crecimiento vegetativo, lo que puede incluir un aumento en la longitud de las ramas, con incrementos que van de un 10% a un 30% en comparación con plantas no tratadas. En el presente experimento realizado se puede observar que el incremento con el *Azospirillum* en comparación con el testigo presenta un 33.3% más del que menciona Minh. Estos resultados nos permiten indicar que la inoculación con *Azospirillum* pueden ser mejor en comparación con el Kelpak.

3.1.4. Número de hojas

Tabla 3.8

Análisis de variancia del número de hojas de planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	39000.1	6500.0	3.54	0.0076
Kelpak-Azospirillum	2	2767.4	1383.7	0.75	0.4782
Dosis Azospirillum 1	1	2133.3	2133.3	1.16	0.2885
Dosis Azospirillum 2	1	19602.1	19602.1	10.67	0.0024
Dosis Kelpak	1	8802.1	8802.1	4.79	0.0353
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	5695.3	5695.3	3.10	0.0870
Error	35	64275.5	1836.4		
Total	41	103275.6			

CV (%) = 24.72

Promedio = 173.36

De los resultados de la tabla 3.8, se concluye que el número de hojas se diferenció significativamente en las fuentes de variación tratamiento, dosis de *Azospirillum 2* “20 ml” y dosis Kelpak, lo que nos indica que existe influencia de los tratamientos y la dosis de *Azospirillum* como de Kelpak, por otro lado, el promedio del número de hojas fue de 173.36 y el coeficiente de variación fue de 24.72 %.

Villagra et al. (2021), en sus resultados obtenidos muestran que existen diferencias significativas entre tratamientos, siendo el T2 (plantas inoculadas con *Azospirillum*) que presentó la mayor cantidad de hojas y el T1 (plantas sin inóculo) manifestó la menor cantidad de número de hojas. Estos resultados se parecen mucho a los resultados que se obtuvo en el experimento realizado, debido a que muestran un crecimiento vegetal en las plantas que fueron inoculadas con *Azospirillum* con respecto a las plantas sin inocular y esto nos dan un indicador que las bacterias tienen efecto benéfico en las plantas.

Tabla 3.9

Prueba de Tukey del número de hojas de planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05	
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	216.17	149.3	a	
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	203.17	140.3	a	b
T5	Kelpak	10	1	195.83	135.2	a	b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	176.50	121.9	a	b
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	144.83	100.0	a	b
T6	Kelpak	10	5	141.67	97.8	a	b
T7	Testigo	0	0	135.33	93.4		b

En la tabla 3.9. se muestra los resultados de la prueba de Tukey para el número de hojas por planta de arándano, mostraron que el tratamiento “*Azospirillum*, 20, 1 aplicación” obtuvo el mayor número de hojas, con un promedio de 216.17, y el testigo fue el que menor número de hojas tubo con un promedio de 135.33. El mayor número de hojas representa un 55.9 % de incremento respecto al “Testigo”.

No se encontraron estudios de inoculación de *Azospirillum* en arándano; Castañeda et al. (2013) en el experimento que realizó en el cultivo de fresa, en la prueba de Tukey ($p < 0.05$) muestra que existen diferencias significativas con respecto al número de hojas, siendo el tratamiento T3 (*Azospirillum*) quien presentó mayor cantidad de hojas, y el resto de los tratamientos fueron estadísticamente inferiores. Estos resultados coinciden con los nuestros, demostrando que la inoculación es positiva en el incremento del número de hojas de la planta.

3.1.5. Diámetro de tallo

Tabla 3.10

Análisis de variancia del diámetro(cm) de tallo de planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	0.65360	0.10890	8.63	<0.0001
Kelpak-Azospirillum	2	0.02170	0.01090	0.86	0.4315
Dosis Azospirillum 1	1	0.00030	0.00030	0.02	0.8784
Dosis Azospirillum 2	1	0.00001	0.00001	0.00	0.9796
Dosis Kelpak	1	0.02430	0.02430	1.92	0.1741
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	0.60720	0.60720	48.09	<0.0001
Error	35	0.44190	0.01260		
Total	41	1.09540			

CV (%) = 14.51

Promedio = 0.77 cm

En el análisis de variancia para el diámetro del tallo en la tabla 3.10, se encontró diferencias significativas entre tratamientos y Kelpak-Azospirillum vs Testigo. Esto nos indica que existe una respuesta positiva en la aplicación de los promotores de crecimiento (PGPR). Se reporta un coeficiente de variación de 14.51%, que nos indica precisión en cuanto a los resultados obtenidos, así como también un promedio de 0.77.

Miranda (2017), en sus análisis de variancia realizado para el diámetro de la planta de maíz, muestra que la aplicación de *Azospirillum brasilense* no presenta diferencia significativa con la dosis de N aplicado, pero numéricamente con el *Azospirillum* obtuvo el mayor resultado con un promedio de 18.1cm de diámetro y los tratamientos sin este un promedio de 17.7cm de diámetro de tallo.

Tabla 3.11

Prueba de Tukey del diámetro (cm) de tallo de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	0.86	178.8	a
T5	Kelpak	10	1	0.86	178.8	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	0.86	178.5	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	0.81	167.7	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	0.80	165.6	a
T6	Kelpak	10	5	0.77	160.1	a
T7	Testigo	0	0	0.48	100.0	b

De la tabla 3.11. los resultados de la prueba de Tukey, se observa que todos los tratamientos fueron significativamente superior al testigo. El tratamiento “Azospirillum, 20ml, 1 aplicación” obtuvo el mayor diámetro de tallo, con un promedio de 0.86 cm, y el testigo fue el que menor diámetro presentó de 0.48 cm, en comparación de estos dos tratamientos se observa que hay un incremento en el diámetro en un 78.8%.

Díaz et al., (2015), mediante un estudio respuesta de la soya a inoculantes, el mayor diámetro lo obtiene el Cell-Tech (inóculo), seguida del *Azospirillum brasilense*, pero en la prueba de Tukey realizada, no muestran diferencias significativas, por lo que considera al *Azospirillum* como un inoculante de gran efectividad.

La interacción del *Azospirillum* x planta puede incrementar la altura de las plantas, diámetro del tallo, número de hojas y el peso de las plantas después de 45 días de ser inoculadas, por lo que se puede afirmar el efecto de bacterias promotoras de crecimiento vegetal, así como la fijación de nitrógeno y otros mecanismos de acción de la bacteria (Brandán et al., 2021).

3.1.6. Tamaño de la raíz

Tabla 3.12

Análisis de variancia de la longitud (cm) de la raíz de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	82.37	13.73	1.994	0.1002
Kelpak-Azospirillum	2	20.74	10.37	1.506	0.2391
Dosis Azospirillum 1	1	0.03	0.03	0.004	0.9524
Dosis Azospirillum 2	1	9.60	9.60	1.395	0.2475
Dosis Kelpak	1	0.40	0.40	0.058	0.8113
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	51.60	51.60	7.497	0.0106
Error	35	192.74	6.88		
Total	41	275.11			

CV (%) = 9.91

Promedio = 26.47 cm

En la tabla 3.12 el análisis de variancia de la longitud de raíz se encontró diferencias significativas entre Kelpak-Azospirillum vs Testigo ($p < 0.05$), mientras los tratamientos no presentaron diferencias. Se reporta un coeficiente de variación de 9.91%, siendo preciso, y un promedio de 26.47.

Tabla 3.13.

Prueba de Tukey de la longitud (cm) de la raíz de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	28.20	120.0	a
T5	Kelpak	10	1	28.04	119.3	a
T6	Kelpak	10	5	27.64	117.6	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	26.24	111.7	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	25.90	110.2	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	25.80	109.8	a
T7	Testigo	0	0	23.50	100.0	a

En la prueba de Tukey de la longitud de la raíz, la tabla 3.13, muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero se puede observar que el tratamiento con “*Azospirillum* 20ml, 1 aplicación” presenta un promedio de 28.20cm y el “testigo” un promedio de 23.50 mostrando un incremento de 20%.

Castañeda et al. (2013) en sus resultados obtuvieron que las plantas de fresa inoculadas con *Azospirillum* tienen una longitud de raíz de 36.7cm, el tratamiento con fertilización química 36.3 cm y el testigo con 32 cm. Pedraza et al. (2010), reportan el aumento de la longitud en los pelos radiculares en fresa por la inoculación con *Azospirillum*.

El *Azospirillum brasilense* produce efectos positivos en el crecimiento de la planta, esto es atribuido al mejoramiento en el desarrollo de la raíz, así como también influye en el incremento de la asimilación de agua y la absorción de minerales del suelo (Cifuentes, 2022).

3.1.7. Peso fresco de la raíz

Tabla 3.14

Análisis de variancia del peso fresco (g) de la raíz de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	728255.5	121375.9	4.94	0.0015
Kelpak-Azospirillum	2	177415.5	88707.8	3.61	0.0402
Dosis Azospirillum 1	1	6656.4	6656.4	0.27	0.6067
Dosis Azospirillum 2	1	40081.6	40081.6	1.63	0.2119
Dosis Kelpak	1	2016.4	2016.4	0.08	0.7766
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	502085.6	502085.6	20.45	0.0001
Error	35	687558.1	24555.6		
Total	41	1415813.6			

CV (%) = 25.16

Promedio = 622.76 g

En la tabla 3.14 se muestra el análisis de varianza del peso fresco de la raíz, se encontró diferencias significativas entre los tratamientos, “Kelpak-Azospirillum” y “Kelpak-Azospirillum vs Testigo”. Esto nos dice que los promotores de crecimiento tuvieron efecto en el peso fresco de la raíz, mientras las dosis no mostraron diferencias significativas. Se muestra el coeficiente de variación de 25.16%, así como un promedio de 622.76.

Tabla 3.15

Prueba de Tukey del peso fresco (g) de la raíz de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05	
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	795.46	241.5	a	
T5	Kelpak	10	1	733.88	222.8	a	
T6	Kelpak	10	5	705.48	214.2	a	
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	668.84	203.1	a	
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	588.94	178.8	a	b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	537.34	163.1	a	b
T7	Testigo	0	0	329.38	100.0		b

En prueba de Tukey realizada para el peso fresco de la raíz, se muestra que no existen diferencias significativas entre los promotores de crecimiento (PGPR), mientras que el tratamiento “*Azospirillum* 20ml, 1 vez y 5 veces”, “Kelpak 10 ml con dosis de 1 y 5 veces” si muestran diferencias significativas con el “Testigo”. El mejor tratamiento muestra un incremento de 41.5% con referencia del testigo.

3.1.8. Peso seco de la raíz

Tabla 3.16

Análisis de variancia del peso seco (g) de la raíz de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	11929.25	1988.21	3.21	0.0158
Kelpak-Azospirillum	2	1434.51	717.26	1.16	0.3285
Dosis Azospirillum 1	1	0.12	0.12	0.00	0.9889
Dosis Azospirillum 2	1	3389.28	3389.28	5.48	0.0266
Dosis Kelpak	1	74.53	74.53	0.12	0.7312
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	7030.80	7030.80	11.36	0.0022
Error	35	17330.74	618.95		
Total	41	29259.98			

CV (%) = 20.72

Promedio = 120.08 g

El análisis de variancia del peso seco de la raíz (tabla 3.16) se encontró que existen diferencias significativas entre los tratamientos, “Azospirillum 20ml” y Kelpak-Azospirillum vs Testigo. El coeficiente de variación se encuentra dentro de los valores aceptables para el diseño utilizado, también se muestra que se obtuvo un promedio de 120.08.

Chavez (2013), en los resultados obtenidos en el efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* en el mezquite se observó que las plantas con nutrición química y las inoculadas con *Azospirillum* presentan diferencias significativas respecto al control.

Tabla 3.17

Prueba de Tukey del peso seco de la raíz (g) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05	
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	141.74	166.0	a	
T5	Kelpak	10	1	138.04	161.7	a	
T6	Kelpak	10	5	132.58	155.3	a	b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	119.06	139.5	a	b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	118.84	139.2	a	b
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	104.92	122.9	a	b
T7	Testigo	0	0	85.36	100.0	b	

La prueba de Tukey respecto al peso seco de la raíz (Tabla 3.17), no muestra diferencias significativas entre *Azospirillum* y Kelpak, pero si me muestran diferencias con el “Testigo”. El “*Azospirillum* 20 ml de 1 vez” tiene un promedio de 141.74 g y el testigo un promedio de 85.36 g, mostrando un incremento de 66%.

Castañeda et al. (2013), en sus resultados del peso seco de la raíz en fresa muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos, pero el *Azospirillum* numéricamente presenta 2.073 g y el testigo 2.057g.

3.1.9. Peso fresco aéreo

Tabla 3.18

Análisis de variancia del peso fresco (g) aéreo de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	546880.1	91146.7	14.71	<0.0001
Kelpak-Azospirillum	2	123711.5	61855.8	9.98	0.0005
Dosis Azospirillum 1	1	11512.4	11512.4	1.86	0.1837
Dosis Azospirillum 2	1	151560.7	151560.7	24.46	<0.0001
Dosis Kelpak	1	16.6	16.6	0.00	0.9590
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	260078.7	260078.7	41.97	<0.0001
Error	35	173518.2	6197.1		
Total	41	720398.3			

CV (%) = 14.37

Promedio = 547.63 g

En la tabla 3.18. se muestra el análisis de varianza del peso fresco aéreo, se encontró diferencias significativas entre los Tratamientos, Kelpak-Azospirillum, Dosis Azospirillum 2 y Kelpak-Azospirillum vs Testigo. Esto nos da un indicador que la dosis y promotores de crecimiento influyen de manera positiva en el peso del área foliar de la planta. Se muestra el coeficiente de variación de 14.37% y un promedio de 547.63.

Castillejo (2011) concluyó que el efecto de *Azospirillum* en las plantas de fresas incrementaron de manera significativa en el área foliar, peso fresco y seco, así como también en el fruto, en comparación con las plantas que no fueron inoculadas.

Tabla 3.19

Prueba de Tukey del peso fresco (g) aéreo de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05	
T5	Kelpak	10	1	674.92	200.6	a	
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	672.34	199.8	a	
T6	Kelpak	10	5	659.44	196.0	a	b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	572.44	170.1	a	b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	504.58	150.0		b c
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	413.22	122.8		c d
T7	Testigo	0	0	336.48	100.0		d

La prueba de Tukey respecto al peso fresco aéreo (Tabla 3.19), muestra diferencias significativas entre los promotores de crecimiento vegetal (PGPR), así como también con el testigo. En ambos tratamientos de Kelpak, *Azospirillum* de 20ml con 1 sola dosis y *Azospirillum* de 10ml con 5 dosis no existen diferencias significativas. Entre el *Azospirillum* 10 ml con 5 dosis y el *Azospirillum* 20 ml con 5 dosis si existen diferencias significativas. En la tabla también se muestra el incremento que tiene el mejor tratamiento con relación al testigo que es un 100.6 % y en relación al mejor tratamiento con *Azospirillum* un incremento de 96%.

