

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del
arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago
de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho**

Para optar el título profesional de:

INGENIERO AGRÓNOMO

PRESENTADO POR:

Bach. Emerson TANTA TECCSI

ASESOR:

Dr. Juan Ramiro PALOMINO MALPARTIDA

AYACUCHO - PERÚ

2024

A Dios, por regalarme la vida, por ser mi fortaleza en la adversidad y por darme la oportunidad de lograr un objetivo importante en mi desarrollo personal.

Con mucho amor, gratitud y orgullo, a mis padres María Teccsi y Diomedes Tanta, quienes son y serán la piedra angular de mi vida, grandes partícipes en la consolidación de mi formación profesional.

A mis amigos, por su apoyo incondicional y a todas las personas que de alguna manera han contribuido a mi crecimiento académico y personal.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a la Escuela Profesional de Agronomía, a los docentes de la Facultad de Ciencias Agrarias y todas las personas que hicieron posible la realización de este trabajo.

A mis asesores, Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida, Dr. Cayo García Blásquez Morote, Ing. Susan Milagros Alarcón Romaní y al Ing. César Juscamaita Castellares, por su orientación y apoyo constante.

Asimismo, expreso mi gratitud a mis familiares y amigos por su apoyo emocional y palabras de aliento.

A la empresa “Ayacucho Berries S.A.C” por cederme el terreno y la infraestructura para la ejecución de este trabajo de investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vii
ÍNDICE DE ANEXOS	viii
RESUMEN.....	1
INTRODUCCIÓN	2
CAPÍTULO I.....	4
MARCO TEÓRICO	4
1.1. Antecedentes	4
1.2. Bases teóricas y conceptuales	6
1.2.1. <i>El cultivo de arándano</i>	6
1.2.2. <i>Taxonomía</i>	6
1.2.3. <i>Descripción botánica</i>	7
1.2.4. <i>Tipos de arándanos existentes</i>	8
1.2.5. <i>Variedad Biloxi</i>	9
1.2.6. <i>Condiciones edafoclimáticas</i>	9
1.2.7. <i>Enfermedades</i>	10
1.2.8. <i>Calendario de producción de arándanos</i>	11
1.2.9. <i>Fenología en condiciones del Perú</i>	11
1.2.10. <i>El uso de sustratos en el cultivo de arándano</i>	11
1.2.11. <i>Tipos de sustratos</i>	12
1.2.12. <i>Antecedentes en formulación de sustratos</i>	16
1.2.13. <i>Promotores del crecimiento vegetal en el cultivo de arándano</i>	17
CAPÍTULO II	22
METODOLOGÍA	22
2.1. Localización del experimento	22
2.1.1. <i>Ubicación política</i>	22
2.1.2. <i>Ubicación geográfica</i>	22
2.1.3. <i>Ubicación ecológica</i>	22
2.2. Condiciones climatológicas	24

2.3. Calidad agronómica del agua de riego	25
2.4. Fuentes de los insumos de sustrato	26
2.5. Materiales.....	26
2.6. Método procedimental	27
2.6.1. <i>Información complementaria</i>	27
2.6.2. <i>Factores de estudio</i>	27
2.6.3. <i>Tratamientos</i>	27
2.6.4. <i>Diseño experimental</i>	28
2.6.5. <i>Distribución de los tratamientos en el campo</i>	29
2.6.6. <i>Análisis estadístico</i>	29
2.6.7. <i>Inoculación de enraizadores (PGPR)</i>	30
2.6.8. <i>Instalación y conducción del experimento</i>	31
2.6.9. <i>Evaluación de las variables de respuesta</i>	39
CAPÍTULO III	41
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	41
3.1. Número de hojas	41
3.2. Número de brotes	43
3.3. Altura de planta	45
3.4. Diámetro de tallos	47
3.5. Materia seca de raíz y parte aérea	49
3.6. Correlación de las variables	51
CONCLUSIONES	52
RECOMENDACIONES	53
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54
ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1. <i>Balance hídrico con datos de estación meteorológica de referencia para la localidad de Santiago de Huatatas</i>	24
Tabla 2.2. <i>Tratamientos</i>	28
Tabla 2.3. <i>Descripción de las unidades experimentales (UE)</i>	29
Tabla 2.4. <i>Evapotranspiración diaria, Kc del cultivo de arándano y cantidad de agua//ha/semana según la fenología del cultivo (semana 1 al 23)</i>	32
Tabla 2.5. <i>Evapotranspiración diaria, Kc del cultivo de arándano y cantidad de agua//ha/semana según la fenología del cultivo (semana 24 al 52)</i>	33
Tabla 2.6. <i>Fertilizantes y nutrientes (%)</i>	34
Tabla 2.7. <i>Plan de nutrición de arándanos mediante el sistema de fertirriego</i>	34
Tabla 3.1. <i>Análisis de varianza del número de hojas de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	41
Tabla 3.2. <i>Análisis de varianza del número de brotes de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	43
Tabla 3.3. <i>Análisis de varianza de la altura de la planta de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	45
Tabla 3.4. <i>Análisis de varianza del diámetro de tallo del arándano (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	47
Tabla 3.5. <i>Análisis de varianza de materia seca de raíz y parte aérea de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	49
Tabla 3.6. <i>Coeficientes de correlación simple de las variables de respuesta evaluadas en arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1. <i>Mapa de ubicación del lugar de experimento, realizado a partir de las cartas nacionales de MINEDU.</i>	23
Figura 2.2. <i>Climograma de referencia para la localidad de Santiago de Huatatas, elaborado a partir de datos de estación meteorológica de INIA.....</i>	25
Figura 2.3. <i>Croquis de la distribución y dimensiones de las unidades experimentales ...</i>	29
Figura 2.4. <i>Dinámica de nitrógeno y potasio en la fenología del cultivo de arándano ...</i>	34
Figura 3.1. <i>Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales de formulaciones de sustratos y de enraizadores para el número de hojas de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.....</i>	42
Figura 3.2. <i>Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales en número de brotes de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	44
Figura 3.3. <i>Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de la planta de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	46
Figura 3.4. <i>Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) del efecto principal enraizadores (PGPR) en el diámetro de tallo de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023</i>	48
Figura 3.5. <i>Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos simples de enraizantes en cada sustrato, para materia seca de la parte aérea de plantas de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.....</i>	50

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Datos recogidos del campo según los tratamientos aplicados</i>	59
Anexo 2. <i>Análisis de varianza de materia seca de raíz y parte aérea de la planta</i>	61
Anexo 3. <i>Plan de control fitosanitario y aplicación de productos bioestimulantes y bioactivadores (Primera poda)</i>	62
Anexo 4. <i>Plan de control fitosanitario y aplicación de productos bioestimulantes y bioactivadores (Segunda poda)</i>	63
Anexo 5. <i>Costos de producción/ha con mejor sustrato y enraizador</i>	64
Anexo 6. <i>Panel fotográfico del proceso de elaboración de tesis</i>	65
Anexo 7. <i>Análisis de agua de riego proveniente del río Huatatas, Ayacucho</i>	76

RESUMEN

El cultivo de arándanos requiere nuevas alternativas que optimicen su producción a nivel comercial. Con el objetivo de evaluar diferentes sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano variedad Biloxi en la localidad de Santiago de Huatatas. Se instaló un experimento factorial bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) empleando la prueba de contraste Tukey para procesar los datos. Se trabajó con 15 tratamientos que resultaron del arreglo factorial de 3 formulaciones de sustratos y 4 enraizadores más un testigo, con 3 repeticiones y 45 unidades experimentales. A los 102 días después de la segunda poda, el sustrato 2 (60% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco y 10% humus de lombriz) resultó el más favorable para el crecimiento de las plantas de arándano, presentando mayor número de hojas, altura y porcentaje de materia seca en comparación con los otros tratamientos y el testigo. Por su parte, el sustrato 3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10 % fibra de coco) mostró valores intermedios en estas variables. El estudio demostró que la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal, como *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium sp*, tuvo un impacto positivo en diferentes aspectos del desarrollo de las plantas de arándano. Si bien *Azospirillum brasilense* destacó en cuanto al número de hojas y altura de planta, la co-inoculación con *Rhizobium sp* favoreció el aumento del diámetro de brote, sugiriendo un posible efecto sinérgico en este parámetro.

Palabras clave: sustratos, enraizadores, arándanos, crecimiento, desarrollo.

INTRODUCCIÓN

La producción nacional de arándanos se concentra en la costa peruana, con poca experiencia en la sierra, como es el caso de Ancash; asimismo, el cultivo de arándanos es muy sensible a los suelos pesados, alcalinos, el mal drenaje y se ve fácilmente afectado por factores climáticos desfavorables, por lo que, combinado con cuidados agronómicos, se puede decir que se trata de un cultivo muy delicado, indica el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2024). En Ayacucho, en la localidad de Santiago de Huatatas, en el distrito de Andrés Avellino Cáceres, existe una plantación de arándanos en plena producción con materia prima de otras regiones.

El sustrato que viene utilizando “Ayacucho Berries S.A.C” está compuesto de insumos como cascarilla de arroz y fibra de coco que son adquiridos en el mercado de Lima. Siendo la función central del sustrato de regular la retención del agua con más nutrientes (N, P, K, micronutriente, ácido fosfórico, reguladores de crecimiento y otros), en la zona existen algunos recursos para poder reemplazar en parte el sustrato descrito como: turba de puna, turba de bosque, suelo franco arenoso, cascarilla de arroz, fibra de coco, humus de lombriz, arcilla y ladrillo molido con la proyección de disminuir costos. Siendo lento el crecimiento de las plantas en los sustratos convencionales, postulamos otros insumos de sustrato y enraizadores que podrían acelerar el crecimiento de las plantas.

Estudios de Sánchez (2022), demuestran que la mezcla de 20% cascarilla de arroz, 10% humus, 30% arcilla, 5% ladrillo molido, 2% carbón, 5% fibra de coco fue más eficiente e idónea para el cultivo de arándanos; También observó diferencia significativa en las variables de diámetro de las hojas y número de hojas evaluadas. Asimismo, Momoli (2018), investigó el efecto de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y desarrollo de arándanos, dando como resultado que la producción por planta y la productividad de las plantas inoculadas fueron superiores en comparación con el testigo.

El experimento se llevó a cabo en condiciones de campo en un sistema de producción comercial. Con la incorporación de los tratamientos en estudio, se plantearon los siguientes objetivos:

Objetivo general

Evaluar diferentes sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano variedad Biloxi en la localidad de Santiago de Huatatas a 2637 msnm.

Objetivos específicos

1. Evaluar el efecto de diferentes sustratos en el crecimiento y desarrollo de las plantas de arándano variedad Biloxi.
2. Conocer la influencia de *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium sp*, *Azospirillum brasilense* más *Rhizobium sp* y Kelpak en el crecimiento y desarrollo de plantas de arándano variedad Biloxi.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Villegas (2021), estudió efectos de tres tipos de sustratos en el desarrollo del arándano cultivado Biloxi, mediante diseño experimental DBCR. Estos sustratos fueron cascarilla de arroz (T1), pindstrup (T2) y fibra de coco mezclada con perlita (T3). El objetivo de la investigación fue determinar el comportamiento vegetativo del cultivo, evaluar características físicas de los sustratos durante el periodo de crecimiento vegetativo y evaluar el beneficio/costo en los tres sustratos. Se evaluaron las siguientes variables: número de brotes, número de hojas, diámetro del brote, altura de la planta, copa, vigor, número de entrenudos, longitud de entrenudos y diámetro de los tallos. Como resultado, se obtuvo que la mezcla de los sustratos de fibra de coco y perlita resultó significativa con mayores valores; asimismo, el mayor beneficio se obtuvo en sustrato de cascarilla de arroz y fibra de coco + perlita, respectivamente.

Álvarez-Robledo et al. (2020), evaluaron tres tipos de sustratos (turba de pino, turba de bosque, pajilla de arroz) en condiciones de Chachapoyas y en tres pisos altitudinales mediante diseño DBCR con arreglo factorial de los tratamientos (variedad x sustrato). El objetivo del estudio fue evaluar el desempeño agronómico de las cuatro variedades de arándanos (*V. corymbosum* L.). Evaluaron las variables de altura de la planta, número de tallos basales, número de ramas por tallo y rendimiento. Encontraron diferencias significativas entre los niveles de ambos factores, pero no hubo efectos de interacción entre ellos; la variedad Biloxi mostró mayor altura de la planta y rendimiento en las distintas áreas establecidas. La mezcla turba de pino + turba de bosque + suelo franco-arenoso resultó ser significativa en la capacidad de ramificación de la planta.

Baldomero et al. (2018), evaluaron 5 tratamientos en cultivar Biloxi, haciendo las mezclas entre los sustratos como corteza de pino, turba, arcilla expandida y vermiculita en diferentes proporciones; asimismo, se aplicaron 5 enraizadores (Root feed, Rootex, Proroot, Harvest more y Metalaxit). Se evaluó en un diseño completamente al azar, cada tratamiento con 5 repeticiones; evaluaron las variables altura de la planta, número de ramas, longitud de ramas, grosor de los tallos y número de frutos. Como resultado, obtuvieron que solo las variables altura y número de frutos fueron significativas en el T1 (corteza de pino + turba + arcilla expandida + vermiculita).

Sánchez (2022), estudió en condiciones de Guayaquil el crecimiento de cultivar Biloxi bajo invernadero; realizó mezclas de los sustratos de cascarilla de arroz, humus, arcilla, ladrillo molido, carbón y fibra de coco. El objetivo fue averiguar la mezcla eficiente y sus efectos en el rendimiento agronómico de la planta. Como resultado, obtuvo que la mezcla de 20% cascarilla de arroz, 10% humus, 30% arcilla, 5% ladrillo molido, 2% carbón, 5% fibra de coco fue más eficiente e idónea para el cultivo de arándano. Se observó diferencia significativa en las variables de diámetro de las hojas y número de hojas evaluadas.

Momoli (2018), investigó el efecto de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y desarrollo de arándanos. El experimento utilizó 3 tratamientos: testigo, *Azospirillum brasilense* AbV5/AbV6 (cepas) estéril y *Azospirillum brasilense* AbV5/AbV6 activo. El objetivo del trabajo fue verificar la producción de arándanos y su calidad fisicoquímica de sus frutos a través de la inoculación. Se han evaluado variables de crecimiento como: número de ramas vegetativas, número de hojas, área foliar, número de frutos, masa fresca, diámetro del fruto, producción por planta; mientras que las variables fisiológicas fueron: tasa de fotosíntesis, conductancia estomática, tasa de transpiración; variables químicas fueron: sólidos solubles, acidez titulable, pH, contenido de antocianinas y contenido de polifenoles totales. Como resultado, se obtuvo que la producción por planta y la productividad de las plantas inoculadas fueron superiores en comparación con el testigo.

1.2. Bases teóricas y conceptuales

1.2.1. El cultivo de arándano

Según Carrera (2012), los arándanos (*Vaccinium sp.*) pertenecen al grupo de plantas arbustivas de porte mediano y hojas caducas. El hemisferio norte es su hábitat natural originario de esta planta. Para Mendoza (2016), el arándano pertenece a la familia *Ericaceae* que son arbustos nativos de Norteamérica. Esta familia se divide en cuatro subfamilias y dentro de esta se ubica *Vaccinioideae* que incluye al género *Vaccinium*. A su vez, dentro de este se ubica el subgénero *Cyanococcus* o arándano verdadero. Dentro del género *Vaccinium* existen aproximadamente 400 especies, de las cuales solo 26 provienen de Norteamérica y el resto son nativos de Asia.

Según el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riegos (MIDAGRI, 2016), se cultivan dos tipos de arándanos que son: Lowbush blueberry (*Vaccinium angustifolium*), que representan a las especies de porte pequeño y Highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum*), estos últimos representan a los arbustos más grandes, que dentro de ellas existen muchas variedades comerciales. Pertenecen a la familia de las frutales berries.

Su cultivo en Perú se inició en los años de 2007 y 2008; para el año 2015 se estimó un área cultivada de 2.5 mil hectáreas con una producción de 10.3 mil toneladas, todos exportados (MIDAGRI, 2016). A nivel del continente americano, Estados Unidos es el principal productor con 45.7% del volumen total, seguido por Canadá con 26.0%, Perú con 21.1% y México con 7.2% (Villegas, 2021).

Posee propiedades curativas medicinales como polifenoles pigmentados, flavonoides, antocianina, tanino y otros fotoquímicos comúnmente ubicados en la piel y semillas (MINAGRI, 2016). Las propiedades del arándano pueden dar efectos fisiológicos diversos como antiinflamatorios, acción antibacteriana, antioxidantes, potencia el sistema inmunológico, reduce el riesgo de enfermedades degenerativas, cardiovasculares, etc. (García & García, 2005).

1.2.2. Taxonomía

Según describe Sastre (2019), la escala taxonómica es de la siguiente manera:

Reino	: Plantae
División	: Magnoliophyta
Clase	: Magnoliopsida
Sub clase	: Dicotyledonae
Orden	: Ericales
Familia	: Ericaceae
Subfamilia	: Vaccinioideae
Tribu	: Vaccinieae
Género	: Vaccinium
Nombre científico	: <i>Vaccinium corymbosum</i> L.
Variedad	: Biloxi

1.2.3. Descripción botánica

a. Raíces

Como describe Mendoza (2016), el sistema radicular es poco profundo, fibroso y tiene poca extensión (además de no tener pelos radiculares), las raíces jóvenes están a cargo de la absorción. Estos pueden contener hasta tres series de células epidérmicas y tener un diámetro de hasta 75 micrones. En su estado natural, estas células coexisten simbióticamente con hongos micorrícicos.

b. Hojas

Las hojas son simples, que están dispuestas en forma alterna a lo largo de la ramilla. Las especies domesticadas todas tienen hojas caedizas, el tamaño de la hoja varía entre 1 a 8 cm de largo y poseen forma ovalada a lanceolada. Tienen hojas de borde entero o aserrado que depende de la variedad. Anatómicamente, se describe que las hojas tienen epidermis compuesta de solo una capa de células empalizadas y una de parénquima esponjoso. Poseen estomas con densidades promedio de 300 unidades por mm² (Mendoza, 2016; García & García, 2005).

c. Flores

Como describe Mendoza (2016), están dispuestas en forma de inflorescencias (racimos). La flor es pedunculada de ovario ínfero que está provisto de 4 a 5 lóculos conteniendo 20 a 30 óvulos en placentación axial. Poseen sépalos de tamaño corto, penta-

lobuladas; la corola es gamopétala, tubular, penta-lobulada con coloración blanca o rosada. Los estambres nacen en la base de la corola de entre 10 unidades; luego terminan rodeando al pistilo totalmente. Las anteras poseen un poro terminal, el cual sirve para la liberación de polen en estado de madurez. El polen maduro persiste, formando tétradas constituidas de 4 granos entre sí. Según García y García (2005), las flores son axilares y terminales, en forma de racimos de 6 a 10 en cada yema.

d. Fruto

Como describen Mendoza (2016) y MINAGRI (2016), es de tipo baya de forma esférica. Para cada variedad puede variar el tamaño entre 0.7 a 2.5 cm de diámetro ecuatorial, de color azul a negro. Su epidermis de frutos contiene secreciones cerosas llamadas pruinas; este fruto puede contener hasta 100 semillas (1.5 mm de largo x 0.8 mm de ancho), y el mesocarpio tiene grosor variable. El fruto es de comportamiento climatérico, que posee un crecimiento en forma de curva de doble sigmoidea. Generalmente, las ramas vigorosas producen bayas más grandes; por ende, existe esta correlación. Para García y García (2005), el fruto es una falsa baya esférica de 13 cm de diámetro, con peso medio de 0.5 a 4 gramos.

1.2.4. Tipos de arándanos existentes

Mendoza (2016); García y García (2005), mencionan que existe diferentes tipos de arándanos como el arándano alto, gigante y bajo; se describe a continuación cada uno de ellos:

a. Arándano alto (*highbush*)

Proviene de cruces entre *V. corymbosum* y *V. australe*, fue la que se cultivó primero, es tetraploide ($2n=4X$) originaria de América del norte, puede alcanzar alturas de 2.5 m, produce fruta de mejor calidad. Esta se clasifica en tres tipos que son:

- **Del sur (*Southern*):** de requerimiento de frío entre 400 a 100 horas, no toleran temperatura inferior a -15°C fuera del invierno, crecen en suelos con pH 4.8 – 5.5. Se puede mencionar algunos cultivares como: Georgiagem, O'Neal, Misty, Floridablue, Biloxi, Star, Emerald, Jewel, Millenia.
- **Del norte (*Northern*):** abarcan 75% de área cultivada en el mundo, se consume en fresco y procesada, provienen de *V. corymbosum* y con poca contribución de *V. australe*, necesitan 800 a 1200 horas-frío, pueden resistir temperaturas de hasta -30°C , son autofértiles, se cultivan en suelos con pH de 4.5 a 5.0.

- **Alturas medias (*Half-highs*):** hibridado de arándanos de alto y bajo, requieren de 800 a 100 horas-frío, resisten - 45°C de temperatura, posee este carácter debido a que a su hábitat natural cubren los nieves en el invierno.

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

Es hexaploide, alcanza de hasta 4 m de altura, nativo de Norteamérica, tolera pH más altos, resiste a sequías, tiene cosecha tardía, posee 400 a 800 horas-frío. Posee la desventaja de tener menor calidad organoléptica. Algunos cultivares: Brightwell, Bonita, Powderblue y Centurión.

c. Arándano bajo (*lowbush*)

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

1.2.5. Variedad Biloxi

La variedad Biloxi es un híbrido con mayor aporte genético de *V. corymbosum*, pertenece al grupo de arándanos southern highbush debido a que requieren menor horas-frío (Mendoza, 2016). Según Gutiérrez (2021), es un arbusto de tamaño mediano con una altura promedio de 1.2 a 1.8 m, diámetro de la copa del arbustivo de 1.0 a 1.2 m, de crecimiento moderadamente vertical con tallos dispersos en la base. Aporta un rendimiento medio de 1 a 2 kg en plantas de 3 años, para su producción requiere 150 a 200 horas-frío (<7°C), requiere pH de 4.4 a 5.5. Posee un sistema de raíces superficiales carentes de pelos absorbentes y de estructura fibrosa; presenta hojas medianas ovaladas o lanceoladas de verde pálido. Presenta una flor con 5 pétalos y sépalos, 8 a 10 estambres y un estilo con ovario ínfero; produce frutos de 1.4 a 1.8 cm de diámetro con peso de 1.6 g en promedio y con coloración violeta-azul, en la superficie de fruto tiene una cera que funciona como mecanismo de defensa ante rayos solares.

1.2.6. Condiciones edafoclimáticas

El cultivo de arándano requiere periodos fríos o también llamados número de horas-frío (por debajo de 7°C) en las estaciones de invierno. Estos requerimientos varían de acuerdo a cada variedad. Los requerimientos de horas-frío para arándanos pueden variar

entre 400-600; pueden soportar temperaturas mínimas de -30°C y máximas de 30°C; las heladas afectan la producción. Los suelos adecuados para este cultivo son los que tienen pH de 4.5-5.5, con una buena aireación, buen drenaje, no soportan suelos pesados, las raíces generalmente ocupan los 25 a 30 cm de profundidad del suelo y, por ende, debe cumplir condiciones adecuadas esta zona (Carrera, 2012). Debe haber suelo de textura ligera con materia orgánica superior a 3% (García & García, 2005).

Como afirma Mendoza (2016), el arándano crece en una amplia gama de climas debido a que su requerimiento de horas-frío varía de 400 a 1100. Los arándanos "ojo de conejo" son resistentes a las sequías, por lo cual tienen menos requerimientos de frío.

1.2.7. Enfermedades

a. *Alternaria* spp.

Causa podredumbre de las bayas, causa lesiones hundidas en los frutos antes de la cosecha, el área afectada está cubierta por esporas de tonalidad verde negruzco y este último hace que se puede deferirse de antracnosis (García & García, 2005).

b. *Botrytis* sp.

Es un hongo relacionado con la pudrición de la baya y las flores, también pueden afectar a los tallos, genera daños perjudiciales en presencia de humedad alta. Se presenta síntomas de flores atizonadas, los brotes, hojas necróticas; como signos se observa conidióforos y conidios en los síntomas (Mendoza, 2016). Este patógeno produce abundante cantidad de micelio gris en las áreas afectadas (García & García, 2005).

c. *Phytophthora* spp.

Afecta a la mayoría de las variedades de arándanos en suelos con alto contenido de humedad, es causado por *Phytophthora cinnamomi*, se presentan los primeros síntomas en coloración amarillado o enrojecimiento de follaje acompañado por necrosis de los bordes. Esta enfermedad causa enanismo debido a pocas hojas y raíces necrosadas; cuando las temperaturas varían de 15 a 28°C, infecta a las raicillas de plantas adyacentes (Mendoza, 2016).

