

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL
DE HUAMANGA**

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



TESIS:

**Aislamiento y efecto de hongos micorrízicos ericoides en el
crecimiento de plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.),
en invernadero, Carmen Alto, 2780 m.s.n.m., Ayacucho**

Para optar el título profesional de:

INGENIERA AGRÓNOMA

PRESENTADO POR:

Bach. Zulma GUILLEN HUACHACA

ASESOR:

Ph.D. Nery Luz SANTILLANA VILLANUEVA

AYACUCHO - PERÚ

2024

DEDICATORIA

A Dios, por ser la luz en mi camino, por cuidarme y por llenarme de fuerzas para no rendirme y vencer todos los obstáculos, sobre todo por derramar su gran bendición y por ser el amigo, confidente que siempre está conmigo y nunca falla.

Con mucha gratitud, a mis padres Santos V. Guillen Auccatoma y Teófila N. Huachaca Huamán, por siempre estar conmigo y brindarme todo el amor y su apoyo incondicional en el proceso de mi formación profesional, dándome las palabras de aliento para continuar y lograr mis metas.

A mis hermanos, Yuber, Karina, Nícida, Lucy, Delia y Alicia, que siempre me alentaron para seguir luchando por mis sueños.

A mis amigos y familiares cercanos que me apoyaron con sus granitos de arena.

Zulma Guillen H.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga mi “Alma Mater” por abrirme las puertas y permitirme la oportunidad de realizar mi formación académica.

A la Facultad de Ciencias Agrarias, a mi Escuela Profesional de Agronomía, por haberme acogido en sus aulas durante mi formación profesional

Con profunda gratitud, expreso mis sinceros agradecimientos a la Dra. Nery Luz Santillana Villanueva, por brindarme sus conocimientos y compartir sus experiencias como investigador, para llevar a cabo la tesis, desde el inicio hasta la culminación del presente trabajo.

De igual manera a la plana de docentes de la Escuela de Profesional de Agronomía por haber contribuido eficazmente con sus conocimientos y experiencias en mi formación profesional y como persona.

Mi eterno agradecimiento a mis padres, por sus constantes oraciones por mí, por sus grandes sacrificios y su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
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 de la investigación	4
1.2 Bases teóricas	6
1.2.1 <i>El cultivo de arándano</i>	6
1.2.2 <i>Clasificación taxonómica</i>	6
1.3 Bases conceptuales	7
1.3.1 <i>Descripción botánica</i>	7
1.3.2 <i>Variedades de arándano</i>	9
1.3.3 <i>Suelos</i>	11
1.3.4 <i>Sustrato</i>	11
1.3.5 <i>Clima</i>	12
1.3.6 <i>Agua</i>	13
1.3.7 <i>Valor nutritivo</i>	14
1.3.8 <i>Protección del cultivo</i>	14
1.3.9 <i>Hongos Micorrízicos</i>	18
1.4 Inoculación con micorrizas	19
CAPÍTULO II	21
METODOLOGÍA	21
2.1 Ubicación del experimento	21
2.1.1 <i>Coordenadas geográficas</i>	21
2.1.2 <i>Coordenadas geográficas</i>	21
2.2 Condiciones climatológicas	22
2.3 Problema de la investigación	23

2.4	Materiales, equipos e insumos.....	24
2.4.1	<i>Materiales</i>	24
2.4.2	<i>Equipos</i>	24
2.4.3	<i>Insumos</i>	24
2.5	Método procedimental.....	25
2.5.1	<i>Aislamiento y caracterización de hongos micorrízicos ericoides nativos.</i>	25
2.5.2	<i>Efecto de hongos micorrízicos ericoides nativos en el crecimiento de arándanos en condiciones de invernadero</i>	25
2.6	Metodología.....	26
2.6.1	<i>Factores del experimento</i>	26
2.6.2	<i>Descripción de tratamientos</i>	26
2.6.3	<i>Diseño experimental</i>	27
2.6.4	<i>Distribución de los tratamientos en el invernadero</i>	28
2.7	Análisis estadístico	28
2.8	Instalación y conducción del experimento	29
2.9	Análisis de las variables de respuesta.....	32
CAPÍTULO III.....		35
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		35
3.1	Aislamiento y caracterización de hongos micorrízicos ericoides nativos	35
3.2	Efecto de hongo micorrízico ericoides en el crecimiento de plantas de arándanos	36
3.2.1	<i>Número de hojas</i>	36
3.2.2	<i>Número de ramas</i>	38
3.2.3	<i>Altura de la planta</i>	41
3.2.4	<i>Materia seca aéreo de la planta</i>	42
3.2.5	<i>Materia seca de la raíz</i>	43
3.2.6	<i>Longitud de raíz</i>	44
3.2.7	<i>Diámetro del tallo</i>	46
3.2.8	<i>Número de ramas basales</i>	46
3.2.9	<i>Colonización de raíces</i>	49
3.2.10	<i>Correlación de las variables</i>	51
CONCLUSIONES		53
RECOMENDACIONES.....		54
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		55
ANEXOS		60

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1 <i>Balance hídrico con datos de estación meteorológica de referencia para el trabajo experimental en Carmen Alto.....</i>	22
Tabla 2.2 <i>Descripción de los tratamientos del estudio.....</i>	27
Tabla 2.3 <i>Croquis de unidad experimental.....</i>	28
Tabla 2.4. <i>Descripción de la unidad experimental (U.E)</i>	28
Tabla 2.5 <i>Balance nutricional estimado en meq/L para el crecimiento de arándano (Vaccinium corymbosum L.)</i>	30
Tabla 2.6 <i>Interpretación del análisis físico – químico del agua.....</i>	31
Tabla 2.7 <i>Elementos faltantes, pureza de fertilizantes y requerimientos nutricionales para de arándanos (Vaccinium corymbosum L.), durante el experimento..</i>	31
Tabla 3.1 <i>Características macroscópicas y microscópicas de hongos micorrízicos ericoides nativos</i>	35
Tabla 3.2 <i>Análisis de varianza del promedio de número de hojas de arándanos (Vaccinium corymbosum L.), Carmen Alto, 2023.....</i>	37
Tabla 3.3 <i>Análisis de varianza del promedio de número de ramas por planta de arándanos</i>	39
Tabla 3.4 <i>Análisis de varianza del promedio de la altura de plantas de arándanos... </i>	41
Tabla 3.5 <i>Análisis de varianza del promedio del porcentaje de materia seca aéreo de la planta de arándanos</i>	43
Tabla 3.6 <i>Análisis de varianza del promedio del porcentaje de materia seca de raíz de arándanos</i>	44
Tabla 3.7 <i>Análisis de varianza del promedio de longitud de raíz de arándanos.....</i>	44
Tabla 3.8 <i>Análisis de varianza del promedio de diámetro del tallo de arándanos</i>	46
Tabla 3.9 <i>Análisis de varianza del promedio de número de ramas basales de arándanos</i>	47
Tabla 3.10 <i>Análisis de varianza del porcentaje de colonización de raíces de plantas de arándanos</i>	49

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 2.1 <i>Ubicación del Laboratorio de Rhizobiología en el Programa de Investigación de Pastos y Ganadería e Invernadero en Carmen Alto</i>	22
Figura 2.2 <i>Climograma de referencia para el experimento en Carmen Alto, elaborado a partir de datos de estación meteorológica de Pampa del Arco</i>	23
Figura 3.1 <i>Características macroscópicas de colonias de hongos micorrízicos ericoides nativos</i>	36
Figura 3.2 <i>Características microscópicas de colonias de hongos micorrízicos ericoides nativos.....</i>	36
Figura 3.3 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de variedad y hongos micorrízicos en número de hojas promedio de arándanos (Vaccinium corymbosum).....</i>	38
Figura 3.4 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de variedad y hongos micorrízicos en número de ramas promedio de arándanos (1ra evaluación)</i>	39
Figura 3.5 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos simples de variedad y hongos micorrízicos en número de ramas promedio de arándanos (3ra evaluación)</i>	40
Figura 3.6 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de la variedad en altura de las plantas de arándanos (1ra, 2da y 3ra evaluación)</i>	42
Figura 3.7 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de hongos micorrízicos en longitud de raíz de las plantas de arándanos.....</i>	45
Figura 3.8 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de hongos micorrízicos en número de ramas basales de arándanos (1ra evaluación)</i>	47
Figura 3.9 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos simples de hongos micorrízicos y variedad en número de ramas basales de arándanos (2da evaluación)</i>	48
Figura 3.10 <i>Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de hongos micorrízicos y variedad en porcentaje de colonización de arándanos</i>	50
Figura 3.11 <i>Coeficientes de correlación de las variables evaluadas</i>	52

ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. <i>Datos ordenados para procesamiento estadístico</i>	61
Anexo 2. <i>Datos recogidos del campo según los tratamientos</i>	63
Anexo 3. <i>Datos de la cantidad promedio de cada estructura</i>	64
Anexo 4. <i>Datos para el cálculo del porcentaje de colonización</i>	64
Anexo 5. <i>Ordenamiento de datos para cálculo de % de colonización en ANVA</i>	65
Anexo 6. <i>Análisis de varianza de las variables</i>	66
Anexo 7. <i>Análisis físico – químico de agua</i>	68
Anexo 8. <i>Panel fotográfico del proceso de elaboración de tesis</i>	70

RESUMEN

La producción de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), en términos sociales genera empleos, contribuye en el desarrollo económico de la sociedad y tiene un alto valor nutricional y medicinal al poseer propiedades antioxidantes. En los últimos años la producción de arándano ha ido aumentando, fue así que logró adaptarse en la región de Ayacucho, sin embargo, presenta algunos problemas en el enraizamiento, lo cual impide el buen desarrollo de las plantas, lo mencionado, ha permitido el desarrollo del presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el efecto de hongos micorrízicos ericoides nativos en el crecimiento de plántulas de arándano de las variedades Biloxi y Emerald, en condiciones de invernadero. Para ello se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 10 tratamientos, 5 repeticiones y un total de 50 unidades experimentales (U.E), con un arreglo factorial de A (variedades de arándanos) x B (tratamientos), constituido por dos hongos micorrízicos ericoides, la mezcla de éstos, hongo micorrízico comercial y un control. Se evaluaron 8 variables de respuesta, número de hojas, altura de la planta, número de tallos basales, número de ramas, diámetro del tallo, longitud radicular, materia seca de la parte aérea y del sistema radicular, porcentaje de colonización de raíces. Se realizó tres evaluaciones durante el tiempo del experimento (8 meses). La mejor respuesta tuvo la variedad Emerald inoculada con la combinación de hongos micorrízicos ericoides nativos (HMEN) 1 y 2, logrando mejores promedios en las variables: número de hojas (255 unid.), número de ramas basales (4 unid.), número de ramas por planta (29 unid.) y longitud de raíz (35.50 cm), además, la colonización de raíces por hongos micorrízicos ericoides fue mucho mayor que el resto de tratamientos, con un 65.50% de raíces colonizadas; superando al testigo en un 100%. La variedad Biloxi, al igual que los tratamientos HMEN1, HMEN2 y micorriza comercial, no mostraron diferencias significativas, en las variables de respuesta.

Palabras clave: Hongos micorrízicos, crecimiento de arándanos Biloxi y Emerald

INTRODUCCIÓN

Los arándanos (*Vaccinium corymbosum*), son arbustos de tamaño mediano con hojas dentadas y flores axilares. Según Rubio et al. (2010), el género *Vaccinium*, cuenta con más de 400 especies, incluido los arándanos, un cultivo de origen norteamericano. La mayoría de estas especies son endémicas de climas fríos, requieren de cuidados especiales y se adaptan fácilmente al clima de los valles interandinos y a suelos ácidos y arenosos.

El Perú es considerado líder mundial en la exportación de arándanos, sin embargo, en la última campaña, Perú atravesó por severas condiciones climáticas debido al fenómeno del Niño de 2023 que azotó fuertemente al norte del país, como Piura, Lambayeque y La Libertad, principales regiones de producción de arándanos en el país. Este hecho causó la reducción del volumen de la producción de arándanos registrando una disminución del 23% en volumen, pero un aumento del 29% en valor, gracias a un aumento del 68% en los precios promedio de los agroexportadores peruanos en medio de la escasez mundial de arándano (Corvera, 2024). A pesar de la caída en los volúmenes despachados, Perú sigue siendo líder en la exportación de arándanos, gracias a los crecimientos en las campañas anteriores 2020-2021 162.459 toneladas, 2021-2022 220.000 toneladas, 2022-2023 154.097 toneladas (Cillóniz, 2024).

Dado que los arándanos comerciales se introdujeron recientemente en el paisaje agrícola de la región, la producción del cultivo aún es bastante limitada en la provincia de Huamanga, debido principalmente al desarrollo deficiente de la planta en el campo, según menciona Hinostroza (2021). Con la finalidad de mejorar el crecimiento de las plantas de arándano se vienen desarrollando diferentes investigaciones con el uso de hongos micorrízicos para promover un crecimiento saludable y mejor desarrollo de las raíces para un mayor rendimiento (Roveda et al., 2022; Bautista et al., 2017; Lancheros, 2012). Las micorrizas ericoides son un tipo de asociación mutualista que se desarrolla entre diferentes especies de hongos micorrízicos y miembros de la familia de plantas

Ericaceae como los arándanos (Sharma, 2019), por lo que se planteó la presente investigación considerando los arándanos silvestres que existen en la región, a 3,000 msnm y tolerantes al estrés, como fuente de hongos micorrízicos ericoides (Agronoticias, 2021).

Asimismo, debido a la alta demanda actual de arándanos tanto en el mercado nacional como en el internacional, cada vez más productores se interesan en cultivarlos (Agraria.pe, 2022), por lo que se planteó realizar la presente investigación con los siguientes objetivos:

Objetivo general

Aislar y evaluar el efecto de hongos micorrízicos ericoides en el crecimiento de plántulas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), en invernadero.

Objetivos específicos

1. Aislar y caracterizar hongos micorrízicos ericoides de raíces de arándanos silvestres.
2. Evidenciar la influencia de los hongos micorrízicos aislados a partir de arándanos silvestres, en el crecimiento de plántulas de arándanos Var. Biloxi y Emerald, en condiciones de invernadero.
3. Comparar la influencia de los hongos micorrízicos aislados frente a hongos micorrízicos comerciales Myco Grow en el crecimiento de plántulas de arándanos Var. Biloxi y Emerald, en condiciones de invernadero.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes de la investigación

Roveda et al. (2022), luego de evaluar el impacto de la inoculación de *Acaulospora* y *Glomus* en el desarrollo y estado nutricional de los arándanos (*Vaccinium corymbosum*) en distintos grados de fertilización, evidenciaron los siguientes hallazgos: El peso seco, la altura de la planta, el número de células basales, el área foliar y la relación raíz/aire de las plantas de arándano inoculadas con *Glomus* aumentaron el contenido de clorofila, y los valores fueron significativamente mejores. Las plantas inoculadas con *Glomus* aumentaron la altura de la planta, mientras que las plantas inoculadas con *Acaulospora* aumentaron el número de ramas principales cultivadas en condiciones de deficiencia de nutrientes (50HFMA+1), en comparación con los controles no inoculados (0HFMA- y 50HFMA-). Los resultados sugieren que la mejor combinación de arándanos es con *Glomus* para aumentar el crecimiento y la nutrición (N, P, K, Ca, Mg y S).

Ávila et al. (2009) al estudiar el efecto de los hongos micorrízicos en la rizogénesis de esquejes de tallo y estolón del arándano colombiano, encontraron el mayor porcentaje de enraizamiento (hasta 73,3%) el día 60 en un sustrato libre de micorrizas en esquejes de tallo tratados con 200 mg de ácido naftaleno-acético.

Sobre el uso de micorrizas comerciales Micorrizafer® (Compañía Agrosافر, Medellín, Colombia) que contiene propágulos de micorrizas (esporas, micelio y raíces viejas colonizadas) de una mezcla de cuatro géneros de micorrizas (*Glomus* , *Entrophospora* , *Scutellospora* y *Acaulospora*), Ávila et al. (2009) indican que en el sustrato aumentó la viabilidad de los cortes hasta en un 95%, sin embargo, disminuyó el porcentaje de enraizamiento, el número y la longitud de las raíces de los cortes de tallo del arándano colombiano.

Carrillo et al. (2015) informan sobre la micorrización ericoide en plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) en condiciones de vivero, con el objetivo de determinar la frecuencia (%) e intensidad (%) de colonización, y crecimiento de plántulas de arándano inoculadas con micorrizas ericoides colectadas desde tres condiciones edafoclimáticas en la Región de La Araucanía, Chile. En condiciones de invernadero, plántulas de tres cultivares de arándanos fueron establecidas en sustrato de turba estéril y vermiculita mezclada con propágulos frescos de micorrizas ericoides provenientes de *Gaultheria pumila* (Parque Nacional Villarica) *Azalea* sp. (Jardín Ornamental en Temuco) y de *V. corymbosum* cv “Brigitta” (plantación orgánica en Temuco). Trascurrido seis meses, se constató en células de raíces finas el desarrollo de hifas en forma de ovillo característico de hongos micorrícicos ericoides, cuya frecuencia e intensidad de colonización fue mayor en el cv. Duke con inóculo de *V. corymbosum*, seguido de “Brigitta” y “Legacy” con inóculo de *G. pumila*, en tanto que la colonización fue menor con inóculo de *Azalea* sp. (pág. 4).

Bautista et al. (2017) investigando la reacción de EndosporR (complejo micorrícico comercial) y micorrizas nativas de *Gaultheria* sp. y *V. confertum* sobre la altura de la planta, número de hojas, frecuencia e intensidad de la colonización de las raíces en el cv. en plántulas de Biloxi, se encontró que sólo las micorrizas nativas de *Gaultheria* sp. exhibió un efecto positivo. Las micorrizas de *V. confertum* y el producto comercial EndosporR no tuvieron efecto sobre las características de crecimiento y colonización.

Lancheros (2012), describió los muchos tipos de micorrizas que se encuentran en las poblaciones naturales de *Vaccinium meridionale* y examinaron cómo esta relación afectaba el crecimiento de las plantas en un ambiente controlado. Realizó el aislamiento de hongos micorrícicos ericoides a partir de raíces de *V. meridionale*, el recuento de esporas y la tinción de raíces.

Phillips y Hayman (1970), examinaron métodos más efectivos para limpiar y teñir raíces para hongos micorrícicos vesiculares-arbusculares y hongos parásitos con el fin de observar estructuras fúngicas en las raíces. En un corte longitudinal de la raíz se observaron gruesas espirales de hifas teñidas de azul tripano, que se asemejan a micorrizas ericoides (asteriscos).

1.2 Bases teóricas

1.2.1 El cultivo de arándano

El género *Vaccinium*, que incluye el arándano (*Vaccinium* sp.), es una familia de plantas de la familia Ericaceae. Sus miembros están ampliamente distribuidos por todo el hemisferio norte, principalmente en América del Norte, Europa Central y Eurasia, y algunas especies también se encuentran en América del Sur, Madagascar y África (García, 2015). En la década de 1980, los arándanos llegaron a América del Sur mediante su cultivo, desde entonces, Chile y Argentina han experimentado un crecimiento extremadamente rápido en el sector de los arándanos (Banados , 2016).

Aunque esta especie habita principalmente en áreas más frías del hemisferio norte, es importante señalar que muchas de estas especies también se cultivan actualmente en el hemisferio sur, incluidos Australia, Nueva Zelanda y varias naciones sudamericanas, sobre todo Chile y Argentina (IDEXCAM, 2020).

La costa este de América del Norte alberga la especie *Vaccinium corymbosum* L., fue una de las primeras especies en ser domesticada a principios del siglo XX. Debido a la calidad superior de su fruto, tiene la máxima importancia en términos de superficie plantada. Es capaz de crecer hasta una altura de 2.5 metros. En un esfuerzo por mejorar su genética, se ha cruzado con otras especies para adaptar el cultivo a diversos entornos, especialmente climáticos. Como resultado, se han creado cultivares con diferentes necesidades de horas de frío (entre 100 y 1200 horas por semana) (García et al., 2010).

Las bayas (frutos) que tienen un alto contenido de antioxidantes y un contenido muy bajo de azúcar son los arándanos (*Vaccinium* spp.). Existen alrededor de 450 especies de este género, una de las cuales se comercializa como “Blueberry” o arándanos (IDEXCAM, 2020). Las especies más grandes, que son más frecuentes en los Estados Unidos, se conocen como "arándanos Highbush", mientras que las especies más pequeñas se denominan "arándanos Lowbush" en la producción comercial (IDEXCAM, 2020).

1.2.2 Clasificación taxonómica

Sastre (2019), da a conocer la clasificación taxonómica de arándano de la siguiente manera:

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

1.3 Bases conceptuales

1.3.1 Descripción botánica

a) Raíz

El ochenta por ciento del sistema radicular se encuentra en los primeros 40 centímetros, lo que lo convierte en un sistema radicular poco profundo con raíces diminutas y fibrosas sin pelos absorbentes. La corona, que tiene capacidad de producir brotes, se ubica entre las raíces y la porción aérea. La mayoría de las veces crece espontáneamente en relación simbiótica con una micorriza, promoviendo un mayor desarrollo vegetativo. En suelos densos, es susceptible al encharcamiento (García et al., 2010).

Los arándanos requieren una capa superficial de suelo suelto y bien aireado que permita la formación de una abundante cabellera radicular y un aporte continuo de humedad debido a sus raíces fibrosas y extendidas superficialmente. En su hábitat natural, ciertas micorrizas están ligadas a las raíces y estos organismos tienen una interacción mutuamente beneficiosa conocida como simbiosis (Gordó, 2008).

b) Tallo

Surgen de la base de la planta. Dependiendo del cultivar, tienen una coloración marrón anaranjado y producen cogollos o yemas tanto florales como vegetativos. La edad de la planta y su ubicación en su interior determinan su grosor (García et al., 2010).

c) Hojas

Simples, alternas, pediceladas cortas, elípticas-lanceoladas, de aproximadamente 5 cm de largo, caducas, con un tono verde pálido a vivo según el cultivar; el envés está delicadamente veteado y algo dentado. Suelen adquirir una tonalidad marrón rojiza en otoño (García et al. 2010).

d) Flores

Las flores pueden ser axilares o terminales, sépalos persistentes en racimos de 6 a 10 en cada yema, corola blanca en forma de campana (rosa en algunos cultivares), 4 a 5 pétalos fusionados, 8 a 10 estambres con anteras con o sin aristas, prolongado en tubos terminales con una abertura en el ápice, pistilo simple, ovario inferior, 4 a 10 lóculos. El grosor de una rama, el cultivar y la acción de muchos reguladores del crecimiento parecen estar relacionados con la cantidad de botones florales que se pueden formar en una rama del grupo de los arbustos altos (García et al., 2010).

e) Fruto

Es una baya falsa esférica con un diámetro de 1 a 3 cm, un peso de 0.5 a 4.0 g y en su interior de 20 a 100 semillas, cuya cantidad se correlaciona positivamente con el tamaño del fruto. Los frutos cambian de color en diversos grados a medida que maduran y eventualmente adquieren un tono azul distintivo. En consecuencia, la piel de la fruta está cubierta de secreciones cerosas que le dan un aspecto especialmente atractivo. Los frutos que están más cerca de las ramas son más grandes que los que están más lejos, y su tamaño también se ha relacionado con el vigor de la rama; los frutos más grandes suelen ser producidos por ramas con mayores niveles de vigor. Además, los frutos maduros iniciales de un cultivar suelen ser más grandes que los cosechados más tarde. Dos características del fruto que son importantes para su valor comercial son su firmeza, que está directamente relacionada con el grosor de la epidermis, y la cicatriz que queda cuando se desprende el pedúnculo. La cicatriz debe ser pequeña y seca para prevenir infecciones (García et al., 2010).

f) Ciclo del cultivo de arándano

Se descompone en varias etapas, comenzando por el desarrollo vegetativo, que es el crecimiento de los ápices vegetativos, la acumulación de carbono en la planta y las reservas de nutrientes. Luego viene la floración y la división de los ápices en vegetativos

y reproductivos, luego, la planta entra en una fase latente, lo que denota que no se está produciendo ningún desarrollo o diferenciación del meristemo vegetativo. Posteriormente, la planta comienza a florecer, completando procesos biológicos que incluyen fertilización y polinización antes de iniciar los procesos de desarrollo, plenitud, maduración y cosecha del fruto (Mesa, 2015 citado por Bustillo, 2018).

El crecimiento del arándano se divide en dos etapas:

I. Ciclo Vegetativo: Se divide en cuatro etapas: la yema vegetativa, el brote con entrenudos cortos, la expansión de las hojas y el alargamiento de los entrenudos en la tercera etapa, y la nueva rama con hojas completamente extendidas y entrenudos largos en la cuarta etapa (Mesa, 2015 citado por Bustillo, 2018).