3.1.10. Peso seco aéreo

Tabla 3.20

Análisis de variancia del peso seco (g) aéreo de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	79417.7	13236.3	12.46	<0.0001
Kelpak-Azospirillum	2	22858.0	11429.0	10.76	0.0003
Dosis Azospirillum 1	1	3538.2	3538.2	3.33	0.0787
Dosis Azospirillum 2	1	22410.8	22410.8	21.10	0.0001
Dosis Kelpak	1	159.2	159.2	0.15	0.7016
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	30451.6	30451.6	28.67	<0.0001
Error	35	29743.5	1062.3		
Total	41	109161.2			

CV (%) = 17.79

Promedio = 183.17 g

En el análisis de variancia del peso seco aéreo, se encontró diferencias significativas entre los Tratamientos, Enraizador-PGPR, Dosis Azospirillum 2 y Kelpak-Azospirillum vs Testigo. Esto nos da un indicador que la dosis y promotores de crecimiento influyen de manera positiva en el peso seco de la parte aérea de la planta. Se muestra el coeficiente de variación de 17.79% y un promedio de 183.17.

Tabla 3.21

Prueba de Tukey del peso seco aéreo (g) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T5	Kelpak	10	1	234.78	211.7	a
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	234.32	210.3	a
T6	Kelpak	10	5	219.56	197.9	a b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	198.20	178.7	a b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	160.58	144.8	b c
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	124.88	112.6	c
T7	Testigo	0	0	110.92	100.0	c

La prueba de Tukey respecto al peso fresco foliar (Tabla 3.21), muestra diferencias significativas entre los promotores de crecimiento vegetal (PGPR) y el testigo. En la tabla también se muestra que el “Kelpak” es el mejor tratamiento con 211.7% y el que tiene el peso más bajo es el “Testigo” con 100.0 % y el incremento es de 111.7%.

Lara et al. (2013), en su investigación sobre el impacto del *Azospirillum* en el cultivo de arroz, concluye que las plantas inoculadas con *Azospirillum* en el cultivo de arroz fueron superiores en comparación con el testigo, atribuyéndole a una menor absorción de nitrógeno y por ende el crecimiento en la planta es menor. Los extractos de algas marinas son usados como bioestimulante, debido a que incentivan a la planta a producir hormonas, lo que contribuye a la absorción de nutrientes que se encuentran presentes en el suelo, esto trae beneficios para la planta como es el aumento de su crecimiento, resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas y adaptarse a condiciones de estrés (Zermeño et al. 2015).

3.1.11. Peso fresco total

Tabla 3.22

Análisis de variancia del peso fresco total (g) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	1459762.9	243293.8	4.16	0.0041
Kelpak-Azospirillum	2	67467.2	33733.6	0.58	0.5685
Dosis Azospirillum 1	1	765.6	765.6	0.01	0.9098
Dosis Azospirillum 2	1	135582.7	135582.7	2.32	0.1392
Dosis Kelpak	1	641.6	641.6	0.01	0.9174
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	1255305.7	1255305.7	21.45	0.0001
Error	35	1638855.4	58530.5		
Total	41	3098618.2			

CV (%) = 20.67

Promedio = 1170.39 g

En la tabla 3.22, el análisis de varianza del peso fresco total, se muestra diferencias significativas entre los Tratamientos y Kelpak-Azospirillum vs Testigo. Esto nos da un indicador que la dosis y promotores de crecimiento influyen de manera positiva en el peso fresco total de la planta. En la tabla también se observa el coeficiente de variación que es 17.79% y un promedio de 183.17.

Tabla 3.23

Prueba de Tukey del peso fresco total (g) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05	
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	1403.58	198.7	a	
T5	Kelpak	10	1	1282.98	181.6	a	
T6	Kelpak	10	5	1266.96	179.3	a	
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	1189.76	168.4	a	b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	1172.26	165.9	a	b
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	1170.70	165.7	a	b
T7	Testigo	0	0	706.50	100.0	b	

En la tabla 3.23, se muestra la prueba de Tukey realizada para el peso fresco total, y se observa que los promotores de crecimiento vegetal (PGPR) tienen diferencia significativa con el testigo, también se observa que el “*Azospirillum 20ml*, 1 dosis” tiene el promedio más alto que es 1403.58, y el más bajo el “Testigo” con 706.50, se puede decir que el incremento con el *Azospirillum* presenta un 98.7%.

Afonso (2022) describe que las PGPR influyen en el rendimiento de la planta de varias maneras como es el crecimiento, absorción de micro y macronutrientes, el contenido de clorofila y minerales, por lo que influye en el peso de la planta y el tamaño del fruto. Experimentos realizados en la cereza indican que el uso de algas marinas como la *Ecklonia máxima* tienen efectos positivos en las hojas, mejor estado hídrico, el peso y reduce el daño en las membranas celulares (Bound y Norrie,2011).

3.1.12. Peso seco total de la planta

Tabla 3.24

Análisis de variancia del peso seco total (g) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	148904.9	24817.5	9.33	<0.0001
Kelpak-Azospirillum	2	34979.2	17489.6	6.57	0.0046
Dosis Azospirillum 1	1	3496.9	3496.9	1.31	0.2613
Dosis Azospirillum 2	1	43230.6	43230.6	16.25	0.0004
Dosis Kelpak	1	451.6	451.6	0.17	0.6835
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	66746.6	66746.6	25.08	<0.0001
Error	35	74506.6	2660.9		
Total	41	223411.4			

CV (%) = 17.01

Promedio = 303.25 g

En la tabla 3.24 el análisis de variancia del peso seco de la planta, se encontró diferencias significativas entre los Tratamientos, Kelpak-Azospirillum, Dosis *Azospirillum 2* y Kelpak-Azospirillum vs Testigo. Esto nos indica que la dosis y promotores de crecimiento influyen de manera positiva en el peso seco de la planta. Se muestra el coeficiente de variación de 17.01% encontrándose en los límites permitidos por el diseño estadístico y un promedio de 303.25.

Tabla 3.25

Prueba de Tukey del peso seco total (gr) de planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	376.06	191.6	a
T5	Kelpak	10	1	372.82	189.9	a
T6	Kelpak	10	5	361.30	184.1	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	317.04	161.5	a b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	279.64	142.5	a b c
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	229.80	117.1	b c
T7	Testigo	0	1	196.28	100.0	c

La prueba de Tukey respecto al peso seco de la planta (Tabla 3.25), muestra diferencias significativas entre los promotores de crecimiento vegetal (PGPR), Kelpak y el testigo. En la tabla también se muestra que el “*Azospirillum* 20ml, 1 dosis” es el mejor tratamiento con un promedio de 376.06, que representa el 191.6% y el que tiene el peso más bajo es el “Testigo” con un promedio de 196.28 y representa el 100.0 %, por lo que se puede decir que hubo un incremento de 91.6%.

Dominguez et al. (2020), en su investigación concluye que la inoculación de *Azospirillum brasilense*, muestra un aumento de la materia seca y fotosintética, el aumento de masa seca de la raíz fue un 70% y en la parte aérea fue de 43.5% y sostiene que esta puede ser más ventajosa cuando se asocia a cultivos con baja disponibilidad de nitrógeno.

La aplicación de Kelpak contribuye en mejor el crecimiento de la planta, rendimiento y resistencia contra patógenos de la planta, también estimulan en la germinación, así como en el peso fresco y seco de brotes y raíces (Kocira et al. 2013).

3.2. Calidad de plántula

3.2.1. Índice de calidad de Dickson

Tabla 3.26

Análisis de variancia del índice de calidad de Dickson de planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	39.128	6.521	3.65	0.0084
Kelpak-Azospirillum	2	2.980	1.490	0.83	0.4453
Dosis Azospirillum 1	1	0.079	0.079	0.04	0.8349
Dosis Azospirillum 2	1	5.027	5.027	2.81	0.1048
Dosis Kelpak	1	0.718	0.718	0.40	0.5314
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	30.324	30.324	16.95	0.0003
Error	35	50.086	1.789		
Total	41	89.214			

CV (%) = 30.62

Promedio = 4.37

Se muestra el análisis de variancia del índice de calidad de Dickson (tabla 3.26), se encontró diferencias significativas entre los Tratamientos y Kelpak-Azospirillum vs Testigo ($p < 0.05$), esto nos dice que las plantas inoculadas con Kelpak o *Azospirillum*, son plantas más equilibradas en cuanto al crecimiento y desarrollo, y mostraron más resistencia a enfermedades que pudiera presentarse, mientras el “Testigo” sin inóculo y aplicación de Kelpak son plantas con menor crecimiento y desarrollo. Se muestra el coeficiente de variación de 30.62 % encontrándose en los límites permitidos por el diseño estadístico y un promedio de 4.37.

Tabla 3.27

Prueba de Tukey del índice de calidad de Dickson de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05	
T5	Kelpak	10	1	5.44	260.5	a	
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	5.36	256.9	a	
T6	Kelpak	10	5	4.90	234.9	a	
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	4.51	215.8	a	b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	4.33	207.3	a	b
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	3.95	189.0	a	b
T7	Testigo	0	0	2.09	100.0	b	

La prueba de Tukey del índice de calidad de Dickson (Tabla 3.27), muestra diferencias significativas entre Kelpak-Azospirillum y el testigo. En la tabla también se muestra que el “Kelpak 10ml, 1 dosis” es el mejor tratamiento con un promedio de 5.44, que representa el 260.5% y el que tiene el peso más bajo es el “Testigo” con un promedio de 2.09 y representa el 100.0 %, por lo que se puede decir que hubo un incremento de 160.5%.

El índice de calidad de Dickson es uno de los parámetros para indicar la calidad de la planta, ya que muestra el equilibrio que puede mostrar en relación a la distribución de la masa y robustez, y esto sirve para seleccionar plantas que tienen un buen vigor y descartar aquellas que tienen un bajo crecimiento y desarrollo (Sáenz et al, 2014).

3.2.2. Coeficiente de esbeltez

Tabla 3.28

Análisis de variancia del coeficiente de esbeltez de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

F.V.	gl	SC	CM	F	p-valor
Tratamiento	6	4214.6	702.4	4.40	0.0030
Kelpak-Azospirillum	2	839.8	419.9	2.63	0.0899
Dosis Azospirillum 1	1	80.5	80.5	0.50	0.4837
Dosis Azospirillum 2	1	162.2	162.2	1.02	0.3222
Dosis Kelpak	1	242.3	242.3	1.52	0.2284
Kelpak-Azospirillum vs Testigo	1	2889.8	2889.8	18.09	0.0002
Error	35	4472.9	159.7		
Total	41	8687.5			

CV (%) = 17.61

Promedio = 71.79

En la tabla 3.28 Se muestra el análisis de variancia del coeficiente de esbeltez de la planta, se encontró diferencias significativas entre los Tratamientos y Kelpak-Azospirillum vs Testigo ($p < 0.05$). Se muestra el coeficiente de variación de 17.61% encontrándose en los límites permitidos por el diseño estadístico y un promedio de 71.79.

Tabla 3.29

Prueba de Tukey del coeficiente de esbeltez de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05	
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	57.89	61.5	a	
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	64.66	68.8	a	
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	65.94	70.1	a	
T5	Kelpak	10	1	69.91	74.3	a	b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	70.33	74.8	a	b
T6	Kelpak	10	5	79.76	84.8	a	b
T7	Testigo	0	0	94.05	100.0		b

En la tabla 3.29 se muestra la prueba Tukey del coeficiente de esbeltez de la planta de arándano, mostrando diferencias significativas entre Kelpak-Azospirillum vs Testigo. El “*Azospirillum 20ml, 5 dosis*” tiene un promedio de esbeltez de 57.89 y el testigo con una esbeltez de 94.05, esto nos da un indicador de la resistencia estructural de la planta. Pérez et al. (2012) en el experimento que realizaron, la planta que tuvo el menor diámetro y altura, fue la que mayor coeficiente de esbeltez mostró, lo que coincide con el experimento que realizamos.

Gonzales (2001), establece que índices de coeficiente de esbeltez mayores al 81% serían inestables, presentando una debilidad estructural, susceptible a quebrarse y deficiencias nutricionales, mientras que las plantas con una esbeltez menor de 80%, serían más estables, teniendo un tallo firme y erecto, sistema radicular que permite un buen soporte y crecimiento equilibrado. Con referente a lo ya mencionado, en la tabla 3.29. donde se observa que el “*Azospirillum 20ml, 5 aplicaciones*”, presenta 61.5% por lo que se le considera una planta estable.

Tabla 3.30

Coefficientes de correlación del N P K de las hojas y las características de las plántulas de Arándano (Vaccinium corymbosum L.)