1.2.8. *Calendario de producción de arándanos*

En el hemisferio sur la cosecha inicia en setiembre en zonas cálidas, cuando la temporada esté llegando a su fin, en el hemisferio norte las cosechas inician cosechas tempranas y en zonas cálidas como África (febrero-abril). En el Perú, debido a que existe diversidad de climas, se puede producir arándanos todo el año, pero el mayor volumen se obtiene en setiembre y a noviembre (MINAGRI, 2016).

1.2.9. *Fenología en condiciones del Perú*

Según Flores (2019), el arándano pasa por las siguientes fases fenológicas: brotación, apertura del botón floral, diferenciación floral, flores individuales, flores desarrolladas, apertura y formación de los botones florales, caída de la corola, inicio de la formación del fruto, fruto en estado verde, envero, inicio, mitad y final de la cosecha. La planta se establece entre el primer y segundo año después de la siembra. Según Carrera (2012), las primeras cosechas se realizan entre el tercer y cuarto año, con un aumento del volumen de productividad, y la estabilidad se alcanza a los siete años.

1.2.10. *El uso de sustratos en el cultivo de arándano*

Ochmian et al. (2019), señalan que debido al área de crecimiento del cultivo de arándanos y la falta de suelos orgánicos apropiados, surge la necesidad de buscar alternativas para lograr cultivar arbustos en suelos inadecuados, tales como los suelos arcillosos y alcalinos. Por tal motivo, afirman que se debe evaluar los sustratos disponibles en la región que sean útiles para estos cultivos y determinar cuál es el sistema de cultivo más ventajoso. También es importante conocer el impacto de estos sustratos y la acidificación de la fertilización y el riego sobre las propiedades del suelo.

Aunque en los viveros se han estado cultivando arándanos en sustrato sin suelo durante muchos años, el concepto de producción comercial de frutas en contenedores es una idea relativamente novedosa. Las mezclas de sustrato utilizadas en los viveros contienen con frecuencia turba, fibra de coco, corteza y/o perlita, pero no está claro si estos componentes también son adecuados para la producción de arándanos a largo plazo (Kingston et al., 2017). Las plantas se han cultivado tradicionalmente en contenedores utilizando turba parcialmente descompuesta. La turba es un excelente material para usar en sustratos sin suelo debido a su alta capacidad de retención de agua, alta capacidad de intercambio iónico, resistencia a la

descomposición y relativa abundancia de turberas en el hemisferio norte. Además, la turba tiene un pH naturalmente bajo de 3.5 a 4.5, lo que la convierte en una opción de sustrato popular para plantas ácidas como los arándanos altos (Scagel, 2003).

El empleo de un sustrato adecuado para los requerimientos de las plantas de arándano, permite aprovechar áreas con suelos poco fértiles. Los arándanos requieren de sustratos sin problemas de compactación, con buen drenaje, bien aireado, con alto contenido de materia orgánica (3 a 5 %) y un pH entre 4,5 y 5,5 (Vega et al., 2017).

Según Linares (2021), los sustratos de arándano deben ser orgánicos, no salados, ácidos o neutros, de lenta biodegradación y capaces de retener agua a un ritmo superior al 30% y 40% de su porosidad. De manera similar, enfatiza que la capacidad de aire y la capacidad de retención de agua, ambas mensurables en el campo, son las características físicas más importantes de los sustratos. Cuando utilice una combinación de sustratos para combinar las mejores cualidades de múltiples sustratos para crear un sustrato ideal, tenga en cuenta que las proporciones de los sustratos dependen de la cantidad de aire y agua que se puede retener en la mezcla.

Los sustratos para la producción en el cultivo de arándano que más se adapta son la cascarilla de arroz y la fibra de coco, logrando un correcto crecimiento (Sánchez, 2022).

1.2.11. Tipos de sustratos

a. Turbas

Estos materiales se producen cuando la hierba cortada y los musgos fósiles se descomponen en un ambiente con abundancia de agua y poco oxígeno, lo que permite que los materiales conserven su estructura anatómica durante un período prolongado de tiempo. Por su gran disponibilidad y alta capacidad de retención de agua, es muy utilizado como componente en macetas y recipientes. De manera similar, algunas variedades de turba tienen una gran estabilidad (Boni, 2016).

Las turbas rubias están menos descompuestas y presentan una mayor cantidad de materia, las turbas se encuentran más descompuestas (mineralizadas), por lo que contiene una menor cantidad de materia orgánica. Frecuentemente, las turbas rubias son utilizadas

en cultivos sin suelo, esto se debe a que las turbas negras no tienen una aireación adecuada y presentan elevados contenidos de sales solubles. Las turbas rubias retienen mejor el agua y tienen un buen nivel de aireación, sin embargo, su composición varía de acuerdo a su origen (Infoagro, 2017). Guillén (2021), menciona las propiedades físicas de la turba, la cual posee un 35% de capacidad de retención de agua, 52 % de capacidad de aire, 87 % de porosidad total y 0.11 kg/L densidad aparente.

El uso de turba de la corteza de pino en algunos países está en retroceso, debido a que las cortezas son utilizadas como combustible. El buen compostaje de la corteza de pino es importante para evitar inconvenientes durante su uso, como la inmovilización del nitrógeno, por lo cual debe presentar una relación C/N baja. Muchos vendedores de sustratos utilizan la turba de la corteza de pino hasta un 50 %, logrando una mayor aireación, mejor drenaje y un efecto tampón (Carrillo, 2018).

Fernández et al. (2022), señala que la turba de bosque presenta un alto contenido de materia orgánica (10.55 %) y pH (3.87), así como una textura franco arenoso, facilitando la retención de agua y poniendo a disponibilidad nutrientes esenciales durante el proceso de germinación.

b. Cascarilla de arroz

La cascarilla de arroz es un subproducto de actividades molineras, siendo abundante principalmente en las zonas arroceras de los diferentes países. Es uno de los sustratos más utilizados para los cultivos hidropónicos, en sus dos presentaciones, cruda o parcialmente carbonizada (Carrión, 2011).

Este abono orgánico que está compuesta por celulosa y Sílice, siendo aprovechado en múltiples usos, tales como sustratos, carburante, etc. Como sustrato, la cascarilla de arroz aumenta la disponibilidad del abono orgánico, proporciona mejor aireación, permeabilidad de la humedad, así como mejora la filtración de nutrimentos en el suelo. La cascarilla de arroz presenta un contenido rico en sílice, lo cual brinda a los cultivos resistencia ante los ataques de plagas insectiles y males. Además, favorece en el movimiento macro microbiológico del sustrato, logrando un progreso en el crecimiento y desarrollo de las plantas. En un periodo de tiempo prudencial llega a transformarse en humus. Al

mineralizarse contribuye en la fertilización mediante la disponibilidad de fósforo y potasio, así como reforma la acidez en el sustrato (Carrión, 2011).

En cuanto a las propiedades físicos-químicas, este abono orgánico presenta una baja tasa de descomposición, correcta aireación, baja densidad y de buen drenaje. Sin embargo, su principal costo es el transporte. Las desventajas que presenta la cascarilla de arroz son su baja capacidad de retener la humedad y la deficiente humectabilidad, ya que no se logra una distribución homogénea al usarse como sustrato único en camas o bancadas (Carrión, 2011; Guillén, 2021).

Estudio realizado por Carrillo (2018), en el cultivo de arándano variedad Biloxi hidropónicos, señalan que la mezcla de cascarilla de arroz y composta de pino, 70% de composta de pino y 30% de cascarilla de arroz, lograron una producción acumulada de fruto fresco en arándano de 232.3 g/planta, sólidos solubles totales 13.17 ° Brix y correcta firmeza de los frutos, siendo superior al resto de los sustratos elaborados a base de Tezontle.

c. Fibra de coco

La fibra de coco es un sustrato orgánico con adecuada capacidad de retención de agua (52 %), dependiendo del tamaño de las partículas, presenta una elevada porosidad (64,1-98,3%), baja densidad aparente (0.17 g/cc), aireación (24,2-89,4%). Su CIC oscila entre 38,6 y 7,6 cmol/kg, con un pH entre 4,9 y 6,1; y una conductividad eléctrica que varía entre 0,4 y 4,5 dS/m (Flores, 2021; Guillén, 2021). Está compuesta por lignina y celulosa, sin embargo, las utilizadas en los sustratos son fibras largas y cortas, provenientes del mesocarpo del cocotero (*Cocos nucifera*). Su ventaja sobre la turba es que este sustrato no presenta contracciones o expansiones, además de poner a disponibilidad una gran cantidad de agua. Puede ser utilizada por varios ciclos debido a que en su composición presenta un alto porcentaje de lignina (Carrillo, 2018).

Es utilizada principalmente por sus favorables propiedades físicas, facilidad de manejo y su contribución en la ecología. Pertenecce a la familia de las fibras duras, ya que está compuesta por celulosa y leño, es resistente al impacto y a problemas por enfermedades como las causadas por bacterias. Al agregar la fibra de coco, se tendrá una estructura más abierta, logrando una excelente capacidad de drenaje (Sánchez, 2022).

La fibra de coco es utilizada en mezclas con otros sustratos en los cultivos en viveros, dando como beneficios la alta capacidad de retención de agua, mayor aireación en el sistema radicular, así como su capacidad tampón sobre pH y conductividad eléctrica del medio. Su porosidad favorece el desarrollo vigoroso de las raíces, ya que posee una textura fibrosa y suave que tiene un comportamiento permeable cuando está seca (Sánchez, 2022). En el cultivo de arándano, la mezcla de la fibra de coco y el tezontle tuvo un impacto significativo en la producción de frutos de mayor calibre, mayor concentración de sólidos solubles totales, menor acidez y firmeza (Carrillo, 2018).

Flores (2021), realizó un estudio en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*), variedad Biloxi, dando como resultado que la mezcla de la fibra de coco (50%) y musgo (50%) fue el mejor sustrato en la formación del cepellón en plántulas, obteniendo una excelente retención de agua.

d. Humus de lombriz

Es un abono orgánico proveniente de sustancias orgánicas de origen animal o vegetal bajo condiciones adecuadas; en su contenido se encuentra principalmente el carbono, oxígeno, nitrógeno e hidrógeno y una gran cantidad de microorganismos benéficos, hormonas y elementos esenciales. Posee diversos usos, como sustrato para plantas, fertilizante orgánico, enraizador, enmienda orgánica, abono foliar y bioinsecticida. Su función principal es la bioestabilidad, evitando llegar a la etapa de fermentación o putrefacción. Al tener una elevada solubilidad, permite la rápida asimilación por las plantas, protegiéndolas de enfermedades bruscas. El contenido de ácidos húmicos y fúlvicos en el humus se encuentra en alto porcentaje (Boni, 2016; Sánchez, 2022).

El uso de humus como sustrato no tiene utilidad como componente único en una formulación, ya que carece de algunas características fundamentales como la menor capacidad de retención de agua y bajo porcentaje de espacios porosos, por lo que se recomienda utilizar formulación incluyendo otros materiales como (turba, perlita, arena, etc.), con el objetivo de mejorar sus propiedades físicas (Rodríguez & Calzada, 2006).

En el cultivo de arándano, la utilización de humus como un material dentro de la mezcla de sustratos, resulta ser un efectivo método para reducir el volumen y la alta calidad

de propiedades físicas (Huamanatingo, 2016). Por otro lado, Sánchez (2022), en un estudio realizado en el cultivo de arándano (*Ericaceae vaccinium*), variedad Biloxi, concluyó que el humus como parte de la formulación en una mezcla de sustratos fue idóneo, logrando mejorar el número de brotes, número de hojas, diámetro de tallo, entre otros.

e. Arcilla

La arcilla es una sustancia cerámica inerte, que, al ser utilizada como sustrato para cultivo hidropónico, brinda una correcta aireación a las raíces y un adecuado control de la conductividad eléctrica de las soluciones nutritivas. Mediante una mezcla de diferentes granulometrías, se crea un sustrato de acuerdo a las necesidades radiculares de los cultivos. Al ser mezcladas con otros sustratos como la turba, mejoran las condiciones de drenaje y aireación, así como reducen el peso de la formulación (Sánchez, 2020).

f. Ladrillo molido

El ladrillo molido es un sustrato inorgánico que tiene la alta capacidad de retener humedad debido a su alto porcentaje de porosidad. Sin embargo, se requiere un análisis sobre la presencia de sustancias calcáreas. Las partículas varían de tamaño entre 0.5 y 2 cm, presentando una buena granulometría, por lo que tiene buena capacidad de absorción. Se degradan físicamente al ser utilizados por más de 2 años, siendo una característica parecida a la de las gravas (Arcos et al., 2011).

Sobre el uso de ladrillo molido se carece de información científica en el cultivo de arándanos; sin embargo, Arcos et al. (2011), realizó un estudio en lechugas utilizando el ladrillo molido como sustrato, dando como resultado un mayor rendimiento, peso de planta y buen comportamiento en cuanto al desarrollo de raíces y la parte aérea de la planta de la lechuga; así mismo, económicamente el sustrato de ladrillo molido presentó la mejor rentabilidad debido al menor costo.

1.2.12. Antecedentes en formulación de sustratos

Villegas (2021), evaluó diversas formulaciones de sustrato para el cultivo de arándano variedad Biloxi. La combinación de cáscara de arroz, fibra de coco y perlita produjo los mejores resultados, presentando mayor crecimiento vegetativo medido por los valores de las variables morfofisiológicas: número de brotes, número de hojas, diámetro de

brote, altura de la planta, copa, vigor, número de entrenudos, longitud de los entrenudos y diámetro del tallo.

Sánchez (2022), mostró cómo los sustratos orgánicos influyeron en el desarrollo y crecimiento de la variedad de arándano Biloxi (*Ericaceae vaccinium*). Se utilizaron materiales como cáscara de arroz, humus, arcilla, tierra de siembra, ladrillo molido, carbón vegetal y fibra de coco para probar varias formulaciones, y los resultados mostraron que 20 % cáscara de arroz + 10 % humus + 30 % arcilla + 5 % ladrillo molido + 2% carbón vegetal + 5% fibra de coco fue la mejor mezcla para cultivar arándanos.

Flores (2021), examinó cómo varios tipos de sustratos afectaban el desarrollo del cepellón en plántulas de la variedad Biloxi de *Vaccinium corymbosum*; la formulación que se muestra a continuación funcionó bien: El sustrato ideal para la formación del cepellón de las plántulas es 50% musgo y 50% fibra de coco. También se obtuvo mayor retención de agua, mayor altura de la planta, más hojas y raíces más largas. Por estas razones, se cree que es el tipo de sustrato ideal para garantizar un crecimiento y desarrollo suficiente de *Vaccinium corymbosum* var. Biloxi.

Carrillo (2018), determinó la producción de arándanos hidropónicos en sustratos orgánicos e inorgánicos, utilizando como sustancias para las formulaciones: tezontle, estopa de coco, composta y cascarilla de arroz. Como resultado, se obtuvo que los sustratos a base de composta de corteza de pino tuvieron un crecimiento vegetativo adecuado, siendo una buena opción para la producción de arándanos mediante correctas estrategias de riego para mantener un equilibrio con el aire.

1.2.13. Promotores del crecimiento vegetal en el cultivo de arándano

Para que una planta de arándano logre tener una raíz adecuada y presente un desarrollo óptimo, se requiere estandarizar un protocolo correcto para el enraizamiento en un sustrato correcto (Rimachi, 2020).

Sastre (2019), señala que el arándano carece de pelos radicales, de ahí su importancia de preservar a la planta desarrollando raíces nuevas mediante enraizadores auxiliares, logrando promover el enraizamiento en las plantas, con el fin de mejorar la eficiencia en la

nutrición del cultivo y obtener rendimientos mayores. Estos fitorreguladores auxínicos en el cultivo de arándano cumplen un rol fundamental en la formación de raíces laterales y adventicias. Por lo tanto, las auxinas se requieren para lograr estimular la formación de primordios y crecimiento de la raíz, por lo que la mayoría de los enraizadores contienen esta hormona en su composición.

Una de las principales causas de la obtención de productos de mala calidad y bajo rendimiento es el inadecuado sistema de desarrollo radicular; por tal motivo, es indispensable el monitoreo del crecimiento de la planta desde la etapa de selección y aplicación del enraizador. Una de las prácticas más frecuentes es el uso de reguladores de crecimiento para inducir la formación y desarrollo de raíces adventicias; para lo cual tenemos a los más utilizados: las auxinas, como los ácidos indol-3-acético (AIA), naftalenacético (ANA) e indolbutírico (AIB) (Castrillón et al., 2008).

Magyar et al. (2008), indica que el uso de bioestimulantes que contienen extractos de algas Kelpak como estimulantes del crecimiento de las raíces puede tener un impacto positivo tanto en la calidad de las raíces como en el crecimiento de las yemas en frutales.

a. Azospirillum brasilense

Actúa sobre la fomentación del crecimiento de las plantas, generando un mayor desarrollo radicular y favoreciendo el proceso de reducción asimilatoria de los nitratos disponibles en el suelo y la fijación biológica del nitrógeno (Mumbach et al., 2015).

El aumento del crecimiento vegetal se debe a los mecanismos de producción de fitohormonas como el ácido-3-indol acético (AIA). Esto ocurre porque el metabolismo de *Azospirillum brasilense* produce compuestos químicos señalizadores que favorecen la elongación y conformación de las raíces y la formación de pelos radiculares, generando un mayor volumen de suelo aprovechado por la planta, aumentando indirectamente la captación de los nutrientes y agua por los vegetales existentes en el suelo. Estos procesos fisiológicos están regulados por las hormonas vegetales producidas (Oliveira, 2015).

Terry et al. (2005), señalan que la inoculación de *Azospirillum brasilense* en las plantas posee una eficacia agrobiológica debido al alto índice de población en la rizosfera,

dando como resultado el incremento del crecimiento, estado nutricional y rendimiento agrícola en el cultivo.

Momoli (2018), señala que la inoculación de *Azospirillum brasilense* en el cultivo de arándano favoreció el crecimiento de ramas vegetativas, número de hojas, área foliar de las plantas inoculadas y el rendimiento. Así mismo, menciona que, debido a los resultados positivos obtenidos en este trabajo, son necesarios más estudios sobre la interacción entre la planta y *Azospirillum brasilense*.

Koyama et al. (2019), realizaron un estudio con el objetivo de evaluar la viabilidad de producir plantas de vivero de arándanos ‘Powderblue’ a partir de esquejes utilizando diferentes dosis de ácido indolbutírico en asociación con *Azospirillum brasilense*, obteniendo resultados favorables de los tratamientos con la aplicación de ácido indolbutírico (100 mg/L) + *A. brasilense* en el incremento del número de raíces y el aumento de la longitud de raíces de los esquejes.

b. *Rhizobium* sp.

Las especies conocidas de los *Rhizobium* incluyen cepas que producen hipertrofia conocida como nódulos, que pueden ser o no con fijación simbiótica del elemento atmosférico nitrógeno. Algunas células bacterianas pueden ingresar a las células ciliadas de las plantas en las radículas mediante heridas, invaginación, etc., involucrándose finalmente como simbioses (Kuykendall et al., 2015).

Zhong et al. (2019), mencionan que la inoculación con *Rhizobium* estimula la proliferación de otros microbios benéficos en la rizósfera; asimismo, aumenta las conexiones en las redes de rizobacterias. Así mismo, la relación simbiótica y los beneficios pueden verse afectados negativamente por algunos factores como las tensiones ambientales y este problema repercute en pérdidas ecológicas, económicas y nutricionales. Por otro lado, el uso de los rizobios favorece positivamente a las técnicas de prácticas agrícolas que son respetuosas ambientalmente.

Portal (2015), menciona que el *Rhizobium etli* produce la síntesis de sustancias estimuladoras de crecimiento, tales como vitaminas y hormonas vegetales; por ende, estas

sustancias aceleran el crecimiento en los primeros estadios fenológicos de la planta, estimulando la formación radicular. También tiene la característica de ser sideróforo, es decir, produce sustancias quelantes al hierro; este puede favorecer negativamente para los microorganismos patógenos. Además, menciona que la interacción entre *Rhizobium* y *Azotobacter* incrementa el peso y número de los nódulos; esto repercute en la mayor capacidad de fijación de nitrógeno.

Según Méndez-Úbeda et al. (2018), en el suelo existen muchos microorganismos patógenos que afectan significativamente la productividad de los cultivos y el control mediante microorganismos antagónicos es una práctica mundial. Se ha evaluado una confrontación in vitro de *Bacillus subtilis* y *Rhizobium sp*, donde se demostró que este último inhibió entre 50 a 90 % el crecimiento de los hongos fitopatógenos (*Fusarium equiseti*, *Fusarium sp* y *Alternaría alternata*). Este resultado hace que este microbio simbiótico también se pueda usar como bioprotector a nivel de rizosfera.

Blanco y Castro (2021), mencionan que además de que los rizobacterias actúan como biofertilizantes (fijan N y solubilizan nutrientes insolubles en el suelo), también son biocontroladores produciendo metabolitos que tienen efectos de inductoras sistémicas en las plantas ante los crecimientos y proliferación masiva de los fitopatógenos. Según Portal (2015), los rizobacterias son eficaces colonizadores a nivel del sistema radicular y allí compiten con su carácter antagónico con los otros microorganismos.

c. Interrelación entre *Azospirillum* y *Rhizobium*

Debido a que ciertas bacterias, como *Azotobacter* y *Azospirillum*, tienen una relación positiva con las especies de *Rhizobium*, en los últimos años se ha prestado mucha atención a las interacciones ecológicas entre los *Rizobios* y las bacterias del suelo. Hubo aumentos en una amplia gama de crecimiento y nodulación de plantas. Numerosos géneros bacterianos tienen la capacidad de colonizar las raíces de las plantas y promover el crecimiento y el rendimiento cuando se combinan con *Rhizobium*, un agente estimulante del crecimiento de las plantas (Diestra, 2014). En leguminosas, la co-inoculación de *Rhizobium* con cepas de *Azospirillum* promotoras del crecimiento vegetal, tuvo efectos positivos sobre la nodulación, actividad nitrogenosa y crecimiento vegetal favoreciendo la concentración y el contenido de nitrógeno de las plantas (Biró et al., 2000).

Diestra (2014), afirma que la co-inoculación *Rhizobium etli* y *Azotobacter chroococcum* en plántulas de *Solanum tuberosum* "papa" var. Canchán, y los resultados mostraron un impacto positivo en las variables agronómicas, incluyendo la altura de las plántulas, longitud de raíces, área foliar y peso de materia seca de su parte aérea, radicular y entera a 30 días de la inoculación en laboratorio.

Esto evidencia que la interacción entre el *Rhizobium* y otras bacterias, como el *Azotobacter* y *Azospirillum*, tienen efectos positivos sobre una gran diversidad de cultivos, siendo necesario realizar estudios que logren evidenciar estos beneficios en el cultivo de arándano.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1. Localización del experimento

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la empresa “Ayacucho Berries S.A.C”, identificada con RUC: 20606767324; en la localidad Santiago de Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga.