II. Ciclo Reproductivo: Esta etapa de crecimiento del arándano se divide en seis secciones: primero, hay una yema hinchada que eventualmente se abrirá y comenzará a florecer; en segundo lugar, hay botones florales con corolas cerradas; cuarto, hay una flor en toda regla con corolas abiertas; quinto, la corola cae y el fruto cuaja; y sexto, hay frutos verdes (Mesa, 2015 citado por Bustillo, 2018).

1.3.2 Variedades de arándano

Se presentan algunas variedades según González et al. (2017):

a) Misty

Requiere horas frío de 150 a 300 para producir frutos de color azul claro, de tamaño mediano a grande. Las plantas son bastante vigorosas y tienen un patrón de crecimiento erguido y tupido.

b) Jewel

Debido a que necesita horas frío de aproximadamente 250 horas, florece bastante temprano en la primavera. El fruto es grande y firme, y tiene una gran marca del pedúnculo. Aunque la calidad del fruto de esta variedad es excelente, el manejo de la cosecha debe realizarse con cuidado porque el fruto se ablanda rápidamente en la planta.

c) Star

Da frutos muy temprano, enorme, dulce, de color azul claro, con gran sabor y fácil de cosechar, pero necesita al menos 400 horas frío para dar frutos. La planta es bastante vigorosa y tiene un hábito de crecimiento abierto.

d) O'neal

Este tipo particular, que prospera en los valles internos de la región centro-norte de Chile, necesita de 200 a 300 horas frío. La planta puede alcanzar una altura de 1.8 metros y es robusta con un hábito de crecimiento erguido.

e) Emerald

Su necesidad de frío proyectada es de 250 horas, lo cual es mínimo. La planta tiene porte abierto y es bastante vigorosa. Su resistencia a *Phytophthora* y a las enfermedades de la madera se debe a su buena adaptación a suelos espesos o mal drenados.

f) Biloxi

Necesita 400 horas frío en promedio. Su producción comienza temprano y envejece ligeramente más tarde que O'Neal y Star. Las heladas pueden afectarle porque florece bastante temprano. El fruto es de tamaño mediano, de color azul pálido, bastante firme e increíblemente sabroso. La planta es extremadamente fuerte y productiva, con porte erguido.

g) Jubilee

Se cree que necesita entre 500 y 700 horas frío. La planta crece vigorosa, compacta y erguida. La fruta se recolecta principalmente en dos cosechas durante la etapa de maduración muy intensa.

h) Reveille

Necesita 600 horas frío a más. Una de las frutas más firmes disponibles, esta variedad cuenta con una textura crujiente y un sabor magnífico. Su hábito de crecimiento erguido y delgado y su fruto firme lo convierten en un buen candidato para la cosecha mecánica.

1.3.3 Suelos

El suelo ideal para cultivar arándanos tiene un pH entre 4.0 y 5.0, estructura granular de poros ligeros, materia orgánica y excelente drenaje (Valenzuela, 1998).

En cuanto a los suelos en sí, deben tener una textura ligera, un excelente drenaje y una gran cantidad de materia orgánica (más del 3%) para mantener la retención de humedad necesaria para el mejor desarrollo posible del sistema radicular (García et al., 2010).

Esta especie no se debe plantar en suelos ricos en calcio. Las mejores tierras son praderas sin restos de cultivos forestales o frutales y, lo más importante, libres de herbicidas residuales como la Simazina. Este elemento se ha visto facilitado por los avances en las técnicas de cultivo, como el uso de fertirrigación (García et al., 2010).

Las raíces finas y fibrosas que constituyen la mayor parte del sistema radicular del arándano se concentran en un 80% a una profundidad de 50 cm en el suelo, o muy cerca de la superficie. Estas raíces fibrosas tienen una baja capacidad de absorción y no tienen pelos radiculares. Las raíces de los arándanos requieren suelos sueltos, bien drenados y con una buena concentración de materia orgánica (3% a 5%), ya que no pueden atravesar superficies de suelo compactadas (Undurraga, 2013).

1.3.4 Sustrato

a) Cascarilla de arroz

Debido a su alto contenido de sílice, peso ligero, alta porosidad, poca capacidad para retener humedad, alta conductividad hidráulica y pH neutro, la cáscara es un sustrato orgánico que se descompone lentamente. Es un material bajo en nitrógeno (menos de 100 mg L⁻¹) y alto en potasio (3.000 a 3.500 mg L⁻¹) y fósforo (80 a 120 mg L⁻¹) (Quintero et al., 2011).

El proceso de descascarillar el arroz, es un desperdicio. Produce un material muy estable, con alto contenido de lignina y de mineralización lenta. Ofrece una friabilidad excepcional y excelente aireación en la mezcla, baja densidad, buen drenaje y peso ligero. Se debe limpiar a fondo antes de utilizarlo, dejarlo fermentar durante unos diez días y luego utilizarlo para preparar el sustrato una vez esté húmedo (Linares, 2023).

b) Fibra de coco

En otros países como Colombia, el uso de la fibra de coco para el cultivo de plantas hortícolas y ornamentales es cada vez más común entre los sustratos comerciales. Esto se debe principalmente a la capacidad superior de amortiguación térmica de la fibra para temperaturas extremas en comparación con otros sustratos como la perlita o la lana de roca. En comparación con la cáscara de arroz tostado, también tiene una alta capacidad de retención de agua, lo que modifica el calendario de riego. Además, en comparación con sustratos alternativos como la arena, la fibra de coco tiene una baja densidad aparente que facilita la instalación y una larga vida útil que puede superar los cinco años con un manejo adecuado (Quintero et al., 2011).

c) Turba rubia de Sphagnum (*Sphagnum magellanicum*)

La descomposición de muchos musgos a lo largo de miles de años, particularmente *Sphagnum magellanicum* Brid. y otras plantas superiores, produce turba de *Sphagnum*. Cuando las capas inferiores de vegetación mueren, se mojan y eventualmente se convierten en turba rubia y negra con el tiempo, las capas superiores de vegetación continúan creciendo y produciendo turba. Las plantas se benefician de la capacidad de los hilos largos para retener mucho aire porque evita que sus raíces se pudran y permite que los nutrientes, el agua y el oxígeno lleguen a las raíces, lo cual es esencial para el crecimiento y el desarrollo (Domínguez et al., 2017).

d) Compost

Realizada correctamente, esta técnica potencia las cualidades físicas y equilibra el C/N. Un excelente compostador debe tener un precio razonable, ser liviano y capaz de retener una cantidad significativa de humedad. Cuando se combina con materiales menos absorbentes, el compost puede ser una adición útil a los medios utilizados para trasplantar plantas establecidas o enraizar esquejes. La mejor manera de aumentar la cantidad de materia orgánica en el sustrato es agregar materiales orgánicos compostados (Linares, 2023).

1.3.5 Clima

Debido a que los arándanos florecen a finales de marzo, dependiendo de la variedad, la exposición y la elevación sobre el nivel del mar, no representan un riesgo

significativo por las heladas primaverales. En cambio, pueden soportar temperaturas invernales extremadamente bajas (-30°C) (García et al., 2010).

Sin embargo, las temperaturas elevadas por encima de 28 a 30°C pueden dañar la fruta provocando arrugas y quemaduras. Los fuertes vientos predominantes frenan el crecimiento de una planta, dañan su follaje, interfieren con la floración e impiden que los insectos polinicen la planta, especialmente en los primeros años de existencia de la planta. Además, hace que los frutos se caigan y se dañen (García et al., 2010).

En climas templados, los arándanos prosperan mejor. Necesitan entre 400 y 1200 horas de frío, con un umbral de 7°C , según el tipo. Las plantas se vuelven extremadamente susceptibles a las bajas temperaturas cuando salen de la hibernación. Conocer las épocas de heladas es fundamental para elegir los tipos adecuados para plantar, procurando que estas ocurrencias no coincidan con la época de floración. Aunque la floración se congela a -2°C , se cree que la temperatura umbral es de $-0,6^{\circ}\text{C}$ debido al apilamiento de etapas fenológicas (Undurraga, 2013).

Es importante recordar que demasiada radiación reducirá el período de maduración de la fruta, concentrando la cosecha y fomentando frutos de menor calidad. Por el contrario, los días nublados fomentan el crecimiento de infecciones fúngicas que degradan la calidad y la producción de la fruta (González et al., 2017).

1.3.6 Agua

El arándano es extremadamente sensible tanto al exceso como a la escasez de agua debido a sus raíces cortas, fibrosas y poco profundas. Se recomienda realizar un estudio químico para determinar el pH, las sales solubles (conductividad eléctrica) y la relación de adsorción de sodio (RAS) en los casos en que se desconozca la calidad del agua de riego. Es necesario obtener una segunda muestra de agua para un examen microbiológico a fin de confirmar y validar que se utilizará agua limpia y de alta calidad para el riego. Dado que una porción sustancial de las raíces se encuentra en los primeros 15 a 20 centímetros del suelo, los sistemas de riego localizado permiten mantener un nivel adecuado de humedad en esa zona. El riego por aspersión se emplea en áreas donde las heladas primaverales son posibles, además de los sistemas de riego de cultivos (Undurraga, 2013).

1.3.7 Valor nutritivo

Bajos en calorías, grasas y sodio, los arándanos son una opción de alimento saludable. No tiene colesterol, es rico en fibra y minerales, destacando su alto contenido en vitamina C. Posee características antioxidantes que actúan contra los radicales libres, reduciendo así la probabilidad de contraer cáncer y trastornos coronarios (Gordó, 2008).

1.3.8 Protección del cultivo

a) Malezas

Uno de los elementos más cruciales en los primeros años de establecimiento del cultivo es el manejo de malezas. Además de interferir con tareas como fertilización, poda y cosecha, las malezas compiten por recursos (agua, luz y minerales). Iniciar una plantación con una parcela libre de malezas es fundamental. Para ello se puede utilizar la aplicación de herbicidas y el uso de instrumentos como un disco antes de la siembra (Gordó, 2008).

b) Plagas

Se ha documentado la existencia de pulgones, arañas y larvas rizofágicas. Se ha demostrado que las moscas de la fruta (*Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*) se hospedan en los arándanos en el área de Concordia; sin embargo, aún no se han informado ataques de estas moscas en otras zonas. Será vital investigar las características, los ciclos de vida y la existencia de enemigos naturales de estos insectos para determinar el daño que estos insectos causan a los cultivos y tener el conocimiento esencial para crear planes de manejo (Gordó, 2008).

Gusanos blancos (Coleoptera: Scarabaeidae) Pololos, pololitos, San Juanes

Las especies más comunes que componen el grupo de gusanos blancos incluyen *Hylamorphia elegans*, *Sericoides* spp., *S. viridis*, *S. obesa*, *Brachysternus prasinus*, *B. spectabilis*, *Phytholaema herrmanni*, *P. dilutipes* y *Tomarus villosus*. La mayoría de especies terminan su ciclo en un año. El adulto se alimenta principalmente de hojas de árboles y arbustos nativos, y el follaje de arándano ocupa el segundo lugar, a menos que sea una de las especies de ericoides que tiene más fagia en el cultivo. Después del apareamiento, la hembra excava en el suelo para poner unos sesenta huevos blancos. Las larvas de estas especies generalmente se encuentran en la fila de arriba, cerca de las raíces de las plantas y en el espacio entre las filas que está conectado a la capa de plantas. Las

larvas provocan un debilitamiento generalizado e incluso la mortalidad de las plantas jóvenes al alimentarse de las raíces y raicillas de los arándanos en la hilera o en el caballón. Las enfermedades pueden ingresar al cuerpo a través de mordeduras. Las plantas que han sido atacadas muestran signos de disminución del crecimiento y estrés hídrico. La densidad de larvas se puede reducir antes de plantar labrando el suelo y usando pesticidas. En comparación con otras formas de acolchado, la incidencia será menor si el cultivo se cubre con plástico (Undurraga, 2013).

Burritos (Coleoptera: Curculionidae) Cabrito, burrito, capachito, gorgojo c.

Las principales especies encontradas en el cultivo incluirían *Aegorhinus superciliosus*, *Aegorhinus nodipennis*, *Aegorhinus phaleratus*, *Otiorhynchus sulcatus*, *Otiorhynchus rugosostriatus*, *Naupactus xanthographus*, *Graphognathus leucoloma* y *Naupactus cervinus*. Dependiendo de la especie, los estadios adultos se pueden ver en el campo desde finales de primavera hasta principios de octubre. A diferencia de las otras especies, que son diurnas, *O. sulcatus* y *O. rugosostriatus* son nocturnas. Tanto *Otiorhynchus sulcatus* como *O. rugosostriatus* tienen la capacidad de pasar el invierno como adultos y comenzar a producir huevos tan pronto como emergen en la primavera. Tienes que luchar contra los burritos antes de poder plantar. Dado que nuevas especies pueden infectar un jardín, la procedencia y la salud de las plantas son cruciales con respecto a los burritos (Undurraga, 2013).

Trips (Thysanoptera: Thripidae) Trips, trips de las flores, trips de la cebolla, trips negro de las flores

Frankliniella occidentalis, *Thrips tabaci* y *Frankliniella australis* serían las principales especies asociadas al cultivo. De reproducción sexual y por partenogénesis, las hembras insertan los huevos ovóides, brillantes y transparentes debajo de los tejidos vegetales, incrustados en tiernas ramitas de crecimiento estacional, estructuras florales, pedúnculos y frutos. De ellos emerge la larva o ninfa, luego muda y da origen a una pupa. Después de una semana, emerge un nuevo adulto muy activo. El ciclo de vida puede completarse en 15 a 20 días y dependiendo de las condiciones climáticas pueden permanecer activos todo el año o hibernar cuando son adultos. Los estadios que utilizan su estilete para alimentarse de tejidos delicados son las larvas y los adultos. Debido a que pueden transportar bacterias, virus y hongos, son vectores de enfermedades. Los adultos también consumen polen. El color rojizo y las marcas en los frutos son el resultado de

daños cosméticos por la oviposición y/o los efectos alimentarios de las larvas y adultos. Para controlar las poblaciones y preservar los enemigos naturales, las medidas de control incluyen mantener en presencia reducida las malezas y plantas hospederas como correhuela, yuyo, rábano, diente de león, etc. (Undurraga, 2013).

c) Enfermedades

Según Gordó (2008), las enfermedades más frecuentes en el cultivo de arándano son:

Atizonamiento de tallos y pudrición de frutos (*Botrytis cinerea*)

Con condiciones de alta humedad, períodos de lluvias cercanos a cosecha esta enfermedad puede ser un problema. Por lo general ataca a las partes jóvenes de los tallos, flores y frutos. Los síntomas son: atizonamiento de los brotes, necrosis y marchitez en hojas y flores y pudrición de frutos. Esto último ocasiona un daño irreparable y se lo conoce como pudrición o moho gris de los frutos. Los frutos pueden ser infectados en el campo, pero los síntomas se verán luego de la cosecha. Para su control se recomienda minimizar las condiciones que predispongan a la enfermedad (poda) y proteger químicamente con los productos recomendados (fungicida durante la floración).

Podredumbre del cuello y de la raíz (*Phytophthora* sp.)

Suelos pesados que no facilitan el drenaje del exceso de agua o sobre irrigación pueden causar esta enfermedad. El estrés causado por fertilización excesiva y daños por herbicidas acelera el proceso de muerte de las plantas afectadas. Los síntomas típicos son un amarilleo y enrojecimiento del follaje, detención del crecimiento, muerte del borde de la hoja y una progresiva defoliación. En las raíces aparece una coloración marrón y negra. Para su prevención y control no existe un único método. Se recomienda la compra de plantas en viveros reconocidos, hacer una correcta elección del lote de plantación, con un buen movimiento del agua, uso de camellones altos, con buen drenaje, tratamientos con fungicidas sistémicos y específicos.

Manchas en hojas, tallos y frutos (*Alternaria tenuissima*)

Primaveras frías y húmedas predisponen la aparición de esta enfermedad. Sobre las hojas se presentan manchas rojizas sobre ambas caras. En los tallos las manchas se transforman en pequeños canchales. Sobre los frutos se observan manchas oscuras y reblandecimiento que aparecen luego de la cosecha. Para su control se recomienda la

aplicación de fungicidas específicos durante la floración y una vez cosechada la fruta es necesario enfriarla rápidamente para preservar su calidad.

Roya (*Pucciniastrum vaccinii*)

Las lesiones comienzan como regiones cloróticas en la superficie superior de la hoja y eventualmente cambian a manchas aisladas, de forma irregular y de color marrón oscuro que pueden fusionarse y cubrir un área amplia. En la parte inferior hay pústulas de color amarillo anaranjado. Aunque la enfermedad generalmente tiene poco efecto sobre el rendimiento, una defoliación significativa puede poner en peligro la capacidad del cultivo para producir el año siguiente. Aunque no existe cura para esta enfermedad, se recomienda eliminar las malas hierbas cercanas a la plantación porque pueden propagar la infección.

Antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*)

El hongo que causa la pudrición de la fruta, el tizón del tallo y las manchas en las hojas, propaga la infección atacando plantas vulnerables o penetrando a través de heridas. Hay pequeños círculos marrones en las hojas, un color marrón en las flores y una muerte gradual en los tallos desde los ápices hacia abajo. Las frutas comienzan a ablandarse como resultado de los síntomas que se desarrollan después de la cosecha. Se aconseja utilizar un fungicida específico para control preventivo cada diez días, comenzando en plena floración. Se aconseja reducir rápidamente la temperatura del fruto después de la cosecha para evitar la propagación de la enfermedad.

Agalla de la corona (*Agrobacterium tumefaciens*)

Los tumores casi rara vez ocurren en las raíces secundarias; en cambio, suelen formarse en la base de los tallos y en las raíces principales. Cuando una agalla es joven, es delicada y pálida; a medida que envejece, se vuelve marrón oscuro, duro y leñoso. En comparación con las plantas sanas, las plantas infectadas pueden parecer más débiles. La agalla puede afectar cualquier variedad de arándano. Plantar en áreas libres de *Agrobacterium tumefaciens*, comprar plantas en viveros acreditados, revisar las raíces antes de plantar y tener cuidado de no dañarlas son las únicas formas de controlarlo.

1.3.9 Hongos Micorrízicos

Según Sharma (2019), la conexión simbiótica entre el hongo y las raíces es la fuente de las micorrizas. Dado que absorben nutrientes minerales y se los dan a las plantas, muchas de las conexiones son mutualistas. Los hongos reciben a cambio azúcares de las plantas.

a) Tipos de micorriza

Las micorrizas se han categorizado según el patrón de colonización que tienen lugar. Las ectomicorrizas y endomicorrizas son los dos grupos principales (Marina, 2007).

Ectomicorriza

Se encuentra principalmente asociados con las raíces de las plantas leñosas como coníferas y plantas de hoja ancha. Los hongos micorrízicos no pueden degradar la pectina y la lignina por sí solos y requieren carbohidratos de las plantas, por eso se asocian entre sí (Sharma, 2019). Esta simbiosis está caracterizada por movimiento bidireccional de nutrientes donde el carbón es aprovechado por el hongo y los nutrientes inorgánicos por las plantas (Sylvia, 1999 citado por Mora, 2001).

Endomicorriza

A diferencia de las ectomicorrizas, que forman un sistema de hifas que crecen alrededor de las células de las raíces, las hifas de las endomicorrizas no sólo crecen dentro de las raíces de las plantas, sino que también penetran la pared de las células de las raíces y quedan encerradas en la membrana celular; esto crea una relación simbiótica más invasiva entre los hongos y la planta, lo que facilita una mayor transferencia de nutrientes entre ambos (Sharma, 2019). Se clasifican en cuatro grupos: micorrizas arbusculares, micorrizas ericoides, micorrizas arbutoides, micorrizas de orquídeas.

Estas se caracterizan por formar estructuras ramificadas dentro de las células de la raíz denominadas arbuscúlos en los cuales ocurre el mayor intercambio simbiótico con la planta (Sylvia, 1999 citado por Mora, 2001).

Micorrizas ericoides

Las micorrizas ericoides son un tipo de asociación mutualista que se desarrolla entre diferentes linajes de hongos micorrízicos y miembros de la familia de plantas Ericaceae (Sharma, 2019).

Se encuentran en plantas con sistemas de raíces extremadamente finos, incluidas la mayoría de las familias Ericaceae, Epacridaceae y Empetraceae, así como Ericoidae, Vaccinioideae y Rhododendroideae. Se ha observado que numerosas hifas septadas brotan a nivel de la raíz, donde crean un tejido delgado y liviano en la superficie de la raíz. Una vez dentro de las células, las hifas proliferan y se enrollan. Las raíces tienen mucho tejido fúngico adherido (Marina, 2007).

b) Micorrizas comerciales

La micorriza comercial MycoGrow consta de cinco especies de ectomicorrizas (*Pisolithus tinctorius*, *Suillus granulatus*, *Scleroderma cepa*, *Rhizopogon rubesce* y *Scleroderma Citrine*) y tres especies de endomicorrizas (*Glomus intraradices*, *G. mosseae* y *G. aggregatum*). Aumenta la nutrición y la absorción de agua, lo que ayuda a acelerar el crecimiento de las plantas y las raíces. (CONAGRA, 2020).

1.4 Inoculación con micorrizas

Las conexiones de micorrizas son esenciales para reducir la cantidad de fertilizantes (particularmente fosfatos) que se deben utilizar para producir buenos rendimientos. La inoculación de micorrizas en suelos que contienen altos niveles de P promueve el establecimiento temprano de los cultivos y un mayor crecimiento. Las plantas crecen más altas, más vigorosas y tienen hojas más grandes, todos signos de una calidad biológica mejorada. Los rendimientos también aumentan, normalmente entre un 15% y un 50%. Protege las raíces de algunos hongos dañinos. También tiene un impacto en la práctica de una agricultura sostenible y respetuosa con el medio ambiente (Yolai, 2009).

León (2016), realizó la inoculación con micorrizas ericoides sobre los microesquejes de arándano *Vaccinium corymbosum* L. cv. Plantas BILOXI como parte de su investigación sobre hongos micorrízicos ericoides y sus efectos en plantas micropropagadas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv BILOXI. Evidenció un

mayor crecimiento radical y vegetativo, así como en la acumulación de una mayor cantidad de biomasa en esta planta.

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del experimento

El presente estudio se llevó a cabo en los ambientes del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería, en el laboratorio de Rhizobiología de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicado en el distrito de Ayacucho, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

2.1.1 *Coordenadas geográficas*

Latitud : 13° 09'19'' S
Longitud : 74° 13'13'' O
Altitud : 2753 m.s.n.m.

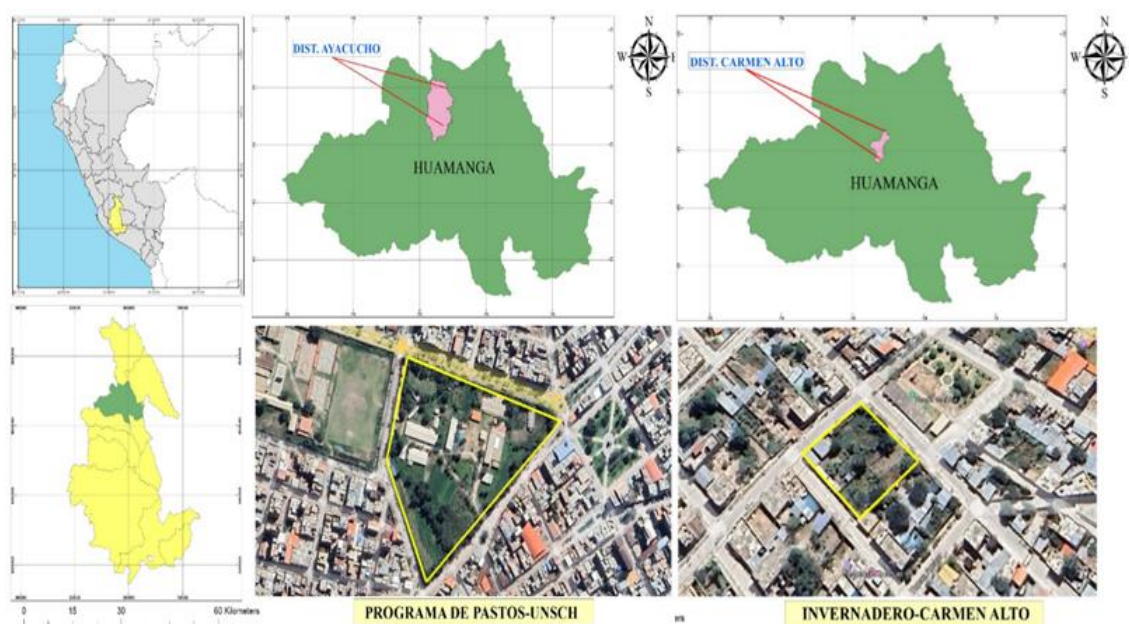
La construcción del invernadero e instalación del proyecto se realizó en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho.