	Nitrógeno total	Fosforo	Potasio	Altura de planta	Nº de ramas	Tamaño de rama promedio	Tamaño total de rama	Número de hojas	Diámetro de tallo	Tamaño de la raíz	Peso fresco de la raíz	Peso seco de la raíz	Peso fresco aereo	Peso seco aereo	Peso fresco total	Peso seco de planta	ICD	CE
	%	%	%	cm		cm	cm		cm	cm	g	g	g	g	g	g	Y14	Y15
	N	P	K	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15
N	1.0000	0.9127	0.4926	0.6606	0.6798	-0.2356	0.2344	0.1038	0.6108	0.8016	0.7519	0.7569	0.8175	0.7782	0.7934	0.7826	0.7642	-0.2795
		0.0041	0.2614	0.1063	0.0930	0.6111	0.6130	0.8248	0.1452	0.0302	0.0512	0.0488	0.0247	0.0393	0.0332	0.0375	0.0455	0.5438
P		1.0000	0.4779	0.8660	0.4729	0.0389	0.2546	0.3039	0.4770	0.8331	0.7128	0.8582	0.9396	0.9327	0.7358	0.9241	0.7936	-0.0601
			0.2781	0.0117	0.2839	0.9341	0.5817	0.5075	0.2791	0.0199	0.0722	0.0134	0.0017	0.0022	0.0594	0.0029	0.0332	0.8981
Y1				1.0000	0.3936	0.4158	0.4520	0.6966	0.5515	0.8497	0.7175	0.9413	0.9662	0.9762	0.7570	0.9794	0.8764	-0.1742
					0.3824	0.3535	0.3085	0.0821	0.1994	0.0155	0.0695	0.0016	0.0004	0.0002	0.0488	0.0001	0.0096	0.7087
Y2					1.0000	-0.0315	0.6940	0.2808	0.8037	0.5653	0.5913	0.5940	0.5677	0.5077	0.7777	0.5389	0.7180	-0.7097
						0.9466	0.0837	0.5419	0.0294	0.1860	0.1620	0.1596	0.1837	0.2448	0.0395	0.2120	0.0692	0.0741
Y3						1.0000	0.6786	0.8086	-0.0070	0.0648	-0.0161	0.3277	0.2747	0.2893	0.1313	0.3040	0.2174	0.0352
							0.0937	0.0277	0.9881	0.8902	0.9727	0.4730	0.5510	0.5292	0.7790	0.5074	0.6395	0.9403
Y6									1.0000	0.8239	0.8870	0.7555	0.6360	0.5643	0.9207	0.6259	0.8765	-0.8996
										0.0227	0.0078	0.0495	0.1247	0.1870	0.0033	0.1327	0.0096	0.0058
Y7										1.0000	0.9730	0.9499	0.8970	0.8498	0.9349	0.8895	0.9535	-0.5229
											0.0002	0.0011	0.0062	0.0155	0.0020	0.0073	0.0009	0.2285
Y8											1.0000	0.8797	0.7827	0.7120	0.9442	0.7690	0.9124	-0.6647
												0.0090	0.0375	0.0727	0.0014	0.0433	0.0042	0.1033
Y9												1.0000	0.9678	0.9350	0.9195	0.9659	0.9725	-0.4329
													0.0003	0.0020	0.0034	0.0004	0.0002	0.3320
Y10													1.0000	0.9911	0.8436	0.9978	0.9252	-0.2536
														<.0001	0.0170	<.0001	0.0028	0.5832
Y11														1.0000	0.7755	0.9950	0.8857	-0.1644
															0.0405	<.0001	0.0080	0.7247
Y12															1.0000	0.8266	0.9634	-0.7025
																0.0219	0.0005	0.0784
Y13																1.0000	0.9221	-0.2426
																	0.0031	0.6002

El contenido de nitrógeno de las hojas está asociado positivamente con el tamaño de la raíz, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco total, peso seco de planta y el índice de calidad de Dickson. El contenido de fósforo de las hojas está asociado positivamente con el tamaño de la raíz, peso seco de la raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso seco de planta y el índice de calidad de Dickson. No se encontró asociación entre el contenido de potasio y los caracteres de la planta. El índice de calidad de Dickson está asociado con la altura de planta, número de ramas, tamaño total de rama, número de hojas, diámetro de tallo, tamaño de la raíz, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco total y peso seco de planta ($p < 0.05$) (Tabla 3.30)

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la mejor dosis y frecuencia de aplicación de *Azospirillum*, fue el tratamiento 3 (*Azospirillum*, 20 ml, 1 aplicación), con una altura de 59.33 cm, longitud de rama de 29.52 cm, número de hojas de 216.17, diámetro de tallo de 0.86 cm, longitud de raíz de 28.20 cm, mostrando los mejores parámetros, tanto en el crecimiento y desarrollo del arándano, seguido del tratamiento 5 (Kelpak,10ml, 1 aplicación), con una altura de 60.25 cm, longitud de rama de 26.58 cm, número de hojas de 195.83, diámetro de tallo de 0.86 cm, longitud de raíz de 28.04cm, el tratamiento 7 (Testigo) fue el que tuvo los promedios más bajos.
2. El tratamiento T3 (*Azospirillum*, 20 ml, 1 aplicación) tuvo el mejor peso seco de la raíz con 141.74 g, y un peso seco total de 376.06 g, mientras el T7 (testigo) tuvo un peso seco de raíz de 85.36g y peso seco total de 196.28g.
3. El trabajo demostró que el tratamiento con el mejor índice de calidad de Dickson fue el T5(Kelpak,10ml, 1 aplicación), con un promedio de 5.44 seguida del T3 (*Azospirillum*, 20 ml, 1 aplicación), con un promedio de 5.36 mostrando una buena relación entre la parte aérea y la raíz.
4. El tratamiento con el mejor coeficiente de esbeltez fue el T4 (*Azospirillum*, 20 ml, 5 aplicaciones), con promedio de 57.89 seguida del T3 (*Azospirillum*, 20 ml, 1) con un promedio de 64.66, presentando una buena relación la altura del tallo y su diámetro. El testigo fue el que mostró los más bajos índices de calidad.

RECOMENDACIONES

1. A los productores que desean producir arándano de la variedad Biloxi incorporar *Azospirillum brasilense* con una dosis de 20 ml a inicios del trasplante del arándano, reduciendo el uso de productos químicos.
2. A los investigadores estudiar otras dosis y frecuencias *Azospirillum brasilense* en combinación con otros promotores de crecimiento (PGPR).
3. A los investigadores realizar trabajos de investigación con PGPR y otros cultivares.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, S.; Oliveira, I.; Meyer, A. & Goncalves. B. (2022). Biostimulants to Improved Tree Physiology and Fruit Quality: A Review with Special Focus on Sweet Cherry. 12(3), 659. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030659>.
- Afzal, I., Shinwari, Z. K., Sikandar, S., y Shahzad, S. (2019). Plant beneficial endophytic bacteria: Mechanisms, diversity, host range and genetic determinants. *Microbiological Research*, Vol 221, 36-39. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.02.001>
- Agri-Food Canada (2016). Blueberry Diseases Guide. Agriculture et Agroalimentaire Canada. <https://www.perennia.ca/wp-content/uploads/2018/04/blueberry-disease-guide.pdf>
- AgroEnfoque (2020). Soluciones en Bioestimulantes. https://www.agroenfoque.com.uy/wp-content/uploads/2020/01/Folleto-Kelpak_-24.pdf.
- AgroNegocios Perú. (2014). Cultivo del arándano. Manual para Perú. Recuperado de: <http://www.agronegociosperu.org/>
- Alves, G.; Sampaio, S.; Urquiaga, S. & Massena, V. (2015). Differential plant growth promotion and nitrogen fixation in two genotypes of maize by several *Herbaspirillum* inoculants. DOI 10.1007/s11104-014-2295-2
- Armando Romero, C. (2016). El arándano en el Perú y el mundo. Perú: Dirección General De Políticas Agrarias. MINAGRI-DGPA-DEEIA. <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe>.
- Baldani, V.; Restrepo, G.M.; Marulanda, S.; De la Fe, Y. & Díaz, A. (2015). Bacterias solubilizadoras de fosfato y sus potencialidades de uso en la promoción del crecimiento de cultivos de importancia económica. *Revista CENIC Ciencias Biológicas*, Vol. 46, No. 1, pp. 63-76.
- Barros, C. (2022). “Efectos de la Inoculación con *Azospirillum brasiliense* en la producción de fresa (*Fragaria vesca*)”. <http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/13377>.

- Betega, S.E., (2022). “Fertilización continua del cultivo de arándano (*vaccinium corymbosum* L.) en contenedores con sustrato bajo condiciones del valle de chira, piura”. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/5564>
- Beneduzi, A.; Ambrosini, A. & Passaglia, L. (2021). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): Their potential as antagonists and biocontrol agents. DOI: 10.1590/s1415-47572012000600020.
- Brandán, C.; Di Barbaro, G.; Andrada, H. & Del Valle, E. (2021). Biological activity of soils cultivated with yacón (*Smallanthus sonchifolius* Poep. & Endl) H. Robinson, inoculated with *Azospirillum brasilense* and native mycorrhizal fungi. *Rev. Cienc. Agr.* vol.38, N°.1. <https://doi.org/10.22267/rcia.213801.148>
- Bound, S. & Norrie, J. (2011). Seaweed extracts improve cherry fruit quality. https://www.researchgate.net/profile/Sally-Bound/publication/275025996_Seaweed_extracts_improve_cherry_fruit_quality/links/552f45ee0cf2acd38cbbf2fc/Seaweed-extracts-improve-cherry-fruit-quality.pdf.
- Bustillo, A. (2018). El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) y su proyección en Colombia. Obtenido de <https://repository.udca.edu.co/handle/11158/940>
- Cassán, F. & Díaz, M. (2016). The Contribution of the Use of *Azospirillum* sp. in Sustainable Agriculture: Learnings from the Laboratory to the Field. pp 293–321. DOI:10.1007/978-981-10-2555-6_14.
- Castañeda, C.; Gómez, G.; Tapia, E.; Núñez, O.; Barajas, J.S. & Rujano, M.L. (2013). Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). Vol. 38, N° 10. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33929482008.pdf>
- Castillejo L.E.; Mena H.G.; Angoa, M.V.; Vázquez G.; Venegas J. & Oyoque, G. (2011) Determinación del efecto de *Azospirillum* sobre el crecimiento y el rendimiento de fresa cultivada en invernadero. 1er. Congr. Nac. de Investigación en Ciencia y Tecnología en Ingeniería Bioquímica. DOI: 10.1093/jxb/erj213.

- Chavez, C. (2013). “Efecto de la inoculación con *Azospirillum brasilense* en el flujo de protones de membrana celular de raíz de mezquite (*Prosopis articulata*) en un sistema aeropónico. <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/385>.
- Cifuentes, D. (2022). Efecto de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento de *Alnus acuminata* y *Morella pubescens* en condiciones de laboratorio para la restauración de un bosque andino. <https://repositorio.unbosque.edu.co/server/api/core/bitstreams/3311c4e6-f4f1-46b4-8406-da094583ec83/content>.
- Diaz, A., Magallanes, A.; Aguado, A. & Hernández, J.L. (2015). Respuesta de la soya a inoculantes microbianos en el norte de Tamaulipas, México. *Rev. Mex. Cienc. Agríc* vol.6 N°.2. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000200001.
- Dominguez, C.; Cecato, U.; Trento, T.; Mamédio, D. & Galbeiro, S. (2020). *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajeras. *Rev. mex. de cienc. Pecuarias*. Vol.11, N°.1. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>.
- Francé, A. (2013). Manejo de enfermedades del arándano. Manual de arándano. Boletín INIA-263, Chile. Instituto de Investigaciones Agropecuarias. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7627>
- Fukami, J.; Cerezini, P. & Hungria, M. (2018). *Azospirillum*: beneficios que van mucho más allá de la fijación biológica del nitrógeno. *Expr* 8, 73. <https://doi.org/10.1186/s13568-018-0608-1>.
- García, J., García, G. y Ciordia, M. (2018). El cultivo del arándano en el norte de España-SERIDA. Recuperado de: <http://www.serida.org/pdfs/7452.pdf>.
- García, J., García, G. (2013). Orientaciones para el cultivo de arándano. Guía de cultivo. Servicio regional de investigación y desarrollo alimentario. Recuperado de: https://www.Academia.Edu/31338962/GU%C3%8da_de_cultivo_orientaciones_para_el_cultivo_del_ar%c3%81ndano_Proyecto_De_Cooperaci%C3%B3n_Nuevos_Horizontes_GOBIERNO_DE_ESPA%C3%91A_Ministerio_De_Medio_Ambiente_Y_Medio_Rural_Y_Marino.

- García, F.; Muñoz, H.; Carreño, C. & Mendoza, G. (2010). Caracterización de cepas nativas de *Azospirillum* spp. y su efecto en el desarrollo de *Oryza sativa* L. “arroz” en Lambayeque. *Scientia Agropecuaria* 1(2010) 107 – 116. <https://www.redalyc.org/pdf/3576/357633695001.pdf>
- González, M. (2001). Introducción a la silvicultura general. Universidad de León. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. España. 271 p.
- Gonzales, A. & Morales, C. (2017). Manual de manejo agronómico del arándano. Villa Alegre, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Vol. no. 371. 102 p. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/6673>
- Gordó, M. (2008). Guía práctica para el cultivo de Arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires. INTA-Argentina. Recuperado de: https://inta.gob.ar/sites/default/files/script-tmp-mg_0801.pdf
- Grupo Raiseb Perú SAC (2015). Cultivo Del Arándano. Tercera edición. <https://arandanosperu.pe> > 2015/09/20 > libro-arandanos
- Hayden, R.A. (2016). Fertilizing Blueberries. Department of Horticulture. Purdue University Cooperative Extension Service. <https://www.purdue.edu> > sites > sites > 2016/10.
- Hernández, D. (2014). Estudio nutricional del arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) cv Biloxi en Los Reyes, Michoacán. <http://hdl.handle.net/10521/2378>
- Hirzel C., J. (2014). Diagnóstico nutricional y principios de fertilización en frutales y vides. Segunda edición aumentada y corregida. Chillán, Chile: Trama Impresores. Colección Libros INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Vol. N° 31. 322 p. <https://hdl.handle.net/20.500.14001/3574>
- Kocira, A.; Kornas, R. & Kocira, S. (2013). Effect assessment of kelpak sl on the bean yield (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal of Central European Agriculture* 14(2):67-76. DOI:10.5513/JCEA01/14.2.1234.
- Krewer, G. & Scott, N. (2019). Small fruit News. Vol. 15, N°2. <https://smallfruits.org/files/2019/06/Vol15-Issue2.pdf>.
- Lara, C.; Alvarez, A. & Eliecer, L. (2013). Impact of the inoculation of *Azospirillum* native on *Oryza sativa* L. In the department of Córdoba-Colombia. *Rev. Bio. Agro*

vol.11, N°.2. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1692-35612013000200005.

Lemus, G. y Donoso, J. (2008). Establecimiento de huertos frutales. Rengo, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 173. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7187>

Linares,L.A.(2023). Influencia de la determinación de diferentes dosis de compost y cascarilla de arroz en el desarrollo y producción del cultivo de arándano *Vaccinium corymbosum* (Ericáceae). [Tesis de grado]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/10471>

Lopes, T.; Silva, A.P.; Ribeiro, C.; Carvalho, R.; Aires, A.; Vicente, A. & Goncalves,B. (2024). Ecklonia maxima and Glycine–Betaine–Based Biostimulants Improve Blueberry Yield and Quality. *Horticulturae*,10(9), 920; <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090920>.

Mendoza, P. C. (2016). Producción y Mercado del Arándano. DocPlayer. <https://docplayer.es/10230100-Produccion-y-mercado-del-arandano.html>.

Mendoza, W.F.; López, S.E.; Mostacero, J.; Gil, A.E.; López, A. & De la Cruz, A. J. (2020). Determination of adequate concentrations of 2,4 dichlorophenoxyacetic and Kelpak in the rooting of stakes of *Vaccinium floribundum* Kunth “pushgay”. *Manglar* 17(1): 21-25. DOI: <http://dx.doi.org/10.17268/manglar.2020.004>

MIDAGRI. (2016). Dirección General De Políticas Agrarias. El arándano en el Perú y el mundo. Recuperado de: <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/boletines/2016/36-el-arandano-en-el-peru-y-el-mundo/file>.