2.1.1. Ubicación política

Departamento : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Andrés Avelino Cáceres
Localidad : Santiago de Huatatas

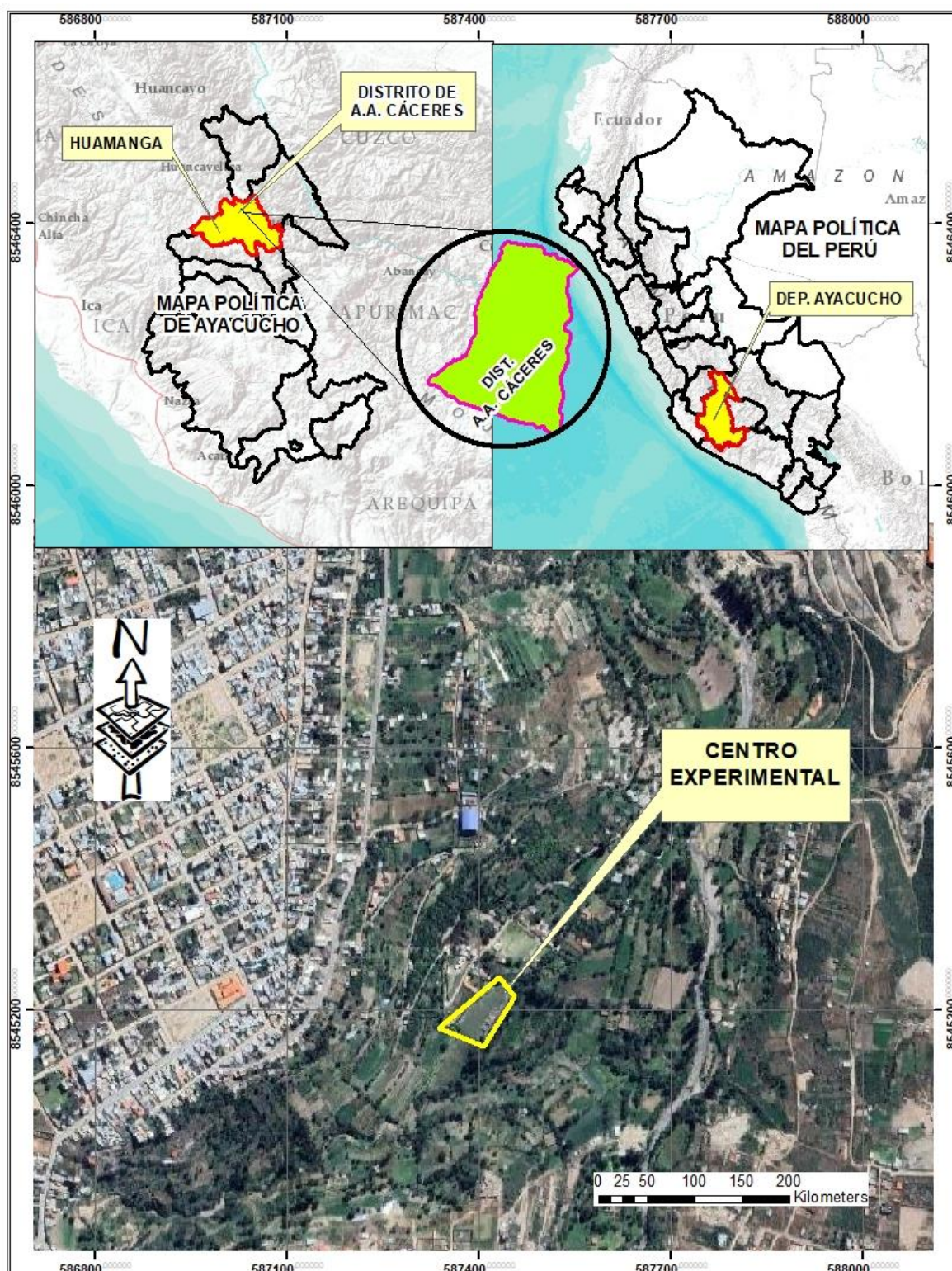
2.1.2. Ubicación geográfica

Latitud : 13° 09'31''
Longitud : 74° 11'36''
Altitud : 2637 msnm.

2.1.3. Ubicación ecológica

Según la clasificación de zonas de vida por Holdridge, Santiago de Huatatas pertenece a la zona de vida estepa espinosa – montano bajo subtropical (ee-MBS), que abarca de 2000 a 3100 msnm. Según la clasificación de las regiones naturales del Perú, Santiago de Huatatas se ubica dentro de la región quechua.

Figura 2.1. Mapa de ubicación del lugar de experimento, realizado a partir de las cartas nacionales de MINEDU.



2.2. Condiciones climatológicas

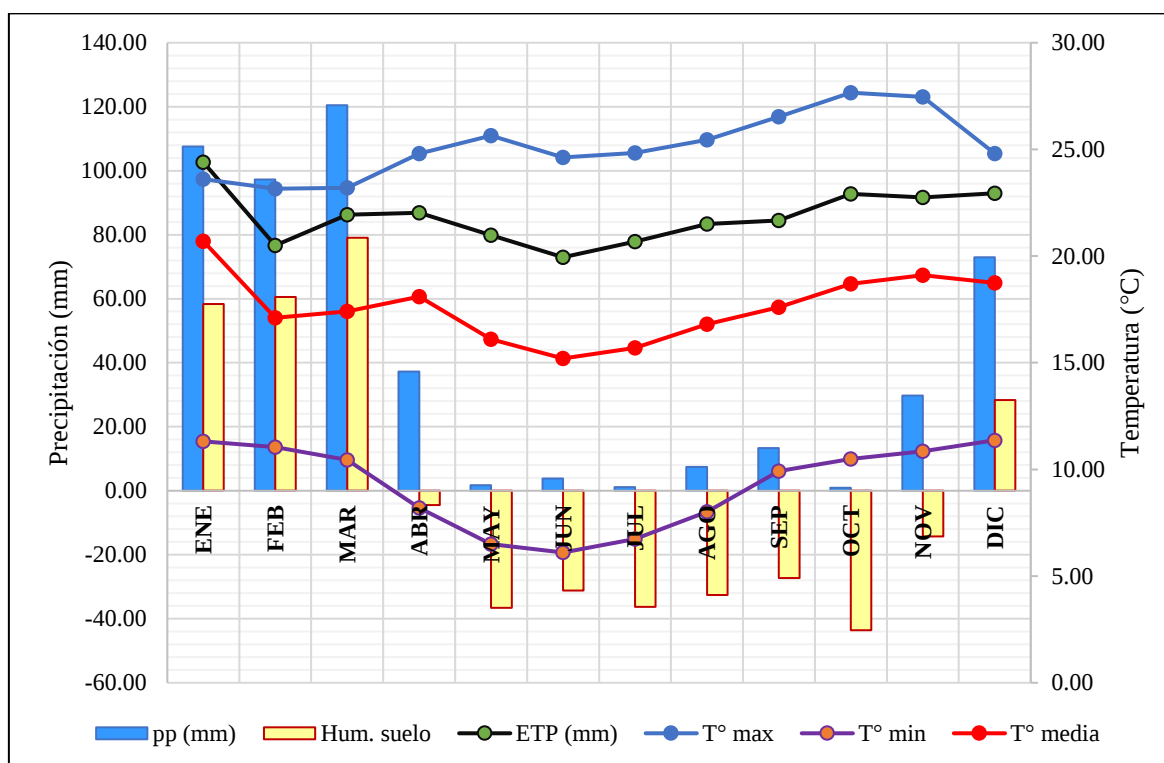
Según la estación meteorológica de referencia INIA – Canaán, la localidad de Santiago de Huatatas donde se desarrolló este trabajo de investigación tiene precipitación anual de 493.50 mm, la temperatura máxima promedio es de 25.15 °C y la temperatura mínima mensual es de 9.2 °C. Los detalles se muestran a continuación:

Tabla 2.1. Balance hídrico con datos de estación meteorológica de referencia para la localidad de Santiago de Huatatas

ESTACIÓN : INIA-CANAÁN		DISTRITO : AYACUCHO			ALTITUD : 2735 msnm								
		PROVINCIA : HUAMANGA			LATITUD : 13° 10' 00.06" S								
		DEPARTAMENTO : AYACUCHO			LONGITUD : 74° 12' 22.92" W								
AÑO		2023											
MESES		ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
T° max. Media mensual	°C	23.60	23.16	23.21	24.80	25.65	24.63	24.83	25.45	26.53	27.66	27.46	24.81
T° min. Media mensual	°C	11.32	11.05	10.45	8.19	6.50	6.11	6.74	8.01	9.93	10.49	10.85	11.37
T° media mensual	°C	20.70	17.10	17.40	18.10	16.10	15.20	15.70	16.80	17.60	18.70	19.10	18.75
Factor de multiplicación		4.96	4.48	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96	4.96	4.80	4.96	4.80	4.96
ETP	mm	102.67	76.62	86.30	86.88	79.86	72.96	77.87	83.33	84.48	92.75	91.68	93.00
Precipitación	mm	107.60	97.30	120.50	37.20	1.70	3.80	1.10	7.40	13.30	0.90	29.70	73.00
ETP ajustado	mm	49.27	36.77	41.41	41.69	38.32	35.01	37.37	39.99	40.54	44.51	43.99	44.63
Humedad del suelo	mm	58.33	60.53	79.09	-4.49	-36.62	-31.21	-36.27	-32.59	-27.24	-43.61	-14.29	28.37
Exceso	mm	58.33	60.53	79.09									28.37
Déficit	mm				-4.49	-36.62	-31.2	-36.3	-32.6	-27.2	-43.61	-14.29	

Se muestra información climatológica de referencia para Santiago de Huatatas, donde se observa que la temperatura más alta alcanza su punto máximo en octubre y noviembre (27°C), mientras que la temperatura más baja es en junio (6.11°C). La precipitación máxima cae en marzo (120.5 mm) y la mínima en julio (1.10 mm).

Figura 2.2. Climograma de referencia para la localidad de Santiago de Huatatas, elaborado a partir de datos de estación meteorológica de INIA



2.3. Calidad agronómica del agua de riego

Según los resultados obtenidos en el laboratorio de análisis de agua, se detalla a continuación: pH = 7.5 (ligeramente alcalino), CE = 168.85 uS/cm (riesgo de salinidad, sin problemas), Calcio (meq/L) = 1.36, Magnesio (meq/L) = 0.48, Potasio (meq/L) = 0.16, Sodio (meq/L) = 0.35 (inexistente), Bicarbonatos (meq/L) = 1.12, Carbonatos (meq/L) = 0.0, Cloruros (meq/L) = 0.27; entonces calculando C.S.R (meq/L) = 0.72 (calidad de agua, buena), RAS (meq/L) = 0.36 (índice de sodio = S1 y riesgo de sodicidad, bajo), GHF = 8.85 (clase de agua, blanda) y TSD (mg/L) = 108.06 (buena).

Estos resultados nos indican que la calidad de agua de riego en la localidad de Santiago de Huatatas es buena para el cultivo de arándano, con la excepción del pH que es ligeramente alcalino, por el cual es necesario bajar a rangos de 5.0 a 6.0 con ácido fosfórico. Se recomienda hacer análisis de agua en cada estación del año por el cambio de clima y precipitación en el valle.

2.4. Fuentes de los insumos de sustrato

- a ***Turba de puna.*** La turba fue adquirida de los puestos de jardinería del parque ecológico de Canaán.
- b ***Turba de bosque.*** Fue adquirido de la periferia y exteriores del terreno de la empresa “Ayacucho Berries S.A.C”.
- c ***Suelo franco arenoso.*** Fue adquirido en las riberas del río Santiago de Huatatas.
- d ***Cascarilla de arroz.*** Fue adquirido de la ciudad de Lima, importado por la empresa “Ayacucho Berries S.A.C”.
- e ***Fibra de coco.*** Fue adquirido de la ciudad de Lima, importado por la empresa “Ayacucho Berries S.A.C”.
- f ***Humus de lombriz.*** Fue adquirida de los puestos de jardinería del parque ecológico de Canaán.
- g ***Ladrillo molido.*** Fue adquirido los ladrillos desperdicios, luego fueron molidos la cantidad suficiente para el sustrato.

2.5. Materiales

a ***Materiales, herramientas y equipos***

- ✓ Vernier
- ✓ Cámara fotográfica
- ✓ Flexómetro
- ✓ Cuadernos de apunte
- ✓ Cinta de riego
- ✓ Balanza electrónica
- ✓ Bolsas o contenedores
- ✓ Estufa

b ***Enraizadores (promotores de crecimiento vegetal)***

- ✓ Kelpak
- ✓ *Azospirillum brasilense*
- ✓ *Rhizobium sp*

c ***Material vegetal***

- ✓ Plantones de arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi).

2.6. Método procedimental

2.6.1. Información complementaria

La población estuvo conformada por los cultivares de arándanos en Santiago de Huatatas, propiedad de la empresa “Ayacucho Berries S.A.C”; las muestras estuvieron conformados por 45 plántones de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi).

2.6.2. Factores de estudio

a. Formulaciones de sustratos (S)

s1:Sustrato 1 (45% turba de puna + 40% turba de bosque + 15% suelo franco arenoso).

s2:Sustrato 2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humus de lombriz).

s3:Sustrato 3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10% fibra de coco).

b. Enraizadores (E): promotores de crecimiento vegetal (PGPR)

e1: Kelpak

e2: *Azospirillum brasilense*

e3: *Rhizobium sp*

e4: *Rhizobium sp* + *Azospirillum brasilense*

e5: Testigo

2.6.3. Tratamientos

Los tratamientos fueron el resultado de la combinación de niveles de las formulaciones de sustratos (3) y enraizadores (5).

Tabla 2.2. Tratamientos

Trat.	Combinación	Descripción
T1	s1 + e1	Sustrato 1 x Kelpak
T2	s1 + e2	Sustrato 1 x <i>Azospirillum brasilense</i>
T3	s1 + e3	Sustrato 1 x <i>Rhizobium sp</i>
T4	s1 + e4	Sustrato 1 x <i>Rhizobium sp</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>
T5	s1 + e5	Sustrato 1 x Testigo
T6	s2 + e1	Sustrato 2 x Kelpak
T7	s2 + e2	Sustrato 2 x <i>Azospirillum brasilense</i>
T8	s2 + e3	Sustrato 2 x <i>Rhizobium sp</i>
T9	s2 + e4	Sustrato 2 x <i>Rhizobium sp</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>
T10	s2 + e5	Sustrato 2 x Testigo
T11	s3+ e1	Sustrato 3 x Kelpak
T12	s3 + e2	Sustrato 3 x <i>Azospirillum brasilense</i>
T13	s3 + e3	Sustrato 3 x <i>Rhizobium sp</i>
T14	s3 + e4	Sustrato 3 x <i>Rhizobium sp</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>
T15	s3 + e5	Sustrato 3 x Testigo

Nota. s: Sustratos, e: Enraizadores (PGPR).

2.6.4. Diseño experimental

El trabajo de investigación se instaló bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) con arreglo factorial 3S x 5E (S = 3 formulaciones de sustratos, E = 5 enraizadores), resultando al final 15 tratamientos con 3 repeticiones y un total de 45 unidades experimentales (U.E.).

Modelo aditivo lineal

$$Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha(ij) + \varepsilon_{ijk}$$

Donde:

Y_{ijk} = Es la observación de la i-ésimo nivel de factor sustrato y j-ésimo del factor enraizante en el k-ésimo bloque.

μ = Es la media general.

β_k = Es el efecto de k-ésimo bloque

τ_i = Es el efecto principal de la i-ésimo del factor sustrato

α_j = Es el efecto principal de la j-ésimo del factor enraizante

$\tau\alpha(ij)$ = Efecto de la interacción entre el j-ésimo del factor sustrato y el k-ésimo del factor enraizante.

ε_{ijk} = Es el efecto del error experimental

2.6.5. Distribución de los tratamientos en el campo

Las unidades experimentales fueron distribuidas de acuerdo al croquis de la figura 2.3, las cuales estuvieron conformadas por macetas de bolsas de plástico y cada unidad experimental estuvo conformado por una planta de arándanos.

Figura 2.3. Croquis de la distribución y dimensiones de las unidades experimentales

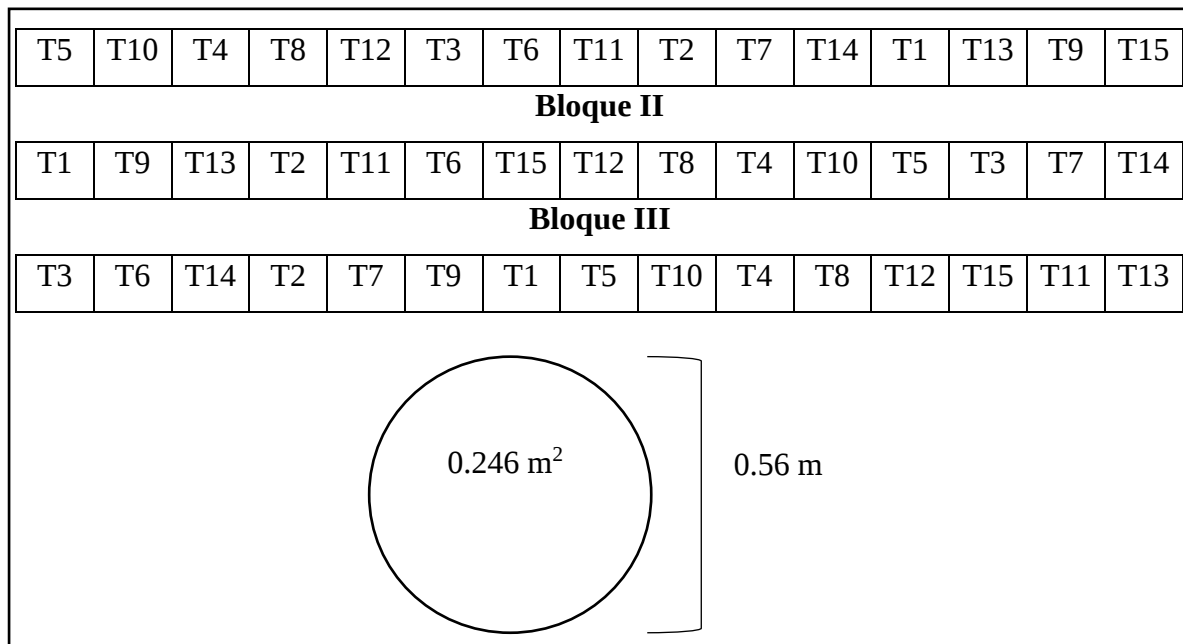


Tabla 2.3. Descripción de las unidades experimentales (UE)

Descripción	Unidad	Medida
Diámetro de maceta	m	0.56
Altura de maceta	m	0.40
Área de superficie de la maceta	m ²	0.246
Volumen de maceta hasta altura de tierra	m ³	0.0984
Distancia entre macetas	m	0.10
Número de plantas por UE	Unidades	1.0

Nota. UE: macetas de bolsa.

2.6.6. Análisis estadístico

Los resultados cuantitativos se sometieron al Análisis de Variancia (ANVA), la prueba de contraste de Tukey (0,05), correlación de los variables dependientes. Todo análisis se realizó mediante el software “R” y Excel para realizar algunos gráficos.

Los datos faltantes o datos perdidos en repetición 3 de T7 y repetición 2 del T9, fueron reemplazados mediante imputación de datos; lo cual consistió en reemplazar con la media de las repeticiones existentes en ambos casos. Dichos datos no se obtuvieron porque las plantas sufrieron daños externos.

2.6.7. Inoculación de enraizadores (PGPR)

La inoculación de los promotores de crecimiento vegetal a las plantas de arándano se realizó en 3 oportunidades; inoculante con *Azospirillum brasilense*, inoculante con *Rhizobium sp* y Kelpak, producto comercial, que fueron adquiridos de las tiendas agropecuarias en la ciudad de Ayacucho.

Detalles de la aplicación de enraizadores (PGPR) se muestran a continuación:

- a Kelpak, este producto comercial que tiene como ingrediente activo auxinas (11 mg/L) y citoquininas (0.031 mg/L), fue aplicado mediante drench a los 7, 21 y 35 días después de trasplante (ddt) con una concentración al 2%. Se utilizó 100 ml de la solución para cada planta.
- b Inoculante a base de *Azospirillum brasilense*, la cepa de este producto fue aislado, seleccionado, producido y proporcionado por el "Proyecto de investigación en bacterias fijadoras de nitrógeno (FBN) y Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) FOCAM-UNSCH". Fueron utilizados 20 ml de inoculante líquido con una concentración de 1×10^8 UFC/ml o gramo. Fue aplicado a cada planta vía drench a cada planta a los 41, 105 y 192 (ddt).
- c Inoculante a base de *Rhizobium sp*, la cepa de este producto fue aislada de alfalfa, seleccionado, producido y proporcionado por el "Proyecto de investigación en bacterias fijadoras de nitrógeno (FBN) y Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)", FOCAM-UNSCH. Fue utilizadas 25 ml de inoculante líquido con una concentración de 1×10^9 UFC/ml o gramo, aplicado vía drench a los 41, 105 y 192 (ddt).
- d La mezcla del inoculante de *Rhizobium sp.* + *Azospirillum brasilense*, estos fueron aplicados a las mismas concentraciones que fueron utilizadas individualmente. La frecuencia de aplicación fue a los 41, 105 y 192 (ddt).

2.6.8. *Instalación y conducción del experimento*

a. Preparación de sustratos

Los sustratos fueron preparados en el piso de acuerdo a la distribución porcentual previamente definido: sustrato 1: 43% turba de puna + 42% turba de bosque + 15% suelo franco arenoso, sustrato 2: 60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humus de lombriz, sustrato 3: 30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10% fibra de coco.

b. Llenado de bolsas

Los sustratos fueron llenados en 45 bolsas en total, donde las bolsas tenían una capacidad de 0.0984 m³. El llenado consistió en depositar sustratos por capas, cada capa fue compactada parcialmente.

c. Desinfección de los sustratos y plántulas

La desinfección fue realizada con el producto Ozoagro, cuyo ingrediente activo es aceite atomizado (ozono, oxígeno, aceites vegetales, soya, recino y emulsificante). La dosis aplicada es de 50 ml del producto en 20 L de agua.

- La primera aplicación se realizó antes del trasplante con 500 ml de solución/maceta.
- La segunda desinfección se realizó una semana después del trasplante con 500 ml de solución/maceta.

d. Instalación de sistema de riego y sus componentes

- **Sistema de captación del agua:** se cuenta con un reservorio de 10 m³.
- **El sistema de riego es automatizado de mando eléctrico:** es un controlador automático de tiempo y frecuencias de riego marca Rain Bird Esp-rzx de 8 zonas.
- **Equipo de bombeo:** bomba centrífuga eléctrica; La eficiencia se determina dependiendo de la unidad de riego y de la pendiente entre el embalse y la plantación. En este caso lleva un motor de 2 HP.
- **Sistema de filtrado:** tiene la función de separar las impurezas del agua. Es monitoreado constantemente por los operadores de sistemas de riego porque ayuda a evitar que las tuberías de goteo se obstruyan con minerales en suspensión (arcilla, limo y arena), materia orgánica y sedimentos como carbonatos.

- **Tuberías de conducción:** son tuberías de PVC y de polietileno; el diámetro del tubo de conducción es de 1 pulgada.
- **Laterales de riego por goteo:** son cintas de riego por goteo auto compensadas y anti drenantes con descarga por gotero de 2 L/h con 2 goteros/planta.

e. Cantidad de agua y nutrición balanceada

Para la fertiirrigación en el cultivo de arándano durante la etapa del ensayo, se usaron las instalaciones y recomendaciones de “Ayacucho Berries S.A.C”, para una densidad de 12500 plantas/ha, de la variedad Biloxi.

Para los cálculos de la cantidad de agua utilizada durante la etapa del ensayo, se utilizaron los valores de ET/día (Evapotranspiración diaria) y el Kc (Coeficiente de cultivo) mediante los datos de la siguiente tabla.

Tabla 2.4. *Evapotranspiración diaria, Kc del cultivo de arándano y cantidad de agua//ha/semana según la fenología del cultivo (semana 1 al 23)*

Fenología	Mes	Sem. cultivo	Eto prog.	Kc sem.	m³/ha/sem.
Poda	Agosto	1	4.7	0.95	329.00
Poda	Agosto	2	4.7	0.18	63.20
Brotamiento	Agosto	3	4.7	0.18	63.20
Brotamiento	Agosto	4	4.7	0.18	63.20
Brotamiento	Agosto	5	4.7	0.18	63.20
Brotamiento	Septiembre	6	5.1	0.18	68.58
Brotamiento	Septiembre	7	5.1	0.29	109.73
Brotamiento	Septiembre	8	5.1	0.29	109.73
Brotamiento	Septiembre	9	5.1	0.29	109.73
Brotamiento	Octubre	10	5.5	0.29	118.34
Inicio floración	Octubre	11	5.5	0.37	147.92
Inicio floración	Octubre	12	5.5	0.37	147.92
Inicio floración	Octubre	13	5.5	0.37	147.92
Inicio floración	Noviembre	14	5.4	0.37	145.23
Inicio floración	Noviembre	15	5.4	0.37	145.23
Plena flor	Noviembre	16	5.4	0.44	174.28
Plena flor	Noviembre	17	5.4	0.44	174.28
Plena flor	Noviembre	18	5.4	0.44	174.28
Plena flor	Diciembre	19	5.5	0.44	177.51
Cuajado y llenado	Diciembre	20	5.5	0.55	221.88
Cuajado y llenado	Diciembre	21	5.5	0.55	221.88
Cuajado y llenado	Diciembre	22	5.5	0.55	221.88
Cuajado y llenado	Enero	23	4.7	0.55	189.61

Tabla 2.5. *Evapotranspiración diaria, Kc del cultivo de arándano y cantidad de agua//ha/semana según la fenología del cultivo (semana 24 al 52)*

	Mes	Sem. cultivo	Eto prog.	Kc sem.	m ³ /ha/sem.
Inicio cosecha	Enero	24	4.7	0.58	202.25
Inicio cosecha	Enero	25	4.7	0.58	202.25
Inicio cosecha	Enero	26	4.7	0.58	202.25
Inicio cosecha	Febrero	27	5.3	0.58	228.07
Inicio cosecha	Febrero	28	5.3	0.58	228.07
Cosecha	Febrero	29	5.3	0.58	228.07
Cosecha	Febrero	30	5.3	0.58	228.07
Cosecha	Marzo	31	4.7	0.58	202.25
Cosecha	Marzo	32	4.7	0.58	202.25
Cosecha	Marzo	33	4.7	0.58	202.25
Cosecha	Marzo	34	4.7	0.58	202.25
Cosecha	Marzo	35	4.7	0.58	202.25
Cosecha	Abril	36	4.2	0.58	180.73
Cosecha	Abril	37	4.2	0.55	169.44
Cosecha	Abril	38	4.2	0.55	169.44
Cosecha	Abril	39	4.2	0.55	169.44
Cosecha	Mayo	40	4.8	0.55	193.64
Cosecha	Mayo	41	4.8	0.55	193.64
Cosecha	Mayo	42	4.8	0.47	167.82
Cosecha	Mayo	43	4.8	0.47	167.82
Cosecha	Mayo	44	4.8	0.47	167.82
Cosecha	Junio	45	4.5	0.47	157.33
Fin de cosecha	Junio	46	4.5	0.37	121.03
Fin de cosecha	Junio	47	4.5	0.37	121.03
Fin de cosecha	Junio	48	4.5	0.37	121.03
Fin de cosecha	Julio	49	4.5	0.37	121.03
Post cosecha	Julio	50	4.5	0.22	72.62
Post cosecha	Julio	51	4.5	0.22	72.62
Post cosecha	Julio	52	4.5	0.22	72.62
Total, de m³/ha/campaña					8357.08

Para el cálculo de la cantidad de fertilizantes a utilizar al año se tomó en cuenta el % de nutrientes de los fertilizantes.