2.1.2 *Coordenadas geográficas*

Latitud : 13° 10'56'' S
Longitud : 74° 12'50'' O
Altitud : 2870 m.s.n.m.

Figura 2.1

Ubicación del Laboratorio de Rhizobiología en el Programa de Investigación de Pastos y Ganadería e Invernadero en Carmen Alto



2.2 Condiciones climatológicas

Según la estación meteorológica de referencia Pampa del Arco, el lugar donde se desarrolló este trabajo de investigación tiene precipitación anual de 461.2 mm, la temperatura máxima promedio es de 24.92 °C y la temperatura mínima mensual es de 9.45 °C. Los detalles se muestran a continuación:

Tabla 2.1

Balance hídrico con datos de estación meteorológica de referencia para el trabajo experimental en Carmen Alto

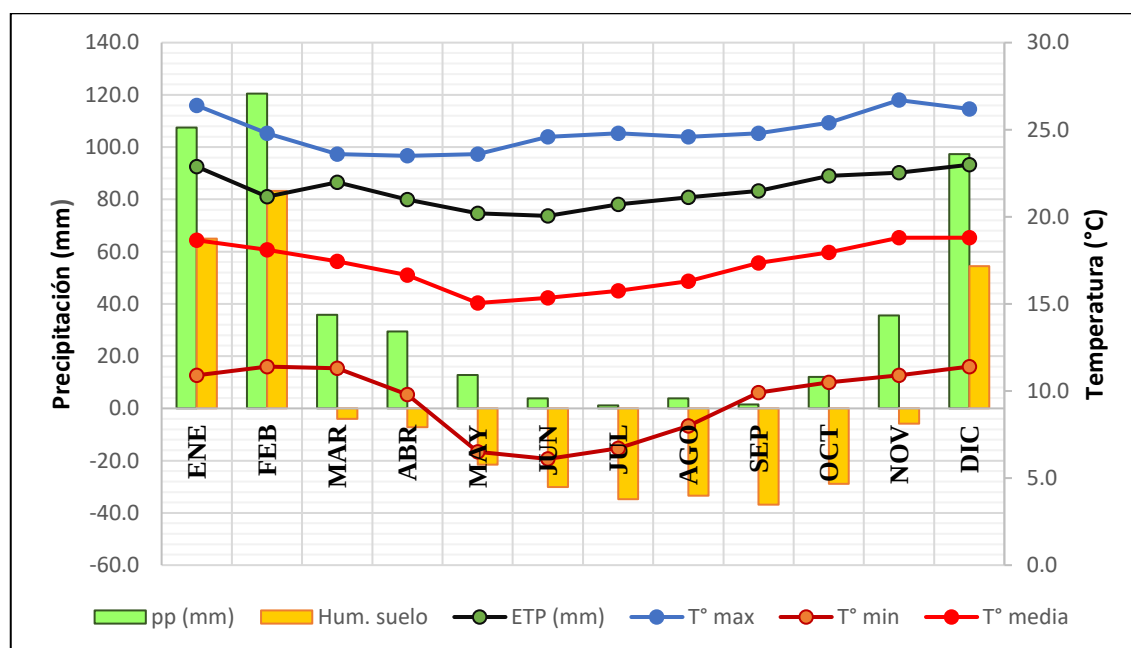
ESTACIÓN : PAMPA DEL ARCO				DISTRITO : A YACUCHO				ALTITUD : 2750.0 msnm					
				PROVINCIA : HUAMANGA				LATITUD : 13°05'15" S					
				DEPARTAMENTO : A YACUCHO				LONGITUD : 74°23'26.4" W					
DESCRIPCIÓN	UNID	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
Días		31	28	31	30	31	30	31	31	30	31	30	31
T° max. Media mensual	°C	26.4	24.8	23.6	23.5	23.6	24.6	24.8	24.6	24.8	25.4	26.7	26.2
T° min. Media mensual	°C	10.9	11.4	11.3	9.8	6.5	6.1	6.7	8.0	9.9	10.5	10.9	11.4
T° media mensual	°C	18.7	18.1	17.5	16.7	15.1	15.4	15.8	16.3	17.4	18.0	18.8	18.8
Factor de multiplicacion		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	92.50	81.09	86.55	79.92	74.65	73.68	78.12	80.85	83.28	89.03	90.24	93.25
Precipitación	mm	107.5	120.5	35.8	29.5	12.8	3.8	1.1	3.8	1.5	12.0	35.6	97.3
ETP ajustado	mm	42.53	37.28	39.79	36.74	34.32	33.87	35.92	37.17	38.29	40.93	41.49	42.87
Humedad del suelo	mm	64.97	83.22	-3.99	-7.24	-21.52	-30.07	-34.82	-33.37	-36.79	-28.93	-5.89	54.43
Exceso	mm	64.97	83.22	-3.99									54.43
Déficit	mm				-7.243	-21.52	-30.07	-34.82	-33.37	-36.79	-28.93	-5.89	

Nota: Los datos pertenecen al año 2023

En la tabla 2.1 se muestra la información climatológica de referencia para Carmen Alto. Según la tabla se puede observar que, en los meses de noviembre, diciembre y enero, la temperatura alcanza su punto máximo (26.7°C), mientras en el mes de junio la temperatura es más baja (6.1°C). La precipitación máxima se presenta en el mes de febrero (120.5 mm) y la mínima en julio (1.1 mm).

Figura 2.2

Climograma de referencia para el experimento en Carmen Alto, elaborado a partir de datos de estación meteorológica de Pampa del Arco



2.3 Problema de la investigación

Problema general

¿De qué manera se realiza el aislamiento de hongos micorrízicos ericoides y cómo influye en el desarrollo de plántulas de arándano Var. Biloxi y Emeral en condiciones de invernadero?

Problemas específicos

1. ¿En qué medida será posible el aislamiento y la caracterización de hongos micorrízicos ericoides a partir de plantas de arándano silvestre?
2. ¿Cómo la inoculación de hongos micorrízicos ericoides influye en el crecimiento y desarrollo radicular de las plántulas de arándano Var. Biloxi y Emeral en condiciones de invernadero?

3. ¿De qué manera los hongos micorrízicos ericoides influyen en el crecimiento de plántulas de arándano Var. Biloxi y Emerald en comparación al hongo micorrízico comercial Myco Grow en condiciones de invernadero?

2.4 Materiales, equipos e insumos

2.4.1 Materiales

- | | |
|--------------------|--------------------------------|
| ▪ Mallas raschel | ▪ Toldera |
| ▪ Clavo | ▪ Cuaderno de apuntes |
| ▪ Cintas de madera | ▪ Marcador |
| ▪ Flexómetro de 3m | ▪ Tijeras |
| ▪ Serrucho | ▪ Bolsas de polietileno grande |
| ▪ Alambre | ▪ Vernier |
| ▪ Tablas de madera | ▪ Baldes de 20 litros |

Material vegetal

- Plantones de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), variedad Biloxi y Emerald.
- Raíces de arándano silvestre (*Vaccinium* sp.)

Material hongos micorrízicos

- Hongo micorrízico comercial MycoGrow
- Hongo micorrízico ericoide nativo 1
- Hongo micorrízico ericoide nativo 2
- Hongo micorrízico ericoide nativo 1 y 2

2.4.2 Equipos

- | | |
|---------------------|----------------------|
| ▪ Estufa | ▪ Microscopio |
| ▪ Balanza analítica | ▪ Cámara fotográfica |
| ▪ Cámara de frío | |

2.4.3 Insumos

- | | |
|-----------------------|----------------------------|
| ▪ Fertilizantes | ▪ Ácido húmico |
| ▪ Zinc | ▪ Fungicida Ozono |
| ▪ MAP | ▪ Abamectina |
| ▪ Nitrato de Calcio | ▪ Micronutrientes foliares |
| ▪ Sulfato de Amonio | ▪ MycoGrow |
| ▪ Sulfato de magnesio | ▪ Alphamax |
| ▪ Ácido fosfórico | |

2.5 Método procedimental

2.5.1 Aislamiento y caracterización de hongos micorrízicos ericoides nativos

El aislamiento se realizó a partir de las raíces de arándanos silvestres, ubicados en la puna de Ayacucho, específicamente en las alturas del distrito de Tambo La Mar, centro poblado de Ccarhuapampa y anexo Paria-Razuhuillca a una altitud de 4180 msnm., utilizando la técnica descrita por Lancheros (2012).

Las raicillas del arándano silvestre (*Vaccinium* sp.) se lavaron cuidadosamente con abundante agua, y se cortaron en segmentos de 1 cm. Una vez limpias, los segmentos se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2.5% y enjuagadas cinco veces con agua destilada esterilizada. Posteriormente, las raicillas desinfectadas fueron sembradas en 20 placas con medio PDA y se incubaron a una temperatura de 20°C. Esta actividad se realizó el 02/03/2023. Luego se realizó la resiembra, los micelios en pleno crecimiento que rodean los segmentos de raíz se trasladaron a otras placas Petri para la purificación.

La caracterización macroscópica de las colonias puras se realizó en el laboratorio, mediante los siguientes descriptores: forma, tamaño, aspecto, color, consistencia, crecimiento.

Para la caracterización microscópica, se utilizó la técnica de la cinta adhesiva, que consiste en extraer micelios de la placa Petri para luego colocarlos a la lámina con una gota de solución lacto glicerol, luego se realizó la observación microscópica a un aumento de 400x utilizando el microscopio eléctrico Primo Star.

2.5.2 Efecto de hongos micorrízicos ericoides nativos en el crecimiento de arándanos en condiciones de invernadero

Fuentes de sustrato

- a. Turba rubia de Sphagnum (*Sphagnum magellanicum*), fue adquirida de las alturas de Tambo La Mar, exactamente en la puna de Paria-Razuhuillca. Se desmenuzó manualmente.
- b. Cascarilla de arroz, fue adquirida de la ciudad de Lima, mediante la empresa LACUS PERÚ.
- c. Fibra de coco, fue adquirida de la selva amazónica de Tarapoto.

- d. Compost, fue adquirido en el Programa de Pastos y Ganadería de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga.
- e. Turba, fue adquirida de los puestos de jardinería del parque ecológico de Canaán.

2.6 Metodología

El tipo de investigación fue experimental, instalado en condiciones de invernadero, la población fue constituido por un total de 50 plántulas micropropagadas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), de las variedades Biloxi (25 unid.) y Emerald (25 unid.). Las plántulas fueron adquiridas desde la ciudad de Cañete con 3 meses de edad, aclimatadas y listas para el trasplante.

2.6.1 Factores del experimento

Factor A: Variedades de arándanos

a1: Biloxi

a2: Emerald

Factor B: Fuentes de hongos micorrízicos

b1: Testigo

b2: Hongo micorrízico comercial (MYCO GROW.)

b3: Hongo micorrízico ericoide nativo 1

b4: Hongo micorrízico ericoide nativo 2

b5: Hongo micorrízico ericoide nativo 1 y 2

2.6.2 Descripción de tratamientos

Se detallan a continuación los tratamientos utilizados en el estudio según el arreglo factorial de las variedades de arándano y hongos micorrízicos. Tabla 2.2

Tabla 2.2*Descripción de los tratamientos del estudio*

Código	Combinación	Descripción
T1	a1 x b1	Variedad Biloxi + Testigo
T2	a1 x b2	Variedad Biloxi + Hongo micorrízico comercial
T3	a1 x b3	Variedad Biloxi + Hongo micorrízico ericoide nativo 1
T4	a1 x b4	Variedad Biloxi + Hongo micorrízico ericoide nativo 2
T5	a1 x b5	Variedad Biloxi + Hongo micorrízico ericoide nativo 1 y 2
T6	a2 x b1	Variedad Emeral + Testigo
T7	a2 x b2	Variedad Emeral + Hongo micorrízico comercial
T8	a2 x b3	Variedad Emeral + Hongo micorrízico ericoide nativo 1
T9	a2 x b4	Variedad Emeral + Hongo micorrízico ericoide nativo 2
T10	a2 x b5	Variedad Emeral + Hongo micorrízico ericoide nativo 1 y 2

Nota: a: variedad; b: hongos micorrízicos

2.6.3 Diseño experimental

La investigación se ha conducido en el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 10 tratamientos, 5 repeticiones y un total de 50 unidades experimentales (U.E), con un arreglo factorial de A x B, donde A representa las variedades de arándanos y B los hongos micorrízicos (2 hongos micorrízicos aislados, 1 hongo micorrízico comercial) y un control sin hongos micorrízicos.

Modelo estadístico 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 variedad y j-ésimo del factor hongos micorrízicos 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 variedad

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

$\tau\alpha(ij)$ = Efecto de la interacción entre el j-ésimo del factor variedad y el k-ésimo del factor hongos micorrízicos

ε_{ijk} = Es el efecto del error experimental

2.6.4 Distribución de los tratamientos en el invernadero

Cada una de las unidades experimentales estaba compuesta por una planta de arándanos en macetas de bolsas polietileno y fueron distribuidas de acuerdo con el croquis de la unidad experimental (Tabla 2.3).

Tabla 2.3

Croquis de unidad experimental

Bloques	Tratamientos									
I	T3	T5	T10	T4	T9	T1	T7	T2	T8	T6
II	T9	T2	T8	T1	T3	T6	T10	T4	T5	T7
III	T1	T10	T7	T8	T2	T9	T5	T6	T3	T4
IV	T4	T6	T3	T7	T5	T8	T9	T1	T10	T2
V	T8	T5	T9	T6	T4	T2	T3	T7	T1	T10

En la tabla 2.4 se presenta la descripción de la unidad experimental

Tabla 2.4.

Descripción de la unidad experimental (U.E)

Descripción	Medida	Unidad
Altura de la maceta	0.3	M
Diámetro de la maceta	0.25	M
Área de la superficie de la maceta	0.491	m ²
Volumen de la maceta hasta altura del sustrato	0.0147	m ³
Número de plantas por UE	1	Unid.

Nota: UE: Maceta de bolsa polietileno

2.7 Análisis estadístico

En el presente estudio se desarrolló el análisis de variancia (ANVA) y la prueba de contraste Tukey con un nivel de confianza del 95%. El programa InfoStat 2020 se utilizó para procesar los resultados obtenidos. Así mismo se hizo uso de gráficos o barras con programas de Excel.

2.8 Instalación y conducción del experimento

Preparación del sustrato

El sustrato fue preparado previamente, se realizó la mezcla de 4 productos según la distribución porcentual, cascarilla de arroz 30%, fibra de coco 30%, turba de la puna 20% y compost 20%.

Llenado de bolsas

Consiste en llenar las bolsas de polietileno con el sustrato preparado, esta labor se realizó manualmente. Se llenó las 50 bolsas con el sustrato lentamente dando golpes contra el suelo, para que el sustrato se distribuya sin dejar grandes espacios vacíos.

Desinfección de sustrato

Una vez llenado las bolsas con sustrato, se procedió a desinfectar con NaO_3 zono que tiene por ingrediente activo el aceite vegetal, este producto actúa como bactericida, insecticida, nematocida y fungicida. La dosis que se utilizó fue de 1lt O_3 /300 lt H_2O .

Trasplante y micorrización.

Las plántulas de arándanos micropropagadas fueron adquiridas desde la ciudad de Cañete, y al llegar al vivero fueron aclimatadas y desinfectadas. Dos semanas después se procedió al trasplante con plántulas de 30 cm de altura aproximadamente, se retiraron las bolsas de plástico para luego pasarlos a otra bolsa de polietileno con capacidad de 15 litros. Al momento del trasplante se inoculó con los hongos micorrízicos ericoides nativos y con la micorriza comercial. Esta labor se realizó el 12 de noviembre del 2023.

▪ Hongos micorrízicos comercial

Para el presente estudio de investigación se utilizó el producto micorriza comercial Myco Grow, este producto es un compuesto de polvo que contiene 3 especies de endomicorrizas: *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus aggregatum*; 5 especies de ectomicorrizas: *Pisolithus tinctorius*, *Suillus granulatus*, *Scleroderma cepa*, *Rhizopogon rubesce* y *Scleroderma citrine*. Se eligió este producto comercial porque contiene una variedad de tipos de micorrizas con características favorables para el cultivo. Además, estas especies se adaptan a una variedad de suelos, climas y plantas (CONAGRA, 2020). Al momento de trasplante, se aplicó 20 gramos de micorriza comercial espolvoreando a toda la raíz y en el hoyo del nuevo sustrato.

▪ Hongos micorrízicos ericoides nativos

Una vez aislados y caracterizados los hongos, se procedió a la inoculación de hongos micorrízicos ericoides nativo en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) de variedades Biloxi y Emerald de 4 meses de edad. Para la inoculación se utilizaron dos placas Petri de cada cepa (HMEN1 y HMEN2). Con ayuda de un sacabocado estéril se extrajo fragmentos circulares de medio PDA con el micelio puro del hongo micorrízico ericoide nativo 1,2 y 1+2; estos fragmentos fueron colocados con ayuda de una aguja fina y estéril, en cuatro puntos equidistantes cerca de las raíces más tiernas. Para la combinación de HMEN 1 y 2, se extrajo dos fragmentos de cada cepa y de igual manera se colocó cerca de las raíces finas.

Riego y nutrición

El riego se realizó juntamente con los fertilizantes y el ácido fosfórico. Para la cantidad a aplicar, se realizaron cálculos a partir del análisis físico – químico de agua, realizado en el Laboratorio de Suelos y Análisis Foliar del Programa de Pastos y Ganadería de la UNSCH.

En la tabla 2.5, se presenta el balance nutricional estimado en meq/L y nitrógeno total para la etapa del crecimiento de arándanos.

Tabla 2.5

*Balance nutricional estimado en meq/L para el crecimiento de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.)*

FENOLOGÍA: CRECIMIENTO							
Meq/L (ESTIMADO)	Ca ⁺⁺	2.20	SUMA		DIFERENCIA	CE Estimada	
	Mg ⁺⁺	1.10	ANIONES	CATIONES			
	K ⁺	1.00					
	SO ₄ ⁼	2.52	5.12	7.69	2.57	0.95	
	H ₂ PO ₄ ⁻	0.80					
NITRÓGENO	NO ₃ ⁻	1.80	RELACIONES				
	NH ₄ ⁺	4.20	1.5 - 2.5	2.5 - 5	3.5 - 5	N/K	
	TOTAL	6.00	Ca/Mg	Mg/K			
	NO ₃ ⁻	30%	2.00	1.10	2.20	6.00	5/1
	NH ₄ ⁺	70%					
	TOTAL	100%					

Tabla 2.6

Interpretación del análisis físico – químico del agua

ENSAYO		UND	RESULTADO	INTERPRETACIÓN
Cationes	Calcio	meq/L	1.24	Deficiencia <2 meq/L;
	Magensio	meq/L	0.52	Deficiencia de P y Mg < 5 meq/L
	Potasio	meq/L	0	Deficiencia
	Sodio	meq/L	1.52	Normal <4 meq/L
Aniones	Carbonatos	meq/L	0	Rango normal (0 - 0.1 meq/L)
	Bicarbonatos	meq/L	0.16	Rango normal (0 - 10 meq/L)
	Cloruros	meq/L	2.9	Rango normal (0 - 4 meq/L)
pH		Unid. pH	6.98	Acido
Conductividad Eléctrica		dS/m	0.243	Lo ideal <1 dS/m
TSD		ppm	150	Buena
RAS		meq/L	1.62	Lo ideal <3 meq/L
GHF			9	Agua dulce
Clasificación			C₁S₁	C1: Agua de baja salinidad

En la tabla 2.6, se presenta el análisis de agua, de acuerdo a los resultados se calculó la cantidad de fertilizantes que se utilizó, a partir de los elementos faltantes (Tabla 2.7) en gramos por 1m³ de agua con una eficiencia de riego por goteo al 95 %. La solución para fertirriego fue la misma para toda la fenología del cultivo.

Tabla 2.7

Elementos faltantes, pureza de fertilizantes y requerimientos nutricionales para de arándanos (Vaccinium corymbosum L.), durante el experimento

FALTANTE (g/1m3)		PUREZA DE FERTILIZANTES												CANTIDAD NECESRIO DE FERTILIZANTES			
ELEMENTOS	CRECIMIENTO	Elemento	NITRATO DE POTASIO	SULFATO DE POTASIO	NITRATO DE POTASIO	NITRATO DE AMONIO	NITRATO DE CALCIO	SULEFATO DE MAGNESIO	SULEFATO DE AMONIO	SULEFATO DE HIERRO	SULEFATO DE ZINC	ÁCIDO FOSFÓRICO (85%)	MAP	CANTIDAD DE AGUA		1	m3
														EFICIENCIA DE RIEGO (GOTEO)		95	%
														FERTILIZANTE		Crecimiento	UND
														ÁCIDO FOSFÓRICO		52.63	g
														MAP		8.62	g
														SULFATO DE AMONIO		232.94	g
														SULFATO DE MAGNESIO		77.86	g
														SULFATO DE HIERRO		5.26	g
														SULFATO DE ZINC		5.01	g
														NITRATO DE CALCIO		85.78	g
SULFATO DE POTASIO		97.23	g														
NITRATO DE AMONIO		72.38	g														
NITRATO DE POTASIO		0.00	g														
MIX DE MICROS		15.79	g														
TOTAL		637.72	g														

Control de malezas. Control de malezas fue de manera manual desde el inicio hasta el final del experimento, esta labor se realizó con el fin de evitar la competencia de nutrientes, agua y radiación solar de las plantas no deseadas, además al controlar las malezas se evitó la propagación de enfermedades.

Control fitosanitario

Durante el experimento se emplearon productos químicos para el control fitosanitario, previa evaluación del umbral de daños de la plaga, principalmente para las larvas de polillas nocturnas. Durante el segundo mes se presentaron daños causados por las larvas de la polilla y del gusano de tierra, el cual se procedió controlar con NaNO_3 zono con ingrediente activo aceite vegetal y actúa como repelente, la dosis que se aplicó fue de 1L O_3 /300 L H_2O . Posteriormente a los 4 meses (12/03/2024), se presenció la aparición de trips, para ello se utilizó Alphamax que tiene como ingrediente activo a la Alfacipermetrina y actúa por contacto e inhalación, afectando el sistema nervioso de los insectos, la dosis que se aplicó fue de 125ml de Alphamax /200 L de agua. Este producto se aplicó juntamente con los micronutrientes foliares Fetrilon-Combi1, que está a base de magnesio y microelementos quelatizados.

Poda

La poda se realizó el 26/11/2023, con la finalidad de uniformizar el crecimiento de las plantas a partir de la inoculación. Posterior a ello, se le aplicó Sanix sobre las heridas, para favorecer la cicatrización y evitar el ingreso de patógenos.

2.9 Análisis de las variables de respuesta

Evaluación de variables de la parte aérea

Para la toma de datos se realizó la evaluación de cada tratamiento tres veces durante los ocho meses de investigación, la primera evaluación fue el 31/12/23, la segunda evaluación, el 18/03/24 y la tercera evaluación fue el 05/07/24, se consideró las siguientes variables y sus respectivos materiales de evaluación según Macancela y Quitizaca (2023):

- **Número de hojas por planta (N°):** Se realizó el conteo de las hojas verdaderas por rama y la sumatoria de todo da igual a la cantidad total de hojas por planta.
- **Altura de la planta (cm):** Para ello se utilizó el flexómetro, se midió desde la base de la planta hasta la parte más alta.

- **Número de ramas basales por planta (N°):** Se realizó el conteo del total de los tallos basales por planta.
- **Número de ramas por planta (N°):** Se realizó el conteo de las ramas por planta.
- **Diámetro de tallo (mm):** Se midió con vernier el cuello del tallo de cada una de las 50 plantas, Esta actividad se realizó al finalizar el experimento en invernadero, es decir después de los 8 meses, el 8 de julio del 2024.
- **Materia seca de la parte aérea (%):** Para obtener la materia seca se cortó en pedazos toda la parte aérea de la planta, luego se procedió a pesar el peso fresco en una balanza analítica, posteriormente cada muestra con su respectivo código, se llevó a la estufa donde se dejó secar a una temperatura de 60°C, por 72 horas, por último, se realizó el pesado de peso seco, para luego poder calcular la materia seca, con la siguiente fórmula:

$$\%MS = \frac{\text{Peso seco}}{\text{Peso húmedo}} \times 100\%$$

Evaluación de variables del sistema radicular

Para las variables del sistema raíz se siguió el proceso posterior, según, Macancela y Quitizaca (2023): A cada planta se le cortaron las raíces en la base del tallo, y luego se limpiaron las raíces para eliminar cualquier material sobrante del sustrato, sin dañar las delicadas raíces. Para eliminar el exceso de agua, se dejó secar al aire durante unos minutos.