Minh, N. (2018). Biostimulant effects of rhizobacteria on wheat growth and nutrient uptake under contrasted N supplies. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228603/1/2018.10.15_PhD%20Thesis_%20Nguyen%20Minh%20Luan.pdf

Miranda, E. (2017). *Azospirillum brasilense* y nitrógeno en maíz chipá (*Zea mays* L. var. *amylacea*) en el departamento de Canindeyú. https://repositorio.conacyt.gov.py/bitstream/handle/20.500.14066/4118/14-inv-130-tesis-EVELYN_MIRANDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Momoli, L. (2018). Crecimiento e desenvolvimiento de plantas de mirtilo, cultivar Clímax, inoculadas con *Azospirillum brasilense*. Universidad Estatal de Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2685/1/Lygia%20Werlang.pdf>.
- Morales, C. (2017). Uso de bioestimulantes . Villa Alegre, Chile: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Vol. no. 371. 102 p.
<https://hdl.handle.net/20.500.14001/6673>
- Muñoz, C.L.; López, J. & Cruz, C.A. (2023). Bioestimulantes: el futuro de una agricultura sostenible. www.igbmgenetica.com
- Ochmian, I., Figiel, M, Krupa, M. & Lachowicz, S. (2022). Influence of various types of light on growth and physicochemical composition of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) Leaves. <https://doi.org/10.24326/asphc.2022.2.8>
- Orga, J. (2021). “Manejo Agronómico Del Cultivo De Arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) En Contenedores En Villacurí, Ica”. Lima-Perú [Tesis de grado]. Disponible en:
<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4981/orga-porras-julian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pedraza, R.; Filippone, M.; Fontana, C.; Salazar, S.M.; Ramirez, A.; Sierra, D.; & Baca, B. (2019). Chapter 6 – *Azospirillum*. Pag. 73-105. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-823414-3.00006-X>.
- Pérez, G.; Domínguez, M.; Martínez, P. & Etchevers, J.D. (2012). Caracterización dasométrica e índice de sitio en plantaciones de caoba en Tabasco, México. Vol.18, N°1.
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000100002.
- Ramakrishna, W.; Mahapatra, S. & Yadav, R. (2019). *Bacillus subtilis* impact on plant growth, soil health and environment. <https://doi.org/10.1111/jam.15480>
- Retamales, J. & Hancock, J. (2018). BLUEBERRIES, 2da Edición.
<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=eVloDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR1&dq=blueberries+&ots=ar2JueACc1&sig=-uEeWdlzzczeEoUFmvRAumv49ask#v=onepage&q=blueberries&f=false>

- Revista F&H (2023). Ventura y Biloxi son los arándanos que reinan en el Perú.
<https://fyh.es/ventura-y-biloxi-son-los-arandanos-que-reinan-en-peru/>
- Rivadeneira y Carlazara (2011). Comportamiento fenológico de variedades tradicionales y nuevas de arándano. Recuperado de <http://www.serida.org/pdfs/6724.pdf>
- Rivera M.C., Wright E.R., Pérez B.A., González Rabellino P. & Pérez, J.A. (2009). Enfermedades del arándano. Guía de enfermedades, plagas y malezas del arándano. Buenos Aires. Argentina. 168p
- Rodríguez, T. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156p.
- Saenz, R.J.; Villaseñor R.F.; Muños, F. H.; Rueda S.A. & Prieto, R.J. (2014). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacan. Folleto Técnico N° 17. pp. 98-111. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63439016008>.
- Santoyo, G.; Moreno, G.; Orozco, M. & Glick, B. (2015). Plant growth-promoting bacterial endophytes. Vol. 183, pag. 92-99. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2015.11.008>
- Scagel, C.F. (2003). Growth and Nutrient Use of Ericaceous Plants Grown in Media Amended with Sphagnum Moss Peat or Coir Dust. Hortscience 38(1):46–54. <https://www.researchgate.net/publication/258030368>
- Strik, B. C., & Davis, A. J. (2022). Pruning method and trellising impact hand- and machine-harvested yield and costs of production in ‘Legacy’ highbush blueberry. HortScience: A Publication of the American Society for Horticultural Science, 57(7), 811–817. <https://doi.org/10.21273/hortsci16640-22>
- Sun, W.; Hesam, M. & Soleimani, A. (2024). The Roles of Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR)-Based Biostimulants for Agricultural Production Systems. 13(5), 613; <https://doi.org/10.3390/plants13050613>.
- Tanta, E. (2024). Sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7302>

- Tejada, J. (2019). Efecto del ácido indol butírico (aib) en el enraizamiento y adaptabilidad de segmentos nodales de cuatro variedades de arándano (*Vaccinium corimbosum*) en microtúnel, Chachapoyas – Amazonas.
- Torres, C. (2015). Principales plagas y enfermedades del arándano en el Perú. Sierra exportadora. <https://arandanosperu.pe/2015/11/20/principales-plagas-y-enfermedades-en-el-arandano-en-el-peru/>
- Ucea, J.; Quiroz, J. & Hernández, J.L. (2019). Impact of *Azospirillum Brasilense*, a Rhizobacterium stimulating the production of Indole-3-Acetic Acid as the mechanism of improving plants' grow in agricultural crops. vol.37, N° 1. <https://doi.org/10.34098/2078-3949.37.1.5>.
- Undurraga, P. Y Vargas S., 2013. Manual del arándano. Chillán: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias. no. 263. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.14001/7627>
- Valencia, L.; Bautista, A.; Preciado, A.; Pérez, R. & Chocoteco, J. (2021). Evaluation of Three Commercial Rooters in the First Stage of Vegetative Growth of the Raspberry Plant. <https://www.redalyc.org/journal/944/94472192004/html/>.
- Valverde, L.Y.; Moreno, J.; Quijije, K.; Castro, A.; Merchán, W. & Gabriel, J. (2020). Biostimulants: An innovation in agriculture for coffee cultivation (*Coffea arabica* L). Journal of the Selva Andina Research Society, vol. 11, N° 1. DOI: <https://doi.org/10.36610/j.jsars.2020.110100018>
- Villagra, E.L.; Max, J.A.; Toffoli, L.M. & Pedraza, R.O. (2021). Evaluation of growth and productive performance of the strawberry crop (*Fragaria x ananassa* Duch.) inoculated with *Azospirillum brasilense*. Rev. Agron. Noroeste Argent, 41 (1): 39-50.
- Zermeño, A.; López, B.; Melendres, A.; Ramírez, H.; Cárdenas, J. & Munguía, J. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol.6. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015001002437.

Zhu X., Xiau C., 2015. Phylogenetic, Morphological, and pathogenic Characterization of *Alternaria* Species associated with fruit rot of blueberry in California. *Phytopathology* 105: 1555-1567.

ANEXOS

Anexo 1. Datos recogidos de la altura de la planta (cm).

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación	Quinta evaluación
T1 (<i>Azospirillum</i> , 10 ml, 1 dosis)	1	18.5	39	39.5	41.7	46
	2	16.2	21.4	42	30.5	31
	3	21	34	37	49.5	50
	4	14.5	26.5	32	48	63
	5	19.3	19.5	35	42	67
	6	16	29.5	41	52.5	54
T2 (<i>Azospirillum</i> , 10 ml, 5 dosis)	1	21.2	24.5	36	51.2	54
	2	23.7	36.5	41	47.5	50
	3	17.5	39.8	45.5	51.3	61
	4	20.5	34.8	37	48	51
	5	18.8	24	28	40.5	52
	6	18.5	33.9	45	56	61
T3 (<i>Azospirillum</i> , 20 ml, 1 dosis)	1	24.2	33	43	50.5	52
	2	31.5	39.8	45	57.5	58
	3	22.8	28.6	41	53.5	54.5
	4	23.1	29.2	46	60	62.5
	5	27	32.3	47.5	52	60.5
	6	22	30.9	48	66.5	68.5
T4 (<i>Azospirillum</i> , 20 ml, 5 dosis)	1	26.9	37.2	44	49	49
	2	18.5	31.8	36.8	51	51
	3	22	28.8	37	39	40
	4	27.2	41.1	41	55	55
	5	21.8	45	56	54	56
	6	19	24.9	27.5	33	36
T5 (Kelpak, 10 ml, 1 dosis)	1	26.2	41	46.5	61.5	48.5
	2	24.4	25	42	52	61
	3	26.5	38	51	52.5	65
	4	27.5	41	50	54	54.5
	5	29	33.1	47	61	61
	6	28.5	40	51	64	71.5
T6 (Kelpak, 10 ml, 5 dosis)	1	28.2	34.5	46	54	56
	2	22.5	28.5	42	44	49
	3	29.1	40	44	55.6	63
	4	18.4	38.5	44.5	62	64.5
	5	27.3	31.5	35	47	57
	6	28.5	38.9	47	49	52
T7 (Testigo)	1	22	23.2	37.5	41	45
	2	19.5	22.3	33	39	44
	3	20	21.3	29	36	43
	4	18.2	31	37	43	52
	5	22.4	27.5	28	37	45
	6	26	38.5	39	48	56

Anexo 2. Datos recogidos del Número de ramas por tratamientos.

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación	Quinta evaluación
T1 (Azospirillum, 10 ml, 1 dosis)	1	3	3	3	4	5
	2	3	3	3	4	4
	3	3	5	5	4	4
	4	3	3	3	3	4
	5	4	4	4	5	5
	6	4	5	5	7	7
T2 (Azospirillum, 10 ml, 5 dosis)	1	3	4	4	4	4
	2	4	4	5	5	5
	3	4	5	5	5	5
	4	4	5	6	7	7
	5	3	4	4	4	4
	6	4	4	5	5	5
T3 (Azospirillum, 20 ml, 1 dosis)	1	3	3	3	3	3
	2	4	4	5	5	5
	3	4	5	5	6	6
	4	5	5	6	6	6
	5	3	3	3	3	3
	6	3	4	4	4	4
T4 (Azospirillum, 20 ml, 5 dosis)	1	3	4	4	4	4
	2	4	5	5	5	5
	3	4	4	4	4	4
	4	4	5	5	5	5
	5	2	3	5	5	5
	6	4	5	5	5	5
T5 (Kelpak, 10 ml, 1 dosis)	1	2	4	6	6	6
	2	3	4	4	4	4
	3	3	3	4	4	4
	4	3	4	4	5	5
	5	3	4	4	5	5
	6	3	5	5	3	3
T6 (Kelpak, 10 ml, 5 dosis)	1	4	5	5	5	5
	2	4	5	5	4	4
	3	5	6	6	6	6
	4	3	5	5	5	5
	5	3	3	3	4	4
	6	3	5	5	5	5
T7 (Testigo)	1	2	3	3	3	3
	2	3	4	4	4	4
	3	2	3	3	3	3
	4	3	3	3	3	3
	5	3	3	3	4	4
	6	4	4	4	4	4

Anexo 3. Datos recogidos del tamaño de ramas por tratamientos (cm).

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación
T1 <i>(Azospirillum,</i> 10 ml, 1 dosis)	1	13.7	13.9	41.7	46
		11.1	11.5	16	43
		39	39.5	27.2	16
				29.3	28
					6
	2	9	28	30.5	31
		8	10	10	26
		21.4	8	21	10
				7.5	19
	3	12	37	49.5	50
		16.2	19	21.5	22
		13	14	14.2	14.2
		10	8	8.5	9
		34			
	4	9	32	48	63
		5	8.5	42.3	43
		26.5	15	8.8	21
					8
	5	17.5	29	42	67
		10.9	18	28.5	36
		14	11	34.5	29
		19.5	14	24	24
				19.3	19.5
	6	22	41	52.5	54
		12	38	31.5	48
		27	36	19	32
		10	24	39.5	41
		29.5	17	18	18
			48	10	
				19	

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación
T2 (Azospirillum, 10 ml, 5 dosis)	1	9.5	36	51.2	54
		17.5	23	36	36
		19	18.5	19.2	20
		24.5	20	20	20
	2	17.5	41	47.5	50
		16	18	17.5	18
		11.3	22	27.2	27.2
		36.5	12	32	32
			0.3	12	12
	3	11.2	45.5	51.3	61
		16.5	24	30	30
		22	17	8.7	9
		8	8.5	11.5	12
		39.8	11.5	20	20
	4	7.5	37	48	51
		9.8	25	13.5	46
		11.5	24	10.6	40
		20	10.5	16.8	14
		34.8	0.3	42	11
			15	39.6	16.8
				45	42
	5	8	28	40.5	52
		4	17	8.5	23
		12	8	5	9
		24	5	22	5
	6	12	45	56	61
		17	13	17	17
		8	8.5	10	11
		33.9	9	20	20
			18	8.5	9

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación
T3 (Azospirillum, 20 ml, 1 dosis)	1	10.8	11	50.5	52
		13.1	13.5	14	14
		33	43	11	11
	2	17	37.2	57.5	58
		16	17.2	18	18
		20	18	19	19
		39.8	12	12.5	13
			20	20.2	21
	3	19	41	53.5	54.5
		17	26	4	4
		4	20	27	6
		6	4	22	6
		28.6	6	5	24
				6	27
	4	27	35	60	62.5
		12	7	9	25
		5	21	25	10
		12	10	12	12
		25.4	28	28	28
			14	15	15.5
	5	16	47.5	52	60.5
		7	19	38	38
		32.3	8	21	21.5
	6	18	48	66.5	68.5
		8	30	66.5	31
		28.9	19	30	39
		10	10	20.5	21
				39	

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación
T4 (Azospirillum, 20 ml, 5 dosis)	1	6	44	49	49
		11	6	18	18
		17	12	12	7
		37.2	17.5	6.5	12
	2	11.9	36.8	51	51
		11.5	12	13	13
		16.2	11.5	12	12
		5.3	16.5	17	18
		31.8	5.5	6	6.5
	3	16	37	39	40
		9	16	11	11
		7	10	16.5	8
		28.8	7	8	16.5
	4	13	41	55	55
		17	12	14	14
		6	19	8	9
		4	5	29	29
		41.1	5	10	10
	5	19	56	54	56
		5	20	20.5	21
		45	5	5	11
			2	5	5
			11	11	6
	6	22	27.5	33	36
		9	25	25	25
		5	22	23	23.5
		21	8	8	9
		24.9	12	12	12

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación
T5 (Kelpak, 10 ml, 1 dosis)	1	11	16	61.5	48.5
		4	7	17	11
		9.8	5	8	6
		41	10	5	8
			3	10.5	17
			46.5	5	5
	2	14	42	52	61
		4	14	4	15
		7	4	8	8
		25	7	15	4
	3	18.5	51	52.5	65
		9	19	19	53
		38	18	20.2	19
			11	11.5	12
	4	25.8	52	54	54.5
		8.3	11	30	12
		12.1	10	11.5	10
		41	13	10	13
			28	13	31
	5	23	47	61	61
		15	19	19	24
		33.1	9	23.5	11
		8	12	11	19
				12	12
	6	21	55	64	71.5
		8	23	23	24
		40	8	8.5	9
		19.2	10.5		
		10	21		

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación
T6 (Kelpak 10ml, 5 dosis)	1	11	46	54	56
		17	11.5	12	18
		4	17	17	12
		8	5	6	9
		34.5	8.5	9	6
	2	21.5	42	44	49
		8.7	26	27	27
		25.3	9	10	30
		12	29	29.5	10
		28.5			
	3	16.8	44	55.6	63
		6.5	17	17	19
		10.7	11.5	8	17
		17.2	7	12	13
		11.9	18	18.5	12
		40	12		8
	4	11	44.5	62	64.5
		4	18	18	12
		18.8	11.2	11.5	8
		7	6.5	7	5
		38.5	4	5	18
	5	17	35	47	57
		8	17	17	18
		31.5	11	11.5	12
				7	7
	6	14	47	49	52
		15	18	18	17
		10	17	17	15
		7	13	13	13
		38.9	14	14	18

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación	Cuarta evaluación
T7 (Testigo)	1	19.5	37.5	41	45
		4	22	11	11
		23.2	4	25	26
	2	12.5	33	39	44
		13	14	13	14
		7	15	14	13
		20	19.5	20	20
	3	10	29	36	43
		17	9.5	25	26
		21.3	21.5	9.5	10
	4	14.6	37	43	52
		25.5	11.5	25	25
		31	14	7	32.5
	5	17	28	37	45
		8	17	17.5	18
		27.5	8	10	10
				8	8
	6	10	39	48	56
		8	15	15	16
		7	12	13	13
		38.5	8	8	9

Anexo 4. Datos recogidos del número de hojas por tratamientos.