Tabla 2.6. Fertilizantes y nutrientes (%).

Fertilizante	Nutrientes (%)							
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	S	Fe	Zn
Ácido Fosfórico		61						
Nitrato de Amonio	33	3						
Nitrato de Calcio	15			26				
Sulfato de Amonio	21					24		
Sulfato de Magnesio					16	13		
Sulfato de Potasio			50			18		
Map	12	61						
Sulfato de Zinc						11		22
Sulfato Ferroso						11	20	

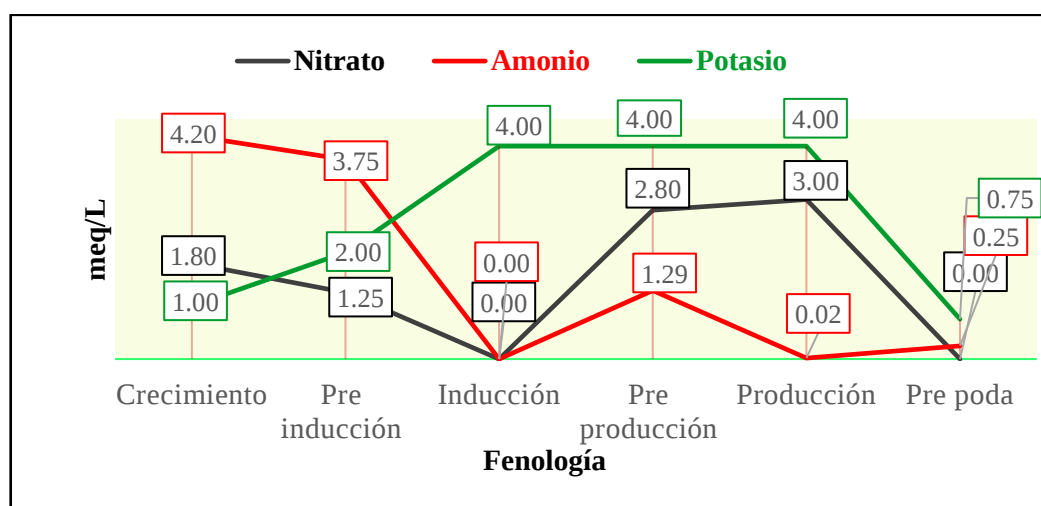
Para la nutrición se preparó las soluciones nutritivas de acuerdo al análisis de agua, plan de nutrición de acuerdo a la etapa fenológica tabla 2.7, eficiencia de sistema de riego y fertilizante en función de la lámina de agua aplicada.

Tabla 2.7. Plan de nutrición de arándanos mediante el sistema de fertirriego

Fenología	meq/L							ppm		g/m ³
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	H ₂ PO ₄ ⁼	SO ₄ ⁼	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Zn	Fe	Micron.
Poda	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Crecimiento	2.20	1.10	1.00	0.85	2.49	3.36	1.80	1.00	1.00	15.00
Pre inducción	2.20	1.10	2.00	0.75	3.05	3.36	1.25	1.00	1.00	15.00
Inducción	1.27	0.84	4.00	1.00	2.31	0.00	0.00	1.00	1.00	15.00
Pre producción	3.00	1.00	4.00	0.75	2.39	0.18	2.80	1.00	1.00	15.00
Producción	2.50	1.00	4.00	0.75	1.42	0.00	3.00	1.00	1.00	15.00
Pre poda	1.27	1.27	0.75	0.75	0.91	0.25	0.00	1.00	1.00	15.00

Fuente: "Ayacucho Berries S.A.C".

Figura 2.4. Dinámica de nitrógeno y potasio en la fenología del cultivo de arándano



- **Crecimiento:** Es una solución para estimular el crecimiento de las plantas con una relación N/K de 6/1. El nitrógeno total se divide en 70% amoniacal y 30% nítrico.
- **Pre inducción:** Esta es una solución que continúa apoyando el crecimiento vegetativo, pero a un ritmo más lento, preparando a las plantas para una futura inducción, relación N/K 5/2. El nitrógeno total se divide en 75% amoniacal y 25% nítrico.
- **Inducción:** Esta solución tiene el efecto de cambiar la fenología de la planta de vegetativo a floración, la relación N/K es 0/4.
- **Pre producción:** Esta solución tiene una relación N/K de 1/1, ayudando a que las plantas previamente inducidas comiencen a diferenciarse y crear botones florales. El nitrógeno total se divide en 30% amoniacal y 70% nítrico.
- **Producción:** En esta solución se mantiene altos niveles de potasio para garantizar el color y brix de la fruta cosechada, así como altos niveles de nitrógeno para promover el crecimiento verde y de las bayas. El nitrógeno total está dividido en 0% amoniacal y 100% nítrico.
- **Pre poda:** Los niveles de fertilización bajan significativamente, es una fase de dormancia.

f. Trasplante

Los plantones de arándanos fueron adquiridos del vivero especializado en la ciudad de Cañete de propagación in vitro. Luego estos fueron aclimatados durante una semana en las instalaciones de "Ayacucho Berries S.A.C", y después de una semana se procedió con el trasplante en las macetas previamente preparadas y codificadas. Los plantones tenían tamaño promedio de 30 cm con una edad de 3 meses. Esta actividad se realizó el 02 de febrero del 2023.

Abonos foliares empleados

Estos fueron utilizados junto con el control fitosanitario, los productos se muestran a continuación:

Bayfolan 11-8-6

- ✓ Grupo químico: abono foliar.

- ✓ Ingrediente activo: elementos mayores.
- ✓ Dosis: 150 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: aportar macronutrientes y micronutrientes en forma de quelatos.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 70.00

Cator

- ✓ Grupo químico: abono líquido.
- ✓ Ingrediente activo: Ácidos fúlvicos.
- ✓ Dosis: 100 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: drench.
- ✓ Objetivo de aplicación: ayudar en el crecimiento radicular y asimilación de nutrientes.
- ✓ Precio de 20 L: S/ 250.00

Fert All Magnesio

- ✓ Grupo químico: abono foliar.
- ✓ Ingrediente activo: Magnesio 4% y Azufre 4%.
- ✓ Dosis: 50 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: aportar magnesio en etapas de alto crecimiento.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 30.00

Esenfol CaB Plus

- ✓ Grupo químico: abono líquido.
- ✓ Ingrediente activo: Calcio 14 %, Boro 1.4%, Zinc 2%.
- ✓ Dosis: 100 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: para prevenir y corregir desordenes fisiológico en la floración, polinización y cuajado.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 35.00

Agropower:

- ✓ Grupo químico: abono líquido.
- ✓ Ingrediente activo: macronutriente, ácidos fúlvicos y húmicos.
- ✓ Dosis: 100 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: drench.
- ✓ Objetivo de aplicación: ayudar en el crecimiento radicular y aportas nutrientes.
- ✓ Precio de 20 L: S/ 250.00

g. Control de malezas

Se realizó en forma manual constantemente en todo el periodo de evaluación, con la finalidad de evitar propagación de enfermedades y competencia nutricional.

h. Control de plagas y enfermedades.

El control fitosanitario se realizó aplicando productos químicos (insecticida y fungicidas), los mismos que fueron aplicados junto con otros productos (abonos foliares, bioestimulantes y fitoactivadores) (**anexo 4 y 5**).

Control fitosanitario utilizados

Cobos

- ✓ Grupo químico: fungicida agrícola.
- ✓ Ingrediente activo: Sulfato de Cobre Pentahidratado.
- ✓ Dosis: 50 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: cicatrizante de cortes y prevención de enfermedades vasculares.
- ✓ Modo de acción: sistémico y curativo.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 80.00

Capataz

- ✓ Grupo químico: fungicida agrícola.
- ✓ Ingrediente activo: Cymoxanil y mancozeb.
- ✓ Dosis: 50 g/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.

- ✓ Objetivo de aplicación: prevención de problemas fungosos, foliares y vasculares.
- ✓ Modo de acción: sistémico y curativo.
- ✓ Precio de 1 kg: S/ 40.00

Brevibac wp

- ✓ Grupo químico: fungicida agrícola
- ✓ Ingrediente activo: *Bacillus subtilis* 55.6%.
- ✓ Dosis: 35 g/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: prevención de problemas fungosos foliares.
- ✓ Precio de 1 kg: S/ 70.00

Bamectin

- ✓ Grupo químico: insecticida agrícola.
- ✓ Ingrediente activo: Abamectina 18 g/L.
- ✓ Dosis: 25 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: control de mosca blanca y queresas.
- ✓ Modo de acción: translaminar y ovicida.
- ✓ Precio de 250 ml: S/ 30.00

Antracol

- ✓ Grupo químico: fungicida agrícola.
- ✓ Ingrediente activo: Propineb.
- ✓ Dosis: 30 g/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: prevención de problemas fungosos foliares.
- ✓ Precio de 1 kg: S/ 55.00

Reguladores, bioestimulantes y fisioactivadores utilizados:

Amino Q-50

- ✓ Grupo químico: bioestimulante vegetal.
- ✓ Ingrediente activo: aminoácidos.

- ✓ Dosis: 40 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: aportar aminoácidos que ayudan en la brotación y crecimiento.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 60.00

Go Crop

- ✓ Grupo químico: bioestimulante trihormonal.
- ✓ Ingrediente activo: extracto de cultivos microbianos.
- ✓ Dosis: 50 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: ayudar en la brotación y crecimiento.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 42.00

Bayfolan Aktivator XL

- ✓ Grupo químico: fisio activador.
- ✓ Ingrediente activo: proteínas hidrolizadas, ácidos fúlvicos y microelementos.
- ✓ Dosis: 100 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar.
- ✓ Objetivo de aplicación: aporte de aminoácidos y micronutrientes.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 70.00

Greenzit PH

- ✓ Grupo químico: regulador de pH de agua.
- ✓ Dosis: 8 ml/20 L de agua.
- ✓ Forma de aplicación: foliar y drench.
- ✓ Precio de 1 L: S/ 30.00

2.6.9. Evaluación de las variables de respuesta

La evaluación general de las variables de respuesta se realizó 4 de febrero del 2024 (367 ddt y 102 días después de la segunda poda. Los detalles de evaluación continuación:

a. Altura de planta (cm)

Se midió la altura de cada planta utilizando un flexómetro. Esta actividad se realizó a los 102 días después de la segunda poda, evaluada el 05 de febrero del 2024.

b. Diámetro de tallo principal (mm)

Se midió el diámetro de tallo principal de cada planta utilizando un vernier; dicha medida se realizó en el cuello de cada planta. Esta actividad se realizó a los 102 días después de la segunda poda, evaluada el 05 de febrero del 2024.

c. Materia seca de la planta (%)

Se evaluó el rendimiento de materia seca de la planta (parte aérea y raíz), lo cual consistió en secar la planta en la estufa durante 3 días a una temperatura constante de 70 °C hasta obtener un peso constante. Para obtener el peso de la materia seca, se empleó una balanza electrónica. Para obtener el porcentaje de materia, se utilizó la siguiente fórmula matemática:

$$\%MS = \frac{PS}{PF} \times 100$$

Donde;

MS = Materia seca.

PS = Peso seco de la planta en laboratorio.

PF = Peso fresco de la planta en campo.

d. Número de hojas por planta

Consistió en contabilizar el número total de hojas por planta. Esta actividad se realizó a los 102 días después de la segunda poda, evaluada el 05 de febrero del 2024.

e. Número de brotes por planta

Se contabilizó el número total de brotes por planta. Esta actividad se realizó a los 102 días después de la segunda poda, evaluada el 05 de febrero del 2024.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Número de hojas

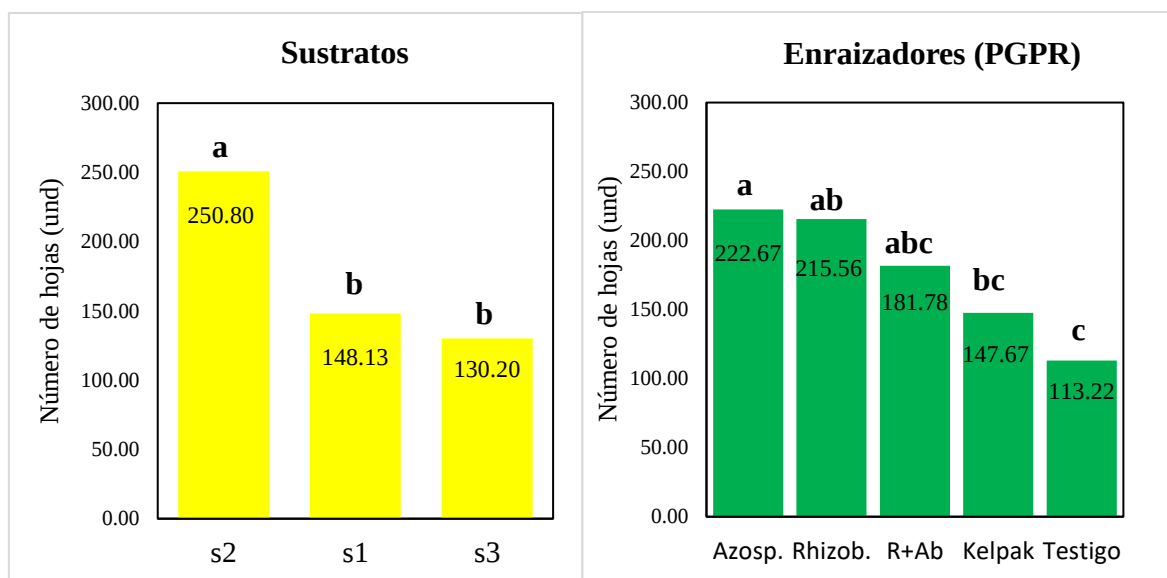
Tabla 3.1. *Análisis de varianza del número de hojas de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023*

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	3650.00	1825.000	0.657	0.5264ns
Sustratos (S)	2	127032.00	63516.000	22.853	<0.0001**
Enraizadores - PGPR (E)	4	77519.00	19379.750	6.973	0.00050**
Interacción (S*E)	8	50733.00	6341.625	2.282	0.05085ns
Error	28	77820.00	2779.286		
Total	44				

C. V (%): 29.89

Según el análisis de varianza que se muestra en la tabla 3.1, los efectos principales, sustratos y promotores resultaron altamente significativos, excepto la interacción. Esto significa que los sustratos y promotores presentaron efecto positivo en la respuesta de la planta; no obstante, entre estos factores no hubo efecto interactivo diferenciado. Se encontró coeficiente de variación 29.89%; este valor indica una variación relativa de los datos; por lo tanto, la media es representativa. Debido a que no existe interacción, solo se analizó en función de los efectos principales mediante comparación de medias.

Figura 3.1. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales de formulaciones de sustratos y de enraizadores para el número de hojas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*.

En la figura 3.1 se muestra prueba de Tukey, donde el sustrato 2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humos de lombriz) influyó de manera diferenciada en número de hojas promedio, cuyo valor obtenido fue 250.80 hojas/planta; mientras, con s1 y s3 el número de hojas resultaron similares estadísticamente, 148.13 y 130.20 hojas/planta, respectivamente.

Villegas (2021), mediante un estudio de los efectos de tres tipos de sustratos en el desarrollo del arándano cultivar Biloxi, evaluado a los 137 días después del trasplante, reportó 182.67 hojas/planta con cascarilla de arroz y 213.9 hojas/planta con fibra de coco + perlita. Esta diferencia se debe principalmente al periodo de evaluación, ya que, a mayor tiempo de evaluación, se podrían encontrar diferencias notorias en cultivos perennes como arándanos.

Sánchez (2022), estudió en condiciones de Guayaquil el crecimiento de cultivar Biloxi bajo invernadero; realizó mezclas de los sustratos de cascarilla de arroz, humus, arcilla, ladrillo molido, carbón y fibra de coco. Evaluando a los 30 y 60 (ddt) donde se reportó solamente 11 hojas/planta en promedio con el mejor formulado (20% cascarilla de arroz + 10% humus + 30% arcilla + 5% ladrillo molido + 2% carbón + 5% fibra de coco).

La búsqueda de sustratos alternativos de bajo costo no logra brindar un medio adecuado al sistema radicular del arándano a comparación de fibra de coco y cascarilla de arroz (Rojas, 2024).

En la figura 3.1 Se muestra el efecto principal de los promotores de crecimiento, con *Azospirillum brasilense* se alcanzó mayor número de hojas, 222.67 hojas/planta, superando al testigo con 96.6%; No obstante, este resultado no muestra diferencia estadística respecto a los efectos de *Rhizobium sp.* y *Rhizobium sp.* + *Azospirillum brasilense*. El testigo resultó con número de hojas más bajo, 113.22 unidades, a comparación a los otros tratamientos.

Mamoli (2018), investigó el efecto de *Azospirillum brasilense* estéril AbV5/AbV6 (AZE) y *Azospirillum brasilense* activo AbV5/AbV6 (AZ) en el crecimiento y desarrollo de arándanos, donde con la inoculación con *Azospirillum brasilense* activo AbV5/AbV6 se obtuvo 222 hojas/planta, lo cual se asemeja a nuestro trabajo de investigación.

La inoculación de *Azospirillum brasilense* produce compuestos químicos señalizadores que favorecen la elongación y conformación de las raíces, generando una mayor exploración radicular (Oliveira, 2015). Por otro lado, las rizobacterias actúan como biofertilizantes y estimulan la proliferación de otros microbios benéficos en la rizosfera (Zhong et al., 2019). Es así que la inoculación de estos enraizadores promotores de crecimiento vegetal estimula la capacidad de captar agua y nutrientes con facilidad en los contenedores para así favorecer el crecimiento y desarrollo de la planta.

3.2. Número de brotes

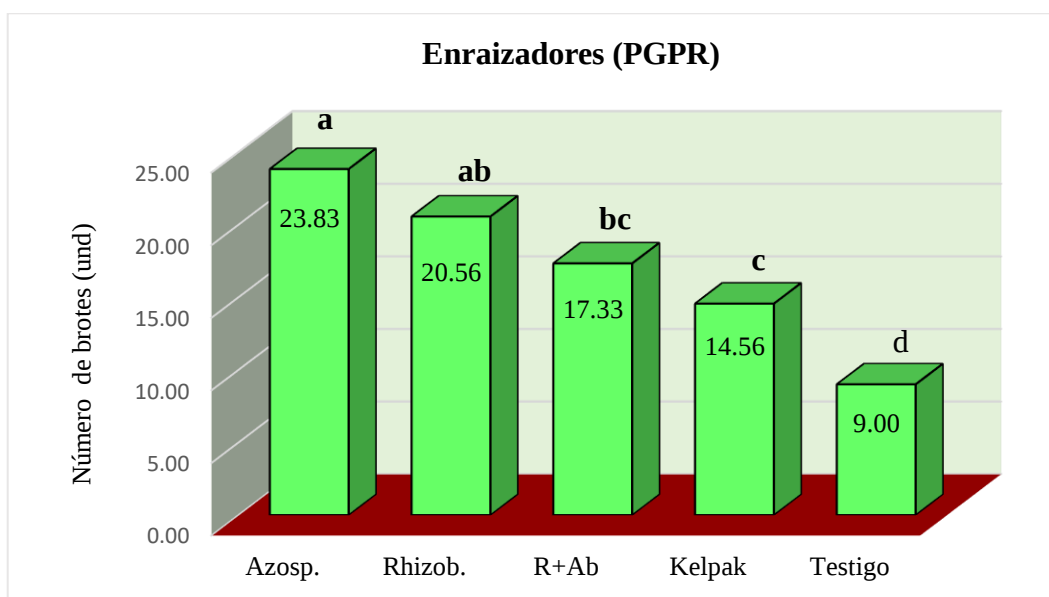
Tabla 3.2. Análisis de varianza del número de brotes de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	4.68	2.340	0.258	0.7744 ns
Sustratos (S)	2	40.81	20.405	2.251	0.1240 ns
Enraizadores - PGPR (E)	4	1164.67	291.168	32.120	<0.0001 **
Interacción (S*E)	8	142.13	17.766	1.960	0.0899 ns
Error	28	253.82	9.065		
Total	44	1606.11			

C. V (%): 17.65

Según el análisis de varianza de la tabla 3.2, el efecto principal de promotores de crecimiento resultó altamente significativo ($p\text{-valor} < 0.01$), excepto en sustratos y la interacción de los factores de estudio. Es decir, los promotores de crecimiento tuvieron efecto positivo en número de brotes en arándanos. Se encontró coeficiente de variación 17.65%; esto indica que los resultados son confiables. En el siguiente análisis se realizó una comparación de medias de los efectos principales.

Figura 3.2. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales en número de brotes de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



Nota. R + Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*.

Según la comparación de medias de los efectos principales en la figura 3.2, se encontró mayor número de brotes con promotor de crecimiento *Azospirillum brasilense*, cuyo valor obtenido fue 23.83 unidades por planta, superando al testigo en 165%. No obstante, este resultado no muestra una clara diferencia respecto al efecto de *Rhizobium* sp 20.56 unidades.

Mamoli (2018), encontró resultados con *Azospirillum brasilense* estéril (AZE) de 9 ramas por planta y con *Azospirillum brasilense* activo (AZ) de 9,5 ramas/planta en promedio con un aumento del 58% respecto al testigo. Estos resultados nos aseguran, que *Azospirillum* mejora el crecimiento vegetal produciendo fitohormonas, principalmente el ácido-3-indol acético (AIA), lo cual actúa como enraizador a nivel radicular, favoreciendo el mayor crecimiento y desarrollo de la planta (Oliveira, 2015).

A pesar no presentar significancia estadística con las diferentes formulaciones de sustratos evaluados a los 367 (ddt) y 102 días después de la segunda poda, se consiguió 16.3 a 18.37 brotes/planta en promedio. Resultado que no se ajusta con (Villegas, 2021), que mediante su estudio de los efectos de tres tipos de sustratos en el desarrollo del arándano cultivar Biloxi, evaluando a los 137 días después de trasplante, reportó 4.9 brotes/planta con cascarilla de arroz, 5.47 brotes/planta con fibra de coco + perlita. Asimismo, (Sánchez, 2022), realizó estudios en condiciones de Guayaquil en el crecimiento de cultivar Biloxi bajo invernadero, evaluando a los 60 días donde reportó 3 brotes/planta con la mezcla de cascarilla de arroz (20%), humus (10%), arcilla (30%), ladrillo molido (5%), carbón vegetal (2%) y fibra de coco (5%). Esta diferencia se debe principalmente al periodo de evaluación, ya que, a más tiempo se pudo encontrar más efecto positivo de los tratamientos.