- **Longitud del sistema radicular (cm):** Se realizó la medición de la longitud de la raíz, desde el cuello donde fue cortado hasta la punta más larga. Los datos fueron expresados en centímetros.
- **Peso fresco y seco del sistema radicular:** Para el peso fresco se empleó una balanza analítica, donde fueron pesados todas las raíces de las 50 muestras. Para determinar el peso seco de igual manera se llevó a la estufa a una temperatura de 60°C, por 72 horas, los datos se expresan en gr.
- **Cuantificación de la colonización de raíces:** Para calcular el porcentaje de colonización, se realizó la tinción de raíces con el objetivo de observar las estructuras que se desarrollan en la raíz por la presencia de un hongo, para lo cual se siguieron los protocolos de Phillips y Hayman (1970). Se extrajo las raicillas más finas y nuevas de los 10 tratamientos, cada uno con tres

repeticiones. Las raíces se lavaron cuidadosamente con abundante agua y se realizaron cortes de 1 cm y se colocaron en tubos de ensayo codificados, luego se aclararon con hidróxido de potasio (KOH) al 10%, por 10 minutos hasta que las raíces dejen de liberar pigmentos. Se retiró el KOH y se enjuagaron con agua potable y se agregó el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 10% por 15 minutos, después se retiró el H₂O₂, las cápsulas que contienen raíces se enjuagaron con agua potable. Después de agregar ácido clorhídrico (HCl) al 10% durante 15 minutos, se retiró el ácido sin enjuagar y se dejó teñir durante 24 horas usando fucsina ácida al 1%. Las raíces se sumergieron en lactoglicerol para eliminar los restos de pigmento. Para identificar las estructuras, las raíces se dispusieron en paralelo (40 segmentos de raíces de 1 cm, limpiados y teñidos) en un portaobjetos y se examinaron con un microscopio compuesto para observar las estructuras que emergen en la raíz como resultado de la presencia del hongo.

Para calcular el porcentaje de colonización se ha utilizado la siguiente fórmula (Aguilar et al., 2016):

$$\% \text{ colonización} = \left(\frac{\text{campos colonizados}}{\text{campos totales observados}} \right) \times 100$$

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Aislamiento y caracterización de hongos micorrízicos ericoides nativos

A los 10 días después de colocar en los medios de cultivo, se verificó el desarrollo de colonias en 14 placas de Petri, en cuatro placas se observaron contaminantes y en dos placas no se observó crecimiento.

Del total de hongos aislados se seleccionaron dos colonias con características similares a las encontradas en la bibliografía.

La caracterización macroscópica y microscópica de los hongos aislados se indican en la tabla 3.1 y en las Figuras 3.1 y 3.2

Tabla 3.1

Características macroscópicas y microscópicas de hongos micorrízicos ericoides nativos

Hongos micorrízicos	Características macroscópicas					Características microscópicas		
	Diámetro	Forma	Color	Aspecto	Consistencia	Color hifas	Septos	Conidias
HMEN1	7 cm	Circular	Marrón oscuro	Aterciopelado	Seca	Gris oscuro	Presente	Ausente
HMEN2	8.2 cm	Circular	Crema con círculos marrones	Aterciopelado	Seca	Gris	Presente	Ausente

Las dos colonias fueron similares, se diferenciaron solo en el color de colonias.

Referente a las características macroscópicas utilizadas en la investigación, León (2016), también identificó y caracterizó morfológicamente las cepas puras de *Leptodontidium orchidicola* y *Humicolata* sp, aisladas de *Vaccinium confertum*,

describiendo sus características físicas visibles en placas de Petri. Los criterios registrados fueron el tipo de colonia, aspecto, consistencia, desarrollo, color y presencia de pigmento.

Las características microscópicas también fueron similares, hifas delgadas y con septos.

Figura 3.1

Características macroscópicas de colonias de hongos micorrízicos ericoides nativos

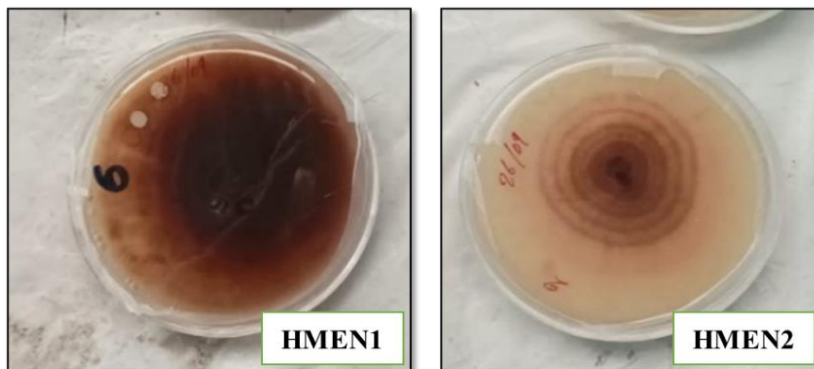
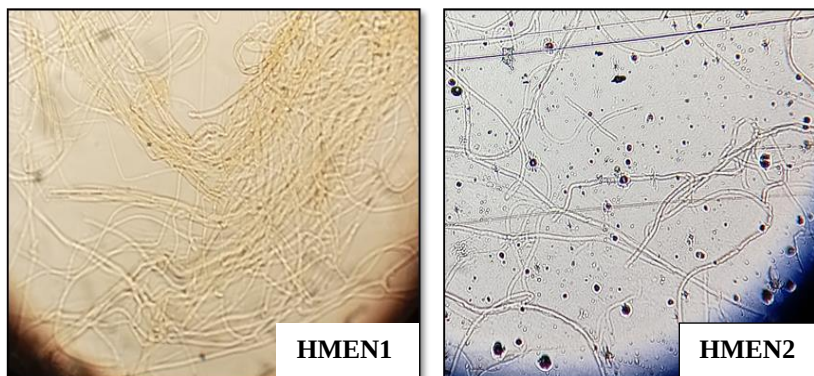


Figura 3.2

Características microscópicas de colonias de hongos micorrízicos ericoides nativos



3.2 Efecto de hongo micorrízico ericoides en el crecimiento de plantas de arándanos

3.2.1 Número de hojas

En la Tabla 3.1 se muestra el análisis de varianza del número de hojas promedio de arándanos, de la primera y segunda evaluación: En estas dos evaluaciones, ninguna de las fuentes de variación presentó diferencias significativas. Esto indica que los tratamientos aplicados no tuvieron un efecto diferenciado en la respuesta del número de hojas promedio de arándanos. En la tercera evaluación, se encontró significancia

estadística en los efectos principales de las variedades y los hongos micorrízicos. Sin embargo, no se encontró significancia estadística en la interacción de los factores de estudio. Esto indica que las variedades de arándanos y la presencia de hongos micorrízicos tuvieron un efecto positivo en el número de hojas promedio. Se encontraron coeficientes de variación del 33.24%, 31.10% y 23.87% en la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente. Estos coeficientes indican que los datos fueron relativamente homogéneos en las tres evaluaciones.

Tabla 3.2

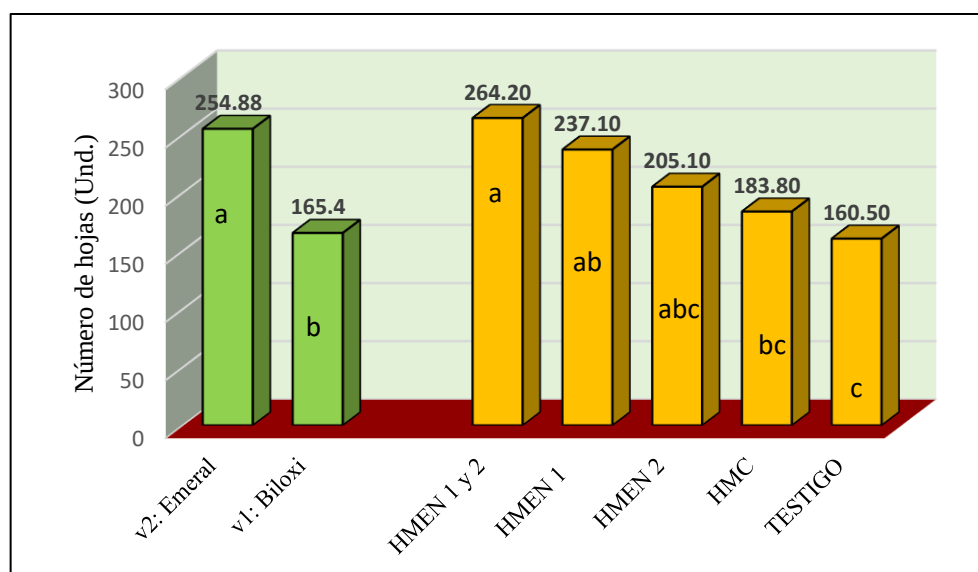
Análisis de varianza del promedio de número de hojas de arándanos (Vaccinium corymbosum L.), Carmen Alto, 2023

Fuente de variación	G. L	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación
		Cuadrados medios (CM)		
Bloques	4	1294.68 ns	2061.37 ns	4412.93 ns
Variedades (V)	1	1658.88 ns	144.50 ns	100083.38 **
Hongos micorrízicos (HM)	4	768.23 ns	312.82 ns	17081.63 **
Interacción (V*HM)	4	905.33 ns	523.50 ns	6361.63 ns
Error	36	683.38	1253.39	2561
Total	49			
C. V (%):		33.24	31.1	23.87

En la Figura 3.3, se muestra la prueba de Tukey del número de hojas promedio por planta. En el efecto de las variedades, la variedad Emerald resultó superior, con un valor de 254.88 unidades de hojas, superando a la variedad Biloxi en un 30.77%. En el efecto de los hongos micorrízicos, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) presentó 264.20 unidades, superando al resto de tratamientos y al testigo en un 64.61%.

Figura 3.3

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de variedad y hongos micorrízicos en número de hojas promedio de arándanos (*Vaccinium corymbosum*)



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

Bautista et al. (2017), evaluaron la respuesta de las plántulas de cv. Biloxi, inoculadas con EndosporR (complejo de micorrizas comercial) y con micorrizas nativas de *Gaultheria* sp. y *V. confertum*. En los resultados mostraron el efecto positivo en la altura de la planta, la intensidad de colonización de raíces y sobre todo un mayor número de hojas, en las plantas colonizadas con *Gaultheria* sp. Por el contrario, las micorrizas de *V. confertum* y el producto comercial EndosporR, no mostraron ningún efecto positivo en el crecimiento y la colonización. Los resultados en el presente estudio son similares ya que, los tratamientos que presentaron mayor cantidad de hojas, son los que fueron inoculados con hongos micorrízicos nativos 1 y 2, sin embargo, las plantas inoculadas con micorriza comercial (HMC), no presentaron diferencias significativas con el testigo.

3.2.2 Número de ramas

En la Tabla 3.3 se muestra el análisis de varianza del número de ramas promedio de arándanos de la primera y tercera evaluación: En estas dos evaluaciones, las fuentes de variación presentaron diferencias significativas, lo cual indica que los tratamientos aplicados tuvieron un efecto diferenciado en la respuesta del número de ramas promedio de arándanos. En la segunda evaluación, no se encontró significancia estadística en los efectos principales de las variedades y de los hongos micorrízicos, tampoco en la interacción. Se encontraron coeficientes de variación del 34.92%, 33.64% y 32.92% en

la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente. Estos coeficientes indican que los datos fueron relativamente homogéneos en las tres evaluaciones.

Tabla 3.3

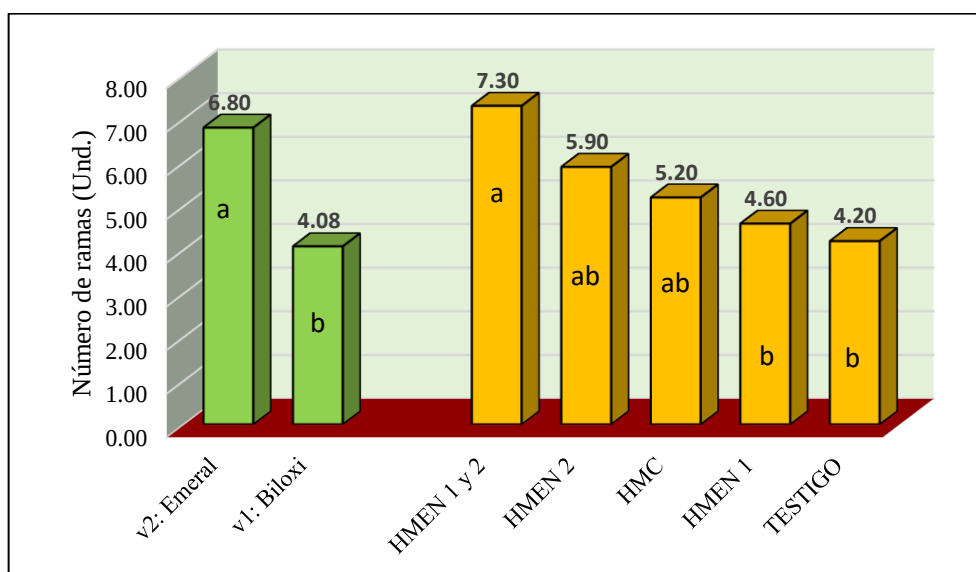
Análisis de varianza del promedio de número de ramas por planta de arándanos

Fuente de variación	G. L	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación
		Cuadrados medios (CM)		
Bloques	4	2.23 ns	4.60 ns	57.05 *
Variedades (V)	1	92.48 **	18.0 ns	1824.08 **
Hongos micorrízicos (HM)	4	14.93 **	6.90 ns	94.45 **
Interacción (V*HM)	4	2.83 ns	2.10 ns	70.03 *
Error	36	3.61	5.54	20.99
Total	49			
C. V (%):		34.92	33.64	32.92

En la Figura 3.4 se muestra la comparación de medias de Tukey del número de ramas promedio por planta. En el efecto de las variedades, Emerald resultó superior estadísticamente, con un valor de 6.80 unidades de ramas, superando a la variedad Biloxi en un 66.67%. En el efecto de los hongos micorrízicos, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) superó al resto de tratamientos, con 7.30 unidades, superando al testigo en un 73.8%.

Figura 3.4

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de variedad y hongos micorrízicos en número de ramas promedio de arándanos (1ra evaluación)

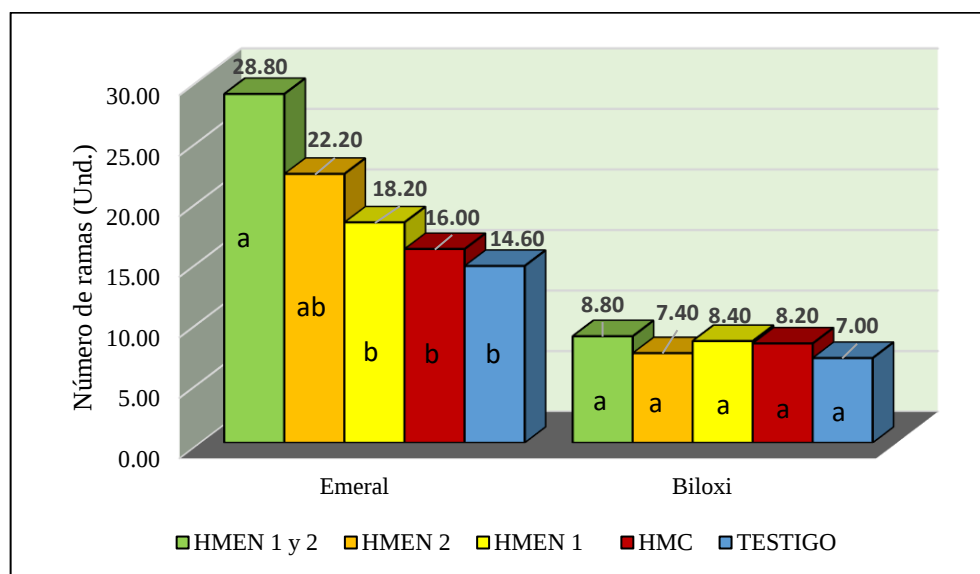


Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

En la Figura 3.5 se muestra la comparación de medias de los efectos simples en número de ramas de arándanos. En la variedad Biloxi, ninguno de los tratamientos con hongos micorrízicos tuvieron efecto diferenciado, es decir, los resultados fueron similares estadísticamente. En la variedad Emerald, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) presentó 28.80 unidades, superando al testigo en un 97.26%.

Figura 3.5

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos simples de variedad y hongos micorrízicos en número de ramas promedio de arándanos (3ra evaluación)



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

Roveda et al. (2022), analizó el impacto de los hongos *Glomus* y *Acaulospora* que producen micorrizas arbusculares (HFMA), en plantas de arándanos var. Biloxi y tres niveles de fertilización química: 100, 50 y 0%. Evidenciaron que las plantas de arándano inoculadas con *Glomus* en condiciones de déficit nutricional mostraron incrementos en la masa seca, la altura de la planta, el área foliar, el número de ramas foliares, la relación raíces/parte aérea y la concentración de clorofila; superando con diferencias significativas a los tratamientos sin inoculación. Por lo tanto, se puede indicar que las endomicorrizas arbusculares, tienen un efecto positivo en las ericáceas, similares al presente estudio donde la mezcla de endomicorrizas ericoides nativas también presentaron efectos positivos en plantas de arándanos.

3.2.3 *Altura de la planta*

En la Tabla 3.4 se muestra el análisis de varianza de la altura de plantas de arándanos, evaluadas en tres etapas. Según los resultados, se encontró diferencias significativas solamente en el efecto de las variedades, es decir, la inoculación de los hongos micorrízicos no tuvieron efecto diferenciado en la altura de las plantas. Se encontraron coeficientes de variación del 31.40%, 17.94% y 22.00% en la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente. Estos coeficientes indican que los datos fueron relativamente homogéneos en las tres evaluaciones.

Tabla 3.4

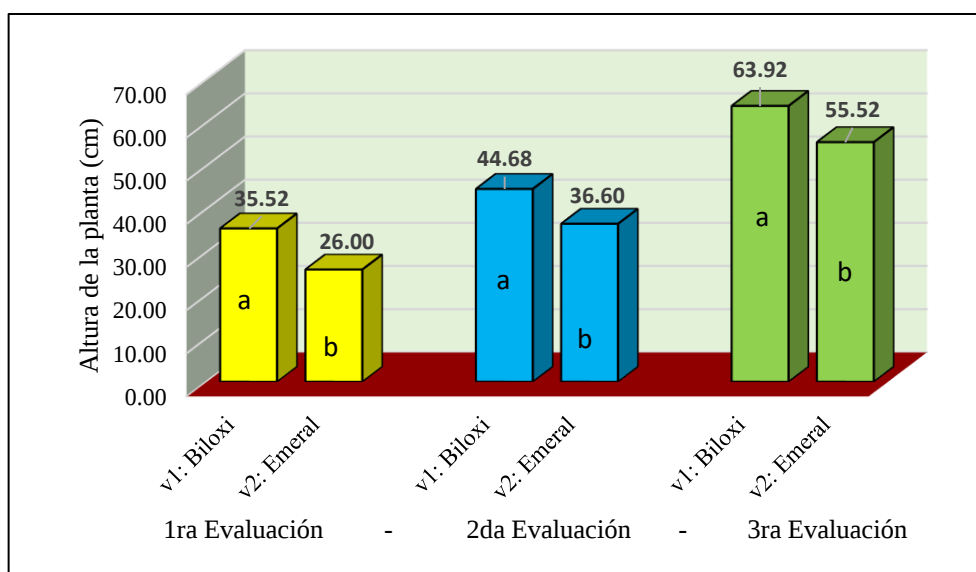
Análisis de varianza del promedio de la altura de plantas de arándanos

Fuente de variación	G. L	Primera	Segunda	Tercera
		evaluación	evaluación	evaluación
		Cuadrados medios (CM)		
Bloques	4	16.28 ns	118.93 ns	259.73 ns
Variedades (V)	1	1132.88 **	816.08 **	882.0 *
Hongos micorrízicos (HM)	4	63.98 ns	16.83 ns	110.07 ns
Interacción (V*HM)	4	91.08 ns	111.43 ns	254.75 ns
Error	36	93.3	53.33	172.66
Total	49			
C. V (%):		31.40	17.94	22.00

En la Figura 3.6 se muestra la comparación de medias de Tukey de la altura de plantas de arándanos en tres evaluaciones. Se observó que la variedad Biloxi presentó alturas de 35.52, 44.68 y 63.92 cm, respectivamente, superiores a la variedad Emerald en 36.62, 22.07 y 15.13%, respectivamente. Estas diferencias posiblemente se deben a las características genéticas de cada variedad de arándano. Al respecto, Gonzáles & Gloria (s.f.), mencionan que la variedad Emerald, tiene un hábito de crecimiento abierto, es decir, tienen mayor número de ramas laterales, por ello la altura es menor. En cambio, la variedad Biloxi presenta un crecimiento erecto y un bajo número de ramas. Lo cual concuerda con nuestro resultado, la variedad Biloxi tuvo un mayor crecimiento a comparación de la variedad Emerald.

Figura 3.6

Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de la variedad en altura de las plantas de arándanos (1ra, 2da y 3ra evaluación)



Paredes (2022), evaluó la adaptación de dos variedades de arándano (*Vaccinium corymbosum*), Biloxi y Emerald. Se examinaron los factores de estudio: la altura de la planta, la cantidad de brotes, la cantidad de flores por racimo y la cantidad de frutos por racimo. Hasta los seis meses siguientes al trasplante, los datos se recolectaron cada mes. Como resultado, la variedad Biloxi, al estar bajo cubierta y crear un microclima controlado, tuvo una mayor adaptabilidad, fecundación y una altura significativa, a comparación de la variedad Emerald.

ProColBerries (s.f), menciona que el tamaño es una de las principales ventajas de las plantas de arándano de variedad Emerald, ya que estas plantas son mucho más arbustivas que otras variedades, por ende, son muy productivas. Las bayas de la variedad Emerald también son más grandes que las de otras variedades, lo que las convierte en una opción ideal para la venta en el mercado fresco.

3.2.4 Materia seca aéreo de la planta

En la Tabla 3.5 se muestra el análisis de varianza del promedio de materia seca aérea de la planta de arándanos. Según los resultados, ninguna de las fuentes de variación resultó estadísticamente significativa. Esto indica que tanto la variedad de arándanos como la presencia de hongos micorrízicos no tuvieron un efecto positivo en la materia

seca. Se encontró coeficiente de variación de 7.28%, lo cual indica la precisión y confiabilidad de los resultados.

Tabla 3.5

Análisis de varianza del promedio del porcentaje de materia seca aéreo de la planta de arándanos

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	30.31	7.5775	1.075	0.3861 ns
Variedades (V)	1	6.32	6.32	0.897	0.3501 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	36.52	9.13	1.296	0.2901 ns
Interacción (V*HM)	4	22.35	5.5875	0.793	0.5375 ns
Error	36	253.65	7.046		
Total	49	349.15	7.126		

C. V (%): 7.28

Demaret (2012), indica que el porcentaje de materia seca depende del estado fenológico de las plantas, condiciones ambientales y procesamiento o conservación del mismo. Asimismo, (SHA, 2021), asegura que la planta de arándanos se desarrolla en su primer año de plantación, pero, no produce sus primeros frutos hasta los dos años desde su plantación. De acuerdo a estas investigaciones se puede justificar el por qué no hubo diferencia significativa en cuanto al porcentaje de materia seca. El estado fenológico de las plantas del estudio estaba a mitad de desarrollo, y se tiene conocimiento de que en crecimiento el porcentaje de la materia seca de una planta es variable, mientras en una planta desarrollada el porcentaje de la materia seca es más constante.

3.2.5 Materia seca de la raíz

En la Tabla 3.6 se muestra el análisis de varianza del promedio de materia seca de raíz de la planta de arándanos. Según los resultados, ninguna de las fuentes de variación resultó estadísticamente significativa. Esto indica que tanto la variedad de arándanos como la presencia de hongos micorrízicos no tuvieron un efecto positivo en la materia seca. Se encontró coeficiente de variación 19.58%, lo cual indica que los datos fueron relativamente homogéneos.