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación
T1 (Azospirillum, 10 ml, 1 dosis)	1	85	154	177
	2	82	99	105
	3	87	130	121
	4	75	123	135
	5	81	178	219
	6	129	282	302
T2 (Azospirillum, 10 ml, 5 dosis)	1	121	209	210
	2	102	154	198
	3	105	119	165
	4	101	212	231
	5	99	155	161
	6	98	196	254
T3 (Azospirillum, 20 ml, 1 dosis)	1	93	111	166
	2	121	161	184
	3	168	201	267
	4	110	213	279
	5	130	113	191
	6	103	188	210
T4 (Azospirillum, 20 ml, 5 dosis)	1	91	104	115
	2	98	171	156
	3	79	98	74
	4	84	128	144
	5	102	148	152
	6	108	159	171
T5 (Kelpak, 10 ml, 1 dosis)	1	98	154	201
	2	101	166	206
	3	106	148	176
	4	95	172	189
	5	110	150	210
	6	102	145	193
T6 (Kelpak, 10 ml, 5 dosis)	1	99	129	136
	2	96	138	102
	3	124	162	174
	4	90	117	139
	5	92	110	142
	6	108	131	157
T7 (Testigo)	1	54	105	115
	2	81	109	115
	3	78	99	102
	4	110	157	210
	5	81	139	142
	6	112	145	185

Anexo 5. Datos recogidos del diámetro del cuello de la planta por tratamientos (cm).

Tratamiento	Repetición	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación
T1 (Azospirillum, 10 ml, 1 dosis)	1	0.4	0.6	0.7
	2	0.4	0.4	0.6
	3	0.5	0.6	0.9
	4	0.4	0.5	0.9
	5	0.5	0.6	0.9
	6	0.5	0.7	0.9
T2 (Azospirillum, 10 ml, 5 dosis)	1	0.5	0.6	0.7
	2	0.5	0.7	0.9
	3	0.6	0.7	0.8
	4	0.5	0.6	0.8
	5	0.5	0.5	0.6
	6	0.5	0.7	0.9
T3 (Azospirillum, 20 ml, 1 dosis)	1	0.3	0.5	0.8
	2	0.5	0.6	0.9
	3	0.5	0.5	0.8
	4	0.5	0.6	0.9
	5	0.6	0.7	0.9
	6	0.5	0.6	0.8
T4 (Azospirillum, 20 ml, 5 dosis)	1	0.5	0.6	0.9
	2	0.4	0.5	0.8
	3	0.5	0.5	0.8
	4	0.5	0.5	1.0
	5	0.5	0.6	0.9
	6	0.4	0.6	0.8
T5 (Kelpak, 10 ml, 1 dosis)	1	0.4	0.5	0.6
	2	0.4	0.6	0.7
	3	0.6	0.7	1.0
	4	0.4	0.7	1.0
	5	0.5	0.7	0.9
	6	0.4	0.6	0.9
T6 (Kelpak, 10 ml, 5 dosis)	1	0.5	0.6	0.7
	2	0.4	0.6	1.0
	3	0.3	0.5	0.6
	4	0.5	0.5	0.6
	5	0.4	0.5	0.8
	6	0.5	0.7	0.8
T7 (Testigo)	1	0.3	0.4	0.4
	2	0.3	0.4	0.5
	3	0.3	0.3	0.4
	4	0.4	0.4	0.5
	5	0.4	0.5	0.6
	6	0.5	0.6	0.4

Anexo 6. Datos de la temperatura máxima y mínima del invernadero

AÑO		2024																			
MES	JUNIO										JULIO										
FECHA	28-Jun	29-Jun	30-Jun	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul	6-Jul	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul	
T° Máxima (°C)	18.8	19.2	19.5	20.4	18	18.3	17.6	17.8	17.3	18.7	19.4	20.9	18.8	18.5	17.3	18.1	17.7	17.8	18.1	18	
T° Mínima (°C)	13.7	13.8	13.6	18.1	16.5	16	15	14.7	15	16	15	16.3	16.6	14.3	14.3	14.3	14.4	14.6	14.4	13.6	
MES	JULIO										AGOSTO										
FECHA	18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	27-Jul	28-Jul	29-Jul	30-Jul	31-Jul	1-Ago	2-Ago	3-Ago	4-Ago	5-Ago	6-Ago	
T° Máxima (°C)	16.2	16.5	15.5	15.7	17.1	17.6	18.1	18.5	18.4	18	18.1	18.5	19.4	19.6	21.1	19	18.6	18	18.4	17	
T° Mínima (°C)	12.9	12.8	12.8	12.8	13.9	13.6	14.9	15.4	15.8	15.8	16.2	16	16.3	16.3	16	15.8	15.5	14.7	15.6	15.2	
MES	AGOSTO																				
FECHA	7-Ago	8-Ago	9-Ago	10-Ago	11-Ago	12-Ago	13-Ago	14-Ago	15-Ago	16-Ago	17-Ago	18-Ago	19-Ago	20-Ago	21-Ago	22-Ago	23-Ago	24-Ago	25-Ago	26-Ago	
T° Máxima (°C)	18.3	18.4	19.1	18.7	18.6	18.9	18.9	19.2	18.8	18.8	18.1	18.5	19.3	19.3	19.5	19.6	20.6	20.5	20.4	20.8	
T° Mínima (°C)	15.2	15	16.3	16	15.8	15.2	16.5	16.2	15.6	15.1	15.8	15.8	16.7	16.8	17	17.2	17.3	17	17.8	18.6	
MES	AGOSTO										SETIEMBRE										
FECHA	27-Ago	28-Ago	29-Ago	30-Ago	31-Ago	1-Set	2-Set	3-Set	4-Set	5-Set	6-Set	7-Set	8-Set	9-Set	10-Set	11-Set	12-Set	13-Set	14-Set	15-Set	
T° Máxima (°C)	21.2	21	20.6	19.7	19.8	20.2	20.9	20.1	20.4	20.4	20.6	20.3	20	20.1	19.8	19.7	20.1	20.5	20.6	20.8	
T° Mínima (°C)	18.9	18.6	17.6	17.6	17.5	17.7	17.8	17.7	17.7	17.1	16.8	17	17.1	16.9	16.8	16.9	17.2	17.4	17.7	17.6	
MES	SETIEMBRE										OCTUBRE										
FECHA	16-Set	17-Set	18-Set	19-Set	20-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set	27-Set	28-Set	29-Set	30-Set	1-Oct	2-Oct	3-Oct	4-Oct	5-Oct	
T° Máxima (°C)	20.3	20.6	20.5	21	20.8	21	20.6	20.4	20.1	20	20.5	21.1	21	20.9	20.7	20.8	20.8	21.4	21.3	21	
T° Mínima (°C)	17.7	18.1	18.5	18.7	17.9	17.6	17.6	17.7	17.7	17.5	17.8	18.3	18.3	18.5	18.5	18.6	18.6	18.8	17.4	17	
MES	OCTUBRE																				
FECHA	6-Oct	7-Oct	8-Oct	9-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct	
T° Máxima (°C)	20	19.9	20.7	20.9	20.4	20.4	21	21.3	21	20.5	20.8	21	20.9	21	21.9	22	22.2	22.3	21.9	22.3	
T° Mínima (°C)	17.5	17.6	17.8	18	18	18	18.1	18	18.1	18.7	18.6	18.8	18.7	19.1	19.1	19.3	19.5	19.7	19.1	18.5	
MES	OCTUBRE										NOVIEMBRE										
FECHA	26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct	1-Nov	2-Nov	3-Nov	4-Nov	5-Nov	6-Nov	7-Nov	8-Nov	9-Nov	10-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov	
T° Máxima (°C)	22.5	19.9	20.7	22.7	23.1	20.4	21	21.3	21.6	22.5	21.8	21	20.9	21.2	21.9	22.6	22.5	22	21.9	23	
T° Mínima (°C)	18.5	18	20	19.4	19	18	18.1	18	18.1	18.7	18.6	18.8	18.7	18.9	19.1	19	19.5	19	18.1	18.5	
MES	Noviembre																				
FECHA	15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov															
T° Máxima (°C)	22	23	22.5	25.3	24.3	25.7															
T° Mínima (°C)	17.5	16.7	17.8	18	20.4	20.6															

Anexo 7. Datos de la humedad máxima y mínima del invernadero

AÑO		2024																			
MES		JUNIO										JULIO									
FECHA		28-Jun	29-Jun	30-Jun	1-Jul	2-Jul	3-Jul	4-Jul	5-Jul	6-Jul	7-Jul	8-Jul	9-Jul	10-Jul	11-Jul	12-Jul	13-Jul	14-Jul	15-Jul	16-Jul	17-Jul
H Máxima (%)		77	76	75	76	89	85	85	86	87	87	86	88	87	85	86	85	89	88	88	83
H Mínima (%)		41	40	42	44	33	38	44	37	45	48	44	41	45	35	43	36	41	41	41	32
MES		JULIO										AGOSTO									
FECHA		18-Jul	19-Jul	20-Jul	21-Jul	22-Jul	23-Jul	24-Jul	25-Jul	26-Jul	27-Jul	28-Jul	29-Jul	30-Jul	31-Jul	1-Ago	2-Ago	3-Ago	4-Ago	5-Ago	6-Ago
H Máxima (%)		86	88	87	89	86	86	87	87	91	87	92	90	88	87	80	89	87	80	84	89
H Mínima (%)		35	33	34	31	48	45	44	52	50	48	64	60	46	44	44	41	42	40	50	59
MES		AGOSTO																			
FECHA		7-Ago	8-Ago	9-Ago	10-Ago	11-Ago	12-Ago	13-Ago	14-Ago	15-Ago	16-Ago	17-Ago	18-Ago	19-Ago	20-Ago	21-Ago	22-Ago	23-Ago	24-Ago	25-Ago	26-Ago
H Máxima (%)		87	80	86	85	85	83	77	81	82	84	83	85	86	84	82	82	84	82	80	77
H Mínima (%)		39	39	38	37	35	35	42	46	48	43	48	48	42	40	36	39	40	41	40	39
MES		AGOSTO										SETIEMBRE									
FECHA		27-Ago	28-Ago	29-Ago	30-Ago	31-Ago	1-Set	2-Set	3-Set	4-Set	5-Set	6-Set	7-Set	8-Set	9-Set	10-Set	11-Set	12-Set	13-Set	14-Set	15-Set
H Máxima (%)		76	79	83	85	86	85	84	84	82	90	88	85	90	88	78	79	81	81	79	80
H Mínima (%)		40	40	43	43	44	42	40	43	41	35	37	39	42	40	37	35	39	38	36	40
MES		SETIEMBRE										OCTUBRE									
FECHA		16-Set	17-Set	18-Set	19-Set	20-Set	21-Set	22-Set	23-Set	24-Set	25-Set	26-Set	27-Set	28-Set	29-Set	30-Set	1-Oct	2-Oct	3-Oct	4-Oct	5-Oct
H Máxima (%)		84	82	75	77	80	79	76	77	84	80	81	85	84	80	81	77	81	81	83	82
H Mínima (%)		49	45	43	41	41	42	40	39	40	38	44	46	47	45	42	45	44	47	40	42
MES		OCTUBRE																			
FECHA		6-Oct	7-Oct	8-Oct	9-Oct	10-Oct	11-Oct	12-Oct	13-Oct	14-Oct	15-Oct	16-Oct	17-Oct	18-Oct	19-Oct	20-Oct	21-Oct	22-Oct	23-Oct	24-Oct	25-Oct
H Máxima (%)		75	74	80	82	78	81	83	84	83	85	85	84	83	80	73	76	77	74	80	77
H Mínima (%)		40	41	42	40	40	40	42	46	44	42	52	50	47	47	41	41	40	41	38	41
MES		OCTUBRE																			
FECHA		26-Oct	27-Oct	28-Oct	29-Oct	30-Oct	31-Oct	1-Nov	2-Nov	3-Nov	4-Nov	5-Nov	6-Nov	7-Nov	8-Nov	9-Nov	10-Nov	11-Nov	12-Nov	13-Nov	14-Nov
H Máxima (%)		77	65	63	59	59	72	70	69	65	68	72	75	70	71	69	65	68	65	69	69
H Mínima (%)		41	40	41	41	39	40	42	41	41	43	45	42	41	45	40	39	38	40	41	40
MES		NOVIEMBRE																			
FECHA		15-Nov	16-Nov	17-Nov	18-Nov	19-Nov	20-Nov														
H Máxima (%)		70	65	60	51	49	58														
H Mínima (%)		41	45	42	39	36	35														

Anexo 8. Panel de fotografías realizadas en el trabajo de investigación.



Nota: A: Selección de plantines y etiquetado, B: Pesado de cada plántula, C: Instalación del invernadero. D: Llenado de sustrato a los baldes.