3.3. Altura de planta

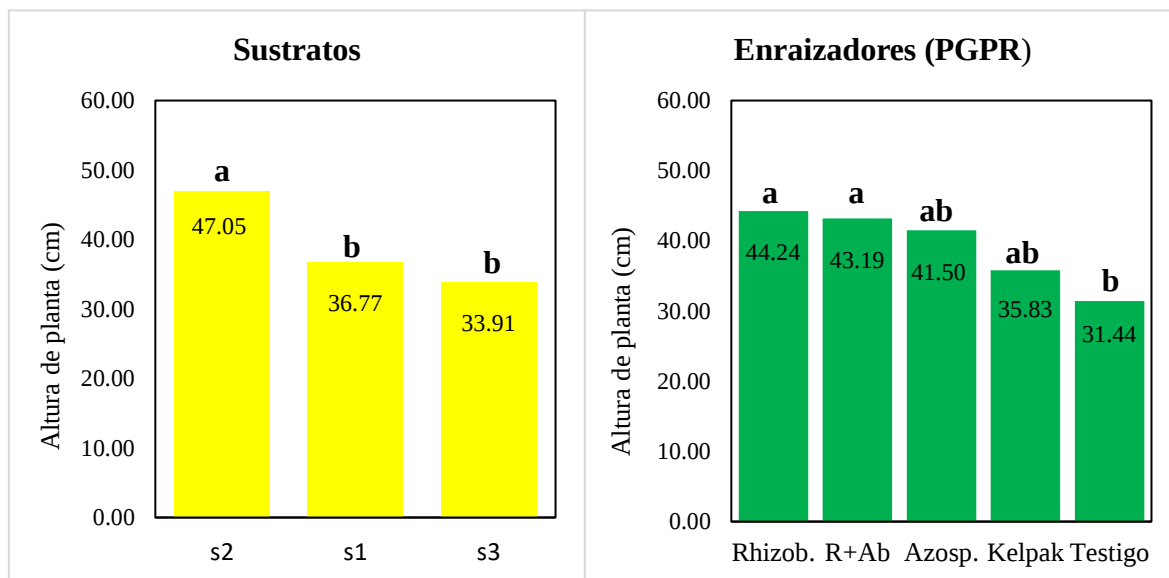
Tabla 3.3. *Análisis de varianza de la altura de la planta de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023*

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	6.30	3.150	0.044	0.9564ns
Sustratos (S)	2	1432.50	716.250	10.096	0.0005**
Enraizadores - PGPR (E)	4	1063.50	265.875	3.748	0.0145*
Interacción (S*E)	8	620.80	77.600	1.094	0.3964ns
Error	28	1986.50	70.946		
Total	44				

C. V (%): 21.46

En la tabla 3.3, los efectos principales, sustrato y enraizadores (PGPR) resultaron significativos, excepto la interacción. Esto quiere decir que tanto los sustratos como los enraizadores (PGPR) tuvieron influencia positiva en la altura de la planta. Se encontró coeficiente de variación 21.46%, lo cual indica que los datos varían relativamente por efecto de factores externos durante el manejo. Este resultado nos permite realizar análisis de comparación de medias en función de los efectos principales.

Figura 3.3. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de la planta de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*.

Según la comparación de medias de los efectos principales en la figura 3.3, con sustrato 2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humus de lombriz) una altura máxima de 47.05 cm, lo cual es distinto estadísticamente de los demás. En el efecto de los enraizadores promotores de crecimiento vegetal, no se encontró una clara diferencia; no obstante, con *Rhizobium* sp se obtuvo 44.24 cm de altura, cuyo valor supera al testigo en 40.71 %. El testigo resultó con altura más baja, 31.44 cm, ya que no recibió ningún tratamiento.

Nuestros resultados se asemejan a lo obtenido por Villegas (2021), quien formuló tres tipos de sustratos durante el desarrollo del cultivar de arándano Biloxi y los evaluó 137 días después del trasplante, reportando alturas de 55,83 cm para cascarilla de arroz y 60,73 cm para sustrato de mezcla de perlita + fibra de coco. Por otro lado, Álvarez-Robledo et al. (2020), evaluaron tres tipos de sustratos (turba de pino, turba de bosque, pajilla de arroz) en condiciones de Chachapoyas y reportaron una altura máxima de 62.75 cm para Biloxi, 46.17 cm para Bluecrop, 46.08 cm para Star y 45.92 cm para Legacy. La diferencia con los resultados bibliográficos puede estar relacionada con el tiempo de evaluación, es decir, en nuestro caso es de 102 días después de la segunda poda.

Rhizobium es un género de bacterias del suelo gran negativas capaces de fijar el nitrógeno atmosférico y formar relaciones simbióticas con las plantas (Kuykendall et al., 2015). Asimismo, Portal (2015), indica que los *Rhizobium etli* producen la síntesis de sustancias estimulantes del crecimiento como vitaminas y fitohormonas, por lo que estas sustancias aceleran el crecimiento de las plantas en la primera etapa fenológica al estimular la formación de raíces. Por otro lado, Chávez (2013), menciona que la colonización de *Azospirillum* se ve favorecida cuando se utilizan iones de amonio como única fuente principal de nitrógeno en las plántulas, aumentando así la acidificación de la rizosfera, lo cual es beneficioso para los arándanos. Por las razones anteriores, los *Rhizobium sp* y *Azospirillum* pueden ser beneficiosos para aumentar, ya que se necesitan nitrógeno amoniacal y vitaminas durante la etapa de crecimiento de los arándanos.

3.4. Diámetro de tallos

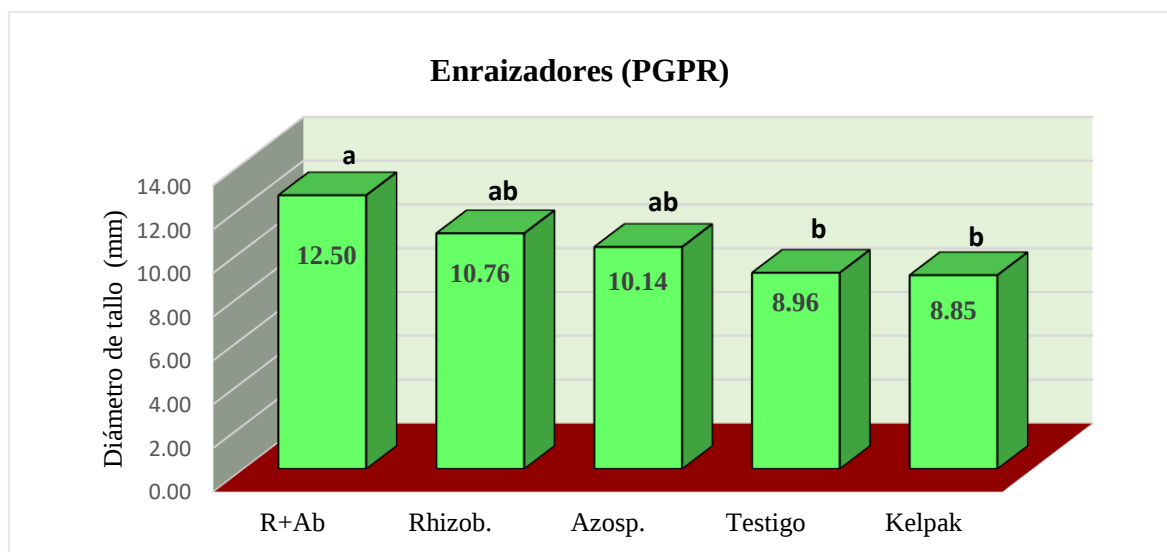
Tabla 3.4. Análisis de varianza del diámetro de tallo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	0.55	0.275	0.128	0.8808ns
Sustratos (S)	2	8.69	4.345	2.028	0.1505ns
Enraizadores -PGPR (E)	4	63.81	15.953	7.447	0.00032**
Interacción (S*E)	8	24.37	3.046	1.422	0.23085ns
Error	28	59.98	2.142		
Total	44	157.40			

C. V (%): 14.41

En el análisis de varianza de diámetro de tallos en la tabla 3.4, solamente se encontró diferencia significativa para promotores, excepto en el resto de los efectos principales. Esto significa que existe respuesta positiva solamente a la aplicación de los promotores. Se reporta un coeficiente de variación 14.41%, lo cual indica precisión y confiabilidad de los resultados. En este caso solo realizó análisis de comparación de medias en función del efecto principal de los promotores.

Figura 3.4. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) del efecto principal enraizadores (PGPR) en el diámetro de tallo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*

En la figura 3.4, se encontró 12.05 mm de diámetro promedio de tallo con la combinación de *Rhizobium* sp y *Azospirillum brasilense* (R+Ab); sin embargo, este resultado no difiere claramente del efecto individual de *Rhizobium* sp y *Azospirillum brasilense*, cuyos valores alcanzados fueron 10.76 y 10.14 mm, respectivamente.

Diestra (2014), indicó que la co-inoculación de *Rhizobium* y *Azotobacter chroococcum* tiene un efecto positivo en los parámetros agronómicos de los cultivares de papa. En leguminosas, la inoculación simultánea de cepas de *Rhizobium* y *Azospirillum* promotoras de crecimiento vegetal tuvo un efecto positivo en el crecimiento de las plantas (Biró et al., 2000). Este resultado nos permite estimar que la co-inoculación de *Rhizobium* y *Azospirillum brasilense* podría aumentar el diámetro de los brotes incluso más que los tratamientos de control y Kelpak.

Aunque no se encontró significancia estadística para las diferentes formulaciones del sustrato evaluadas a los 367 (ddt) y 102 días después de la segunda poda, se alcanzaron valores máximos en el diámetro medio de los brotes que es de 12,5 mm. Este resultado es similar al de Sánchez (2022), quien estudió el crecimiento de plantas de Biloxi en invernadero en condiciones de Guayaquil, creando una mezcla de diferentes sustratos

compuesta por cascarilla de arroz, humus, arcilla, ladrillos molidos, carbón y fibra de coco. Evaluado después de 60 días, diámetro del tronco 12,8 mm con la mezcla de sustrato: cascarilla de arroz (20%), humus (10%), arcilla (30%), ladrillo molido (5%), carbón vegetal (2%) y fibra de coco (5%). Asimismo, Villegas (2021), al estudiar el efecto de tres sustratos en el desarrollo de cultivares de arándano Biloxi evaluados 137 días después del trasplante, reportó diámetros de brote de 5,05 mm para cascarilla de arroz y 4,60 mm para una mezcla de perlita y fibra de coco. Esta diferencia última se debe principalmente a la diferencia en el momento de la evaluación y las condiciones edafoclimáticas.

3.5. Materia seca de raíz y parte aérea

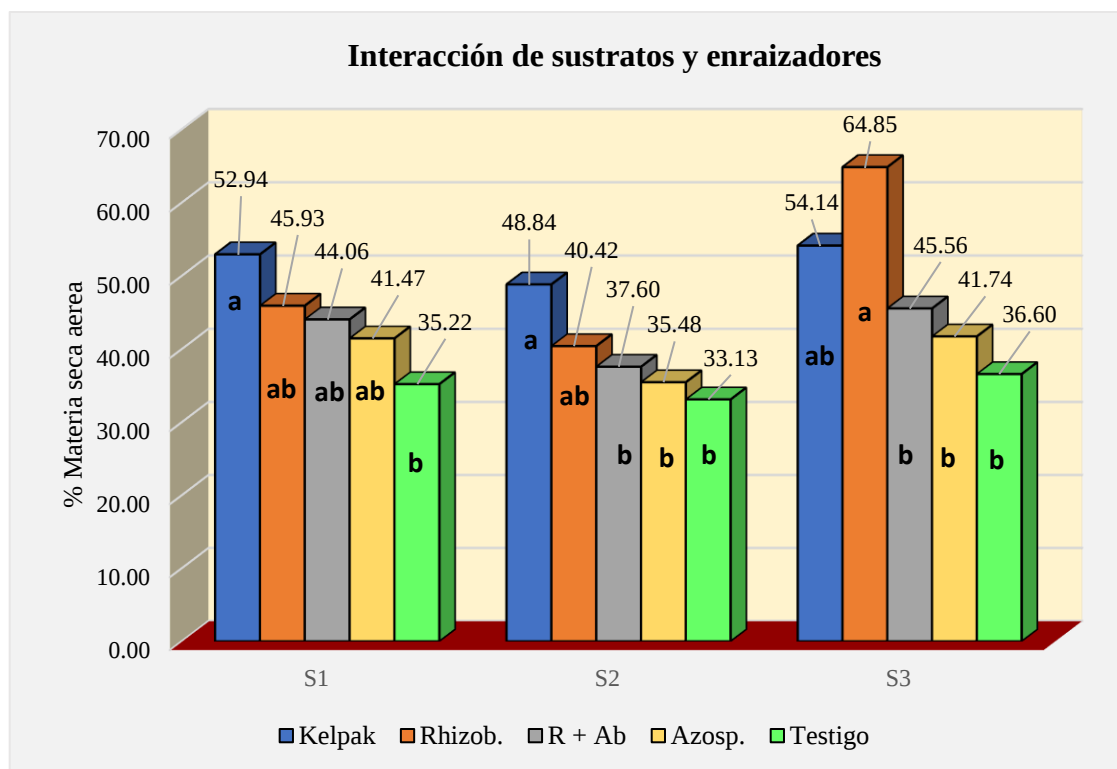
Tabla 3.5. *Análisis de varianza de materia seca de raíz y parte aérea de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023*

F. V	G. L	Cuadrados Medios (C.M)	
		Raíz	Parte aérea
Bloques	2	0.96 (ns)	59.72 ns
Sustratos (S)	2	67.00 (ns)	337.43 **
Enraizadores – PGPR (E)	4	158.58 (ns)	467.95 **
Interacción (S*E)	8	54.78 (ns)	2.69 *
Error	28	61.29	25.900
Total	44	61.29	2066.59
C. V (%):		16.98	11.6

Nota. ANVA completa de cada uno se muestra en Anexo 2.

En la tabla 3.5 se muestra un análisis de varianza de la materia seca (%) de raíz y parte aérea de la planta. En raíz no se encontró ninguna diferencia significativa en los efectos de los factores de estudio (sustrato y promotores). En materia seca de la parte aérea de la planta, se encontró significancia estadística para todos los efectos principales. Esto significa que el sustrato y los promotores tuvieron efecto positivo en el porcentaje de materia seca de la parte aérea. Se encontraron coeficientes de variación 16.98 y 11.60%, valores que muestran confiabilidad en los resultados. En este caso, se realizó el análisis de efectos simples para materia seca de la parte aérea.

Figura 3.5. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos simples de enraizantes en cada sustrato, para materia seca de la parte aérea de plantas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*

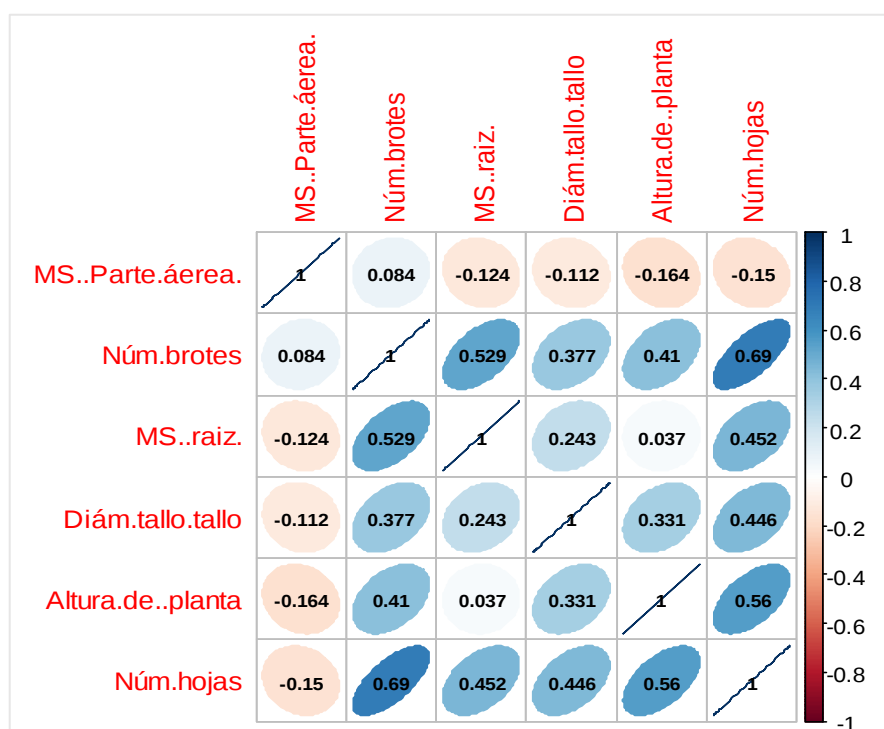
En la figura 3.5 se muestra la prueba de Tukey para la materia seca de la parte aérea, donde el s1 (45% turba de puna + 40% turba de bosque + 15% suelo franco arenoso) y Kelpak tuvieron efecto con 52.94% de materia seca, con una ventaja de 50.31% respecto al testigo. El s2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humos de lombriz) y Kelpak tuvieron 48.84% de materia seca, con una ventaja de 47.42% respecto al testigo. El s3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10% fibra de coco) y *Rhizobium* sp tuvieron un efecto con 64.85% de materia seca, el cual tiene una ventaja de 77.18% respecto al testigo.

A los 367 (ddt) y 102 días después de la segunda poda se observó que las plantas del sustrato 1 y 3 estaban en floración y cuajado de fruta, mientras en el sustrato 2 estaban en crecimiento y prefloración. Esta diferencia se puede notar en la materia seca de la parte aérea, donde las plantas del sustrato 1 y 3 presentan mayor materia seca a comparación de las plantas del sustrato 2.

Basf (2023), señaló que Kelpak es un regulador del crecimiento vegetal procedente del alga *Ecklonia máxima*, que estimula el crecimiento de raíces, aumenta la absorción de nutrientes y aumenta la resistencia de las plantas a estreses como sequía, salinidad y temperaturas extremas. Asimismo, Magyar et al. (2008), demostraron que la aplicación de Kelpak mejoraba la calidad de raíces y ramas de modo que las plántulas de *Sorbus aucuparia* y manzanos 'Idared' podían alcanzar el máximo número y longitud de brotes secundarios. Por tanto, se puede decir que el uso de Kelpak en arándanos var. Biloxi aumenta la materia seca en la parte aérea bajo el efecto del estrés debido al sustrato pesado y al clima adversos.

3.6. Correlación de las variables

Tabla 3.6. Coeficientes de correlación simple de las variables de respuesta evaluadas en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



En la tabla 3.6, se muestran los coeficientes de correlación simple de las variables de respuesta, que se realizó con la finalidad de encontrar el grado de asociación entre ellos. Se observa correlación alta entre número de hojas y número de brotes, 0.69; número de brotes y altura de planta, 0.56; materia seca de raíz y número de brotes, 0.529. Estos valores positivos indican una relación e influencia directamente proporcional. Los valores negativos significan una relación inversamente proporcional entre las variables.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, las conclusiones más relevantes son resumidas a continuación:

1. El sustrato 2 (60% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco y 10% humus de lombriz) resultó el más favorable para el crecimiento de las plantas de arándano, presentando mayor número de hojas, altura y porcentaje de materia seca en comparación con los otros tratamientos y el testigo. Por su parte, el sustrato 3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10 % fibra de coco) mostró valores intermedios en estas variables.
2. El estudio demostró que la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal, como *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium sp*, tuvo un impacto positivo en diferentes aspectos del desarrollo de las plantas de arándano. Si bien *Azospirillum brasilense* destacó en cuanto al número de hojas y altura de planta, la co-inoculación con *Rhizobium sp* favoreció el aumento del diámetro de brote, sugiriendo un posible efecto sinérgico en este parámetro.

RECOMENDACIONES

1. Formular un sustrato compuesto de 60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humus de lombriz o evaluar sustratos como turba negra mezcladas con sustratos de textura liviana.
2. Incorporar *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium sp* en las etapas iniciales por sus efectos positivos en número de hojas, número de brotes y altura de planta en la producción del arándano.
3. En el proceso de producción del arándano evaluar permanentemente el pH, la conductividad eléctrica y el drenaje en el sistema de riego por goteo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, Y., Oliva, M., Collazos, S., Vilca, V., & Huaman, E., (2020). *Desempeño agronómico de cuatro variedades de arándano (Vaccinium corymbosum L.) cultivadas en diferentes sustratos y pisos altitudinales*. *Bioagro*, 32(3), 187–194. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/download/2786/1744>.
- Arcos, B., Benavides, O., & Rodriguez, M., (2011). *Evaluación de dos sustratos y dos dosis de fertilización en condiciones hidropónicas bajo invernadero en lechuga Lactuca sativa L*. *Revistas de Ciencias Agrícolas*, 28(2), 95-108.
- Baldomero, N. Z., Pérez, J. L., & Morales, V. D. (2018). *Evaluación de sustratos ecocompatibles en el cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en Asunción Nochixtlán, Oaxaca*. *Universidad&Ciencia*, 17(101), 1–19. <https://doi.org/10.1101/2020.11.10.376129>.
- Blanco, E., & Castro, Y., (2021). *Antagonismo de rizobacterias sobre hongos fitopatógenos, y su actividad microbiana con potencial biofertilizante, bioestimulante y biocontrolador*. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(1), 6–16. <https://doi.org/10.15446/rev.colomb.biote.v23n1.84808>.
- Biró, B., Köves, K., Vörös, I., Vörös, T., Eggenberger, P., & Strasser, R. (2000). *Interrelations between Azospirillum and Rhizobium nitrogen-fixers and arbuscular mycorrhizal fungi in the rhizosphere of alfalfa in sterile, AMF-free or normal soil conditions*. *Applied Soil Ecology*, 15(2), 159-168. [https://doi.org/10.1016/S09291393\(00\)00092-5](https://doi.org/10.1016/S09291393(00)00092-5).
- Boni, S. (2016). *Evaluación de un sustrato orgánico para el enraizamiento de las estacas de joyapa (Macleania rupestris)*. Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Carrillo, E. (2018). *Producción de arándanos hidropónicos en sustratos orgánicos e inorgánicos*. Universidad Autónoma de Nayarit, Nayarit, México.
- Carrión, D. (2011). *Proyecto de inversión para la fabricación y comercialización de sustrato para jardines a partir de la cascarilla de arroz*. Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborodón, Ecuador.
- Castrillón, J., Carvajal, E., Ligarreto, G., & Magnitskiy, S. (2008). *El efecto de auxinas sobre el enraizamiento de las estacas de agraz (Vaccinium meridionale Swartz) en diferentes sustratos*. *Propagación y Cultivo de Tejido*, 26(1), 16-22.
- Cruzat, R., & Mancilla, B. (2010). *Sustratos de Arándanos en Condiciones de Aridez*.

- Ministerio de Agricultura, Coquimbo. https://opia.fia.cl/601/articles75599_archivo_01.pdf.
- Diestra, E. (2014). *Efecto de la co-inoculación de Rhizobium etli y Azotobacter chroococcum sobre el crecimiento de Solanum tuberosum "papa" var. Canchán en condiciones de laboratorio*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Fernandez, F., Huaccha, A., Barturén, L., Quiñones, L., & Sánchez, T. (2022). *Efecto del sustrato en la germinación de Cinchona officinalis L. (Rubiaceae)*. Ecosistemas, 31(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.7818/ECOS.2314>.
- Flores, C. (2021). *Efecto de diez tipos de sustrato sobre la formación del cepellón en plántulas de Vaccinium corymbosum Var. Biloxi, en Trujillo - La Libertad*. Universidad Privada Antenor Orrego, Trujillo, Perú.
- García, J., & García, G. (2005). *Orientaciones para el cultivo del arándano en Asturias*. <https://acortar.link/7PBABD>.
- Guillén, C. (2021). *Producción hidropónica de arándanos: experiencias en Ica, Perú*. Procesos Agroindustriales S.A. <https://docplayer.es/211677038-Produccion-hidroponica-de-arandanos-experiencias-en-ica-peru-carlos-guillen-linares-procesos-agroindustriales-sa-junio-2021.html>.
- Huamanatingo, J. (2016). *Evaluación del crecimiento de plantines de dos variedades de arándano (vaccinium corymbosum L.) en tres pisos altitudinales a condiciones de vivero en Abancay - Apurímac*. Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú.
- Infoagro. (2017). *Tipos de sustratos de cultivo*. https://www.infoagro.com/industria_auxiliar/tipo_sustratos.htm.
- Koyama, R., Ribeiro, W., Mariani, D., Tadeu, R., Mitsuharu, H., Simões, L., & Ruffo, S. (2019). *Association of Indolebutyric Acid with Azospirillum brasilense in the Rooting of Herbaceous Blueberry Cuttings*. Horticulturae, 5(4). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/horticulturae5040068>.
- Kuykendall, L. D., Young, J. M., Martínez-Romero, E., Kerr, A., & Sawada, H. (2015). *Rhizobium Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria*, 1–36. <https://doi.org/10.1002/9781118960608.gbm00847>.
- Magyar, L., Barancsi, Z., Dickmann, A., Hrotko, K. (2008). *Aplicación de bioestimuladores en vivero*. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 2008, Vol 65, Issue 1, p515. <https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A11%3A25029515/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A37566051&crl=c>.