Tabla 3.6*Análisis de varianza del promedio del porcentaje de materia seca de raíz de arándanos*

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	570.51	142.6275	1.670	0.1782 ns
Variedades (V)	1	134.97	134.97	1.581	0.2168 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	546.12	136.53	1.599	0.1957 ns
Interacción (V*HM)	4	498.05	124.5125	1.458	0.2352 ns
Error	36	3074.04	85.390		
Total	49	4823.69	98.443		

C. V (%): 19.58

3.2.6 Longitud de raíz

En la Tabla 3.7 se muestra el análisis de varianza del promedio de la longitud de raíz de las plantas de arándanos. Según los resultados, solo se encontró significancia estadística en el efecto de hongos micorrízicos. Esto indica que la variedad no tuvo un efecto diferenciado en la longitud de raíz. Se encontró coeficiente de variación 9.88%, lo cual indica la precisión y confiabilidad de los resultados. Este resultado nos permite analizar la comparación de medias en función al efecto principal de hongos micorrízicos.

Tabla 3.7*Análisis de varianza del promedio de longitud de raíz de arándanos*

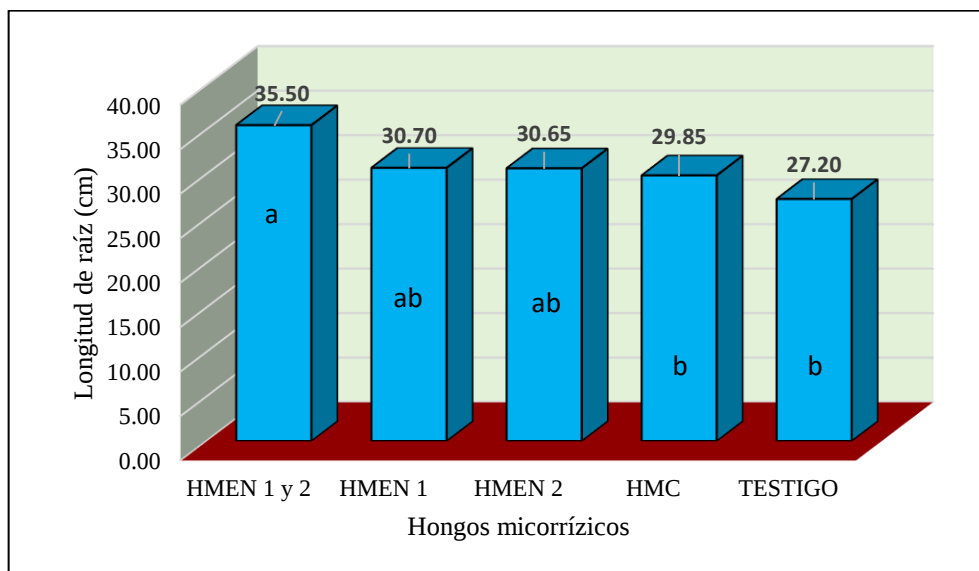
F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	35.63	8.9075	0.976	0.4328 ns
Variedades (V)	1	21.78	21.78	2.386	0.1311 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	273.43	68.3575	7.49	0.0002 **
Interacción (V*HM)	4	45.27	11.3175	1.24	0.3114 ns
Error	36	328.57	9.127		
Total	49	704.68	14.381		
C. V (%): 9.88					

En la Figura 3.7 se muestra la comparación de medias de Tukey de la longitud promedio de las raíces de arándanos. En el efecto de los hongos micorrízicos, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) resultó con una influencia mucho mayor que el resto, 35.50 cm, superando al testigo en un 30.51%. En este caso,

los hongos nativos tuvieron mejor influencia en la longitud de raíz de las variedades de arándanos.

Figura 3.7

Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de hongos micorrízicos en longitud de raíz de las plantas de arándanos



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

León (2016), identificó por métodos moleculares a un hongo ericoide nativo *Leptodontidian orchidicola*, a partir de las raíces de *Vaccinium confertun*, el cual lo inoculó en proceso de enraizamiento de microestacas de arándano azul *Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi. Pasados los 120 días, evaluó los efectos de la inoculación del hongo, lo cual promovió el crecimiento radical y vegetativo, ya que se obtuvo un aumento importante en la longitud; así como la acumulación de mayor cantidad de biomasa.

Ávila et al. (2009) realizaron un estudio donde evaluaron el efecto de los hongos micorrízicos comerciales Micorizafer®, que contiene cuatro géneros de hongos micorrizicos (*Glomus*, *Entrophospora*, *Scutellospora* y *Acaulospora*), en la rizogénesis de esquejes de tallo y estolón del arándano. Como resultado, se obtuvo que el sustrato aumentó la viabilidad de los cortes hasta en un 95%, pero redujo el porcentaje de enraizamiento, el número de raíces y la longitud de las raíces. Con esta investigación también se pudo constatar que la micorriza comercial Myco Grow que contiene tres especies de endomicorizas (*Glomus intraradices*, *G. mosseae* y *G. aggregatum*) y cinco

especies de ectomicorrizas, no mostró diferencias significativas en la longitud de la raíz, a diferencia de las micorrizas ericoides nativas que presentaron efectos positivos.

3.2.7 Diámetro del tallo

En la Tabla 3.8 se muestra el análisis de varianza del promedio del diámetro del tallo de plantas de arándanos. Según los resultados, ninguna de las fuentes de variación resultó estadísticamente significativa. Esto indica que tanto la variedad de arándanos como la presencia de hongos micorrízicos no tuvieron un efecto positivo en diámetro del tallo. Se encontró un coeficiente de variación de 31.76%, lo cual indica que los datos fueron relativamente homogéneos.

Tabla 3.8

Análisis de varianza del promedio de diámetro del tallo de arándanos

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	94.71	23.6775	0.938	0.4533 ns
Variedades (V)	1	4.99	4.99	0.198	0.6594 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	45.45	11.3625	0.450	0.7717 ns
Interacción (V*HM)	4	34.77	8.6925	0.344	0.8462 ns
Error	36	909.05	25.251		
Total	49	1088.97	22.224		

C. V (%): 31.76

Mesa (2015), en su investigación sobre los aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) Biloxi y Sharpblue, encontró que no hubo diferencia significativa en el diámetro de tallo al primer año, sin embargo, a los 3 años de evaluación, la variedad Biloxi presentó mayor significancia estadística.

3.2.8 Número de ramas basales

En la Tabla 3.9 se muestra el análisis de varianza del número de ramas basales de plantas de arándanos, evaluadas en tres etapas. Según los resultados, en la primera evaluación, solamente resultó con efecto positivo, los hongos micorrízicos. En la segunda evaluación, existe significación en la interacción de los factores. En la tercera evaluación, ninguna fuente de variación resultó con efecto diferenciado. Se encontraron coeficientes

de variación del 35.03%, 26.17% y 36.05% en la primera, segunda y tercera evaluación, respectivamente. Estos coeficientes indican que los datos fueron relativamente homogéneos en las tres evaluaciones.

Tabla 3.9

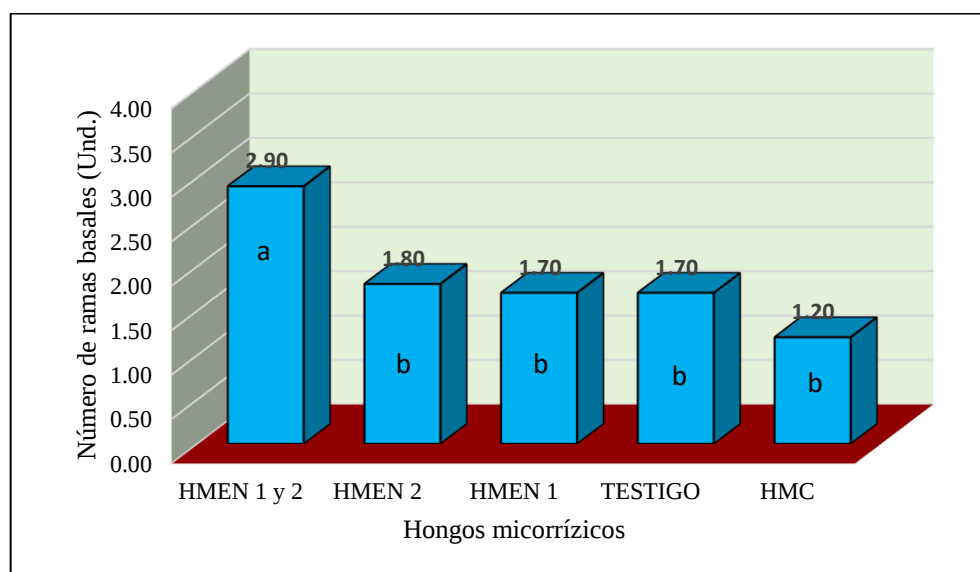
Análisis de varianza del promedio de número de ramas basales de arándanos

Fuente de variación	G. L	Primera evaluación	Segunda evaluación	Tercera evaluación
		Cuadrados medios (CM)		
Bloques	4	0.68 ns	0.45 ns	1.85 ns
Variedades (V)	1	1.62 ns	5.12 **	4.50 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	3.93 **	2.90 **	0.72 ns
Interacción (V*HM)	4	0.67 ns	1.82 **	3.10 ns
Error	36	0.42	0.39	1.35
Total	49			
C. V (%):		35.03	26.17	36.05

En la Figura 3.8 se muestra la comparación de medias de Tukey del número de ramas basales de arándanos. En el efecto de los hongos micorrízicos, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) con 2.90 unidades resultó estadísticamente superior al resto de tratamientos que no presentaron diferencias significativas entre ellos.

Figura 3.8

Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de hongos micorrízicos en número de ramas basales de arándanos (1ra evaluación)

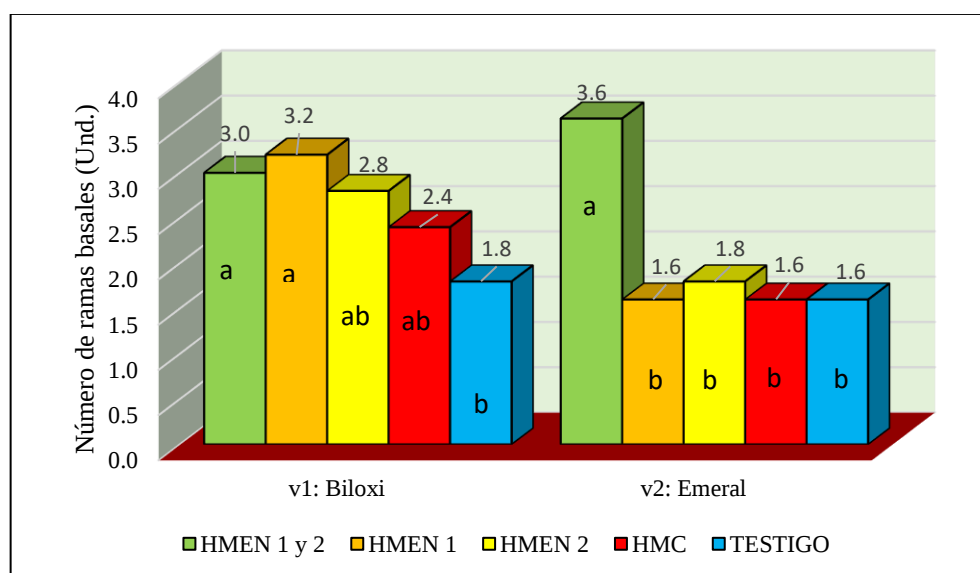


Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

En la Figura 3.9 se muestra la comparación de medias de los efectos simples del número de ramas de arándanos. En la variedad Biloxi, los tratamientos inoculados no presentaron diferencias significativas, sin embargo, los hongos micorrízico ericoide nativos 1 y 2 (HMEN 1 y 2) y el hongo micorrízico ericoide nativo 1 (HMEN 1) superaron con diferencias significativas al testigo. En la variedad Emerald, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) resultó con mayor influencia estadísticamente, cuyo valor encontrado fue 3.6 unidades, superando al testigo en un 125%.

Figura 3.9

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos simples de hongos micorrízicos y variedad en número de ramas basales de arándanos (2da evaluación)



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

Mesa (2015), menciona que es propio de la variedad Biloxi presentar menor número de ramas, ya que es una planta con hábito de crecimiento erecto y desarrolla muchas estructuras florales, pero sufre de mayor aborto. Sin embargo, la variedad Emerald, es un arbusto que suele expandirse a los laterales formando ramas basales y, por consiguiente, mayor desarrollo vegetativo. En el presente estudio, la variedad Emerald al presentar un mayor número de ramas o tallos basales, también presentó mayor cantidad de ramas y hojas por planta, así como hojas de mayor tamaño.

3.2.9 Colonización de raíces

En la Tabla 3.10 se muestra el análisis de varianza del porcentaje de colonización de raíces de plantas de arándanos. Según los resultados, se encontró significancia estadística en los efectos principales de hongos micorrízicos y variedades, excepto en la interacción. Esto indica que, tanto la variedad y los hongos tuvieron efecto favorable en el porcentaje de colonización en la zona radicular de las plantas. Se encontró un coeficiente de variación de 17.75%, lo cual indica confiabilidad de los resultados. Este resultado permite analizar la comparación de medias en función de los efectos principales.

Tabla 3.10

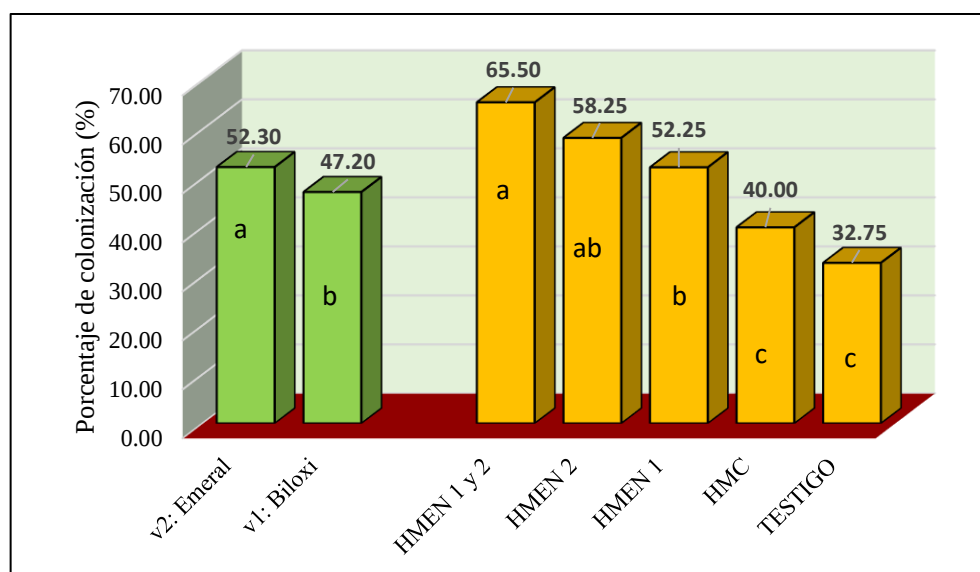
Análisis de varianza del porcentaje de colonización de raíces de plantas de arándanos

F. V	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	23752.5	5938.125	76.143	<0.0001 **
Variedades (V)	1	325.13	325.13	4.169	0.0485 *
Hongos micorrízicos (HM)	4	7106.25	1776.563	22.78	<0.0001 **
Interacción (V*HM)	4	311.75	77.938	0.999	0.4206 ns
Error	36	2807.5	77.986		
Total	49	34303.13			
C. V. (%): 17.75					

En la Figura 3.10 se muestra la comparación de medias de Tukey del porcentaje de colonización de raíz del cultivo de arándanos. En el efecto de las variedades, Emerald resultó superior estadísticamente, cuyo valor alcanzado de 52.30%, superó a la variedad Biloxi que presentó 47.30%. Por otra parte, se observó que los hongos micorrízicos ericoides nativos superaron con diferencias significativas al hongo micorrízico comercial y al testigo que no presentaron diferencias significativas entre estos tratamientos.

Figura 3.10

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de hongos micorrízicos y variedad en porcentaje de colonización de arándanos



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

Carrillo et al. (2015) investigaron la respuesta de plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) de tres cultivares bajo vivero ante la micorrización ericoide. Las plántulas de arándanos fueron establecidos en sustratos de turba y vermiculita mezclada con propágulos frescos de micorrizas ericoides provenientes de *Gaultheria pumila*, *Azalea sp* y de *V corymbosum* cv “Brigitta”. Se evaluó a los 6 meses, descubriendo que las raíces finas presentaban buen desarrollo de hifas en forma de ovillo característica de hongos micorrízicos ericoides, además, la frecuencia e intensidad de colonización fue mayor en el cv. Duke con inóculo de *V. corymbosum*, seguido de “Brigitta” y “Legacy” con inóculo de *G. pumila*, en tanto que la colonización fue menor con inóculo de *Azalea sp*.

Bautista et al. (2017), con la investigación de la inoculación de micorriza comercial EndosporR y micorrizas nativas (*Gaultheria sp.* y *V. confertum*) en plántulas de arándano vr. Biloxi, logró obtener resultados positivos con respecto a *Gaultheria sp.* ya que, hubo mayor frecuencia e intensidad de colonización de raíces. En contraste, el producto comercial EndosporR y las micorrizas de *V. confertum* no presentaron efecto en las variables de crecimiento y colonización, similar a la presente investigación, donde también se observó que el hongo micorrízico comercial fue semejante al testigo.

Ávila (2015), evaluó el porcentaje de micorrización; se cortaron las raíces por un centímetro de longitud y se colocaron 10 segmentos en un portaobjetos con tres repeticiones para su posterior observación en microscopio óptico (10X y 40X). El porcentaje de micorrización lo calculó utilizando la siguiente fórmula: el porcentaje de micorrización = (N° de campos infectados / N° de campos observados totales) X 100.

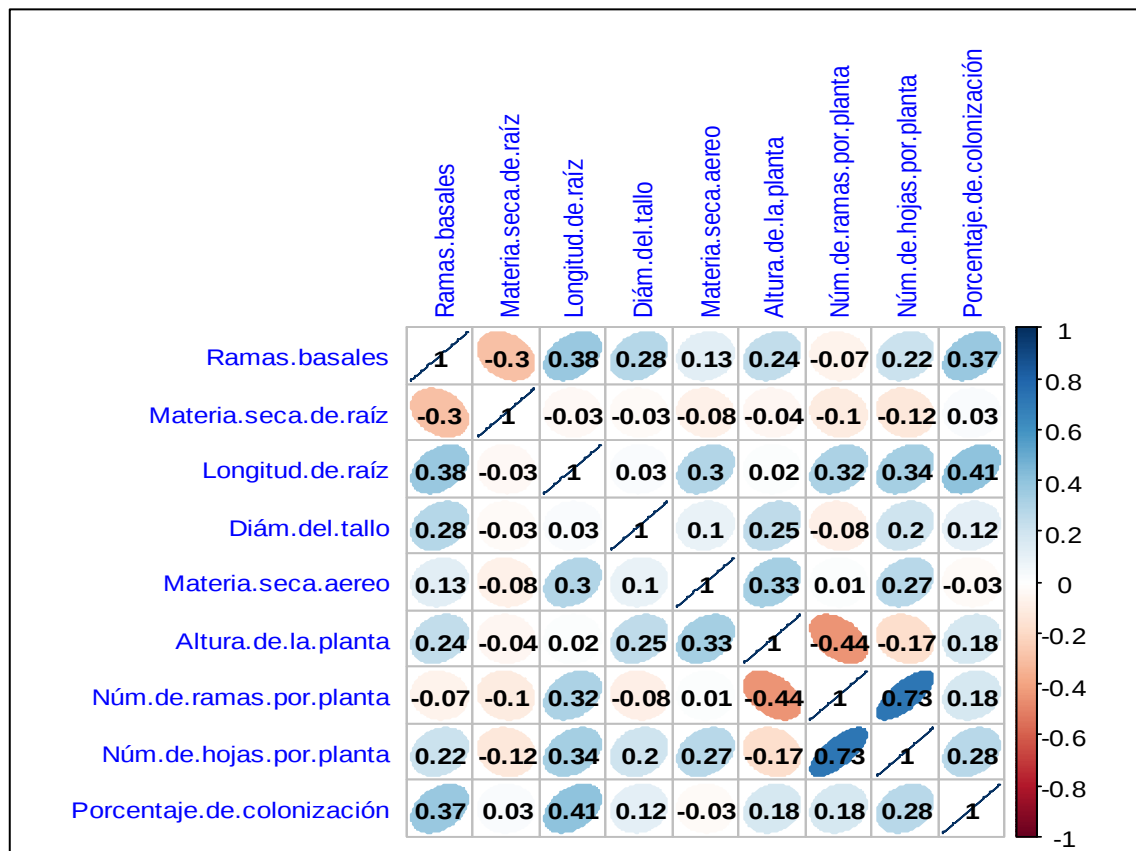
Lancheros (2012), en su investigación de caracterización de micorrizas nativas, observó que en las muestras de los 5 sitios estudiados hubo presencia de endomicorrizas, micorrizas arbusculares, hongos endófitos septados y micorrizas ericoides; donde encontró las estructuras de los hongos micorrízicos ericoides y microesclerosios.

3.2.10 Correlación de las variables

En la Figura 3.11 se muestra los coeficientes de correlación de las variables evaluadas en el cultivo de arándanos bajo la influencia de los hongos micorrízicos. Existe una correlación alta entre las variables de número de hojas por planta y número de ramas, 0.73; es decir, hay una relación directa entre estas variables. Existe una correlación de 0.41 entre longitud de raíz y porcentaje de colonización, esto refleja una influencia relativa de los hongos en tamaño de la raíz. Los coeficientes negativos indican una relación inversa entre dos variables; es decir, son inversamente proporcionales. Estos coeficientes pueden variar hasta -1 como máximo. El coeficiente más bajo negativo resultó entre número de hojas por planta y altura de la planta, -0.44, lo cual indica que a mayor altura la cantidad de hojas disminuye; entonces, la altura de la planta no necesariamente es sinónimos de incremento de las hojas.

Figura 3.11

Coefficientes de correlación de las variables evaluadas



CONCLUSIONES

1. Se aisló y caracterizó dos cepas de hongos micorrízicos nativos HMEN1 y HMEN2
2. Se ha evidenciado que existe el efecto positivo de la combinación de HMEN1 y HMEN2, como fuente de micorriza para los arándanos, en el crecimiento y colonización de las raíces en la Var. Emerald, no así para la variedad Biloxi
3. La inoculación con hongos micorrízico comercial (Myco Grow), no tuvo efecto positivo en las variedades de arándanos evaluados

RECOMENDACIONES

1. Siguiendo el proceso de aislamiento para obtener micelios puros, se recomienda continuar con la identificación a nivel molecular de los hongos aislados.
2. Se recomienda el uso de la combinación de los hongos micorrízicos ericoides nativos 1 y 2, en la variedad Emerald, ya que tiene buena respuesta en las variables evaluadas

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria.pe. (2022). Exportación mundial de arándanos alcanzaría cerca de 2.200 millones de kilos en 2024. [https://agraria.pe/noticias/exportacion-mundial-de-arandanos-alcanzaria-cerca-de-2-200-m-27099#:~:text=\(Agraria.pe\)%20Ciertamente%20se,Chile%20y%20por%20supuesto%20Per%C3%BA](https://agraria.pe/noticias/exportacion-mundial-de-arandanos-alcanzaria-cerca-de-2-200-m-27099#:~:text=(Agraria.pe)%20Ciertamente%20se,Chile%20y%20por%20supuesto%20Per%C3%BA).
- Agronoticias. (2021). Científicos recuperan y estudian arándanos silvestres oriundos. <https://agronoticias.pe/agronoticias/amazonas-cientificos-recuperan-y-estudian-arandanos-silvestres-oriundos/>
- Aguilar, U. W., Arce, A. P., Galiano, M. F., & Torres, C. T. (junio de 2016). Aislamiento de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha*, 29(3). <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i7.2700>
- Ávila, R., Orozco, O., Ligarreto, G., & Rodriguez, A. (9 de diciembre de 2009). Influencia de hongos micorrízicos en el enraizamiento de esquejes de tallo y estolón del arándano colombiano (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Revista internacional de ciencia de las frutas*, 9(4), 372-384. <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/15538360903378575>
- Ávila Peralta, O. (2015). Evaluación de micorrizas nativas y comerciales combinadas con lombricomposta en plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) en invernadero. [Tesis de posgrado, Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro]. repositorio.uaaan.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/43273/Avila%20Peralta%20C%20Oscar%20Tesis%20%20Maestría.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Banados, M. (2016). Producción de arándanos en américa del sur. 10.17660/ActaHortic.2006.715.24. https://www.actahort.org/books/715/715_24.htm
- Bautista, J., Posada, L., Urbina, J., Laersen, J., & Segura, S. (2017). Colonización por micorrizas en la producción de plántulas de arándano en vivero (*Vaccinium* spp.) cv Biloxi. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), pp.695-703. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.42>.
- Bustillo, A. (2018). El cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum*) y su proyección en Colombia. [Tesis de pregrado, Universidad de Ciencias Aplicadas y

Ambientales].