A

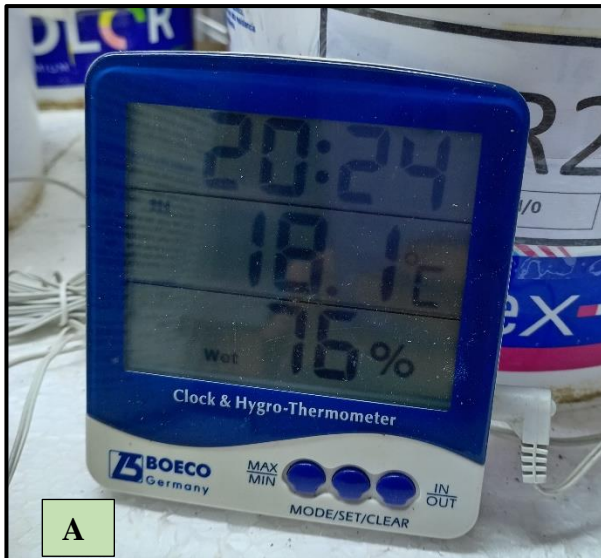


B



C

Nota: A: Trasplante de plántulas, B: Pesado de cada plántula trasplantada., C: Colocación de plántulas en el invernadero.



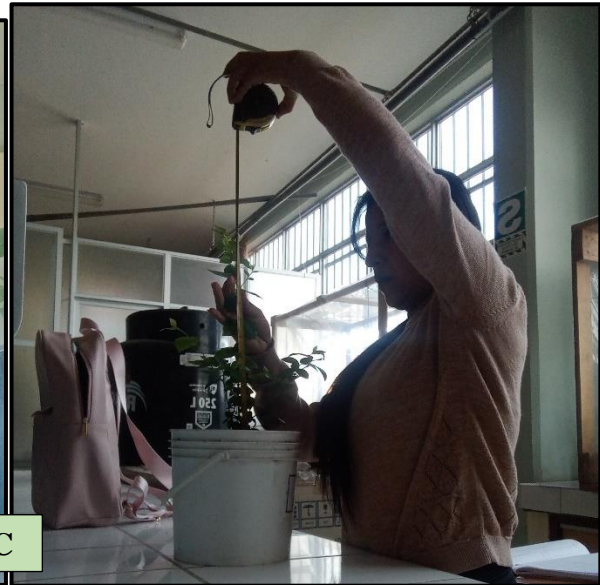
A



B



C



D



Nota: A: Lectura del termómetro digital, B: Enraizador y *Azospirillum*, C: Medición de plantas, D: Comparación de tratamientos después de 86 días de trasplante.



A

B



C

D



E

Nota: **A:** Extracción del sustrato, **B:** Pesado de la parte aérea de la planta, **C:** Pesado peso fresco de la raíz, **D:** Medición del diámetro del tallo, **E:** Tratamiento 6 y sus repeticiones.



A



B



C

Nota: A: Secado en la estufa, B: Peso seco de la parte aérea planta, C: Peso seco de la parte de la raíz,

Anexo 9. Análisis de sustrato



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO N° 100090 / AB / LABSAF - CANAAN



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Blanca Parado Medina
 Propietario / Productor : Blanca Parado Medina
 Dirección del cliente : Av. Progreso 406 Barrios Altos
 Solicitado por : Blanca Parado Medina
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Abonos
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : Ayacucho-Huamanga-Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo (***) : 2024-09-30
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-10-02
 Lugar de ensayo : LABSAF CANAAN
 Fecha(s) de análisis : Del 2024-10-16 al 2024-10-29
 Cotización del servicio : 142-24-CA
 Fecha de emisión : 2024-10-31

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AB047-CA-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Abonos	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2024-09-30	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	7:00	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	-	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (*)	unid. pH	-	7.9	-	-	-
Conductividad Eléctrica (*)	dS/m	-	1.5	-	-	-
Materia Orgánica (*)	%	-	51.89	-	-	-
Nitrógeno Total (*)	%	-	0.99	-	-	-
Fósforo (P2O5) (*)	%	-	0.44	-	-	-
Potasio (K2O) (*)	%	-	0.15	-	-	-

Anexo 10. Análisis foliar por tratamientos.



Instituto Nacional de Innovación Agraria

INFORME DE ENSAYO N° 120003 / FO / LABSAF - CANAAN



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Blanca Parado Medina
 Propietario / Productor : Blanca Parado Medina
 Dirección del cliente : Av. Progreso 406 - Barrios Altos - Ayacucho
 Solicitado por : Blanca Parado Medina
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 7
 Producto declarado : Foliare
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : Ayacucho-Huamanga-Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo (****) : 2024-11-25
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-11-26
 Lugar de ensayo : LABSAF CANAAN
 Fecha(s) de análisis : Del 2024-12-11 al 2024-12-13
 Cotización del servicio : 172-24-CA
 Fecha de emisión : 2024-12-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6		
Código de Laboratorio	FO223-CA-24	FO224-CA-24	FO225-CA-24	FO226-CA-24	FO227-CA-24	FO228-CA-24		
Matriz Analizada	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare	Foliare		
Fecha de Muestreo (***)	2024-11-25	2024-11-25	2024-11-25	2024-11-25	2024-11-25	2024-11-25		
Hora de Inicio de Muestreo (h) (****)	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00	17:00		
Condición de la muestra	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada	Conservada		
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	T	T1	T2	T3	T4	T5		
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			-		
Nitrógeno Total (*)	%	-	0.91	0.95	0.98	0.99	0.97	0.98
Fósforo (*)	%	-	2.52	2.67	2.83	2.99	2.62	2.99
Potasio (*)	%	-	0.18	0.29	0.83	0.23	0.80	1.42

ITEM	7	-	-	-	-	-	
Código de Laboratorio	FO228-CA-24	-	-	-	-	-	
Matriz Analizada	Foliare	-	-	-	-	-	
Fecha de Muestreo (***)	2024-11-25	-	-	-	-	-	
Hora de Inicio de Muestreo (h) (****)	17:00	-	-	-	-	-	
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-	
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	T6	-	-	-	-	-	
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			-	
Nitrógeno Total (*)	%	-	1.04	-	-	-	-
Fósforo (*)	%	-	3.21	-	-	-	-
Potasio (*)	%	-	0.89	-	-	-	-



Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017

LABSAF Canaan

Dirección: Av. Abancay N° 299 - Ayacucho
Email: labsafcanaan@inia.gob.pe

F-46 / Ver.05
www.inia.gob.pe

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS**
Bach. BLANCA STEFANNY PARADO MEDINA**R.D. N° 192-2025-UNSCH-FCA-D**

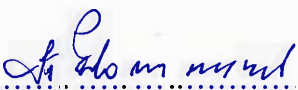
En la ciudad de Ayacucho a los veinticinco días del mes de julio del año dos mil veinticinco, siendo las once horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del Dr. Felipe Escobar Ramírez Decano de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por el Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez, Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida como asesor, Dra. Roberta Esquivel Quispe y el M.Se. Jorge Luis Huamancusi Morales; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Frecuencia de aplicación de estimulantes del crecimiento radicular en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), Huamanga a 2750 msnm. Ayacucho-2022**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma, presentado por la Bachiller **BLANCA STEFANNY PARADO MEDINA**.


El señor Decano previa verificación de los documentos exigidos solicitó se proceda con la sustentación y posterior defensa de la tesis en un periodo de cuarenta y cinco minutos de acuerdo al reglamento de grados y títulos vigente. Terminado la exposición, los miembros del Jurado, formularon sus preguntas, aclaraciones y/o observaciones correspondientes. Luego se invito a los miembros del jurado pasar a otra aula para la deliberación y calificación del trabajo de tesis, teniendo el siguiente resultado:

Jurado evaluador	Exposición	Respuestas a las preguntas	Generación de conocimiento	Promedio
Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	15	14	16	15
Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida	16	16	17	16
Dra. Roberta Esquivel Quispe	17	15	16	16
M.Sc. Jorge Luis Huamancusi Morales	16	15	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

Acto seguido se invita a la sustentante y público en general para dar a conocer el resultado final. Firman el acta.


.....
Mg. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Presidente


.....
Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida
Asesor


.....
Dra. Roberta Esquivel Quispe
Jurado


.....
M.Sc. Jorge Luis Huamancusi Morales
Jurado


.....
Mtro. Rodolfo Alca Mendoza
Secretario Docente



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe, miembro de la comisión de docentes instructores responsables de operativisar, verificar, garantizar y controlar la originalidad de los trabajos de **TESIS** de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, autorizado por R.D. N° 226-2025-UNSCH-FCA-D, de fecha 19 de agosto de 2025; hace constar que el trabajo titulado;

Frecuencia de aplicación de estimulantes del crecimiento radicular en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), Huamanga a 2750 msnm. Ayacucho-2022

Autor : Blanca Stefanny Parado Medina

Asesor : Juan Ramiro Palomino Malpartida

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de Tesis, aprobado mediante la RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, arrojando un resultado de trece por ciento **(13 %)** de índice de similitud, realizado con **depósito de trabajos estándar**.

En consecuencia, se otorga la presente Constancia de Originalidad para los fines pertinentes.

Nota: Se adjunta el resultado con Identificador de la entrega: 2732824734

Ayacucho, 21 de agosto de 2025

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Ing. Edgar Tenorio Mancilla
Coordinador de Control de originalidad de
trabajo de Investigación Tesis - FCA

Frecuencia de aplicación de
estimulantes del crecimiento
radicular en arándano
(*Vaccinium corymbosum* L.),
Huamanga a 2750 msnm.
Ayacucho-2022

por Blanca Stefanny PARADO MEDINA

Fecha de entrega: 21-ago-2025 05:58a. m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2732824734

Nombre del archivo: UNIVERSIDAD_NACIONAL_DE_SAN_CRISTÓBAL_DE_HUAMANGA.pdf (3.29M)

Total de palabras: 26568

Total de caracteres: 127867

Frecuencia de aplicación de estimulantes del crecimiento radicular en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), Huamanga a 2750 msnm. Ayacucho-2022

INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

14%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga Trabajo del estudiante	4%
2	repositorio.unsch.edu.pe Fuente de Internet	3%
3	alaronline.org Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unasam.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	www.calstiendavirtual.cl Fuente de Internet	1%
6	repositorio.lamolina.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	arandanosperu.pe Fuente de Internet	<1%
8	helvia.uco.es Fuente de Internet	<1%

9	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
10	repositorio.utc.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
11	repositorio.uptc.edu.co Fuente de Internet	<1 %
12	colposdigital.colpos.mx:8080 Fuente de Internet	<1 %
13	faz.ujed.mx Fuente de Internet	<1 %
14	Submitted to Universidad San Ignacio de Loyola Trabajo del estudiante	<1 %
15	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1 %
16	www.fontagro.org Fuente de Internet	<1 %
17	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
18	purl.org Fuente de Internet	<1 %
19	revistas.unitru.edu.pe Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias

< 30 words

Excluir bibliografía

Activo

Frecuencia de aplicación de estimulantes del crecimiento radicular en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), Huamanga a 2750 msnm. Ayacucho-2022

Frequency of application of root growth stimulants in blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.), Huamanga at 2,750 meters above sea level. Ayacucho-2022

Blanca Stefanny Parado Medina¹,
blanca.parado.01@unsch.edu.pe

Juan Ramiro Palomino Malpartida²
juan.palomino@unsch.edu.pe

Cayo García-Blásquez Morote³
cayogbm@gmail.com

Áreas de investigación: Medio Ambiente
Línea de investigación: Sistemas de Producción Agrícola

RESUMEN

El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) requiere prácticas de manejo agronómico que favorezcan el enraizamiento para optimizar la absorción de agua y nutrientes. Se evaluó el efecto de dosis y frecuencia de aplicación de *Azospirillum brasilense* y auxina + citoquinina (A+C) en plantas de arándano variedad “Biloxi” de dos meses de edad, bajo condiciones de vivero. El experimento se desarrolló con un diseño completamente randomizado (DCR), siete tratamientos y seis repeticiones, utilizando la prueba de Tukey para la comparación de medias. El tratamiento T3 (*Azospirillum*, 20 mL, una sola aplicación) destacó por su mayor número de hojas (216,17), longitud de ramas (29,52 cm), peso seco de raíz (141,74 g) y peso seco total (376,06 g). El tratamiento T5 (A + C, 10 mL, una aplicación) obtuvo la

mayor altura (60,25 cm). Se concluye que la aplicación de *Azospirillum* a 20 mL, en una sola aplicación, mejora significativamente el crecimiento y calidad de planta, constituyendo una alternativa sostenible.

Palabras clave: *Azospirillum*, auxina + citoquinina, dosis, frecuencia.

ABSTRACT

Blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) cultivation requires practices that enhance root development to optimize water and nutrient uptake. This study evaluated the effect of dosage and application frequency of *Azospirillum brasilense* and auxin+cytokinin (A+C) on two-month-old ‘Biloxi’ blueberry plants under nursery conditions. The experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with seven treatments and six replications, applying Tukey’s test for mean

comparisons. Treatment T3 (*Azospirillum*, 20 mL, single application) recorded the highest number of leaves (216.17), branch length (29.52 cm), root dry weight (141.74 g), and total dry weight (376.06 g). Treatment T5 (A+C, 10 mL, single application) achieved the greatest plant height (60.25 cm). It is concluded that a single application of *Azospirillum* at 20 mL significantly improves plant growth and quality, representing a sustainable alternative.

Keywords: *Azospirillum*, auxin + cytokinin, dosage, frequency

I. INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) es una fruta de alto valor nutricional y creciente demanda en el mercado internacional, con dos tipos principales de cultivo: Lowbush blueberry y Highbush blueberry, que incluyen diversas variedades comerciales (MIDAGRI, 2016). En Perú, este cultivo se ha posicionado como uno de los principales productos de exportación, y la región de Ayacucho presenta condiciones ecológicas favorables, como mayor número de horas frío, que contribuyen a la calidad del fruto. (Tanta, 2024).

No obstante, el sistema radicular del arándano se caracteriza por la escasez de pelos absorbentes, lo que limita la absorción de agua y nutrientes y aumenta su vulnerabilidad a condiciones de sequía o

exceso hídrico (García et al., 2018). Para mejorar el enraizamiento, se emplean bioestimulantes y bacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR), como *Azospirillum brasilense*, que han demostrado ser alternativas sostenibles y eficientes (Valencia et al., 2021; Sun et al., 2024).

En este contexto, en el presente estudio se propone determinar la mejor dosis y frecuencia de aplicación de *Azospirillum brasilense* en comparación con el estimulante a base de auxina + citoquinina en el cultivo de arándano variedad “Biloxi”, con el propósito de mejorar el desarrollo radicular y la calidad de planta.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Ubicación del experimento

La investigación se llevó a cabo en el laboratorio de Horticultura y Semillas de la Escuela Profesional de Agronomía, perteneciente a la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicada en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga y Departamento de Ayacucho a 2750 msnm, cuyas coordenadas son 13°08'20.07" Latitud Sur y 74°13'13.70" Longitud oeste.