- Méndez, J. M., Flores, M. S., & Páramo, L. A. (2018). *Aislamiento e identificación de Bacillus subtilis y evaluación del antagonismo in vitro frente hongos fitopatógenos*. Nexo Revista Científica, 30(2), 96–110. <https://doi.org/10.5377/nexo.v30i2.5530>.
- Mendoza, P. C. (2016). *Producción y Mercado del Arándano*. DocPlayer. <https://docplayer.es/10230100-Produccion-y-mercado-del-arandano.html>.
- Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2016). *El arándano en el Perú y el mundo*. http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/ftaxonomia_plantas/f01-cultivo/el_arandano.pdf.
- Momoli, L. (2018). *Crecimiento e desenvolvimento de plantas de mirtilo, cultivar Clímax, inoculadas con Azospirillum brasilense*. Universidad Estatal de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil. <https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2685/1/Lygia%20Werlang.pdf>.
- Ochmian, I., Malinowski, R., Kubus, M., Malinowska, K., Sotek, Z., & Racek, M. (2019). *The feasibility of growing highbush blueberry (V. corymbosum L.) on loamy calcic soil with the use of organic substrates*. Scientia Horticulturae, 257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108690>.
- Oliveira, D. J. (2015). *Análisis metabólico e de metabolitos orgánicos voláteis em plantas de cana-de-açúcar em associação com microrganismos diazotróficos*. Universidad Federal de Alagoas, Maceió.
- Portal, A. R., (2015). *Efecto de la co-inoculación de Rhizobium etli y Azotobacter chroococcum sobre el crecimiento radicular y aéreo de Physalis peruviana “aguaymanto” a nivel de campo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4583>.
- Rimachi, E. (2020). *Evaluación de cuatro sustratos para el enraizamiento de estacas de dos ecotipos de “Pushgay” (Vaccinium floribundum Kunth) mediante el uso del ácido indol-3-butírico*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú.
- Rodríguez, Y., & Calzada, W. (2006). *Influencia del humus de lombriz foliar sobre el cultivo de tomate (Lycopersicum esculentum Mill.) y el comportamiento de la planta ante el ataque de plagas y enfermedades*. Fitosanidad, 10(3).
- Rojas, C. (2024). *Instalación y manejo del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en contenedores*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6373>.

- Sánchez, D. P. (2022). *Efecto de sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de arándano (Ericaceae vaccinium) variedad Biloxi a nivel de vivero en Guayaquil*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59546>.
- Sánchez, M. (2020). *JardineríaOn*. ¿Qué son y para qué se usan las bolas de arcilla?: <https://www.jardineriaon.com/bolas-arcilla.html>.
- Sastre, A. D. (2019). *Uso de enraizadores para hacer eficiente la nutrición de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en suelo y tezontle*. In DSpace. <http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/handle/10521/3180>.
- Vega, P., Serri, H., López, M., Faundez, M., & Palma, P. (2017). *Efecto de diferentes intensidades de poda sobre el rendimiento y calidad de fruta en arándano (Vaccinium corymbosum L.) cv. Brigitta*. Chilean journal of agricultural & animal sciences, 33(3), 285-294.
- Villegas, L. A. L. (2021). *Evaluación de tres sustratos para el desarrollo del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.), variedad Biloxi en la Parroquia Montalvo* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34563>.

ANEXOS

Anexo 1. Datos recogidos del campo según los tratamientos aplicados

Sustrato	Tratamiento		Repetición	Número de hojas (und)	Número de brotes (und)	Altura de planta (cm)	Diametro de tallo (mm)
S1	T1	Kelpak	1	88.00	13.00	30.50	8.31
			2	133.00	12.00	29.00	9.72
			3	55.00	12.00	25.00	7.47
	T2	Azosp	1	207.00	24.00	38.00	10.43
			2	154.00	23.00	32.00	8.11
			3	129.00	25.00	36.00	9.95
	T3	Rhizb	1	220.00	22.00	44.70	12.78
			2	279.00	21.00	52.50	9.79
			3	217.00	27.00	42.50	12.76
	T4	Azos + Rhizo	1	130.00	12.00	41.50	10.30
			2	147.00	14.00	32.00	13.77
			3	139.00	18.00	45.00	10.97
	T5	Testigo	1	122.00	9.00	44.00	8.71
			2	123.00	8.00	30.80	7.48
			3	79.00	10.00	28.00	6.28
S2	T6	Kelpak	1	142.00	15.00	38.00	8.44
			2	251.00	16.00	49.50	9.61
			3	378.00	18.00	43.00	10.94
	T7	Azosp	1	462.00	34.00	41.00	11.70
			2	252.00	21.00	60.00	8.06
			3	357.00	27.50	50.50	9.88
	T8	Rhizob	1	209.00	20.00	51.50	10.56
			2	338.00	21.00	41.50	12.91
			3	239.00	16.00	70.00	10.11
	T9	Azos + Rhizo	1	183.00	15.00	50.50	14.41
			2	219.00	19.00	49.75	13.21
			3	255.00	23.00	49.00	12.01
	T10	Testigo	2	125.00	8.00	27.00	9.46
			2	208.00	13.00	45.50	10.29
			3	144.00	9.00	39.00	9.97
S3	T11	Kelpak	1	90.00	14.00	34.00	5.87
			2	81.00	15.00	41.50	9.82
			3	111.00	16.00	32.00	9.47
	T12	Azosp	1	138.00	17.00	30.50	9.65
			2	174.00	24.00	33.00	12.51
			3	140.00	19.00	52.50	10.95
	T13	Rhizob	1	151.00	18.00	43.00	11.05
			2	143.00	23.00	32.50	7.97
			3	144.00	17.00	20.00	8.94
	T14	Azos+ Rhiz	1	162.00	20.00	50.00	10.15
			2	233.00	19.00	39.00	11.49
			3	168.00	16.00	32.00	12.14
	T15	Testigo	1	81.00	8.00	25.00	10.07
			2	95.00	10.00	26.70	9.74
			3	42.00	6.00	17.00	8.65

Continuación del anexo 1...

Sustrato	Tratamientos		Repetición	Peso fresco raíz (kg)	Peso seco raíz (kg)	% Materia seca raíz	Peso fresco foliar (kg)	Peso seco foliar (kg)	Peso de papel (kg)	% Materia seca foliar
S1	T1	Kelpak	1	0.123	0.063	51.220	0.013	0.005	0.005	38.462
			2	0.201	0.076	37.811	0.026	0.016	0.008	61.538
			3	0.093	0.041	44.086	0.017	0.010	0.008	58.824
	T2	Azosp	1	0.090	0.036	40.000	0.019	0.008	0.005	42.105
			2	0.147	0.061	41.497	0.022	0.009	0.005	40.909
			3	0.064	0.038	59.375	0.029	0.012	0.005	41.379
	T3	Rhizb	1	0.318	0.135	42.453	0.051	0.022	0.008	43.137
			2	0.167	0.059	35.329	0.037	0.018	0.008	48.649
			3	0.374	0.181	48.396	0.050	0.023	0.008	46.000
	T4	Azos + Rhizo	1	0.155	0.074	47.742	0.031	0.013	0.005	41.935
			2	0.166	0.088	53.012	0.020	0.009	0.005	45.000
			3	0.350	0.171	48.857	0.042	0.019	0.008	45.238
	T5	Testigo	1	0.163	0.059	36.196	0.019	0.007	0.005	36.842
			2	0.202	0.088	43.564	0.031	0.011	0.008	35.484
			3	0.033	0.013	39.394	0.018	0.006	0.005	33.333
S2	T6	Kelpak	1	0.563	0.349	61.989	0.035	0.015	0.005	42.857
			2	0.557	0.293	52.603	0.067	0.035	0.005	52.239
			3	0.452	0.218	48.230	0.070	0.036	0.005	51.429
	T7	Azosp	1	1.037	0.727	70.106	0.085	0.029	0.010	34.118
			2	0.510	0.236	46.275	0.057	0.021	0.005	36.842
			3	0.77	0.48	58.19	0.07	0.03	0.01	35.48
	T8	Rhizob	1	0.403	0.170	42.184	0.056	0.020	0.005	35.714
			2	0.238	0.152	63.866	0.073	0.030	0.005	41.096
			3	0.227	0.074	32.599	0.072	0.032	0.008	44.444
	T9	Azos + Rhizo	1	0.201	0.072	35.821	0.029	0.012	0.008	41.379
			2	0.38	0.18	42.87	0.05	0.02	0.01	37.60
			3	0.559	0.279	49.911	0.068	0.023	0.005	33.824
	T10	Testigo	2	0.114	0.045	39.474	0.029	0.010	0.008	34.483
			2	0.323	0.149	46.130	0.042	0.014	0.008	33.333
			3	0.199	0.075	37.688	0.038	0.012	0.008	31.579
S3	T11	Kelpak	1	0.148	0.053	35.811	0.036	0.018	0.008	50.000
			2	0.159	0.066	41.509	0.022	0.013	0.008	59.091
			3	0.134	0.064	47.761	0.030	0.016	0.008	53.333
	T12	Azosp	1	0.171	0.094	54.971	0.038	0.014	0.005	36.842
			2	0.240	0.114	47.500	0.048	0.022	0.008	45.833
			3	0.156	0.077	49.359	0.047	0.020	0.008	42.553
	T13	Rhizob	1	0.251	0.119	47.410	0.033	0.018	0.008	54.545
			2	0.098	0.050	51.020	0.020	0.013	0.008	65.000
			3	0.067	0.025	37.313	0.008	0.006	0.008	75.000
	T14	Azos+ Rhiz	1	0.286	0.133	46.503	0.312	0.160	0.008	51.282
			2	0.231	0.112	48.485	0.047	0.020	0.008	42.553
			3	0.221	0.110	49.774	0.112	0.048	0.008	42.857
	T15	Testigo	1	0.134	0.055	41.045	0.042	0.017	0.008	40.476
			2	0.120	0.052	43.333	0.025	0.009	0.008	36.000
			3	0.052	0.019	36.538	0.009	0.003	0.005	33.333

Anexo 2. Análisis de varianza de materia seca de raíz y parte aérea de la planta

Parte aérea de la panta

```
> summary(m_factorial)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
bloq    2   119.44    59.72    2.31  0.1183
S        2   674.86   337.43   13.03 0.0001 ***
E        4  1871.79   467.95   18.07 <0.0001 ***
S:E      8   557.62    69.70    2.690 0.0248 *
Residuals 28  725.09    25.90
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> cv.model(m_factorial) #COEFICIENTE DE VARIABILIDAD
[1] 17.34746
```

Materia seca de raíz

```
> summary(m_factorial)
      Df Sum Sq Mean Sq F value    Pr(>F)
bloq    2     1.9     0.96    0.016 0.9845
S        2   134.0    67.00    1.093 0.3491
E        4   634.3   158.58    2.587 0.0585
S:E      8   438.2    54.78    0.894 0.5346
Residuals 28 1716.2    61.29
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
> cv.model(m_factorial) #COEFICIENTE DE VARIABILIDAD
[1] 16.9768
```

Anexo 3. Plan de control fitosanitario y aplicación de productos bioestimulantes y bioactivadores (Primera poda)

Productos	Dosis	Forma de aplicación	Primera poda (18/03/23)													
			18/03/2023	29/03/2023	9/04/2023	19/04/2023	23/04/2023	7/05/2023	10/05/2023	21/05/2023	11/06/2023	25/06/2023	30/07/2023	13/08/2023	27/08/2023	10/09/2023
Greenzit pH	8 ml	Foliar	x													
Cobos	50 ml	Foliar	x													
Greenzit pH	10 ml	Drench		x												
Cator	100 ml	Drench		x												
Agropower	100 ml	Drench		x												
Greenzit pH	8 ml	Foliar			x											
Go crop	50 ml	Foliar			x											
Greenzit pH	10 ml	Drench				x										
Cator	100 ml	Drench				x										
Agropower	100 ml	Drench				x										
Greenzit pH	8 ml	Foliar					x									
Fert All Magnesio	50 ml	Foliar					x									
Bayfolan	100 ml	Foliar					x									
Amino Q-50	40 ml	Foliar					x									
Greenzit pH	8 ml	Foliar						x								
Bayfolan	150 ml	Foliar						x								
Greenzit pH	10 ml	Drench							x							
Cator	100 ml	Drench							x							
Agropower	100 ml	Drench							x							
Greenzit pH	8 ml	Foliar								x						
Fert All Magnesio	50 ml	Foliar								x						
Bayfolan	100 ml	Foliar								x						
Amino Q-50	40 ml	Foliar								x						
Greenzit pH	8 ml	Foliar									x					
Go crop	50 ml	Foliar									x					
Bamectin	25 ml	Foliar									x					
Greenzit pH	8 ml	Foliar										x				
Capataz	30 g	Foliar											x			
Greenzit pH	8 ml	Foliar												x		
Esenfol CaB Plus	100 ml	Foliar													x	
Greenzit pH	8 ml	Foliar														x
Amino Q-50	40 ml	Foliar														x
Bayfolan Aktivador XL	100 ml	Foliar														x
Greenzit pH	8 ml	Foliar														x
Esenfol CaB Plus	100 ml	Foliar														x
Brevibac wp	35 g	Foliar														x
Greenzit pH	8 ml	Foliar														x
Amino Q-50	40 ml	Foliar														x
Bayfolan Aktivador XL	100 ml	Foliar														x

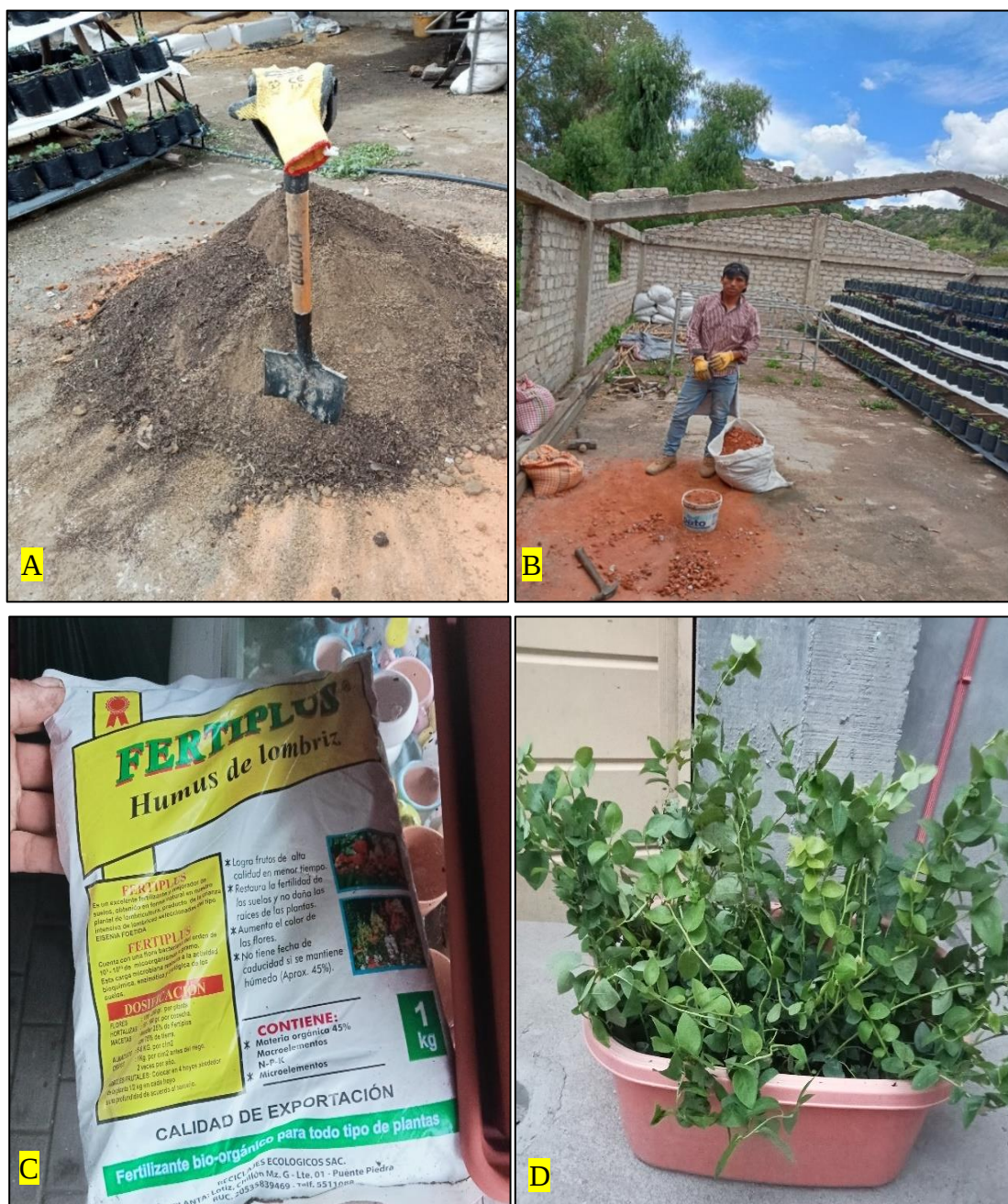
Anexo 4. Plan de control fitosanitario y aplicación de productos bioestimulantes y bioactivadores (Segunda poda)

Productos	Dosis	Forma de aplicación	Segunda poda (20/10/23)								
			20/10/2023	05/11/2023	19/11/2023	03/12/2023	17/12/2023	31/12/2023	07/01/2024	14/01/2024	21/01/2024
Greenzit pH	8 ml	Foliar	x								
Cobos	50 ml	Foliar	x								
Greenzit pH	10 ml	Foliar		x							
Go crop	50 ml	Foliar		x							
Greenzit pH	8 ml	Foliar			x						
Fert All Magnesio	50 ml	Foliar			x						
Bayfolan	100 ml	Foliar			x						
Amino Q-50	40 ml	Foliar			x						
Greenzit pH	8 ml	Foliar				x					
Bayfolan	150 ml	Foliar				x					
Antracol	30 g	Foliar				x					
Greenzit pH	8 ml	Foliar									
Fert All Magnesio	50 ml	Foliar					x				
Bayfolan	100 ml	Foliar					x				
Amino Q-50	40 ml	Foliar					x				
Bayfolan	150 ml	Foliar					x				
Greenzit pH	8 ml	Foliar						x			
Go crop	50 ml	Foliar						x			
Bamectin	25 ml	Foliar						x			
Greenzit pH	8 ml	Foliar							x		
Amino Q-50	40 ml	Foliar							x		
Bayfolan Aktivador XL	100 ml	Foliar							x		
Greenzit Ph	8 ml	Foliar								x	
Esenfol CaB Plus	100 ml	Foliar								x	
Brevibac wp	35 g	Foliar								x	
Greenzit pH	8 ml	Foliar									x
Amino Q-50	40 ml	Foliar									x
Bayfolan Aktivador XL	100 ml	Foliar									x

Anexo 5. Costos de producción/ha con mejor sustrato y enraizador

Actividad	Unidad de medida	Valor unitario (s/)	Cantidad	Total (s/)
I. COSTOS DIRECTOS				S/ 129,553.40
A. GASTOS DE CULTIVO				S/ 125,780.00
1. Insumos				S/ 110,930.00
1.1. Plantas + 4%	Unid	S/ 5.00	13000.0	S/ 65,000.00
1.2. Sustratos				S/ 34,880.00
1.2.1. Cascarilla de arroz	Sacos	S/ 18.00	800.0	S/ 14,400.00
1.2.2. Fibra de coco	Sacos	S/ 25.00	800.0	S/ 20,000.00
1.2.3. Humus de lombriz	Tn	S/ 400.00	1.2	S/ 480.00
1.3. Enraizantes (PGPR)				S/ 1,000.00
1.3.1. <i>Azospirillum brasilense</i>	L	S/ 20.00	25.0	S/ 500.00
1.3.2. <i>Rhizobium sp</i>	L	S/ 20.00	25.0	S/ 500.00
1.4. Instalación de riego				S/ 7,480.90
1.4.1. Reservorio de 10 m ³	Und	S/ 1,500.00	1.0	S/ 1,500.00
1.4.2. Electrobomba de 3 HP	Und	S/ 1,150.90	1.0	S/ 1,150.90
1.4.3. Venturi de 1"	Und	S/ 80.00	1.0	S/ 80.00
1.4.4. Tanques de inyección 200 L	Und	S/ 70.00	2.0	S/ 140.00
1.4.5. Equipos de control de riego	Und	S/ 800.00	1.0	S/ 800.00
1.4.6. Sistema de filtro 2"	Und	S/ 95.00	1.0	S/ 95.00
1.4.7. Tuberías HDPE de 2"x 100 m	Und	S/ 85.00	3.0	S/ 255.00
1.4.8. Cinta de goteo de 16 mmx40cmx1400 m	Und	S/ 460.00	4.0	S/ 1,840.00
1.4.9. Otros componentes de riego	Und	S/ 500.00	1.0	S/ 500.00
1.4.10. Electroválvulas de 1"	Und	S/ 140.00	8.0	S/ 1,120.00
1.5. Fertilizantes y enmiendas edáficos	Kg	S/ 5,000.00	1.0	S/ 5,000.00
1.6. Fertilizantes y bioestimulantes foliares	Kg/L	S/ 500.00	1.0	S/ 500.00
1.7. Contenedores de 25 L	und	S/ 0.30	12500.0	S/ 3,750.00
1.8. Pesticidas	Kg/L	S/ 800.00	1.0	S/ 800.00
2. Mano de obra				S/ 14,850.00
2.1. Instalación de plantas	Jornal	S/ 50.00	20.0	S/ 1,000.00
2.2. Instalación de riego	Jornal	S/ 50.00	5.0	S/ 250.00
2.3. Riegos y nutrición vegetal	Mensual	S/ 1,050.00	12.0	S/ 12,600.00
2.4. Labores culturales	Jornal	S/ 50.00	10.0	S/ 500.00
2.5. Control de plagas y enfermedades	Jornal	S/ 50.00	10.0	S/ 500.00
B. GASTOS GENERALES				S/ 3,773.40
Imprevistos (3% de gastos de cultivo)				S/ 3,773.40
II. COSTOS INDIRECTOS				S/ 2,487.43
A. Costos Financieros (1.92% C.D./mes)				S/ 2,487.43
COSTO TOTAL DE PRODUCCIÓN/HA				S/ 132,040.83

Anexo 6. Panel fotográfico del proceso de elaboración de tesis



Nota. A y B: preparación y embolsado de sustratos. C: humus de lombriz. D: recepción y aclimatado de plantones.



Nota. **A:** tamaño de los plantones adquiridos. **B:** desinfección de sustratos y plantones con el producto Ozoagro. **C:** trasplante. **D:** tutorado de plantones.



Nota. A: inoculantes PGPR de FOCAM-UNSCH. B y C: primera inoculación.



Nota. A: primera poda. B: brotación después de la primera poda. C: segunda inoculación de los enraizadores promotores de crecimiento vegetal.



Nota. **A:** solución preparada de Kelpak. **B:** control de pH de riego y soluciones preparadas. **C:** deshierbo en los contenedores.



Nota. A y B: tercera inoculación. C y D: plantas en pleno desarrollo antes de la segunda poda.



Nota. A: segunda poda. B y C: brotamiento y crecimiento después de segunda poda.



Nota. **A:** plantas en sustrato 1 (s1) con *Azospirillum* más *Rhizobium*. **B:** plantas en sustrato 3 (s3) con *Azospirillum* más *Rhizobium*. **C:** plantas en sustrato 2 (s2) con *Rhizobium*.



Nota. A: evaluación de altura de la planta. B: traslado de plantas de campo al laboratorio. C: medición del diámetro del tallo.



Nota. A: muestras para la evaluación de materia seca, B y C: extracción de parte aérea y radicular de los plantones para evaluación de materia seca.



Nota. **A:** calibración de temperatura y humedad de la estufa. **B:** colocación de las muestras a la estufa. **C y D:** pesaje de materia seca de las muestras para cada tratamiento en el Laboratorio de Fruticultura de la Escuela Profesional de Agronomía, UNSCH.