<https://repository.udca.edu.co/bitstream/handle/11158/940/UNIVERSIDAD%20DE%20CIENCIAS%20APLICADAS%20Y%20AMBIENTALES%20entregar%201.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carrillo, R., Guerrero, J., Rodriguez, M., & Meriño, C. (diciembre de 2015). Colonización de arándano (*Vaccinium corymbosum*) plántulas por micorrizas ericoides en condiciones de vivero. *Cienc. Inv. Agr.*, 42(3). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000300005>

Cillóniz, B. F. (2024). Perú sigue siendo líder mundial en exportación de arándanos. Agraria.pe. <https://agraria.pe/noticias/peru-sigue-siendo-lider-mundial-en-exportacion-de-arandanos-35168>

CONAGRA. (2020). Myco Grow. <https://conagra.com.pe/producto/myco-grow/>

Corvera, L. (2024). Campaña de arándanos en Perú: del temor al alivio. Redagícola. <https://redagricola.com/campana-de-arandanos-en-peru-del-temor-al-alivio/#:~:text=Debido%20a%20esto%2C%20el%20Per%C3%BA,de%20US%24%208.57%2Fkg>.

Cronquist, A. (1981). Un sistema integrado de clasificación de plantas con flores. <https://archive.org/details/integratedsystem0000cron/page/n9/mode/2up>

Demagnet, F. R. (2012). Producción de materia seca. https://www.praderasypasturas.com/files/menu/catedras/praderas_y_pasturas/2012/10-Produccion-de-Materia-Seca.pdf

Domínguez, E., Leod, C., Águila, K., Ojeda, A., & Evelic, J. (2017). Cómo utilizar la turba rubia de Sphagnum en horticultura. https://www.researchgate.net/profile/Erwin-Dominguez/publication/323836297_Como_utilizar_la_turba_rubia_de_Sphagnum_en_horticultura/links/5d25f734a6fdcc2462d21c3e/Como-utilizar-la-turba-rubia-de-Sphagnum-en-horticultura.pdf

García. (2015). Guía de cultivo. Orientaciones para el cultivo del arándano. <https://librosagronomicos.blogspot.com/2019/01/guia-de-cultivo-orientaciones-para-el.html>

García, R., JC., García Rubio, J., Gonzáles de Lena, G., & Ciordia Ara, M. (2010). Guía del cultivo del arándano. <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5192&anyo=>

- González, A., & Gloria, C. (s.f.). Variedades de arándanos. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/f1e390b9-0991-4333-9d01-9d62fc12032a/content#:~:text=En%20cuanto%20a%20requerimientos%20t%C3%A9rmicos,en%20receso%20invernal%2C%20Northern%20highbush.>
- González, A., & et al. (2017). Manual de manejo agronómico de arándano. file:///C:/Users/profesional/downloads/inia_Libro_0054.pdf
- Gordó, M. (2008). Guía práctica para el cultivo de Arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires. 15. <http://age.rus.uy/Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20el%20cultivo%20de%20Ar%C3%A1ndanos.pdf>
- Hinostroza, A. (2021). Ayacucho Berries, primera empresa ayacuchana que apuesta por la producción de berries en la ciudad. Cultiva. <https://cultiva.pe/ayacucho-berries-primera-empresa-ayacuchana-que-apuesta-por-la-produccion-de-berries-en-la-ciudad/>
- IDEXCAM. (2020). Arándanos. <https://www.camaralima.org.pe/wp-content/uploads/2020/06/Oportunidades-y-retos-en-la-exportaci%C3%B3n-de-ar%C3%A1ndanos.pdf>
- Lancheros, H. (2012). Caracterización de las micorrizas nativas en agraz *Vaccinium meridionale* Swartz y evaluación de su efecto sobre el crecimiento plantular. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. [file:///C:/Users/PROFESIONAL/Downloads/790669.2012%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/PROFESIONAL/Downloads/790669.2012%20(2).pdf)
- León, J. (2016). Hongos micorrízicos ericoides y sus efectos en plantas de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) cv Biloxi micropropagadas. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3585/1/Leon_Osorio_JH_MC_Fisiologia_Vegetal_2017.pdf
- Linares Sánchez , L. A. (2023). Influencia de la determinación de diferentes dosis de compost y cascarilla de arroz en el desarrollo y producción del cultivo de arándano *Vaccinium corymbosum* (Ericáceae). [Tesis de pregrado, Universidad Privada Antenor Orrego]. https://repositorio.upao.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12759/10471/REP_LOR ENZO.LINARES_DOSIS.DE.COMPOST.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Macancela, J. P., & Quitizaca, L. P. (2023). Evaluación de sustratos para la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cvs. Biloxi y Emerald bajo condiciones de invernadero en la Granja el Romeral, Guachapala-Azuay. UCUENCA. [Tesis

- de pregrado, Universidad de Cuenca].
 dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/41551/1/Trabajo-de-Titulación.pdf
- Marina, S. (2007). Las endomicorizas: Expresión bioedáfica de importancia en el trópico. [file:///C:/Users/PROFESIONAL/Downloads/2007-MarinaSanchezdePraguer%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/PROFESIONAL/Downloads/2007-MarinaSanchezdePraguer%20(1).pdf)
- Mesa Torres, P. A. (2015). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* l. x v. darowii) plantados en guasca (Cundinamarca, Colombia). <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/ade1274-78fa-4037-8a6c-b8bc87243f55/content>
- Mora Castillo, J. R. (2001). Control biológico de la pudrición radicular por *Fusarium oxysporum* en semilleros de café usando endomicoriza y *Trichoderma harzianum*. <https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/688437c8-1e43-4b1a-9170-eb806be284cc/content>
- Paredes Caiza, D. M. (2022). Adaptación de dos variedades de arándano (*Vaccinium corymbosum*), Biloxi y Emerald, bajo cubierta y semicubierta en el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica Agropecuaria Tungurahua - Pillaro (CIITAT). [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34713/1/Tesis-306%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20%20Paredes%20Caiza%20Diana%20Maribel.pdf>
- Phillips, & Hayman. (1970). Procedimientos mejorados para la limpieza de raíces y la tinción de hongos parasitarios y micorrizales vesiculares-arbusculares para la evaluación rápida de infección. <https://srv2.freepaper.me/n/lzmr7csEoCQdur0Pa3pV0A/PDF/f1/f1ebcef53e4b18d3c3a48bda7f24db52.pdf>
- ProColBerries. (s.f). Variedad Emerald, una Planta de Arándano perfecta para proyectos de exportación. <https://procolberries.com/variedad-emerald-una-planta-de-arandano-perfecta-para-proyectos-de-exportacion/>
- Quintero, M., Gonzáles, C., & Guzmá, J. (2011). Sustratos para cultivos hortícolas y flores de corte. <file:///C:/Users/PROFESIONAL/Downloads/Sustratosparacultivoshortcolasyfloresdecorte.pdf>

- Roveda, G., Venegas, J., Moreno, L., & Ramírez, M. (1 de mayo de 2022). Efecto de la inoculación con *Acaulospora* and *Glomus* sobre el crecimiento y nutrición de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) con diferentes niveles de fertilización. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícola*, 16(2). <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i2.13561>
- Sastre, D. A. (2019). Uso de enraizadores para hacer eficiente la nutrición de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en suelo y tezontle. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/3180/Sastre_Decasa_A_MC_Edafologia_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- SHA, S. H. (2021). Plantar arándanos: Todo lo que necesitas saber. <https://www.sistemashorticolasalmeria.com/blog/plantar-arandanos/#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1nto%20tiempo%20tarda%20en%20producir,una%20media%20de%208%20cosechas>.
- Sharma, A. (14 de agosto de 2019). Hongos micorrízicos. *Acta Científica Agricultura*, 3(9). DOI:10.31080/ASAG.2019.03.0614
- Undurraga, P. (2013). Manual de arándano. Boletín INIA N° 263. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7627>
- Valenzuela, J. (1998). Requerimientos agroclimáticos de las especies de arándano. 8. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/34799>
- Yolai, N. (junio de 2009). Las Micorrizas: Una alternativa de fertilización ecológica en los pastos. *Pastos y Forrajes*, 32(2), 1-10. <http://scielo.sld.cu/pdf/pyf/v32n2/pyf01209.pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Datos ordenados para procesamiento estadístico

Tratamiento	Bloque	Variedad	Hongo	Ramas basales			long. Raiz	Diam. Tallo	Materia seca raiz (%)		
				1ra	2da	3ra			Fresco	Seco	MS (%)
T1	I	v1	T	2	2	3	30.00	12.36	55.28	21.40	38.71
T2	I	v1	HMC	1	2	3	28.00	10.67	21.00	14.17	67.48
T3	I	v1	HME1	3	3	3	30.00	12.62	32.74	16.46	50.27
T4	I	v1	HME2	3	3	6	32.00	18.59	61.76	26.41	42.76
T5	I	v1	HME3	4	4	4	31.00	21.58	37.03	18.04	48.72
T6	I	v2	T	2	2	4	29.00	25.26	46.40	29.54	63.66
T7	I	v2	HMC	1	1	1	28.00	9.89	36.50	22.33	61.18
T8	I	v2	HME1	2	2	3	38.00	13.45	67.68	31.13	46.00
T9	I	v2	HME2	2	2	5	34.00	22.53	41.05	25.53	62.19
T10	I	v2	HME3	3	3	5	35.00	21.67	92.72	36.35	39.20
T1	II	v1	T	1	1	2	24.00	13.47	46.53	20.80	44.70
T2	II	v1	HMC	1	1	5	29.00	20.54	108.61	26.97	24.83
T3	II	v1	HME1	3	3	7	36.00	16.80	33.04	18.06	54.66
T4	II	v1	HME2	1	2	2	29.00	18.88	71.78	28.13	39.19
T5	II	v1	HME3	2	3	3	32.00	25.84	52.96	28.66	54.12
T6	II	v2	T	2	1	3	28.00	22.68	45.17	21.55	47.71
T7	II	v2	HMC	1	1	1	29.00	11.54	38.68	23.19	59.95
T8	II	v2	HME1	1	1	3	32.00	15.11	41.95	26.55	63.29
T9	II	v2	HME2	2	2	2	36.00	17.65	30.26	22.73	75.12
T10	II	v2	HME3	3	4	4	37.00	16.59	109.50	38.22	34.90
T1	III	v1	T	2	3	4	29.00	17.98	54.89	21.56	39.28
T2	III	v1	HMC	1	3	3	34.00	13.14	58.96	39.04	66.21
T3	III	v1	HME1	3	4	5	31.00	20.99	66.57	27.37	41.11
T4	III	v1	HME2	3	3	4	30.00	16.25	66.33	25.13	37.89
T5	III	v1	HME3	3	3	3	32.00	9.89	86.40	35.66	41.27
T6	III	v2	T	2	2	3	21.00	13.83	28.45	12.56	44.15
T7	III	v2	HMC	1	2	3	31.00	14.40	61.60	28.78	46.72
T8	III	v2	HME1	1	2	2	29.00	12.03	44.31	23.56	53.17
T9	III	v2	HME2	1	1	2	34.00	10.17	49.79	24.58	49.37
T10	III	v2	HME3	2	4	4	38.00	14.23	95.01	37.07	39.02
T1	IV	v1	T	2	1	4	29.00	16.59	15.88	9.05	56.99
T2	IV	v1	HMC	2	3	3	33.00	13.06	98.87	39.62	40.07
T3	IV	v1	HME1	1	3	5	25.00	11.41	35.93	17.92	49.87
T4	IV	v1	HME2	2	3	3	26.00	19.71	48.75	22.31	45.76
T5	IV	v1	HME3	3	2	2	34.00	10.85	56.09	24.51	43.70
T6	IV	v2	T	1	1	3	29.00	14.69	84.18	33.03	39.24
T7	IV	v2	HMC	2	2	4	31.00	17.07	74.42	34.85	46.83
T8	IV	v2	HME1	1	1	1	28.00	11.01	34.16	18.09	52.96
T9	IV	v2	HME2	1	2	3	30.50	12.19	45.67	20.71	45.35
T10	IV	v2	HME3	2	3	3	36.00	19.12	107.31	40.39	37.64
T1	V	v1	T	1	2	2	26.00	17.50	32.19	15.53	48.24
T2	V	v1	HMC	1	3	3	26.00	16.23	64.95	27.11	41.74
T3	V	v1	HME1	1	3	2	29.00	10.55	43.97	20.03	45.55
T4	V	v1	HME2	2	3	4	25.00	11.93	30.87	13.23	42.86
T5	V	v1	HME3	3	3	3	38.00	10.23	132.10	42.99	32.54
T6	V	v2	T	2	2	3	27.00	14.89	38.77	19.44	50.14
T7	V	v2	HMC	1	2	2	29.50	14.86	51.47	21.04	40.88
T8	V	v2	HME1	1	2	3	29.00	31.26	61.12	25.14	41.13
T9	V	v2	HME2	1	2	3	30.00	15.79	44.89	19.63	43.73
T10	V	v2	HME3	4	4	3	32.00	11.54	105.84	39.31	37.14

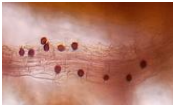
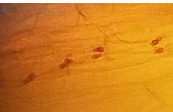
Continuación del Anexo 1.

Tratamiento	Bloque	Variedad	Hongos	Materia seca aereo (%)			Altura de la planta			Ramas por planta			Número de hojas		
				Fresco	Seco	MS (%)	1ra Eval.	2da Eval.	3ra Eval.	1ra Eval.	2da Eval.	3ra Eval.	1ra Eval.	2da Eval.	3ra Eval.
T1	I	v1	T	73.15	25.90	35.41	26	39	64	2	5	9	53	70	119
T2	I	v1	HMC	52.16	14.62	28.03	44	47	47	3	7	8	82	67	82
T3	I	v1	HME1	88.30	30.53	34.58	26	59	77	2	9	12	60	142	267
T4	I	v1	HME2	65.55	25.44	38.81	13	46	80	6	10	7	54	167	131
T5	I	v1	HME3	55.38	19.81	35.77	43	40	55	4	6	10	130	123	222
T6	I	v2	T	108.84	38.28	35.17	27	34	73	4	5	14	61	80	201
T7	I	v2	HMC	71.66	25.31	35.32	17	44	50	5	7	14	60	110	159
T8	I	v2	HME1	93.38	33.35	35.71	30	40	58	4	3	10	58	74	155
T9	I	v2	HME2	95.76	34.07	35.58	35	53	61	7	8	15	75	94	268
T10	I	v2	HME3	129.00	53.08	41.15	34	60	89	10	12	16	140	176	369
T1	II	v1	T	82.47	29.69	36.00	27	47	67	2	6	2	34	72	114
T2	II	v1	HMC	93.58	35.03	37.43	32	42	81	7	7	11	113	185	220
T3	II	v1	HME1	58.59	21.29	36.34	35	38	44	3	5	6	94	122	239
T4	II	v1	HME2	78.70	29.03	36.89	32	49	91	6	5	5	72	100	183
T5	II	v1	HME3	79.18	30.11	38.03	48	35	66	3	4	6	59	73	200
T6	II	v2	T	98.10	32.87	33.51	26	31	70	6	5	14	85	93	239
T7	II	v2	HMC	69.69	24.78	35.56	22	35	60	8	9	17	72	91	180
T8	II	v2	HME1	81.91	29.03	35.44	22	32	58	6	6	17	36	92	263
T9	II	v2	HME2	79.24	28.96	36.55	27	28	56	8	11	16	93	144	232
T10	II	v2	HME3	84.99	31.90	37.53	32	33	53	5	8	20	96	91	278
T1	III	v1	T	58.10	19.20	33.05	50	47	52	2	7	8	77	135	154
T2	III	v1	HMC	75.12	32.91	43.81	52	55	78	4	4	6	97	142	176
T3	III	v1	HME1	49.08	18.54	37.78	30	40	51	5	5	9	80	155	225
T4	III	v1	HME2	72.89	24.44	33.53	44	46	87	2	5	7	92	100	184
T5	III	v1	HME3	89.17	34.21	38.36	23	28	70	11	12	12	101	150	240
T6	III	v2	T	73.89	24.39	33.01	24	27	44	9	9	15	102	145	213
T7	III	v2	HMC	79.66	29.95	37.60	30	38	70	4	4	16	51	66	165
T8	III	v2	HME1	97.72	35.01	35.83	21	39	52	4	6	23	52	104	341
T9	III	v2	HME2	86.41	30.25	35.01	22	33	40	10	10	35	110	131	330
T10	III	v2	HME3	93.03	33.88	36.42	32	40	40	8	8	33	89	112	370
T1	IV	v1	T	53.90	21.93	40.69	37	51	52	2	6	11	124	168	125
T2	IV	v1	HMC	50.93	22.23	43.65	40	44	52	4	7	10	85	135	175
T3	IV	v1	HME1	53.17	19.83	37.30	40	46	57	4	10	9	58	106	187
T4	IV	v1	HME2	62.61	23.21	37.07	29	42	68	3	6	7	43	90	128
T5	IV	v1	HME3	42.87	16.15	37.67	52	53	60	6	5	8	59	91	120
T6	IV	v2	T	99.04	33.17	33.49	20	35	36	7	9	14	88	136	170
T7	IV	v2	HMC	99.00	36.92	37.29	29	41	62	6	10	14	133	183	246
T8	IV	v2	HME1	77.16	30.51	39.54	15	24	56	8	9	25	139	160	354
T9	IV	v2	HME2	75.16	26.61	35.40	20	23	37	6	6	20	81	122	260
T10	IV	v2	HME3	106.72	39.11	36.65	29	36	58	12	12	40	119	132	382
T1	V	v1	T	49.02	18.44	37.62	33	43	65	3	4	5	44	60	117
T2	V	v1	HMC	64.33	22.66	35.22	30	42	60	5	5	6	76	95	194
T3	V	v1	HME1	36.89	14.21	38.52	62	57	68	3	5	6	62	71	62
T4	V	v1	HME2	49.34	16.59	33.62	20	42	62	4	5	11	36	76	148
T5	V	v1	HME3	36.71	12.82	34.92	20	39	44	6	10	8	37	108	123
T6	V	v2	T	45.41	14.61	32.17	28	33	39	5	6	16	56	83	153
T7	V	v2	HMC	47.53	17.45	36.71	23	28	30	6	5	19	59	82	241
T8	V	v2	HME1	115.80	43.32	37.41	30	45	66	7	9	18	82	152	278
T9	V	v2	HME2	67.12	24.98	37.22	29	40	70	7	7	25	81	116	187
T10	V	v2	HME3	93.10	34.50	37.06	26	43	60	8	6	35	92	119	338

Anexo 2. Datos recogidos del campo según los tratamientos

Tratamientos	Variedad	Hongo	Número de hojas			Altura de la plant			Ramas basale			Ramas por planta		
			1ra Eval.	2da Eval.	3ra Eval.	1ra Eval.	2da Eval.	3ra Eval.	1ra Eval.	2da Eval.	3ra Eval.	1ra Eval.	2da Eval.	3ra Eval.
T1	v1	T	53	70	119	26	39	64	2	2	3	2	5	9
T2	v1	HMC	82	67	82	44	47	47	1	2	3	3	7	8
T3	v1	HME1	60	142	267	26	59	77	3	3	3	2	9	12
T4	v1	HME2	54	167	131	13	46	80	3	3	6	6	10	7
T5	v1	HME3	130	123	222	43	40	55	4	4	4	4	6	10
T6	v2	T	61	80	201	27	34	73	2	2	4	4	5	14
T7	v2	HMC	60	110	159	17	44	50	1	1	1	5	7	14
T8	v2	HME1	58	74	155	30	40	58	2	2	3	4	3	10
T9	v2	HME2	75	94	268	35	53	61	2	2	5	7	8	15
T10	v2	HME3	140	176	369	34	60	89	3	3	5	10	12	16
T1	v1	T	34	72	114	27	47	67	1	1	2	2	6	2
T2	v1	HMC	113	185	220	32	42	81	1	1	5	7	7	11
T3	v1	HME1	94	122	239	35	38	44	3	3	7	3	5	6
T4	v1	HME2	72	100	183	32	49	91	1	2	2	6	5	5
T5	v1	HME3	59	73	200	48	35	66	2	3	3	3	4	6
T6	v2	T	85	93	239	26	31	70	2	1	3	6	5	14
T7	v2	HMC	72	91	180	22	35	60	1	1	1	8	9	17
T8	v2	HME1	36	92	263	22	32	58	1	1	3	6	6	17
T9	v2	HME2	93	144	232	27	28	56	2	2	2	8	11	16
T10	v2	HME3	96	91	278	32	33	53	3	4	4	5	8	20
T1	v1	T	77	135	154	50	47	52	2	3	4	2	7	8
T2	v1	HMC	97	142	176	52	55	78	1	3	3	4	4	6
T3	v1	HME1	80	155	225	30	40	51	3	4	5	5	5	9
T4	v1	HME2	92	100	184	44	46	87	3	3	4	2	5	7
T5	v1	HME3	101	150	240	23	28	70	3	3	3	11	12	12
T6	v2	T	102	145	213	24	27	44	2	2	3	9	9	15
T7	v2	HMC	51	66	165	30	38	70	1	2	3	4	4	16
T8	v2	HME1	52	104	341	21	39	52	1	2	2	4	6	23
T9	v2	HME2	110	131	330	22	33	40	1	1	2	10	10	35
T10	v2	HME3	89	112	370	32	40	40	2	4	4	8	8	33
T1	v1	T	124	168	125	37	51	52	2	1	4	2	6	11
T2	v1	HMC	85	135	175	40	44	52	2	3	3	4	7	10
T3	v1	HME1	58	106	187	40	46	57	1	3	5	4	10	9
T4	v1	HME2	43	90	128	29	42	68	2	3	3	3	6	7
T5	v1	HME3	59	91	120	52	53	60	3	2	2	6	5	8
T6	v2	T	88	136	170	20	35	36	1	1	3	7	9	14
T7	v2	HMC	133	183	246	29	41	62	2	2	4	6	10	14
T8	v2	HME1	139	160	354	15	24	56	1	1	1	8	9	25
T9	v2	HME2	81	122	260	20	23	37	1	2	3	6	6	20
T10	v2	HME3	119	132	382	29	36	58	2	3	3	12	12	40
T1	v1	T	44	60	117	33	43	65	1	2	2	3	4	5
T2	v1	HMC	76	95	194	30	42	60	1	3	3	5	5	6
T3	v1	HME1	62	71	62	62	57	68	1	3	2	3	5	6
T4	v1	HME2	36	76	148	20	42	62	2	3	4	4	5	11
T5	v1	HME3	37	108	123	20	39	44	3	3	3	6	10	8
T6	v2	T	56	83	153	28	33	39	2	2	3	5	6	16
T7	v2	HMC	59	82	241	23	28	30	1	2	2	6	5	19
T8	v2	HME1	82	152	278	30	45	66	1	2	3	7	9	18
T9	v2	HME2	81	116	187	29	40	70	1	2	3	7	7	25
T10	v2	HME3	92	119	338	26	43	60	4	4	3	8	6	35

Anexo 3. Datos de la cantidad promedio de cada estructura

Campos totales observados = 20 Raíces											
Datos	A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5		A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5
	5.5	9	14	17	16.5		11	11	15.5	15	19.5
	7	7	8	12	10		6	7	10	12	13
	15	15	18	17	17		10	16	17	17.5	19
	0	0	4	7	9		0	2	5	5	8
	4	5	4	7	8		7	8	9	7	11

Anexo 4. Datos para el cálculo del porcentaje de colonización

$\% \text{ colonización} = \left(\frac{\text{campos colonizados}}{\text{campos totales observados}} \right) \times 100$									
A1B1	A1B2	A1B3	A1B4	A1B5	A2B1	A2B2	A2B3	A2B4	A2B5
27.5	45.0	70.0	85.0	82.5	55.0	55.0	77.5	75.0	97.5
35.0	35.0	40.0	60.0	50.0	30.0	35.0	50.0	60.0	65.0
75.0	75.0	90.0	85.0	85.0	50.0	80.0	85.0	87.5	95.0
0.0	0.0	20.0	35.0	45.0	0.0	10.0	25.0	25.0	40.0
20.0	25.0	20.0	35.0	40.0	35.0	40.0	45.0	35.0	55.0