2.2. Análisis de sustrato

El sustrato utilizado para el soporte de las plántulas de arándano fue turba rubia (60%), fibra de coco (20%), cascarilla de arroz y

diatomeas (20%), considerando un 80% de retención y 20% de aireación. El sustrato utilizado presentó un pH = 7.9 (ligeramente alcalino), CE = 1.5 dS/m (ligeramente salino), materia orgánica (%) = 51.89, nitrógeno total (%) = 0.99, fósforo (P₂O₅) (%) = 0.44 y potasio (K₂O) (%) = 0.15, estos datos fueron obtenidos en el Laboratorio de Suelos, Aguas y Foliare del Instituto Nacional de Innovación Agraria.

2.3. Factores en estudio

Los factores estudiados fueron los siguientes:

a) Estimulante y PGPR

- Auxina (11mg/L) + citoquinina (0.031 mg/L) = (A + C)
- *Azospirillum brasilense*, inoculante líquido con concentración de 1×10^8 UFC/mL

b) Dosis (D)

- 10 mL
- 20mL

c) Frecuencia (F)

- 0 (una sola aplicación al inicio)
- Cada 30 días

2.4. Diseño experimental

Para organizar las unidades experimentales se utilizó en Diseño Completamente Randomizado (DCR), con arreglo factorial diferenciado: *Azospirillum brasilense* 2D x

2F + (auxina + citoquinina) 1D x 2F + Testigo, resultando 7 tratamientos, 6 repeticiones, 42 unidades experimentales empleando una plántula de arándano (*Vaccinium corymbosum* L). Se desarrolló el análisis de varianza (ANVA) y la prueba de Tukey con un nivel de confianza del 95%. El modelo aditivo lineal es el siguiente:

$$Y_{ijk} = \mu + A_i + B_j + C_k + (AB)_{ij} + (AC)_{ik} + (BC)_{jk} + (ABC)_{ijk} + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = valor observado

μ = media general

A_i = efecto del estimulante

B_j = efecto de la dosis

C_k = efecto de la frecuencia

$(AB)_{ij}$ = interacción estimulante × dosis

$(AC)_{ik}$ = interacción estimulante × frecuencia

$(BC)_{jk}$ = interacción dosis × frecuencia

$(ABC)_{ijk}$ = interacción triple

ε_{ijk} = error aleatorio

2.5. Tratamientos

Los tratamientos realizados se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2.1*Descripción de tratamientos*

Tratamiento	Descripción
T1	Azosp. 10mL/ 0(una sola aplicación)
T2	Azosp. 10mL/cada 30 días (por 5 meses)
T3	Azosp. 20mL/ 0(una sola aplicación)
T4	Azosp. 20mL/cada 30 días (por 5 meses)
T5	(A+C) 10mL/ 0(una sola aplicación)
T6	(A+C) 10mL/cada 30 días (por 5 meses)
T	Testigo

Nota: (A+C) = auxina + citoquinina

2.6. Variables de evaluación

Las evaluaciones de la planta se realizaron 25 días después de cada inoculación, realizándose 5 evaluaciones.

a. Altura de la planta (cm)

Se midió con un flexómetro la altura de cada planta, desde el cuello de esta, hasta la parte más alta.

b. Numero de ramas por planta

Se contabilizó manualmente el número de ramas principales que presentaba cada planta de arándano.

c. Longitud de ramaa

Se midió con un flexómetro cada rama, midiendo desde la unión de la rama principal hasta la punta de cada rama.

d. Número de hojas

Se contabilizó manualmente el número de

hojas que presentaba la planta.

e. Diámetro del tallo (cm)

Se utilizó un vernier, para medir diámetro del cuello de cada planta de arándano.

f. Peso seco y fresco parte aérea de la planta (g)

Con una balanza electrónica se procedió a pesar toda la parte aérea de la planta, después se colocó todas las ramas y hojas de la planta en sobres de papel que fueron llevados a la estufa a 65°C por dos días para su secado, luego se procedió al pesado, esto se realizó al final de la evaluación.

g. Longitud de raíz (cm)

Se midió con un flexómetro la raíz, desde el cuello hasta la raíz más larga que presentaba la planta.

h. Peso seco y fresco de la raíz (g)

Se limpió la raíz para eliminar los restos del sustrato, posterior a ellos se lavó la raíz para remover completamente el suelo adherido, después con papel toalla se secó la raíz para eliminar el exceso de agua superficial, de ahí se procedió a pesar en una balanza electrónica, después en sobres de papel se colocó las raíces y se puso en la estufa a 65°C por dos días para su secado, luego se procedió a pesar, esto se realizó al final de la evaluación.

i. Índice de calidad de Dickson

Para evaluar las características de las plántulas que se aplicaron en diferentes combinaciones, para poder dar el peso adecuado a cada factor, se utilizó la siguiente fórmula, propuesta por Alexander Dickson, Albert Leaf y John Hosner en 1960:

$$ICD = \frac{\text{Peso seco de planta}}{\frac{\text{Altura de tallo}}{\text{Diámetro de tallo}} + \frac{\text{Peso seco de tallo y hojas}}{\text{Peso seco de raíz}}}$$

j. Coeficiente de esbeltez

Rodríguez (2008), evaluó la relación entre la altura y el diámetro del tallo de la planta. Este coeficiente es importante porque ayuda a determinar la resistencia estructural de la planta frente a factores externos:

$$CE = \frac{\text{Altura de tallo}}{\text{Diámetro de tallo}}$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Crecimiento de las plantas

El crecimiento y desarrollo de las plantas de arándano se evaluó desde el 26 de junio de 2024 (día 0) hasta el 25 de noviembre de 2024 (día 152).

3.1.1. Altura de la planta

Tabla 3.1

Prueba de Tukey de la altura (cm) de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T5	A+C	10	1	60.25	126.8	a
T3	Azospirillum	20	1	59.33	124.9	a
T6	A+C	10	5	56.92	119.8	a
T2	Azospirillum	10	5	54.83	115.4	a
T1	Azospirillum	10	1	51.83	109.1	a
T4	Azospirillum	20	5	47.83	100.7	a
T7	Testigo	0	0	47.50	100.0	a

La variabilidad en el tamaño de la planta estuvo comprendida entre 47.50 a 60.25 cm que correspondieron al “Testigo” y “(A+C), 10 mL, 1 aplicación” respectivamente, la diferencia entre estos dos tratamientos representa un 26.8 % de incremento. Mediante la prueba de Tukey no se encontró diferencia significativa entre los tratamientos.

Lopes et al. (2024) consideran que la aplicación de productos bioestimulante derivados de algas marinas como la *Ecklonia máxima* mejora los suelos agrícolas, por ser fuentes de fitohormonas como las auxinas, citoquininas, ácido abscísico, giberelinas, etileno o brasinoesteroides. El enraizante (A+C) es uno de los productos que este hecho a base de algas marinas lo que promueve a mejorar la absorción y utilización de nutrientes por parte de las plantas.

3.1.2. Número de ramas

Tabla 3.2

Prueba de Tukey del número de ramas de plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	5.00	142.9	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	4.83	138.1	a
T6	A+C	10	5	4.83	138.1	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	4.67	133.3	a
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	4.50	128.6	a
T5	A+C	10	1	4.50	128.6	a
T7	Testigo	0	0	3.50	100.0	a

Mediante la prueba de Tukey no presenta diferencias significativas entre los tratamientos. El número de ramas que presentó la planta varió entre 3.50 a 5 que correspondieron al “testigo” y “*Azospirillum*, 10mL, 5 aplicaciones” respectivamente, la diferencia entre estos dos tratamientos representa un 42.9% de incremento.

Momoli (2018), en los resultados que obtuvo en la inoculación con *Azospirillum brasilense*, en plantas de mirtilo, da un valor promedio de 9 ramas/planta, mientras el tratamiento testigo presentó un número menor, observándose un aumento del 58% en el número de ramas en relación al testigo. Los estudios demuestran efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las ramas.

3.1.3. Longitud de rama

Tabla 3.3

Prueba de Tukey de la longitud (cm) de rama de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	29.52	113.0	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	28.94	110.9	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	27.36	104.8	a
T5	A+C	10	1	26.58	101.8	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	26.11	100.0	a
T6	A+C	10	5	23.20	88.9	a
T7	Testigo	0	0	20.80	79.7	a

En la tabla 3.3 se presenta la prueba de

Tukey que no muestra diferencias significativas entre los tratamientos. La longitud de ramas varió entre 20.80 a 29.52 que correspondieron al “testigo” y “*Azospirillum*, 20mL, 1 aplicación” respectivamente, la diferencia entre estos dos tratamientos representa un 33.3% de incremento en el tamaño de las ramas.

Minh (2018), menciona que el efecto del *Azospirillum* en las plantas promueve el mayor crecimiento vegetativo, lo que puede incluir un aumento en la longitud de las ramas, con incrementos que van de un 10% a un 30% en comparación con plantas no tratadas.

3.1.4. Número de hojas

Tabla 3.4

Prueba de Tukey del número de hojas de plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	216.17	149.3	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	203.17	140.3	a b
T5	A+C	10	1	195.83	135.2	a b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	176.50	121.9	a b
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	144.83	100.0	a b
T6	A+C	10	5	141.67	97.8	a b
T7	Testigo	0	0	135.33	93.4	b

En la tabla 3.4 se muestra los resultados de la prueba de Tukey para el número de hojas por planta de arándano, mostraron que el tratamiento “*Azospirillum*, 20mL, 1 aplicación” obtuvo el mayor número de hojas, con un promedio de 216.17, y el testigo fue el que menor número de hojas tubo con un promedio de 135.33. El mayor número de hojas representa un 55.9 % de

incremento respecto al “Testigo”.

Castañeda et al., (2013) en el experimento que realizó en el cultivo de fresa, en la prueba de Tukey ($p < 0.05$) muestra que existen diferencias significativas con respecto al número de hojas, siendo el tratamiento T3 (*Azospirillum*) quien presentó mayor cantidad de hojas, y el resto de los tratamientos fueron estadísticamente inferiores.

3.1.5. Diámetro de tallo

Tabla 3.5

Prueba de Tukey del diámetro (cm) de tallo de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	0.86	178.8	a
T5	A+C	10	1	0.86	178.8	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	0.86	178.5	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	0.81	167.7	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	0.80	165.6	a
T6	A+C	10	5	0.77	160.1	a
T7	Testigo	0	0	0.48	100.0	b

De la tabla 3.5 los resultados de la prueba de Tukey, se observa que todos los tratamientos fueron significativamente superior al testigo. El tratamiento “*Azospirillum*, 20mL, 1 aplicación” obtuvo el mayor diámetro de tallo, con un promedio de 0.86 cm, y el testigo fue el que menor diámetro presentó de 0.48 cm, en comparación de estos dos tratamientos se observa que hay un incremento en el diámetro en un 78.8%.

Díaz et al. (2015), mediante un estudio respuesta de la soya a inoculantes, el mayor diámetro lo obtiene el Cell-Tech (inóculo), seguida del *Azospirillum brasilense*, pero en

la prueba de Tukey realizada, no muestran diferencias significativas, por lo que considera al *Azospirillum* como un inoculante de gran efectividad.

3.1.6. Longitud de la raíz

Tabla 3.6

Prueba de Tukey de la longitud (cm) de la raíz de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	28.20	120.0	a
T5	A+C	10	1	28.04	119.3	a
T6	A+C	10	5	27.64	117.6	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	26.24	111.7	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	25.90	110.2	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	25.80	109.8	a
T7	Testigo	0	0	23.50	100.0	a

En la prueba de Tukey de la longitud de la raíz, la tabla 3.6, muestra que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, pero se puede observar que el tratamiento con “*Azospirillum* 20mL, 1 aplicación” presenta un promedio de 28.20cm y el “testigo” un promedio de 23.50 mostrando un incremento de 20%.

Castañeda et al. (2013) en sus resultados obtuvieron que las plantas de fresa inoculadas con *Azospirillum* tienen una longitud de raíz de 36.7cm, el tratamiento con fertilización química 36.3 cm y el testigo con 32 cm. Pedraza et al. (2010), reportan el aumento de la longitud en los pelos radiculares en fresa por la inoculación con *Azospirillum*.

3.1.7. Peso fresco de la raíz

Tabla 3.7

Prueba de Tukey del peso fresco (g) de la

raíz de las plantas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	795.46	241.5	a
T5	A+C	10	1	733.88	222.8	a
T6	A+C	10	5	705.48	214.2	a
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	668.84	203.1	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	588.94	178.8	a b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	537.34	163.1	a b
T7	Testigo	0	0	329.38	100.0	b

En prueba de Tukey realizada para el peso fresco de la raíz, se muestra que no existen diferencias significativas entre los promotores de crecimiento (PGPR), mientras que el tratamiento “*Azospirillum* 20mL, 1vez y 5 veces”, “(A+C) 10 mL con dosis de 1 y 5 veces” si muestran diferencias significativas con el “Testigo”. El mejor tratamiento muestra un incremento de 41.5% con referencia del testigo.

3.1.8. Peso seco de la raíz

Tabla 3.8

Prueba de Tukey del peso seco de la raíz (g) de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	141.74	166.0	a
T5	A+C	10	1	138.04	161.7	a
T6	A+C	10	5	132.58	155.3	a b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	119.06	139.5	a b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	118.84	139.2	a b
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	104.92	122.9	a b
T7	Testigo	0	0	85.36	100.0	b

La prueba de Tukey respecto al peso seco de la raíz (Tabla 3.8), no muestra diferencias significativas entre *Azospirillum* y (A+C), pero si me muestran diferencias con el “Testigo”. El “*Azospirillum* 20 mL de 1 vez” tiene un promedio de 141.74 g y el testigo un promedio de 85.36 g, mostrando un

incremento de 66%.

Castañeda et al. (2013), en sus resultados del peso seco de la raíz en fresa muestra que no existen diferencias significativas entre tratamientos, pero el *Azospirillum* numéricamente presenta 2.073 g y el testigo 2.057g

3.1.9. Peso fresco aéreo

Tabla 3.9

Prueba de Tukey del peso fresco (g) aéreo de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T5	A+C	10	1	674.92	200.6	a
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	672.34	199.8	a
T6	A+C	10	5	659.44	196.0	a b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	572.44	170.1	a b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	504.58	150.0	b c
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	413.22	122.8	c d
T7	Testigo	0	0	336.48	100.0	d

La prueba de Tukey respecto al peso fresco aéreo (Tabla 3.9), muestra diferencias significativas entre los promotores de crecimiento vegetal (PGPR), así como también con el testigo. En ambos tratamientos de (A+C), *Azospirillum* de 20mL con 1 sola dosis y *Azospirillum* de 10mL con 5 dosis no se encontraron diferencias significativas. Entre el *Azospirillum* 10 mL con 5 dosis y el *Azospirillum* 20 mL con 5 dosis si existen diferencias significativas. En la tabla también se muestra el incremento que tiene el mejor tratamiento con relación al testigo que es un 100.6 % y en relación al mejor tratamiento con *Azospirillum* un incremento de 96%.