Anexo 7. Análisis de agua de riego proveniente del río Huatatas, Ayacucho

INFORME DE ENSAYO N° 12307-23/AG/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : César Angel Juscamaíta Castellares
 Propietario / Productor : César Angel Juscamaíta Castellares
 Dirección del cliente : Huatatas - Ayacucho
 Solicitado por : Huatatas - Ayacucho
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 02 muestras
 Producto declarado : Agua Superficial
 Presentación de las muestras(s) : Botella de plástico con cobertura oscura
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Huatatas - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 06-12-2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2023-12-06
 Lugar de ensayo : Laboratorio de Suelos, Aguas y Follares - LABSAF Cnaan
 Fecha(s) de análisis : 2023-12-11
 Cotización del servicio : --
 Fecha de emisión : 2023-11-12

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AG031-CA-23	AG032-CA-23				
Matriz Analizada	Agua	Agua				
Fecha de Muestreo	06/12/2023 (*)	06/12/2023 (*)				
Hora de Inicio de Muestreo (h)	8:20:00 (*)	8:20:00 (*)				
Condición de la muestra	No Conservada	No Conservada				
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	--					
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0.1	7.4	7.6		
Conductividad Eléctrica	uS/cm	0.1	145.5	192.2		
Cationes (**)						
Calcio (**)	meq/Litro	--	1.27	1.46		
Magnesio (**)	meq/Litro	--	0.42	0.54		
Potasio (**)	meq/Litro	--	0.13	0.19		
Sodio (**)	meq/Litro	--	0.21	0.49		
Aniones (**)						
Carbonatos (**)	meq/Litro	--	0.00	0.00		
Bicarbonatos (**)	meq/Litro	--	0.88	1.35		
Cloruros (**)	meq/Litro	--	0.25	0.30		
TSD (**)	mg/L	--	93.12	123.01		
SAR (**)	meq/Litro	--	0.228	0.490		
Clasificación			C ₁ S ₄	C ₁ S ₄		

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente Informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Cnaan

INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS - INIA
 ESTACIÓN EXPERIMENTAL CANAAN
 Ing. José Velázquez Mandari
 Director

Firma
 Director de la EEA Cnaan

INFORME DE ENSAYO

N° 06144-23/AG/ LABSAF - CANAAN

I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Cesar angel Juscamaíta castellares
 Propietario / Productor : Cesar angel Juscamaíta castellares
 Dirección del cliente : Huatatas - Ayacucho
 Solicitado por : Cesar angel Juscamaíta castellares
 Muestreado por : Cliente
 Número de muestra(s) : 2
 Producto declarado : Agua Superficial
 Presentación de las muestras(s) : Frasco de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el Cliente
 Procedencia de muestra(s) : Huatatas - Huamanga - Ayacucho
 Fecha(s) de muestreo : 30/05/2023 (*)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 31/05/2023
 Lugar de ensayo : LABSAF - Canaán
 Fecha(s) de análisis : 31/05/2023 al 05/06/2023
 Cotización del servicio : 050-23-CA
 Fecha de emisión : 6/06/2023

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	AG860-CA-23	AG8613-CA-23				
Matriz Analizada	Agua	Agua				
Fecha de Muestreo	30/05/2023 (*)	30/05/2023 (*)				
Hora de Inicio de Muestreo (h)	9:00:00 (*)	9:00:00 (*)				
Condición de la muestra	No Conservada	No Conservada				
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente	Agua de Héctor	Agua de Canal				
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH (***)	unid. pH	0.1	8.0	8.0		
Conductividad Eléctrica (****)	uS/cm	0.1	130.9	175.5		
Cationes (**)						
Calcio (**)	meq/Litro	—	2.41	2.64		
Magnesio (**)	meq/Litro	—	0.66	0.68		
Potasio (**)	meq/Litro	—	0.54	0.28		
Sodio (**)	meq/Litro	—	1.17	1.01		
Aniones (**)						
Carbonatos (**)	meq/Litro	—	0.00	0.00		
Bicarbonatos (**)	meq/Litro	—	1.45	1.43		
Cloruros (**)	meq/Litro	—	0.20	0.30		
TSD (**)	mg/L	—	83.78	112.32		
SAR (**)	meq/Litro	—	0.944	0.784		
Clasificación			C ₁ S ₁	C ₁ S ₁		

V. AUTORIZACIÓN DEL INFORME DE ENSAYO

- El presente informe de ensayo ha sido autorizado por: Katia Mendoza Dávalos - Responsable del laboratorio del LABSAF Canaán


 Ing. José Velázquez Alanduri
 Director

Firma
 Director de la EEA Canaán

**UNSCH**FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS****Bach. EMERSON TANTA TECCSI****R.D. N° 228-2024-UNSCH-FCA-D**

En la ciudad de Ayacucho a los trece días del mes de setiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las diez con treinta horas, se reunieron en el auditorio de la Facultad de Ciencias Agrarias, bajo la presidencia del M.Sc. Francisco Condeña Almora Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por M.Sc. Francisco Condeña Almora, Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida como asesor, M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez y la Dra. Roberta Esquivel Quispe; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniero Agrónomo presentado por el Bachiller **EMERSON TANTA TECCSI**.

El señor Decano (e), 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
M.Sc. Francisco Condeña Almora	16	14	16	15
Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida	16	16	16	16
M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez	14	14	16	15
Dra. Roberta Esquivel Quispe	16	15	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

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

M.Sc. Francisco Condeña Almora
Presidente

Dr. Juan Ramiro Palomino Malpartida
Asesor

M.Sc. Alex Lázaro Tineo Bermúdez
Jurado

Dra. Roberta Esquivel Quispe
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 RR N° 294-2022-UNSCH-R y la R.D. N° N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo titulado;

Sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho

Autor : Emerson Tanta Teccsi

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 **quince por ciento (15 %)** 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: 2534734257

Ayacucho, 28 de noviembre de 2024

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

Sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho

por Emerson Tanta Teccsi

Fecha de entrega: 28-nov-2024 09:30a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2534734257

Nombre del archivo: TESIS_FINAL-2024-EMERSON_1_.docx (63.45M)

Total de palabras: 16376

Total de caracteres: 87800

Sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2637 msnm, Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

15%

INDICE DE SIMILITUD

15%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	5%
	Trabajo del estudiante	

2	repositorio.unsch.edu.pe	2%
	Fuente de Internet	

3	docplayer.es	1%
	Fuente de Internet	

4	repositorio.ug.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	

5	hdl.handle.net	1%
	Fuente de Internet	

6	repositorio.uta.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	

7	repositorio.utc.edu.ec	1%
	Fuente de Internet	

8	repositorio.lamolina.edu.pe	1%
	Fuente de Internet	

9	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
10	investigadores.unison.mx Fuente de Internet	<1 %
11	www.ucla.edu.ve Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.utea.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	revistas.sena.edu.co Fuente de Internet	<1 %
14	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet	<1 %
15	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

SUSTRATOS Y ENRAIZADORES EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DEL ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum* L. X CV. BILOXI), SANTIAGO DE HUATATAS, 2637 msnm, AYACUCHO

Emerson Tanta-Teccsi; Juan Ramiro Palomino-Malpartida

Área de investigación: Medio ambiente

Línea de investigación: Sistemas de producción agrícola

emerson.tanta.01@unsch.edu.pe

ramiro.palomino@unsch.edu.pe

RESUMEN

El cultivo de arándanos requiere nuevas alternativas que optimicen su producción a nivel comercial. Con el objetivo de evaluar diferentes sustratos y enraizadores en el crecimiento y desarrollo del arándano variedad Biloxi en la localidad de Santiago de Huatatas. Se instaló un experimento factorial bajo un Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA) empleando la prueba de contraste Tukey para procesar los datos. Se trabajó con 15 tratamientos que resultaron del arreglo factorial de 3 formulaciones de sustratos y 4 enraizadores más un testigo, con 3 repeticiones y 45 unidades experimentales. A los 102 días después de la segunda poda, el sustrato 2 (60% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco y 10% humus de lombriz) resultó el más favorable para el crecimiento de las plantas de arándano, presentando mayor número de hojas, altura y porcentaje de materia seca en comparación con los otros tratamientos y el testigo. Por su parte, el sustrato 3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10 % fibra de coco) mostró valores intermedios en estas variables. El estudio demostró que la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal, como *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium sp*, tuvo un impacto positivo en diferentes aspectos del desarrollo de las plantas de arándano. Si bien *Azospirillum brasilense* destacó en cuanto al número de hojas y altura de planta, la co-inoculación con *Rhizobium sp* favoreció el aumento del diámetro de brote, sugiriendo un posible efecto sinérgico en este parámetro.

Palabras clave: sustratos, enraizadores, arándanos, crecimiento, desarrollo.

ABSTRACT

The cultivation of blueberries requires new alternatives that optimize its production at a commercial level. With the objective of evaluating different substrates and rooting agents in the growth and development of the Biloxi variety blueberry in the town of Santiago de Huatatas. A factorial experiment was set up under a Randomized Complete Block Design (RCBD) using the Tukey contrast test to process the data. We worked with 15 treatments that resulted from the factorial arrangement of 3 substrate formulations and 4 rooting agents plus a control, with 3 repetitions and 45 experimental units. At 102 days after the second pruning, substrate 2 (60% rice husk, 30% coconut fiber and 10% worm castings) was the most favorable for the growth of blueberry plants, presenting the greatest number of leaves, height and percentage of dry matter in comparison with the other treatments and the control. For its part, substrate 3 (30% rice husk + 20% worm castings + 30% clay + 10% ground brick + 10% coconut fiber) showed intermediate values in these variables. The study demonstrated that inoculation with plant growth-promoting microorganisms, such as *Azospirillum brasilense* and *Rhizobium* sp, had a positive impact on different aspects of the development of blueberry plants. Although *Azospirillum brasilense* stood out in terms of the number of leaves and plant height, co-inoculation with *Rhizobium* sp favored an increase in shoot diameter, suggesting a possible synergistic effect on this parameter.

Keywords: substrates, rooters, blueberries, growth, development.

INTRODUCCIÓN

La producción nacional de arándanos se concentra en la costa peruana, con poca experiencia en la sierra, como es el caso de Ancash; asimismo, el cultivo de arándanos es muy sensible a los suelos pesados, alcalinos, el mal drenaje y se ve fácilmente afectado por factores climáticos desfavorables, por lo que, combinado con cuidados agronómicos, se puede decir que se trata de un cultivo muy delicado, indica el Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2024). En Ayacucho, en la localidad de Santiago de Huatatas, en el distrito de Andrés Avellino Cáceres, existe una plantación de arándanos en plena producción con materia prima de otras regiones.

El sustrato que viene utilizando “Ayacucho Berries S.A.C” está compuesto de insumos como cascarilla de arroz y fibra de coco que son adquiridos en el mercado de Lima. Siendo la función central del sustrato de regular la retención del agua con más nutrientes (N, P, K,

micronutriente, ácido fosfórico, reguladores de crecimiento y otros), en la zona existen algunos recursos para poder reemplazar en parte el sustrato descrito como: turba de puna, turba de bosque, suelo franco arenoso, cascarilla de arroz, fibra de coco, humus de lombriz, arcilla y ladrillo molido con la proyección de disminuir costos. Siendo lento el crecimiento de las plantas en los sustratos convencionales, postulamos otros insumos de sustrato y enraizadores que podrían acelerar el crecimiento de las plantas.

Estudios de Sánchez (2022), demuestran que la mezcla de 20% cascarilla de arroz, 10% humus, 30% arcilla, 5% ladrillo molido, 2% carbón, 5% fibra de coco fue más eficiente e idónea para el cultivo de arándano. También observó diferencia significativa en las variables de diámetro de las hojas y número de hojas evaluadas. Asimismo, Momoli (2018) investigó el efecto de *Azospirillum brasilense* en el crecimiento y desarrollo de arándanos, dando como resultado que la producción por planta y la productividad de las plantas inoculadas fueron superiores en comparación con el testigo.

El experimento se llevó a cabo en condiciones de campo en un sistema de producción comercial.

MATERIALES Y MÉTODOS

LOCALIZACIÓN DEL EXPERIMENTO

El presente trabajo de investigación se realizó en las instalaciones de la empresa “Ayacucho Berries S.A.C”, identificada con RUC: 20606767324; en la localidad Santiago de Huatatas, distrito de Andrés Avelino Cáceres Dorregaray, provincia de Huamanga, a una altitud de 2637 m.s.n.m. encontrándose entre las coordenadas geográficas 13° 09’ 31” latitud sur y 74° 11’ 36” longitud oeste, de la región de Ayacucho.

FACTORES DE ESTUDIO Y TRATAMIENTOS

El arreglo factorial se conformó de 3S x 5E (S = 3 formulaciones de sustratos, E = 5 enraizadores), resultando al final 15 tratamientos con 3 repeticiones y un total de 45 unidades experimentales (U.E.). Donde, el factor formulaciones de sustratos (S), compuesto por: sustrato 1 (45% turba de puna + 40% turba de bosque + 15% suelo franco arenoso), sustrato 2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humus de lombriz), sustrato 3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10%

fibra de coco) y el factor enraizadores (E), compuesto por: Kelpak, *Azospirillum brasilense*, *Rhizobium sp*, *Rhizobium sp* + *Azospirillum brasilense* y el testigo

Tabla 1. *Tratamientos*

Trat.	Combinación	Descripción
T1	s1 + e1	Sustrato 1 x Kelpak
T2	s1 + e2	Sustrato 1 x <i>Azospirillum brasilense</i>
T3	s1 + e3	Sustrato 1 x <i>Rhizobium sp</i>
T4	s1 + e4	Sustrato 1 x <i>Rhizobium sp</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>
T5	s1 + e5	Sustrato 1 x Testigo
T6	s2 + e1	Sustrato 2 x Kelpak
T7	s2 + e2	Sustrato 2 x <i>Azospirillum brasilense</i>
T8	s2 + e3	Sustrato 2 x <i>Rhizobium sp</i>
T9	s2 + e4	Sustrato 2 x <i>Rhizobium sp</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>
T10	s2 + e5	Sustrato 2 x Testigo
T11	s3+ e1	Sustrato 3 x Kelpak
T12	s3 + e2	Sustrato 3 x <i>Azospirillum brasilense</i>
T13	s3 + e3	Sustrato 3 x <i>Rhizobium sp</i>
T14	s3 + e4	Sustrato 3 x <i>Rhizobium sp</i> + <i>Azospirillum brasilense</i>
T15	s3 + e5	Sustrato 3 x Testigo

Nota. s: Sustratos, e: Enraizadores (PGPR).

DISEÑO EXPERIMENTAL Y VARIABLES

El trabajo de investigación se instaló bajo el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), los resultados cuantitativos se sometieron al Análisis de Variancia (ANVA), la prueba de contraste de Tukey (0,05) y la correlación de los variables dependientes.

Modelo aditivo lineal fue la siguiente: $Y_{ijk} = \mu + \beta_k + \tau_i + \alpha_j + \tau\alpha(ij) + \epsilon_{ijk}$

Se considero cinco variables dependientes: Altura de planta (cm), diámetro de tallo principal (mm), materia seca de la planta (%), número de hojas por planta y número de brotes por planta.

INOCULACIÓN DE ENRAIZADORES (PGPR)

La inoculación de los promotores de crecimiento vegetal a las plantas de arándano se realizó en 3 veces, los cuales se muestran a continuación: Kelpak, este producto comercial que tiene como ingrediente activo auxinas (11 mg/L) y citoquininas (0.031 mg/L), fue aplicado mediante drench a los 7, 21 y 35 días después de trasplante (ddt) con una concentración al 2%, se utilizó 100 ml de la solución para cada planta. *Azospirillum brasilense*, la cepa de

este producto fue aislado, seleccionado, producido y proporcionado por el "Proyecto de investigación en bacterias fijadoras de nitrógeno (FBN) y Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR) FOCAM-UNSCH". Fueron utilizados 20 ml de inoculante líquido con una concentración de 1×10^8 UFC/ml o gramo. *Rhizobium sp*, la cepa de este producto fue aislada de alfalfa, seleccionado, producido y proporcionado por el "Proyecto de investigación en bacterias fijadoras de nitrógeno (FBN) y Rizobacterias promotoras del crecimiento vegetal (PGPR)", FOCAM-UNSCH. Fue utilizadas 25 ml de inoculante líquido con una concentración de 1×10^9 UFC/ml o gramo. La mezcla del inoculante de *Rhizobium sp.* + *Azospirillum brasilense*, estos fueron aplicados a las mismas concentraciones que fueron utilizadas individualmente. La frecuencia de aplicación fue a los 41, 105 y 192 (ddt).

INSTALACIÓN Y CONDUCCIÓN DEL EXPERIMENTO

Los sustratos fueron preparados en el piso de acuerdo a la distribución porcentual previamente definido y posteriormente fueron llenados en 45 bolsas en total, las bolsas tenían una capacidad de 0.0984 m^3 . La desinfección de los sustratos y plántulas fue realizada con el producto Ozoagro a una dosis de 50 ml/20 L. Para el riego y la nutrición se consideró el análisis de agua, plan de nutrición de acuerdo a la etapa fenológica tabla 2, eficiencia de sistema de riego por goteo y fertilizante en función de la lámina de agua aplicada. El trasplante se realizó a las dos semanas de aclimatado, el control de malezas, plagas y enfermedad se controló de manera manual y otros controles de manejo integrado de plagas y enfermedades.

Tabla 2. Plan de nutrición de arándanos mediante el sistema de fertirriego

Fenología	meq/L							ppm		g/m ³
	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	H ₂ PO ₄ ⁼	SO ₄ ⁼	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Zn	Fe	Micron.
Poda	0.00	0.00	0.00	0.80	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Crecimiento	2.20	1.10	1.00	0.85	2.49	3.36	1.80	1.00	1.00	15.00
Pre inducción	2.20	1.10	2.00	0.75	3.05	3.36	1.25	1.00	1.00	15.00
Inducción	1.27	0.84	4.00	1.00	2.31	0.00	0.00	1.00	1.00	15.00
Pre producción	3.00	1.00	4.00	0.75	2.39	0.18	2.80	1.00	1.00	15.00
Producción	2.50	1.00	4.00	0.75	1.42	0.00	3.00	1.00	1.00	15.00
Pre poda	1.27	1.27	0.75	0.75	0.91	0.25	0.00	1.00	1.00	15.00

Fuente: "Ayacucho Berries S.A.C".

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Número de hojas

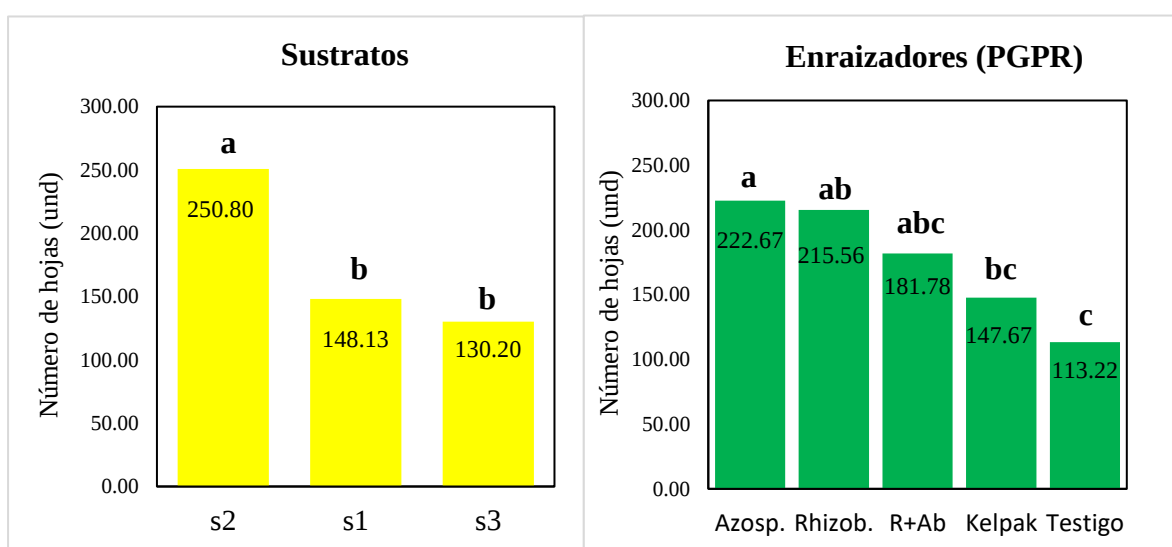
Tabla 3. Análisis de varianza del número de hojas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	3650.00	1825.000	0.657	0.5264ns
Sustratos (S)	2	127032.00	63516.000	22.853	<0.0001**
Enraizadores - PGPR (E)	4	77519.00	19379.750	6.973	0.00050**
Interacción (S*E)	8	50733.00	6341.625	2.282	0.05085ns
Error	28	77820.00	2779.286		
Total	44				

C. V (%): 29.89

Según el análisis de varianza que se muestra en la tabla 3, los efectos principales, sustratos y promotores resultaron altamente significativos, excepto la interacción. Esto significa que los sustratos y promotores presentaron efecto positivo en la respuesta de la planta; no obstante, entre estos factores no hubo efecto interactivo diferenciado. Se encontró coeficiente de variación 29.89%; este valor indica una variación relativa de los datos; por lo tanto, la media es representativa. Debido a que no existe interacción, solo se analizó en función de los efectos principales mediante comparación de medias.

Figura 1. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales de formulaciones de sustratos y de enraizadores para el número de hojas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*.

En la figura 1 se muestra prueba de Tukey, donde el sustrato 2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humos de lombriz) influyó de manera diferenciada en número de hojas promedio, cuyo valor obtenido fue 250.80 hojas/planta; mientras, con s1 y s3 el número de hojas resultaron similares estadísticamente, 148.13 y 130.20 hojas/planta, respectivamente.

Villegas (2021), mediante un estudio de los efectos de tres tipos de sustratos en el desarrollo del arándano cultivar Biloxi, evaluando a los 137 días después del trasplante, reportó 182.67 hojas/planta con cascarilla de arroz y 213.9 hojas/planta con fibra de coco + perlita. Al respecto, Sánchez (2022), señala que, al agregar la fibra de coco al sustrato, se logra una estructura más abierta y excelente capacidad de drenaje, favoreciendo el desarrollo vigoroso de las raíces. En cuanto a las propiedades físico-químicas de cascarilla de arroz, presenta una baja tasa de descomposición, correcta aireación, baja densidad y buen drenaje (Guillén, 2021). Por consiguiente, la búsqueda de sustratos alternativos de bajo costo no logra brindar un medio adecuado al sistema radicular del arándano a comparación de fibra de coco y cascarilla de arroz (Rojas, 2024).

En la figura 1 Se muestra el efecto principal de los promotores de crecimiento, con *Azospirillum brasilense* se alcanzó mayor número de hojas, 222.67 hojas/planta, superando al testigo con 96.6%; No obstante, este resultado no muestra diferencia estadística respecto a los efectos de *Rhizobium sp.* y *Rhizobium sp.* + *Azospirillum brasilense*. El testigo resultó con número de hojas más bajo, 113.22 unidades, a comparación a los otros tratamientos.

Mamoli (2018), investigó el efecto de *Azospirillum brasilense* estéril AbV5/AbV6 (AZE) y *Azospirillum brasilense* activo AbV5/AbV6 (AZ) en el crecimiento y desarrollo de arándanos, donde con la inoculación con *Azospirillum brasilense* activo AbV5/AbV6 se obtuvo 222 hojas/planta, lo cual se asemeja a nuestro trabajo de investigación. La inoculación de *Azospirillum brasilense* produce compuestos químicos señalizadores que favorecen la elongación y conformación de las raíces, generando una mayor exploración radicular (Oliveira, 2015). Por otro lado, las rizobacterias actúan como biofertilizantes y estimulan la proliferación de otros microbios benéficos en la rizosfera (Zhong et al., 2019). Es así que la inoculación de estos enraizadores promotores de crecimiento vegetal estimula la capacidad de captar agua y nutrientes con facilidad en los contenedores para así favorecer el crecimiento y desarrollo de la planta.