Anexo 5. Ordenamiento de datos para cálculo de % de colonización en ANVA

Interacción (V*HM)	Bloques	Variedad	Hongos micorrízicos (HM)	Rdto.
t1	I	v1	T	60
t1	II	v1	T	87.5
t1	III	v1	T	25
t1	IV	v1	T	35
t1	V	v1	T	0
t2	I	v1	HME	65
t2	II	v1	HME	95
t2	III	v1	HME	40
t2	IV	v1	HME	55
t2	V	v1	HME	0
t3	I	v1	HME1	0
t3	II	v1	HME1	0
t3	III	v1	HME1	0
t3	IV	v1	HME1	0
t3	V	v1	HME1	0
t4	I	v1	HME2	0
t4	II	v1	HME2	0
t4	III	v1	HME2	0
t4	IV	v1	HME2	0
t4	V	v1	HME2	0
t5	I	v1	HME3	0
t5	II	v1	HME3	0
t5	III	v1	HME3	0
t5	IV	v1	HME3	0
t5	V	v1	HME3	0
t6	I	v2	T	0
t6	II	v2	T	0
t6	III	v2	T	0
t6	IV	v2	T	0
t6	V	v2	T	0
t7	I	v2	HME	0
t7	II	v2	HME	0
t7	III	v2	HME	0
t7	IV	v2	HME	0
t7	V	v2	HME	0
t8	I	v2	HME1	0
t8	II	v2	HME1	0
t8	III	v2	HME1	0
t8	IV	v2	HME1	0
t8	V	v2	HME1	0
t9	I	v2	HME2	0
t9	II	v2	HME2	0
t9	III	v2	HME2	0
t9	IV	v2	HME2	0
t9	V	v2	HME2	0
t10	I	v2	HME3	0
t10	II	v2	HME3	0
t10	III	v2	HME3	0
t10	IV	v2	HME3	0
t10	V	v2	HME3	0

Anexo 6. Análisis de varianza de las variables

a. Número de hojas de la primera segunda y tercera evaluación

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3RA EVAL	50	0.70	0.59	23.87

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	211508.14	13	16269.86	6.47	<0.0001
bloque	17651.72	4	4412.93	1.75	0.1596
vriedad	100083.38	1	100083.38	39.78	<0.0001
hongo	68326.52	4	17081.63	6.79	0.0004
vriedad*hongo	25446.52	4	6361.63	2.53	0.0574
Error	90561.88	36	2515.61		
Total	302070.02	49			

b. Número de ramas por planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
3RA	50	0.78	0.70	32.73

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	2710.20	13	208.48	9.93	<0.0001
bloque	228.20	4	57.05	2.72	0.0448
vriedad	1824.08	1	1824.08	86.88	<0.0001
hongo	377.80	4	94.45	4.50	0.0047
vriedad*hongo	280.12	4	70.03	3.34	0.0201
Error	755.80	36	20.99		
Total	3466.00	49			

c. Altura de la planta

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2DA	50	0.49	0.30	17.94

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	1804.84	13	138.83	2.61	0.0114
bloque	475.72	4	118.93	2.24	0.0841
vriedad	816.08	1	816.08	15.36	0.0004
hongo	67.32	4	16.83	0.32	0.8649
vriedad*hongo	445.72	4	111.43	2.10	0.1014
Error	1912.68	36	53.13		
Total	3717.52	49			

d. Materia seca de la parte aérea

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
MS (%)	50	0.27	0.01	7.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	95.31	13	7.33	1.04	0.4372
bloque	30.13	4	7.53	1.07	0.3861
vriedad	6.32	1	6.32	0.90	0.3501
hongo	36.52	4	9.13	1.30	0.2901
vriedad*hongo	22.35	4	5.59	0.79	0.5375
Error	253.65	36	7.05		
Total	348.96	49			

e. Longitud de raíz

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
long. Raiz	50	0.53	0.37	9.88

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	376.11	13	28.93	3.17	0.0031
bloque	35.63	4	8.91	0.98	0.4328
vriedad	21.78	1	21.78	2.39	0.1311
hongo	273.43	4	68.36	7.49	0.0002
vriedad*hongo	45.27	4	11.32	1.24	0.3114
Error	328.57	36	9.13		
Total	704.68	49			

f. Número de ramas basales

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
2DA	50	0.74	0.65	23.28

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo I)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	30.54	13	2.35	7.92	<0.0001
bloque	4.52	4	1.13	3.81	0.0111
vriedad	4.50	1	4.50	15.17	0.0004
hongo	14.52	4	3.63	12.24	<0.0001
vriedad*hongo	7.00	4	1.75	5.90	0.0009
Error	10.68	36	0.30		
Total	41.22	49			

g. Colonización

Variable	N	R ²	R ² Aj	CV
RDT	50	0.92	0.89	17.75

Cuadro de Análisis de la Varianza (SC tipo III)

F.V.	SC	gl	CM	F	p-valor
Modelo	31495.63	13	2422.74	31.07	<0.0001
bloq	23752.50	4	5938.13	76.14	<0.0001
var	325.13	1	325.13	4.17	0.0485
honho	7106.25	4	1776.56	22.78	<0.0001
var*honho	311.75	4	77.94	1.00	0.4206
Error	2807.50	36	77.99		
Total	34303.13	49			

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=5.0657

Error: 77.9861 gl: 36

var	Medias	n	E.E.
v2	52.30	25	1.77 A
v1	47.20	25	1.77 B

Medias con una letra común no son s:

Test:Tukey Alfa=0.05 DMS=11.337

Error: 77.9861 gl: 36

honho	Medias	n	E.E.
HME3	65.50	10	2.79 A
HME2	58.25	10	2.79 A B
HME1	52.25	10	2.79 B
HME	40.00	10	2.79 C
T	32.75	10	2.79 C

Medias con una letra común no son s:

Anexo 7. Análisis físico – químico de agua



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

LABORATORIO DE SUELOS Y ANALISIS FOLIAR

Jr. Abraham Valdelomar N° 249 – Telf. 315936 966942996

Ayacucho – Perú

“Año de la unidad, la paz y el desarrollo”

Región : Ayacucho
Provincia : Huamanga
Distrito : Carmen Alto
Localidad : Carmen Alto
Proyecto : “Aislamiento y efecto de hongos micorrizicos ericoides en el crecimiento de plántulas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), en invernadero, Carmen Alto, 2780 m.s.n.m. Ayacucho, 2023”
Solicitante : Srta. Zulma Guillén Huachaca

HR. 0113

ANALISIS FISICO – QUIMICO DE AGUA

DETERMINACIONES	FUENTE	
	Agua de Caño (Potable)	
CATIONES (meq./ Litro)		
CALCIO (Ca^{++})	1.24	
MAGNESIO (Mg^{++})	0.52	
POTASIO (K^{+})	0.00	
SODIO (Na^{+})	1.52	
AMONIO (NH_4^{+})	0.00	
ANIONES (meq./ Litro)		
BICARBONATOS (HCO_3^{-})	0.16	
CARBONATOS (CO_3^{-})	0.00	
CLORUROS (Cl^{-})	2.90	
FOSFATOS (PO_4^{-3})	0.00	
NITRATOS (NO_3^{-})	0.00	
SULFATOS (SO_4^{-})	0.18	
OTRAS DETERMINACIONES		
pH	6.98	
CE. (dS/m.)	0.243	
Sólidos en Suspensión (g/litro)	0.064	
Sales Solubles Totales (ppm)	150.0	
Relación de Adsorción de Sodio (meq/L)	1.62	
Carbonato de Sodio Residual (meq/L)	-1.60	
Dureza Total (ppm CaCO_3)	88.0	
CLASIFICACION	C1-S1	

OBSERVACIONES: Leer las recomendaciones indicadas en el reverso

Ayacucho, 18 de Octubre del 2023

LABORATORIO DE ANALISIS DE SUELOS
PLANTA, AGUAS Y FERTILIZANTES
RESPONSABLE

Juan H. Giron Molina
C.I.P. 77120

Imagen al reverso del anexo 7

INTERPRETACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE RIEGO

La salinidad total es determinada por la medición de la conductividad del agua (CE.) Expresada en unidades de deci Siemens por metro (dSm^{-1}) o en milimhos por centímetro ($mmhos\ cm^{-1}$). También puede ser expresada como la cantidad total de sales disueltas (TDS), donde: $TDS\ (en\ ppm\ o\ mgL^{-1}) = 640 \times CE\ (en\ dSm^{-1}\ o\ mmhos\ cm^{-1})$.

Cuadro 1 Clasificación de las aguas de riego basada en su CE y TDS

Peligro de Salinidad	Características	CE dSm^{-1}	TDS ppm
Bajo (C_1)	- Bajo peligro de salinidad, no se espera efectos dañinos sobre las plantas y suelos.	< 0.25	< 160
Medio (C_2)	- Plantas sensibles pueden mostrar estrés a sales; moderada lixiviación previene la acumulación de sales en el suelo.	0.25 – 0.75	160 – 500
Alto (C_3)	- Salinidad afectará a muchas plantas. Requiere: selección de plantas tolerantes a salinidad, buen drenaje y lixiviación.	0.75 – 2.25	500 – 1500
Muy Alto (C_4)	- Generalmente no aceptable, excepto para plantas muy tolerantes a sales, se requiere excelente drenaje y lixiviación.	> 2.25	> 1500

* SAR (Relación de Absorción de Sodio): $SAR = Na^+ \text{ en meq } L^{-1} / ((Ca^{++} + Mg^{++} \text{ en meq } L^{-1})/2)^{1/2}$

Cuadro 2 Peligro de Sodio basado en el valor del SAR

Peligro de Na	SAR del agua	Comentarios sobre el peligro de Na
Bajo (S_1)	< 10	- Puede usarse para el riego de casi todos los suelos, sin peligro de destrucción de la estructura.
Medio (S_2)	10 – 18	- Puede desmejorarse la permeabilidad de suelos de textura fina con alta CIC. Puede usarse en suelos de texturas gruesa con buen drenaje.
Alto (S_3)	18 – 26	- Se producen, daños de los suelos, por acumulación de Na. Se requerirá intensivas prácticas de aplicación de enmiendas, drenaje y lixiviación.
Muy Alto (S_4)	> 26	- Generalmente no recomendable para el riego excepto en suelos de muy bajo contenido de sales. Se requerirá prácticas de manejo.

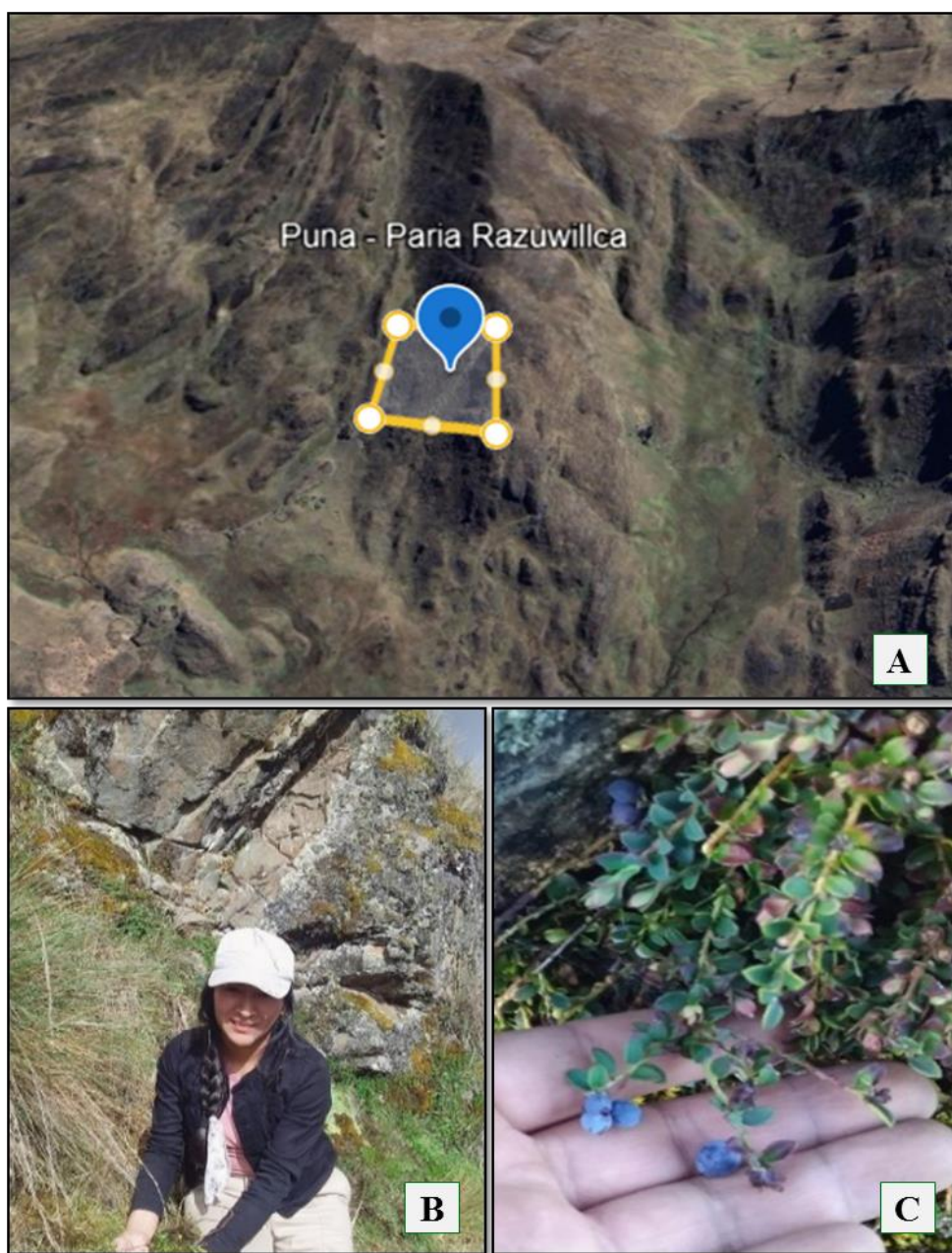
* Carbonato de sodio residual. (CSR) Tercer criterio que se usa para juzgar el peligro de sodio en las aguas de riego. Es definido como: $CSR = (CO_3^{2-} + HCO_3^{-}) - (Ca^{++} + Mg^{++})$.

Cuadro 3 Peligro de Sodio basado en el valor del CSR

Valor de CSR ($meq\ L^{-1}$)	Peligro de Na
< 0 (valores negativos)	- Ninguno. Ca y Mg del agua no participarán como carbonatos, ellos se mantienen Activos para prevenir la acumulación de Na en los sitios de cambio de la CIC.
0 – 1.25	- Bajo. Existe alguna remoción de Ca y Mg del agua de riego.
1.25 – 2.50	- Medio. Apreciable remoción de Ca y Mg del agua de riego.
> 2.50	- Alto. Todo o mayor parte del Ca y Mg del agua de riego es removido como carbonato precipitado produciendo acumulación de Na.

Anexo 8. Panel fotográfico del proceso de elaboración de tesis

a. Recolección de muestras



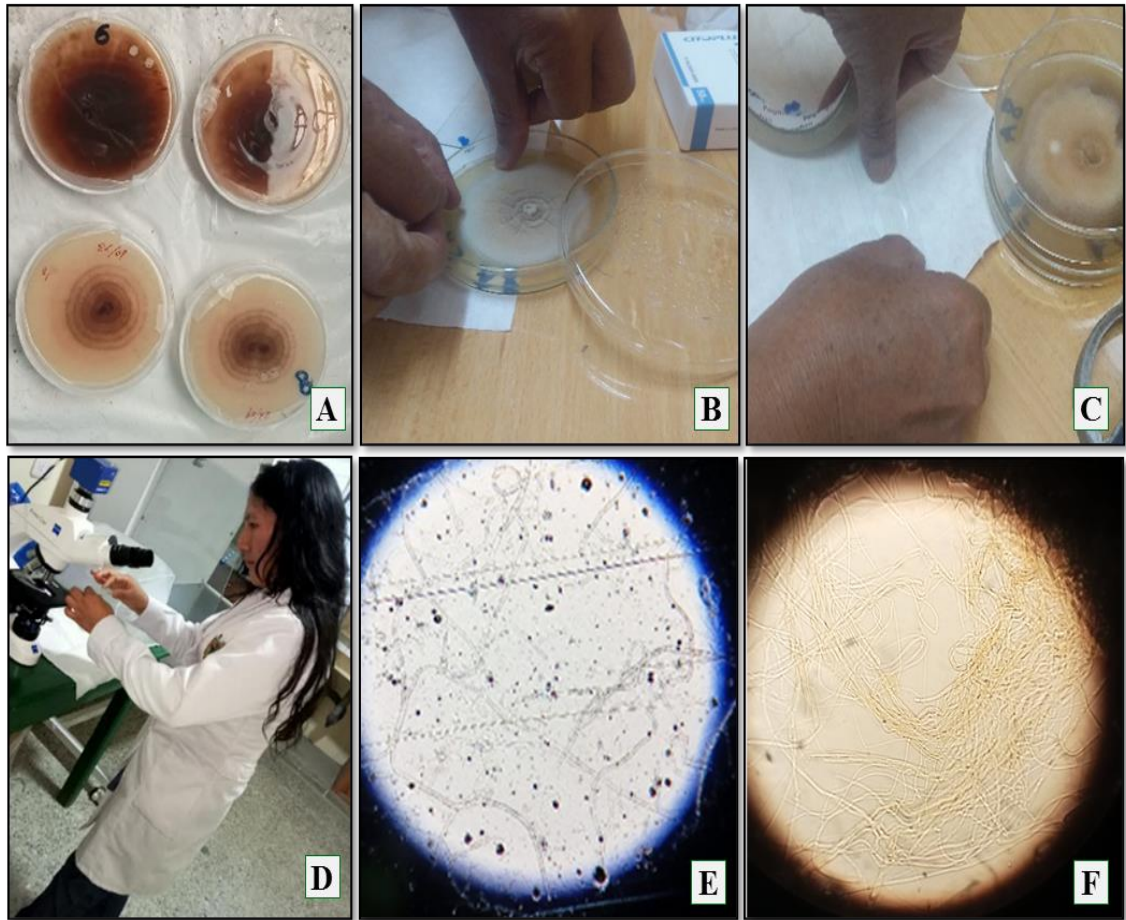
Nota. A,B,C: colección de arándano silvestre.

b. Proceso del aislamiento de hongos micorrízicos ericoides nativos



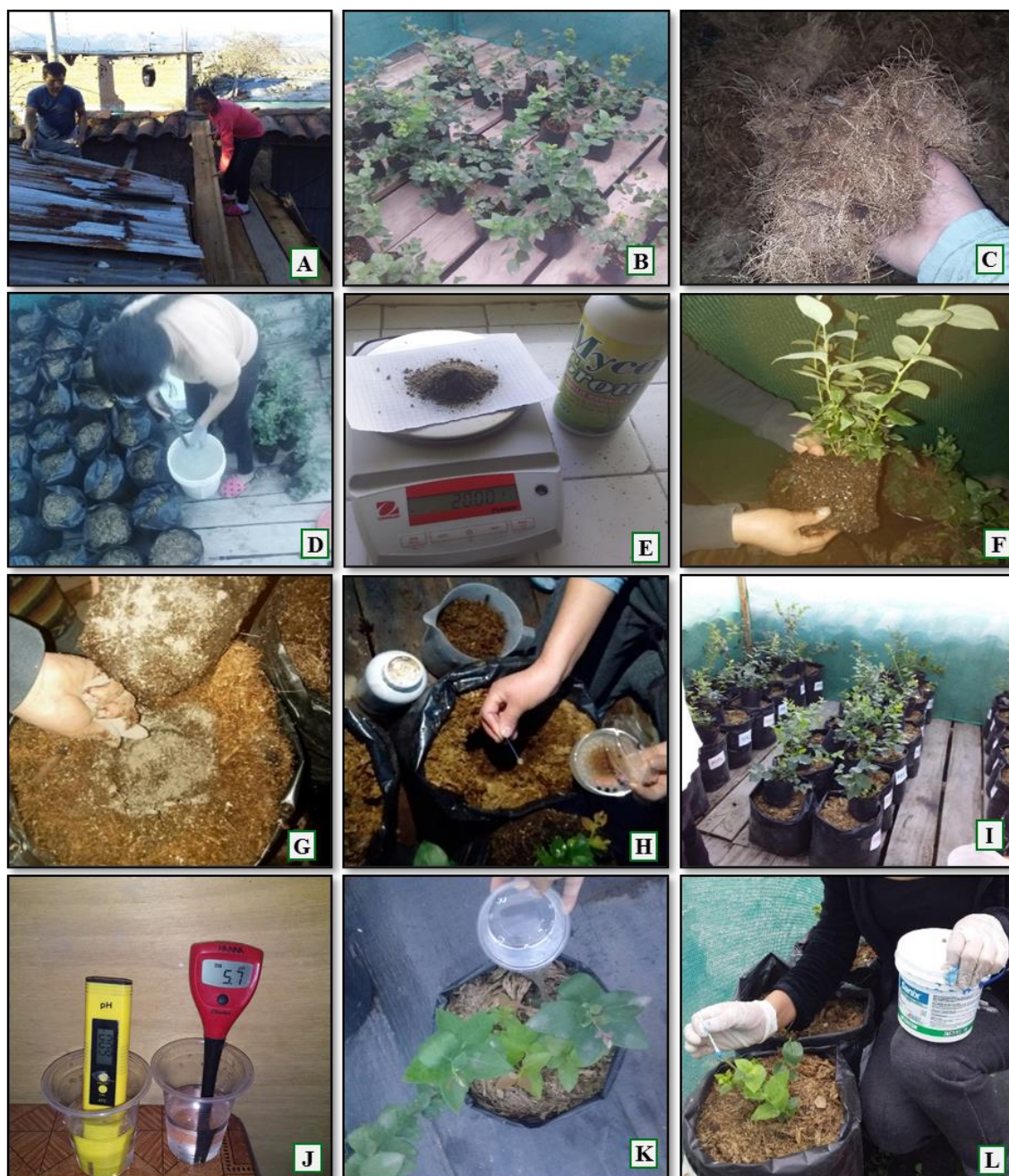
Nota. A: lavado de la raíz, B: corte en segmentos de 1 cm, C: siembra de raíces en placas Petri con medio PDA, D: crecimiento de micelios, E: resiembra de micelios puros, F: selección de placas infectadas.

- c. Proceso de caracterización macroscópica y microscópica, de dos tipos de hongos micorrízicos ericoides nativos



Nota. A: placas con cepas purificadas, B y C: extracción de micelios con la técnica de cinta adhesiva, D,E y F: observación microscópica de los micelios.

d. Instalación, inoculación y manejo agronómico del invernadero.