3.1.10. Peso seco aéreo

Tabla 3.10

Prueba de Tukey del peso seco aéreo (g) de la planta de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T5	A+C	10	1	234.78	211.7	a
T3	Azospirillum	20	1	234.32	210.3	a
T6	A+C	10	5	219.56	197.9	a b
T2	Azospirillum	10	5	198.20	178.7	a b
T1	Azospirillum	10	1	160.58	144.8	b c
T4	Azospirillum	20	5	124.88	112.6	c
T7	Testigo	0	0	110.92	100.0	c

La prueba de Tukey respecto al peso seco foliar (Tabla 3.10), muestra diferencias significativas entre los promotores de crecimiento vegetal (PGPR) y el testigo. En la tabla también se muestra que el “A+C” es el mejor tratamiento con 211.7% y el que tiene el peso más bajo es el “Testigo” con 100.0 % y el incremento es de 111.7%.

Los extractos de algas marinas son usados como bioestimulante, debido a que incentivan a la planta a producir hormonas, lo que contribuye a la absorción de nutrientes que se encuentran presentes en el suelo, esto trae beneficios para la planta como es el aumento de su crecimiento, resistencia a enfermedades fúngicas y bacterianas y adaptarse a condiciones de estrés (Zermeño et al., 2015).

3.1.11. Peso fresco total

Tabla 3.11

Prueba de Tukey del peso fresco total (g) de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	Azospirillum	20	1	1403.58	198.7	a
T5	A+C	10	1	1282.98	181.6	a
T6	A+C	10	5	1266.96	179.3	a
T2	Azospirillum	10	5	1189.76	168.4	a b
T1	Azospirillum	10	1	1172.26	165.9	a b
T4	Azospirillum	20	5	1170.70	165.7	a b
T7	Testigo	0	0	706.50	100.0	b

En la tabla 3.11, se muestra la prueba de Tukey realizada para el peso fresco total, y se observa que los promotores de crecimiento vegetal (PGPR) tienen diferencia significativa con el testigo, también se observa que el “Azospirillum 20mL, 1 dosis” tiene el promedio más alto que es 1403.58, y el más bajo el “Testigo” con 706.50, se puede decir que el incremento con el Azospirillum presenta un 98.7%.

Afonso (2022) describe que las PGPR influyen en el rendimiento de la planta de varias maneras como es el crecimiento, absorción de micro y macronutrientes, el contenido de clorofila y minerales, por lo que influye en el peso de la planta y el tamaño del fruto.

3.1.12. Peso seco total de la planta

Tabla 3.12

Prueba de Tukey del peso seco total (gr) de plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T3	Azospirillum	20	1	376.06	191.6	a
T5	A+C	10	1	372.82	189.9	a
T6	A+C	10	5	361.30	184.1	a
T2	Azospirillum	10	5	317.04	161.5	a b
T1	Azospirillum	10	1	279.64	142.5	a b c
T4	Azospirillum	20	5	229.80	117.1	b c
T7	Testigo	0	1	196.28	100.0	c

La prueba de Tukey respecto al peso seco de la planta (Tabla 3.12), muestra diferencias

significativas entre los promotores de crecimiento vegetal (PGPR), A+C y el testigo. En la tabla también se muestra que el “*Azospirillum* 20mL, 1 dosis” es el mejor tratamiento con un promedio de 376.06, que representa el 191.6% y el que tiene el peso más bajo es el “Testigo” con un promedio de 196.28 y representa el 100.0 %, por lo que se puede decir que hubo un incremento de 91.6%.

Dominguez et al. (2020), en su investigación concluye que la inoculación de *Azospirillum brasilense*, muestra un aumento de la materia seca y fotosintética, el aumento de masa seca de la raíz fue un 70% y en la parte aérea fue de 43.5%

3.2. Calidad de plántula

3.2.1. Índice de calidad de Dickson

Tabla 3.13

Prueba de Tukey del índice de calidad de Dickson de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T5	A+C	10	1	5.44	260.5	a
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	5.36	256.9	a
T6	A+C	10	5	4.90	234.9	a
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	4.51	215.8	a b
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	4.33	207.3	a b
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	3.95	189.0	a b
T7	Testigo	0	0	2.09	100.0	b

La prueba de Tukey del índice de calidad de Dickson (Tabla 3.13), muestra diferencias significativas entre (A+C)-*Azospirillum* y el testigo. En la tabla también se muestra que el “A+C 10mL, 1 dosis” es el mejor tratamiento con un promedio de 5.44, que

representa el 260.5% y el que tiene el peso más bajo es el “Testigo” con un promedio de 2.09 y representa el 100.0 %, por lo que se puede decir que hubo un incremento de 160.5%.

El índice de calidad de Dickson es uno de los parámetros para indicar la calidad de la planta, ya que muestra el equilibrio que puede mostrar en relación a la distribución de la masa y robustez, y esto sirve para seleccionar plantas que tienen un buen vigor y descartar aquellas que tienen un bajo crecimiento y desarrollo (Sáenz et al., 2014).

3.2.2. Coeficiente de esbeltez

Tabla 3.14

Prueba de Tukey del coeficiente de esbeltez de las plantas de arándano (Vaccinium corymbosum L.)

Tratamiento	Bioestimulante	Dosis	Frecuencia	Promedio	%	Tukey 0.05
T4	<i>Azospirillum</i>	20	5	57.89	61.5	a
T3	<i>Azospirillum</i>	20	1	64.66	68.8	a
T1	<i>Azospirillum</i>	10	1	65.94	70.1	a
T5	A+C	10	1	69.91	74.3	a b
T2	<i>Azospirillum</i>	10	5	70.33	74.8	a b
T6	A+C	10	5	79.76	84.8	a b
T7	Testigo	0	0	94.05	100.0	b

En la tabla 3.14 se muestra la prueba Tukey del coeficiente de esbeltez de la planta de arándano, mostrando diferencias significativas entre *Azospirillum* vs Testigo. El “*Azospirillum* 20mL, 5 dosis” tiene un promedio de esbeltez de 57.89 y el testigo con una esbeltez de 94.05, esto nos da un indicador de la resistencia estructural de la planta.

Gonzales (2001), establece que índices de coeficiente de esbeltez mayores al 81% serían inestables, presentando una debilidad estructural, susceptible a quebrarse y deficiencias nutricionales, mientras que las plantas con una esbeltez menor de 80%, serían más estables, teniendo un tallo firme y erecto, sistema radicular que permite un buen soporte y crecimiento equilibrado.

Tabla 3.15

Coefficientes de correlación del N P K de las hojas y las características de las plantas de Arándano (Vaccinium corymbosum L.)

	Nitrógeno total	Fosforo	Potasio	Altura de plantas	Nº de ramas	Tamaño de rama promedio	Tamaño total de rama	Número de hojas	Diámetro de tallo	Tamaño de raíz	Peso fresco de la raíz	Peso seco de la raíz	Peso fresco aéreo	Peso seco aéreo	Peso fresco total	Peso seco total	ICD	CE
	%	%	%	cm	cm	cm	cm	cm	cm	g	g	g	g	g	g	g		
	N1	P2	K3	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10	Y11	Y12	Y13	Y14	Y15
N	1.000	0.91	0.49	0.66	0.67	-	0.23	0.10	0.610	0.80	0.75	0.81	0.77	0.79	0.78	0.76	29	95
P	0.00	1.000	0.47	0.86	0.47	0.038	0.25	0.30	0.477	0.83	0.71	0.85	0.93	0.93	0.73	0.92	79	38
Y1	0.26	0.00	1.000	0.27	0.26	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.61	0.82	0.145	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03
Y2	0.10	0.00	0.27	1.000	0.41	0.14	0.63	0.30	1	0.30	0.48	2	0.02	0.12	0.88	0.47	0.95	0.32
Y3	0.09	0.00	0.26	0.06	1.000	0.47	0.29	0.9	4.6	0.46	0.39	0	0.83	0.71	0.85	0.93	0.73	0.92
Y4	0.611	0.00	0.98	0.235	0.06	1.000	0.98	0.235	0.6	0.611	0.61	0.82	0.145	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03
Y5	0.61	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.61	0.82	0.145	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03
Y6	0.82	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.82	0.145	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03
Y7	0.145	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.145	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03
Y8	0.03	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Y9	0.05	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Y10	0.04	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Y11	0.02	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Y12	0.03	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Y13	0.03	0.00	0.98	0.235	0.06	0.98	0.235	0.6	0.611	0.03	0.05	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
ICD	0.78	0.76	0.79	0.78	0.76	0.79	0.78	0.76	0.79	0.78	0.76	0.79	0.78	0.76	0.79	0.78	0.76	0.79
CE	0.42	0.27	0.42	0.42	0.27	0.42	0.42	0.27	0.42	0.42	0.27	0.42	0.42	0.27	0.42	0.42	0.27	0.42

raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco total, peso seco de planta y el índice de calidad de Dickson. El contenido de fósforo de las hojas está asociado positivamente con el tamaño de la raíz, peso seco de la raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso seco de planta y el índice de calidad de Dickson. No se encontró asociación entre el contenido de potasio y los caracteres de la planta. El índice de calidad de Dickson está asociado con la altura de planta, número de ramas, tamaño total de rama, número de hojas, diámetro de tallo, tamaño de la raíz, peso fresco de la raíz, peso seco de la raíz, peso fresco aéreo, peso seco aéreo, peso fresco total y peso seco de planta (p < 0.05) (Tabla 3.15)

CONCLUSIONES

1. Se determinó que la mejor dosis y frecuencia óptima de aplicación de *Azospirillum brasilense* correspondieron al tratamiento T3 (*Azospirillum*, 20 mL, una aplicación), el cual presentó los mejores resultados en crecimiento y desarrollo del arándano.
2. El mejor índice de calidad de Dickson se obtuvo con el tratamiento T5 (A+C, 10 mL, una aplicación), con un promedio de 5,44, mientras que el mayor coeficiente de esbeltez correspondió al tratamiento T4 (*Azospirillum*, 20 mL, cinco aplicaciones), con un promedio de 57,89.

El contenido de nitrógeno de las hojas está asociado positivamente con el tamaño de la raíz, peso fresco de la raíz, peso seco de la

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afonso, S.; Oliveira, I.; Meyer, A. & Goncalves, B. (2022). Biostimulants to Improved Tree Physiology and Fruit Quality: A Review with Special Focus on Sweet Cherry. 12(3), 659. <https://doi.org/10.3390/agronomy12030659>
- Castañeda, C.; Gómez, G.; Tapia, E.; Núñez, O.; Barajas, J.S. & Rujano, M.L. (2013). Efecto de *Azospirillum brasilense* y fertilización química sobre el crecimiento, desarrollo, rendimiento y calidad de fruto de fresa (*Fragaria x ananassa* Duch). Vol. 38, N° 10. <https://www.redalyc.org/pdf/339/33929482008.pdf>
- Díaz, A., Magallanes, A.; Aguado, A. & Hernández, J.L. (2015). Respuesta de la soya a inoculantes microbianos en el norte de Tamaulipas, México. Rev. Mex. Cienc. Agríc vol.6 N°.2. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-09342015000200001.
- Dominguez, C.; Cecato, U.; Trento, T.; Mamédio, D. & Galbeiro, S. (2020). *Azospirillum* spp. en gramíneas y forrajeras. Rev. mex. de cienc. Pecuarias. Vol.11, N°.1. <https://doi.org/10.22319/rmcp.v11i1.4951>
- García, J., García, G. y Ciordia, M. (2018). El cultivo del arándano en el norte de España-SERIDA. Recuperado de: <http://www.serida.org/pdfs/7452.pdf>
- González, M. (2001). Introducción a la silvicultura general. Universidad de León. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agraria. España. 271 p.
- Lopes, T.; Silva, A.P.; Ribeiro, C.; Carvalho, R.; Aires, A.; Vicente, A. & Goncalves, B. (2024). *Ecklonia maxima* and Glycine–Betaine–Based Biostimulants Improve Blueberry Yield and Quality. *Horticulturae*,10(9), 920; <https://doi.org/10.3390/horticulturae10090920>.
- MIDAGRI. (2016). Dirección General De Políticas Agrarias. El arándano en el Perú y el mundo. Recuperado de: <https://bibliotecavirtual.midagri.gob.pe/index.php/analisis-economicos/boletines/2016/36-el-arandano-en-el-peru-y-el-mundo/file>.
- Minh, N. (2018). Biostimulant effects of rhizobacteria on wheat growth and nutrient uptake under contrasted N supplies. https://orbi.uliege.be/bitstream/2268/228603/1/2018.10.15_PhD%20Thesis_%20Nguyen%20Minh%20Luan.pdf
- Momoli, L. (2018). Crecimiento e desenvolvimiento de plantas de mirtilo, cultivar Clímax, inoculadas con *Azospirillum brasilense*. Universidad

- Estatal de Ponta Grossa, Paraná, Brasil.
<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2685/1/Lygia%20Werlang.pdf>.
- Rodríguez, T. (2008). Indicadores de calidad de planta forestal. Universidad autónoma Chapingo. Mundi Prensa México. 156p.
- Saenz, R.J.; Villaseñor R.F.; Muños, F. H.; Rueda S.A. & Prieto, R.J. (2014). Calidad de planta en viveros forestales de clima templado en Michoacan. Folleto Técnico N° 17. pp. 98-111. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63439016008>.
- Sun, W.; Hesam, M. & Soleimani, A. (2024). The Roles of Plant-Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR)-Based Biostimulants for Agricultural Production Systems. 13(5), 613; <https://doi.org/10.3390/plants13050613>
- Tanta, E. (2024). Sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho. <https://repositorio.unsch.edu.pe/handle/20.500.14612/7302>
- Valencia, L.; Bautista, A.; Preciado, A.; Pérez, R. & Chocoteco, J. (2021). Evaluation of Three Commercial Rooters in the First Stage of Vegetative Growth of the Raspberry Plant. <https://www.redalyc.org/journal/944/9472192004/html/>.
- Zermeño, A.; López, B.; Melendres, A.; Ramírez, H.; Cárdenas, J. & Munguía, J. (2015). Extracto de alga marina y su relación con fotosíntesis y rendimiento de una plantación de vid. Rev. Mex. Cienc. Agríc. Vol.6. https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2007-093420150010024