Número de brotes

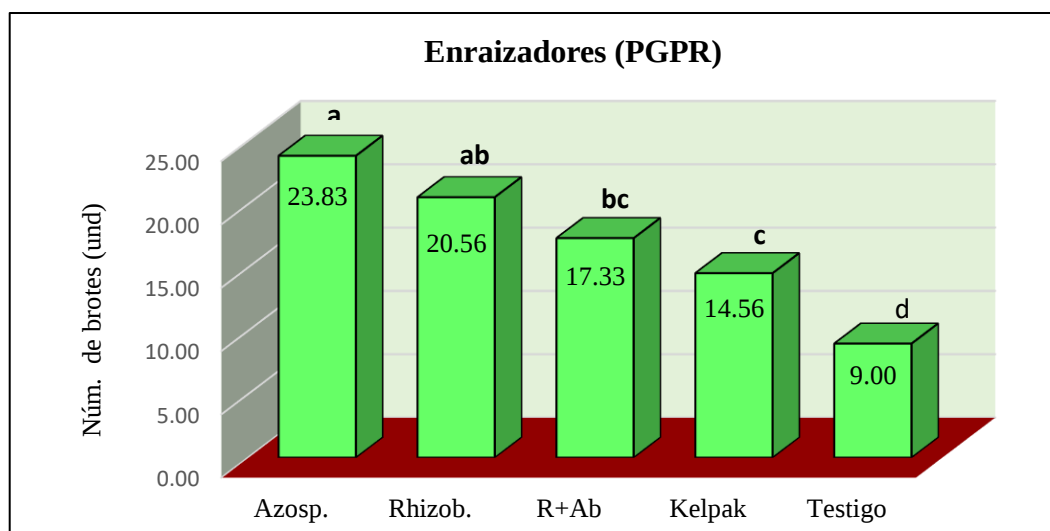
Tabla 4. Análisis de varianza del número de brotes de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	4.68	2.340	0.258	0.7744 ns
Sustratos (S)	2	40.81	20.405	2.251	0.1240 ns
Enraizadores - PGPR (E)	4	1164.67	291.168	32.120	<0.0001 **
Interacción (S*E)	8	142.13	17.766	1.960	0.0899 ns
Error	28	253.82	9.065		
Total	44	1606.11			

C. V (%): 17.65

Según el análisis de varianza de la tabla 4, el efecto principal de promotores de crecimiento resultó altamente significativo ($p\text{-valor} < 0.01$), excepto en sustratos y la interacción de los factores de estudio. Es decir, los promotores de crecimiento tuvieron efecto positivo en número de brotes en arándanos. Se encontró coeficiente de variación 17.65%; esto indica que los resultados son confiables. En el siguiente análisis se realizó una comparación de medias de los efectos principales.

Figura 1. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales en número de brotes de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.



Nota. R + Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*.

Según la comparación de medias de los efectos principales en la figura 2, se encontró mayor número de brotes con promotor de crecimiento *Azospirillum brasilense*, cuyo valor obtenido fue 23.83 unidades por planta, superando al testigo en 165%.

Mamoli (2018), encontró resultados con *Azospirillum brasilense* estéril (AZE) de 9 ramas por planta y con *Azospirillum brasilense* activo (AZ) de 9,5 ramas por planta en promedio con un aumento del 58% respecto al testigo. Estos resultados nos aseguran, que *Azospirillum* mejora el crecimiento vegetal produciendo fitohormonas, principalmente el ácido-3-indol acético (AIA), lo cual actúa como enraizador a nivel radicular, favoreciendo el mayor crecimiento y desarrollo de la planta (Oliveira, 2015).

Altura de planta

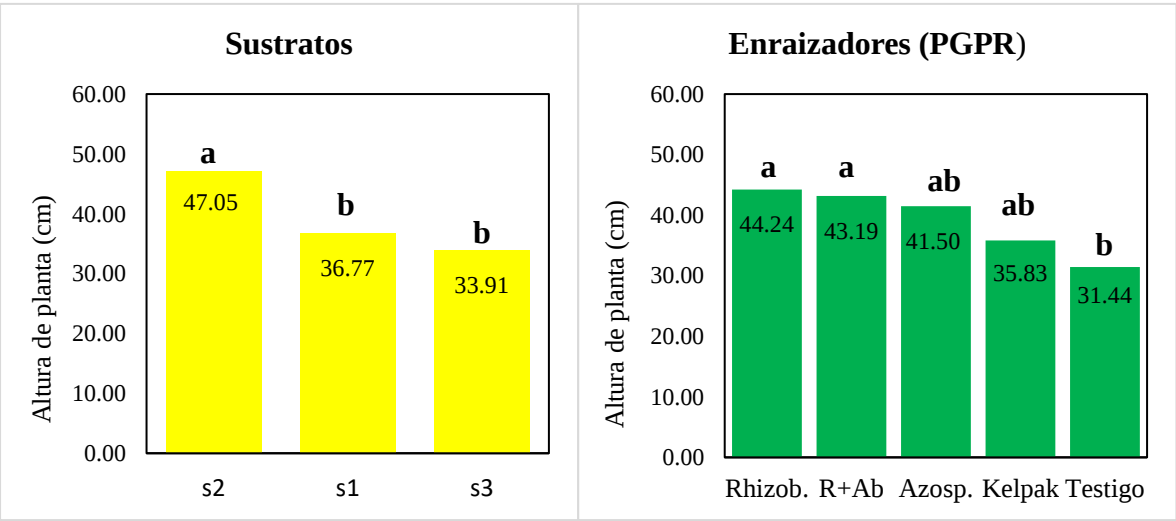
Tabla 5. Análisis de varianza de la altura de la planta de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	6.30	3.150	0.044	0.9564ns
Sustratos (S)	2	1432.50	716.250	10.096	0.0005**
Enraizadores - PGPR (E)	4	1063.50	265.875	3.748	0.0145*
Interacción (S*E)	8	620.80	77.600	1.094	0.3964ns
Error	28	1986.50	70.946		
Total	44				

C. V (%): 21.46

En la tabla 5, los efectos principales, sustrato y enraizadores (PGPR) resultaron significativos, excepto la interacción. Esto quiere decir que tanto los sustratos como los enraizadores (PGPR) tuvieron influencia positiva en la altura de la planta. Este resultado nos permite realizar análisis de comparación de medias en función de los efectos principales.

Figura 2. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos principales en altura de la planta de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*.

Según la comparación de medias de los efectos principales en la figura 3, con sustrato 2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humus de lombriz) una altura máxima de 47.05 cm, lo cual es distinto estadísticamente de los demás. En el efecto de los enraizadores promotores de crecimiento vegetal, no se encontró una clara diferencia; no obstante, con *Rhizobium sp* se obtuvo 44.24 cm de altura, cuyo valor supera al testigo en 40.71 %.

Nuestros resultados se asemejan a lo obtenido por Villegas (2021), quien formuló tres tipos de sustratos durante el desarrollo del cultivar de arándano Biloxi y los evaluó 137 días después del trasplante, reportando alturas de 55,83 cm para cascarilla de arroz y 60,73 cm para sustrato de mezcla de perlita + fibra de coco. Por otro lado, Álvarez-Robledo et al. (2020), evaluaron tres tipos de sustratos (turba de pino, turba de bosque, pajilla de arroz) en condiciones de Chachapoyas y reportaron una altura máxima de 62.75 cm para Biloxi, 46.17 cm para Bluecrop, 46.08 cm para Star y 45.92 cm para Legacy. La diferencia con los resultados bibliográficos puede estar relacionada con el tiempo de evaluación, es decir, en nuestro caso es de 102 días después de la segunda poda.

Portal (2015), indica que los *Rhizobium etli* producen la síntesis de sustancias estimulantes del crecimiento como vitaminas y fitohormonas, por lo que estas sustancias aceleran el crecimiento de las plantas en la primera etapa fenológica al estimular la formación de raíces. Por otro lado, Chávez (2013) menciona que la colonización de *Azospirillum* se ve favorecida cuando se utilizan iones de amonio como única fuente principal de nitrógeno en las plántulas, aumentando así la acidificación de la rizosfera, lo cual es beneficioso para los arándanos.

Diámetro de tallos

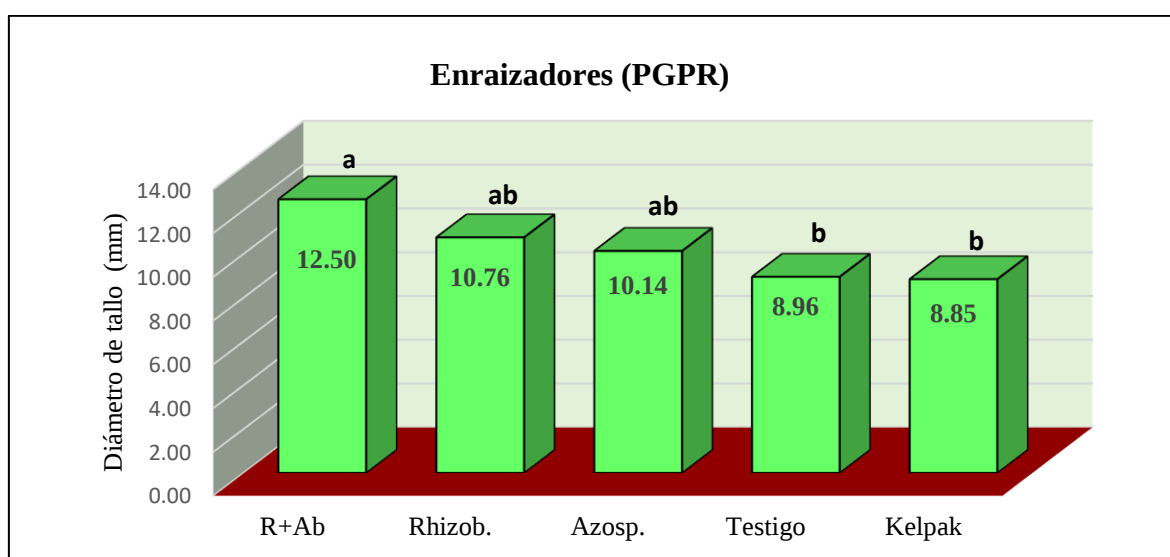
Tabla 6. Análisis de varianza del diámetro de tallo del arándano (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	P-valor
Bloques	2	0.55	0.275	0.128	0.8808ns
Sustratos (S)	2	8.69	4.345	2.028	0.1505ns
Enraizadores -PGPR (E)	4	63.81	15.953	7.447	0.00032**
Interacción (S*E)	8	24.37	3.046	1.422	0.23085ns
Error	28	59.98	2.142		
Total	44	157.40			

C. V (%): 14.41

En el análisis de varianza de diámetro de tallos en la tabla 3.4, solamente se encontró diferencia significativa para promotores, excepto en el resto de los efectos principales. Esto significa que existe respuesta positiva solamente a la aplicación de los promotores. Se reporta un coeficiente de variación 14.41%, lo cual indica precisión y confiabilidad de los resultados. En este caso solo realizó análisis de comparación de medias en función del efecto principal de los promotores.

Figura 3. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) del efecto principal enraizadores (PGPR) en el diámetro de tallo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*

En la figura 4, se encontró 12.05 mm de diámetro promedio de tallo con la combinación de *Rhizobium* sp y *Azospirillum brasilense* (R+Ab); sin embargo, este resultado no defiere claramente del efecto individual de *Rhizobium* sp y *Azospirillum brasilense*, cuyos valores alcanzados fueron 10.76 y 10.14 mm, respectivamente.

Diestra (2014) indicó que la co-inoculación de *Rhizobium* y *Azotobacter chroococcum* tiene un efecto positivo en los parámetros agronómicos de los cultivares de papa. En leguminosas, la inoculación simultánea de cepas de *Rhizobium* y *Azospirillum* promotoras de crecimiento vegetal tuvo un efecto positivo en el crecimiento de las plantas (Biró et al., 2000). Este resultado nos permite estimar que la co-inoculación de *Rhizobium* y *Azospirillum brasilense* podría aumentar el diámetro de los brotes incluso más que los tratamientos de control y Kelpak.

Aunque no se encontró significancia estadística para las diferentes formulaciones del sustrato evaluadas a los 367 (ddt) y 102 días después de la segunda poda, se alcanzaron valores máximos en el diámetro medio de los brotes que es de 12,5 mm. Este resultado es similar al de Sánchez (2022), quien estudió el crecimiento de plantas de Biloxi en invernadero en condiciones de Guayaquil, creando una mezcla de diferentes sustratos compuesta por cascarilla de arroz, humus, arcilla, ladrillos molidos, carbón y fibra de coco. Evaluado después de 60 días, diámetro del tronco 12,8 mm con la mezcla de sustrato: cascarilla de arroz (20%), humus (10%), arcilla (30%), ladrillo molido (5%), carbón vegetal (2%) y fibra de coco (5%). Asimismo, Villegas (2021), al estudiar el efecto de tres sustratos en el desarrollo de cultivares de arándano Biloxi evaluados 137 días después del trasplante, reportó diámetros de brote de 5,05 mm para cascarilla de arroz y 4,60 mm para una mezcla de perlita y fibra de coco. Esta diferencia última se debe principalmente a la diferencia en el momento de la evaluación y las condiciones edafoclimáticas.

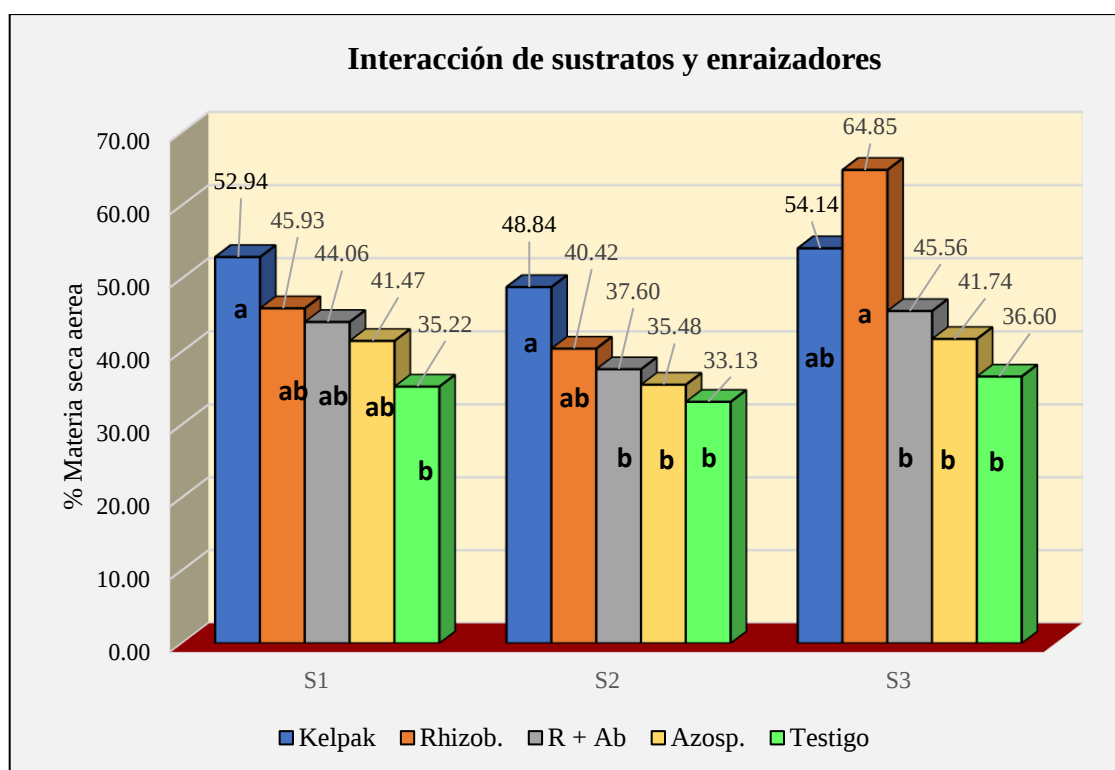
Materia seca de raíz y parte aérea

Tabla 7. *Análisis de varianza de materia seca de raíz y parte aérea de arándanos (Vaccinium corymbosum L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023.*

F. V	G. L	Cuadrados Medios (C.M)	
		Raíz	Parte aérea
Bloques	2	0.96 (ns)	59.72 ns
Sustratos (S)	2	67.00 (ns)	337.43 **
Enraizadores – PGPR (E)	4	158.58 (ns)	467.95 **
Interacción (S*E)	8	54.78 (ns)	2.69 *
Error	28	61.29	25.900
Total	44	61.29	2066.59
C. V (%):		16.98	11.6

En la tabla 3.5 se muestra un análisis de varianza de la materia seca (%) de raíz y parte aérea de la planta. En raíz no se encontró ninguna diferencia significativa en los efectos de los factores de estudio (sustrato y promotores). En materia seca de la parte aérea de la planta, se encontró significancia estadística para todos los efectos principales. Esto significa que el sustrato y los promotores tuvieron efecto positivo en el porcentaje de materia seca de la parte aérea. Se encontraron coeficientes de variación 16.98 y 11.60%, valores que muestran confiabilidad en los resultados. En este caso, se realizó el análisis de efectos simples para materia seca de la parte aérea.

Figura 4. Comparación de medias (Tukey, $\alpha = 0.05$) de los efectos simples de enraizantes en cada sustrato, para materia seca de la parte aérea de plantas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



Nota. R+Ab: co-inoculación de *Rhizobium* sp + *Azospirillum brasilense*

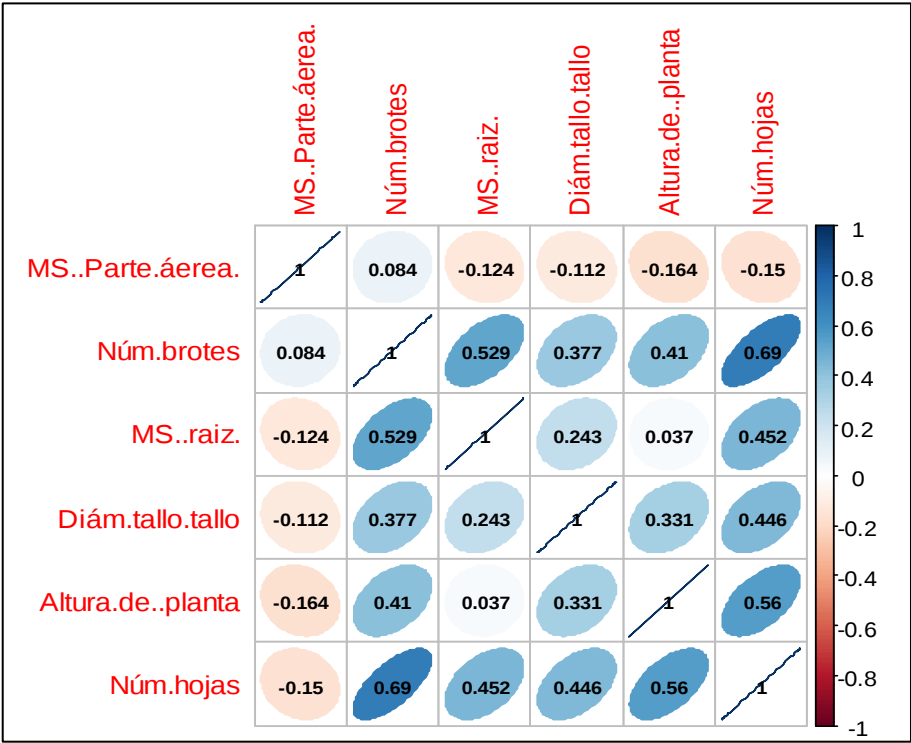
En la figura 3.5 se muestra la prueba de Tukey para la materia seca de la parte aérea, donde el s1 (45% turba de puna + 40% turba de bosque + 15% suelo franco arenoso) y Kelpak tuvieron efecto con 52.94% de materia seca, con una ventaja de 50.31% respecto al testigo. El s2 (60% cascarilla de arroz + 30% fibra de coco + 10% humos de lombriz) y Kelpak tuvieron 48.84% de materia seca, con una ventaja de 47.42% respecto al testigo. El s3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10% fibra de coco) y *Rhizobium* sp tuvieron un efecto con 64.85% de materia seca, el cual tiene una ventaja de 77.18% respecto al testigo.

A los 367 (ddt) y 102 días después de la segunda poda se observó que las plantas del sustrato 1 y 3 estaban en floración y cuajado de fruta, mientras en el sustrato 2 se encontraban en crecimiento y prefloración. Esta diferencia se puede notar en la materia seca de la parte aérea, donde las plantas del sustrato 1 y 3 presentan mayor materia seca a comparación de las plantas del sustrato 2.

Basf (2023), señaló que Kelpak es un regulador del crecimiento vegetal procedente del alga *Ecklonia máxima*, que estimula el crecimiento de raíces, aumenta la absorción de nutrientes y aumenta la resistencia de las plantas a estreses como sequía, salinidad y temperaturas extremas. Asimismo, Magyar et al. (2008) demostraron que la aplicación de Kelpak mejoraba la calidad de raíces y ramas de modo que las plántulas de *Sorbus aucuparia* y manzanos 'Idared' podían alcanzar el máximo número y longitud de brotes secundarios. Por tanto, se puede decir que el uso de Kelpak en arándanos var. Biloxi aumenta la materia seca en la parte aérea bajo el efecto del estrés debido al sustrato pesado y al clima adversos.

2.1. Correlación de las variables

Tabla 8. Coeficientes de correlación simple de las variables de respuesta evaluadas en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L. x cv. Biloxi), Santiago de Huatatas, 2023



En la tabla 8, se muestran los coeficientes de correlación simple de las variables de respuesta, que se realizó con la finalidad de encontrar el grado de asociación entre ellos. Se observa correlación alta entre número de hojas y número de brotes, 0.69; número de brotes y altura de planta, 0.56; materia seca de raíz y número de brotes, 0.529. Estos valores positivos indican una relación e influencia directamente proporcional. Los valores negativos significan una relación inversamente proporcional entre las variables.

CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados obtenidos en la presente investigación, las conclusiones más relevantes son resumidas a continuación:

1. El sustrato 2 (60% cascarilla de arroz, 30% fibra de coco y 10% humus de lombriz) resultó el más favorable para el crecimiento de las plantas de arándano, presentando mayor número de hojas, altura y porcentaje de materia seca en comparación con los otros tratamientos y el testigo. Por su parte, el sustrato 3 (30% cascarilla de arroz + 20% humus de lombriz + 30% arcilla + 10% ladrillo molido + 10 % fibra de coco) mostró valores intermedios en estas variables.
2. El estudio demostró que la inoculación con microorganismos promotores del crecimiento vegetal, como *Azospirillum brasilense* y *Rhizobium sp*, tuvo un impacto positivo en diferentes aspectos del desarrollo de las plantas de arándano. Si bien *Azospirillum brasilense* destacó en cuanto al número de hojas y altura de planta, la co-inoculación con *Rhizobium sp* favoreció el aumento del diámetro de brote, sugiriendo un posible efecto sinérgico en este parámetro.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Álvarez, Y., Oliva, M., Collazos, S., Vilca, V., & Huaman, E., (2020). *Desempeño agronómico de cuatro variedades de arándano (Vaccinium corymbosum L.) cultivadas en diferentes sustratos y pisos altitudinales*. *Bioagro*, 32(3), 187–194. <https://revistas.uclave.org/index.php/bioagro/article/download/2786/1744>.
- Diestra, E. (2014). *Efecto de la co-inoculación de Rhizobium etli y Azotobacter chroococcum sobre el crecimiento de Solanum tuberosum “papa” var. Canchán en condiciones de laboratorio*. Universidad Nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- Guillén, C. (2021). *Producción hidropónica de arándanos: experiencias en Ica, Perú*. *Procesos Agroindustriales S.A.* <https://docplayer.es/211677038-Produccion-hidroponica-dearandanos-experiencias-en-ica-peru-carlos-guillen-linares-procesos-agroindustriales-sa-junio-2021.html>.
- Magyar, L., Barancsi, Z., Dickmann, A., Hrotko, K. (2008). *Aplicación de bioestimuladores en vivero*. Bulletin of the University of Agricultural Sciences & Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Horticulture, 2008, Vol 65, Issue 1, p515.

<https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Agcd%3A11%3A25029515/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Agcd%3A37566051&crl=c>.

Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego (MIDAGRI, 2024). *El arándano en el Perú y el mundo*.

http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/tematicas/ftaxonomia_plantas/f01-cultivo/el_arandano.pdf.

Momoli, L. (2018). *Crecimiento e desenvolvimento de plantas de mirtilo, cultivar Clímax, inoculadas con Azospirillum brasilense*. Universidad Estatal de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil.

<https://tede2.uepg.br/jspui/bitstream/prefix/2685/1/Lygia%20Werlang.pdf>.

Ochmian, I., Malinowski, R., Kubus, M., Malinowska, K., Sotek, Z., & Racek, M. (2019). *The feasibility of growing highbush blueberry (V. corymbosum L.) on loamy calcic soil with the use of organic substrates*. *Scientia Horticulturae*, 257. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108690>.

Oliveira, D. J. (2015). *Análisis metabólico e de metabolitos orgánicos volátiles em plantas de cana-de-açúcar em associação com microrganismos diazotróficos*. Universidad Federal de Alagoas, Maceió.

Portal, A. R., (2015). *Efecto de la co-inoculación de Rhizobium etli y Azotobacter chroococcum sobre el crecimiento radicular y aéreo de Physalis peruviana “aguaymanto” a nivel de campo*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/4583>.

Rojas, C. (2024). *Instalación y manejo del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en contenedores*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, Perú. <https://hdl.handle.net/20.500.12996/6373>.

Sánchez, D. P. (2022). *Efecto de sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de arándano (Ericaceae vaccinium) variedad Biloxi a nivel de vivero en Guayaquil*. [Tesis de pregrado, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59546>.

Villegas, L. A. L. (2021). *Evaluación de tres sustratos para el desarrollo del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.), variedad Biloxi en la Parroquia Montalvo* [Proyecto de investigación, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/34563>.