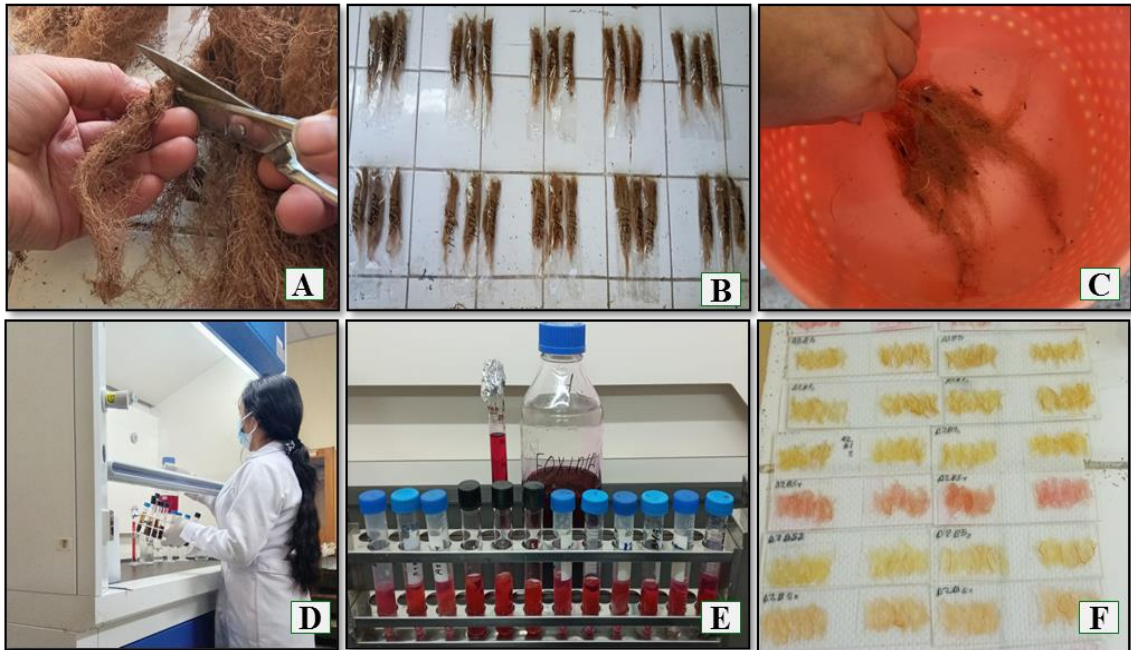
Nota. A: construcción del invernadero, B: aclimatación de plántulas, C: mezcla de sustratos, D: desinfección del sustrato con Ozono, E: peso de micorriza comercial (20 g), F: trasplante, G: inoculación con hongo micorrízico commercial Mico Grow, H: inoculación con hongo micorrízico ericoide nativa, I: plantas inoculadas con su Código, J: calibración de pH de agua de riego, K: riego, L: aplicación de cicatrizante Sanix despues de la poda.

e. Evaluación de los variables de respuesta



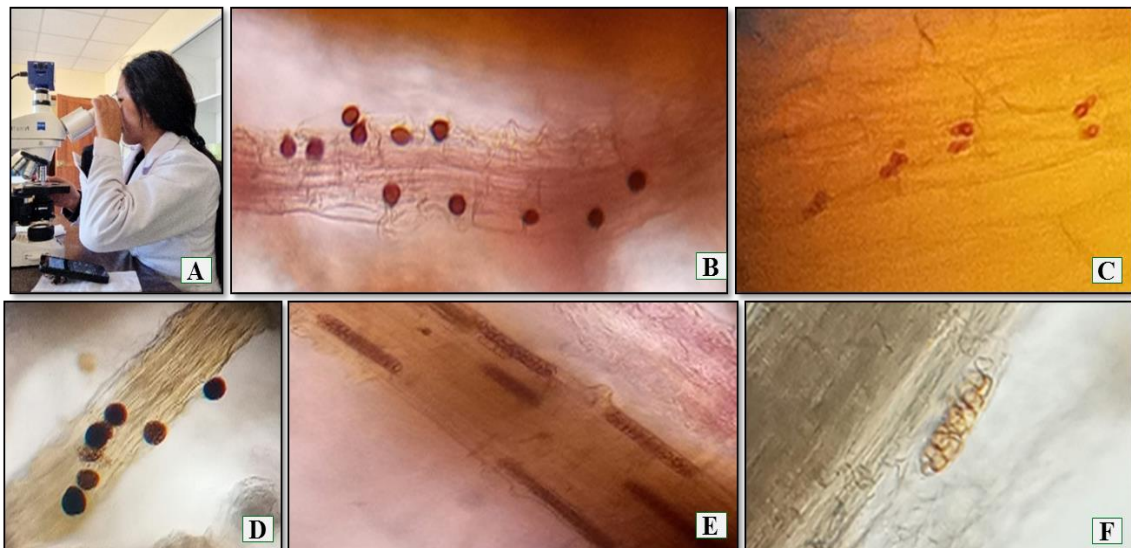
Nota. **A:** 5 repeticiones por tratamiento, **B:** medición de diámetro del tallo principal, **C:** registro de datos, **D, E y F:** medición y peso de la raíz, **G:** peso fresco de la hoja, **H:** uso de estufa 60 °C por 72 horas, para el secado de hojas y raíces frescos, **I:** peso seco de la hoja.

f. Proceso de realización de tinción de raíces



Nota. A: corte de raíces más finas, B y C: etiquetado y lavado de raíces, D, E y F: proceso de blanqueamiento y tinción de raíces.

g. Conteo de raíces que presentan estructuras de hongos micorrízicos ericoides nativos



Nota. A: observación de raíces con microscopio eléctrico, B, C, D, E y F: estructuras de hongos encontrados.

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
Bach. ZULMA GUILLEN HUACHACA
R.D. N° 318-2024-UNSCH-FCA-D

En la ciudad de Ayacucho a los dieciocho días del mes de noviembre 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. Guillermo Carrasco Aquino Decano (e) de la Facultad de Ciencias Agrarias; los miembros del jurado conformado por Ing. Eduardo Robles García, Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva como asesora, M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino y M.Sc. Ángela Juana Requis Quintanilla; actuando como secretario de actas el Mtro. Rodolfo Alca Mendoza, para recibir la sustentación de la Tesis titulado: **Aislamiento y efecto de hongos micorrízicos ericoides en el crecimiento de plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), en invernadero, Carmen Alto, 2780 m.s.n.m., Ayacucho**, para obtener el Título Profesional de Ingeniera Agrónoma presentado por la Bachiller **ZULMA GUILLEN HUACHACA**.

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
Ing. Eduardo Robles García	15	15	15	15
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva	17	16	17	17
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino	15	14	15	15
M.Sc. Ángela Juana Requis Quintanilla	16	16	16	16
PROMEDIO GENERAL				16

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


.....
Ing. Eduardo Robles García
Presidente


.....
Ph.D. Nery Luz Santillana Villanueva
Asesora


.....
M.Sc. Guillermo Carrasco Aquino
Jurado


.....
M.Sc. Ángela Juana Requis Quintanilla
Jurado


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



UNSCH

FACULTAD DE CIENCIAS
AGRARIAS

CONSTANCIA DE CONTROL DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE TESIS

El que suscribe coordinador responsable de la valoración y verificación de originalidad de los trabajos de investigación y de tesis de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, designado mediante la RCF N° 005-2024-UNSCH-FCA-CF; hace constar que el trabajo de tesis titulado;

Aislamiento y efecto de hongos micorrízicos ericoides en el crecimiento de plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), en invernadero, Carmen Alto, 2780 m.s.n.m., Ayacucho

Autor : Zulma Guillen Huachaca
Asesor : Nery Luz Santillana Villanueva

Ha sido sometido al control de originalidad mediante el software TURNITIN UNSCH, acorde al Reglamento de originalidad de trabajos de investigación, aprobado mediante RCU N° 039-2021-UNSCH-CU, y RCU N° 1530-2023-UNSCH-CU, emitiendo un resultado de **diecinueve (19 %)** 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: 2539171704

Ayacucho, 3 de diciembre de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE
SAN CRISTÓBAL DE HUAMANGA
Facultad de Ciencias Agrarias
Dr. Yuri Gálvez Gastelú
Coordinador de Control de originalidad de
trabajos de investigación y tesis FCA

Aislamiento y efecto de hongos micorrízicos ericoides en el crecimiento de plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), en invernadero, Carmen Alto, 2780 m.s.n.m., Ayacucho

por Zulma Guillen Huachaca

Fecha de entrega: 03-dic-2024 08:06a.m. (UTC-0500)

Identificador de la entrega: 2539171704

Nombre del archivo: TESIS_EN_ARÁNDANOS_-_Zulma.docx (28.37M)

Total de palabras: 15485

Total de caracteres: 86938

Aislamiento y efecto de hongos micorrízicos ericoides en el crecimiento de plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), en invernadero, Carmen Alto, 2780 m.s.n.m., Ayacucho

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%

INDICE DE SIMILITUD

18%

FUENTES DE INTERNET

5%

PUBLICACIONES

9%

TRABAJOS DEL
ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	Submitted to Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga	4%
	Trabajo del estudiante	

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

3	docplayer.es	2%
	Fuente de Internet	

4	1library.co	1%
	Fuente de Internet	

5	colposdigital.colpos.mx:8080	1%
	Fuente de Internet	

6	doczz.es	1%
	Fuente de Internet	

7	www.inta.gov.ar	1%
	Fuente de Internet	

8	agronegociosintegrados.blogspot.com Fuente de Internet	1 %
9	www.journaltocs.ac.uk Fuente de Internet	1 %
10	repositorio.undac.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
11	hdl.handle.net Fuente de Internet	<1 %
12	repositorio.uta.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
13	repositorio.ug.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.uaaan.mx Fuente de Internet	<1 %
16	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
17	idoc.pub Fuente de Internet	<1 %
18	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %
19	dspace.utb.edu.ec Fuente de Internet	<1 %

20

ri2.bib.udo.edu.ve

Fuente de Internet

<1 %

21

pdfs.semanticscholar.org

Fuente de Internet

<1 %

22

repositorio.unemi.edu.ec

Fuente de Internet

<1 %

23

repositorio.unal.edu.co

Fuente de Internet

<1 %

24

aprenderly.com

Fuente de Internet

<1 %

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 30 words

Excluir bibliografía

Activo

AISLAMIENTO Y EFECTO DE HONGOS MICORRÍZICOS ERICOIDES EN EL CRECIMIENTO DE PLÁNTULAS DE ARÁNDANOS (*Vaccinium corymbosum* L.), EN INVERNADERO, CARMEN ALTO, 2780 M.S.N.M., AYACUCHO

Zulma, Guillen Huachaca; Nery Luz, Santillana Villanueva
Área de investigación: Ingeniería y Ciencias Básicas
Línea de investigación: Conservación y valoración de la biodiversidad
zulma.guillen.01@unsch.edu.pe
nery.santillana@unsch.edu.pe

RESUMEN

La producción de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), en términos sociales genera empleos, contribuye en el desarrollo económico de la sociedad y tiene un alto valor nutricional y medicinal al poseer propiedades antioxidantes. En los últimos años la producción de arándano ha ido aumentando, fue así que logró adaptarse en la región de Ayacucho, sin embargo, presenta algunos problemas en el enraizamiento, lo cual impide el buen desarrollo de las plantas, lo mencionado, ha permitido el desarrollo del presente trabajo de investigación con el objetivo de evaluar el efecto de hongos micorrízicos ericoides nativos en el crecimiento de plántulas de arándano de las variedades Biloxi y Emerald, en condiciones de invernadero. Se utilizó el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 10 tratamientos, 5 repeticiones y un total de 50 unidades experimentales (U.E), con un arreglo factorial de 2A (variedades de arándanos) x 5B (tratamientos), constituido por dos hongos micorrízicos ericoides, la mezcla de éstos, hongo micorrízico comercial y un control. Se realizó tres evaluaciones durante el tiempo del experimento (8 meses). La mejor respuesta tuvo la variedad Emerald inoculada con la combinación de hongos micorrízicos ericoides nativos (HMEN) 1 y 2, logrando mejores promedios en las variables: número de hojas (255 unid.), número de ramas basales (4 unid.), número de ramas por planta (29 unid.) y longitud de raíz (35.50 cm), además, la colonización de raíces por hongos micorrízicos ericoides fue mucho mayor que el resto de tratamientos, con un 65.50% de raíces colonizadas; superando al testigo en un 100%. La variedad Biloxi, al igual que los tratamientos HMEN1, HMEN2 y micorriza comercial, no mostraron diferencias significativas, en las variables de respuesta.

Palabras clave: Hongos micorrízicos, crecimiento de arándanos Biloxi y Emerald

ISOLATION AND EFFECT OF ERICOID MYCORRHIZAL FUNGI ON THE GROWTH OF BLUEBERRY SEEDLINGS (*Vaccinium corymbosum* L.), IN A GREENHOUSE, CARMEN ALTO, 2780 M.A.S.L., AYACUCHO

ABSTRACT

The production of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.), in social terms, generates jobs, contributes to the economic development of society and has a high nutritional and medicinal value due to its antioxidant properties. In recent years, blueberry production has been increasing, and it has managed to adapt in the Ayacucho region. However, it has some rooting problems, which prevents the proper development of the plants. This has allowed the development of this research work with the aim of evaluating the effect of native ericoid mycorrhizal fungi on the growth of blueberry seedlings of the Biloxi and Emerald varieties, under greenhouse conditions. For this purpose, the Randomized Complete Block Design (DBCA) was used, with 10 treatments, 5 repetitions and a total of 50 experimental units (E.U.), with a factorial arrangement of A (blueberry varieties) x B (treatments), consisting of two ericoid mycorrhizal fungi, the mixture of these, commercial mycorrhizal fungus and a control. Three evaluations were carried out during the time of the experiment (8 months). The best response was had by the Emerald variety inoculated with the combination of native ericoid mycorrhizal fungi (HMEN) 1 and 2, achieving better averages in the variables: number of leaves (255 units), number of basal branches (4 units), number of branches per plant (29 units) and root length (35.50 cm). In addition, root colonization by ericoid mycorrhizal fungi was much higher than in the rest of the treatments, with 65.50% of colonized roots; surpassing the control by 100%. The Biloxi variety, like the HMEN1, HMEN2 and commercial mycorrhiza treatments, did not show significant differences in the response variables.

Keywords: Mycorrhizal fungi, Biloxi and Emerald blueberry growth

I. INTRODUCCIÓN

Los arándanos (*Vaccinium corymbosum*), son arbustos de tamaño mediano con hojas dentadas y flores axilares. Según Rubio et al. (2010), el género *Vaccinium*, cuenta con más de 400 especies, incluido los arándanos, un cultivo de origen norteamericano. La mayoría de estas especies son endémicas de climas fríos, requieren de cuidados especiales y se adaptan fácilmente al clima de los valles interandinos y a suelos ácidos y arenosos. El Perú es considerado líder mundial en la exportación de arándanos, sin embargo, en la última campaña, Perú atravesó por severas condiciones climáticas debido al fenómeno del Niño de 2023 que azotó fuertemente al norte del país, como Piura, Lambayeque y La Libertad, principales regiones de producción de arándanos en el país. A pesar de la caída en los volúmenes despachados, Perú sigue siendo líder en la exportación de arándanos, gracias a los crecimientos en las campañas anteriores 2020-2021 162.459 toneladas, 2021-2022 220.000 toneladas, 2022-2023 154.097 toneladas (Cillóniz, 2024). Dado que los arándanos comerciales se introdujeron recientemente en el paisaje agrícola

de la región, la producción del cultivo aún es bastante limitada en la provincia de Huamanga, debido principalmente al desarrollo deficiente de la planta en el campo, según menciona Hinostroza (2021). Con la finalidad de mejorar el crecimiento de las plantas de arándano se vienen desarrollando diferentes investigaciones con el uso de hongos micorrízicos para promover un crecimiento saludable y mejor desarrollo de las raíces para un mayor rendimiento (Roveda et al., 2022; Bautista et al., 2017; Lancheros, 2012). Las micorrizas ericoides son un tipo de asociación mutualista que se desarrolla entre diferentes especies de hongos micorrízicos y miembros de la familia de plantas Ericaceae como los arándanos (Sharma, 2019), por lo que se planteó la presente investigación considerando los arándanos silvestres que existen en la región, a 3,000 msnm y tolerantes al estrés, como fuente de hongos micorrízicos ericoides (Agronoticias, 2021).

Asimismo, debido a la alta demanda actual de arándanos tanto en el mercado nacional como en el internacional, cada vez más productores se interesan en cultivarlos (Agraria.pe, 2022), por lo que se planteó realizar la presente investigación con los objetivos de i) aislar y caracterizar hongos micorrízicos ericoides de raíces de arándanos silvestres, ii) evidenciar la influencia de los hongos micorrízicos aislados, en el crecimiento de plántulas de arándanos Var. Biloxi y Emerald, en condiciones de invernadero, iii) comparar la influencia de los hongos micorrízicos aislados frente a hongos micorrízicos comerciales Myco Grow en el crecimiento de plántulas de arándanos Var. Biloxi y Emerald, en condiciones de invernadero.

II. METODOLOGÍA

2.1 Ubicación del experimento

El presente estudio se llevó a cabo en los ambientes del laboratorio de Rhizobiología del Programa de Investigación de Pastos y Ganadería de la Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, a una altitud de 2753 m.s.n.m., ubicado en el distrito de Ayacucho. La construcción del invernadero e instalación del experimento se realizó en el distrito de Carmen Alto, provincia de Huamanga, departamento de Ayacucho, a una altitud de 2870 m.s.n.m.

2.1.1 Recolección de muestras

Las muestras de raíces de arándanos silvestres, fueron recolectadas a 4180 msnm en la puna de Paria-Razuhuilca perteneciente al distrito de Tambo, La Mar y departamento de Ayacucho y las plántulas micropropagadas de arándanos, fueron adquiridas desde la ciudad de Cañete, departamento de Lima.

2.2 Método procedimental

2.2.1 Aislamiento y caracterización de hongos micorrízicos ericoides nativos

El aislamiento se realizó a partir de las raíces de arándanos silvestres, utilizando la técnica descrita por Lancheros (2012).

Las raicillas del arándano silvestre (*Vaccinium* sp.) recolectadas se lavaron cuidadosamente con abundante agua, y se cortaron en segmentos de 1 cm. Una vez limpias, los segmentos se desinfectaron con hipoclorito de sodio al 2.5% y enjuagadas cinco veces con agua destilada esterilizada. Posteriormente, las raicillas desinfectadas fueron sembradas en placas con medio PDA e incubadas a 20°C. Esta actividad se realizó el 02/03/2023. Luego se realizó la resiembra, los micelios en pleno crecimiento que

rodean los segmentos de raíz se trasladaron a otras placas Petri para la purificación. La caracterización macroscópica de las colonias puras se realizó en el laboratorio, mediante los siguientes descriptores: forma, diámetro, aspecto, color, consistencia, crecimiento.

Para la caracterización microscópica, se utilizó la técnica de la cinta adhesiva, que consiste en extraer micelios de la placa Petri para luego colocarlos a la lámina con una gota de solución lacto glicerol, luego se realizó la observación microscópica a un aumento de 400x utilizando el microscopio eléctrico Primo Star.

2.3 Diseño experimental

El tipo de investigación fue experimental, instalado en condiciones de invernadero, la población fue constituida por un total de 50 plántulas micropropagadas de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.), de las variedades Biloxi (25 unid.) y Emerald (25 unid.).

La distribución de los tratamientos en el área experimental se realizó según el Diseño de Bloques Completos al Azar (DBCA), con 10 tratamientos, 5 repeticiones y 50 unidades experimentales (U.E), con un arreglo factorial de 2A x 5B, donde A representa las variedades de arándanos y B los hongos micorrízicos (2 hongos micorrízicos aislados, 1 hongo micorrízico comercial) y un control sin hongos micorrízicos.

2.4 Análisis estadístico

En el presente estudio se desarrolló el análisis de variancia (ANVA) y la prueba de contraste Tukey con un nivel de confianza del 95%. El programa InfoStat 2020 se utilizó para procesar los resultados obtenidos. Así mismo se hizo uso de gráficos o barras con programas de Excel.

2.5 Micorrización

Las plántulas de arándanos micropropagadas adquiridas de la ciudad de Cañete fueron aclimatadas y desinfectadas. Dos semanas después se procedió al trasplante con plántulas de 30 cm de altura aproximadamente, se retiraron las bolsas de plástico para luego pasarlos a otra bolsa de polietileno con capacidad de 15 litros. Al momento del trasplante se inoculó con los hongos micorrízicos ericoides nativos y con la micorriza comercial. Esta labor se realizó el 12 de noviembre del 2023.

▪ Hongos micorrízicos comercial

Para el presente estudio de investigación se utilizó el producto micorriza comercial Myco Grow, este producto es un compuesto de polvo que contiene 3 especies de endomicorrizas: *Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*, *Glomus aggregatum*; 5 especies de ectomicorrizas: *Pisolithus tinctorius*, *Suillus granulatus*, *Scleroderma* cepa, *Rhizopogon rubesce* y *Scleroderma citrine*. Se eligió este producto comercial porque contiene una variedad de tipos de micorrizas con características favorables para el cultivo. Además, estas especies se adaptan a una variedad de suelos, climas y plantas (CONAGRA, 2020). Al momento de trasplante, se aplicó 20 gramos de micorriza comercial espolvoreando a toda la raíz y en el hoyo del nuevo sustrato.

▪ Hongos micorrízicos ericoides nativos

Una vez aislados y caracterizados los hongos, se procedió a la inoculación de hongos micorrízicos ericoides nativo en arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) de variedades Biloxi y Emerald de 4 meses de edad. Para la inoculación se utilizaron dos placas Petri de cada cepa (HMEN1 y HMEN2). Con ayuda de un sacabocado estéril se extrajo

fragmentos circulares de medio PDA con el micelio puro del hongo micorrízico ericoide nativo 1,2 y 1+2; estos fragmentos fueron colocados con ayuda de una aguja fina y estéril, en cuatro puntos equidistantes cerca de las raíces más tiernas. Para la combinación de HMEN 1 y 2, se extrajo dos fragmentos de cada cepa y de igual manera se colocó cerca de las raíces finas.

2.6 Cuantificación de la colonización de raíces

Para calcular el porcentaje de colonización, se realizó la tinción de raíces con el objetivo de observar las estructuras que se desarrollan en la raíz por la presencia de un hongo, para lo cual se siguieron los protocolos de Phillips y Hayman (1970). Se extrajo las raicillas más finas y nuevas de los 10 tratamientos, cada uno con tres repeticiones. Las raíces se lavaron cuidadosamente con abundante agua y se realizaron cortes de 1 cm y se colocaron en tubos de ensayo codificados, luego se aclararon con hidróxido de potasio (KOH) al 10%, por 10 minutos hasta que las raíces dejen de liberar pigmentos. Se retiró el KOH y se enjuagaron con agua potable y se agregó el peróxido de hidrógeno (H₂O₂) al 10% por 15 minutos, después se retiró el H₂O₂, las cápsulas que contienen raíces se enjuagaron con agua potable. Después de agregar ácido clorhídrico (HCl) al 10% durante 15 minutos, se retiró el ácido sin enjuagar y se dejó teñir durante 24 horas usando fucsina ácida al 1%. Las raíces se sumergieron en lacto glicerol para eliminar los restos de pigmento. Para identificar las estructuras, las raíces se dispusieron en paralelo (40 segmentos de raíces de 1 cm, limpiados y teñidos) en un portaobjetos y se examinaron con un microscopio compuesto para observar las estructuras que emergen en la raíz como resultado de la presencia del hongo.

Para calcular el porcentaje de colonización se ha utilizado la siguiente fórmula (Aguilar et al., 2016):

$$\% \text{ colonización} = \left(\frac{\text{campos colonizados}}{\text{campos totales observados}} \right) \times 100$$

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Aislamiento y caracterización de hongos micorrízicos ericoides nativos

A los 10 días después de colocar en los medios de cultivo, se verificó el desarrollo de colonias en 14 placas de Petri, en cuatro placas se observaron contaminantes y en dos placas no se observó crecimiento.

Del total de hongos aislados se seleccionaron dos colonias con características similares a las encontradas en la bibliografía, cuyas características macroscópicas y microscópicas se presentan en la Tabla 3.1 y Figuras 3.1 y 3.2

Tabla 3.1

Características macroscópicas y microscópicas de hongos micorrízicos ericoides nativos

Hongos micorrízicos	Características macroscópicas					Características microscópicas		
	Diámetro	Forma	Color	Aspecto	Consistencia	Color hifas	Septos	Conidias
HMEN1	7 cm	Circular	Marrón oscuro	Aterciopelado	Seca	Gris oscuro	Presente	Ausente
HMEN2	8.2 cm	Circular	Crema con círculos marrones	Aterciopelado	Seca	Gris	Presente	Ausente

Referente a las características macroscópicas utilizadas en la investigación, León (2016), también identificó y caracterizó morfológicamente las cepas puras de *Leptodontidium orchidicola* y *Humicolata* sp, aisladas de *Vaccinium confertum*, describiendo sus características físicas visibles en placas de Petri. Los criterios registrados fueron el tipo de colonia, aspecto, consistencia, desarrollo, color y presencia de pigmento.

Figura 3.1

Características macroscópicas de colonias de hongos micorrízicos ericoides nativos

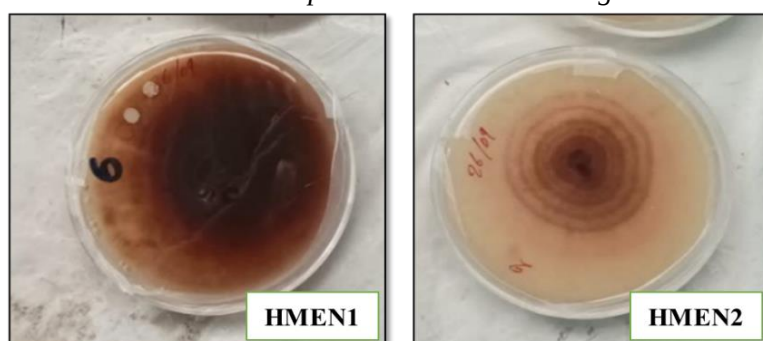
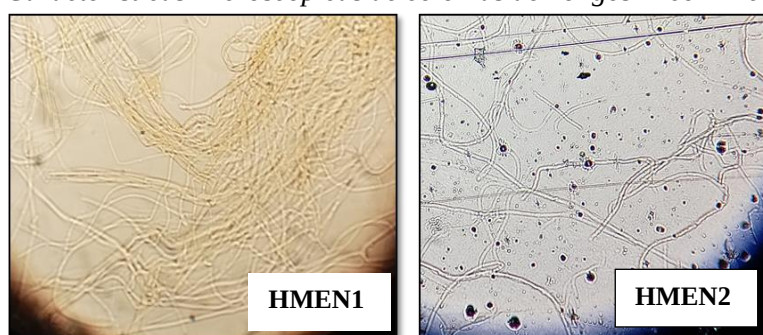


Figura 3.2

Características microscópicas de colonias de hongos micorrízicos ericoides nativos



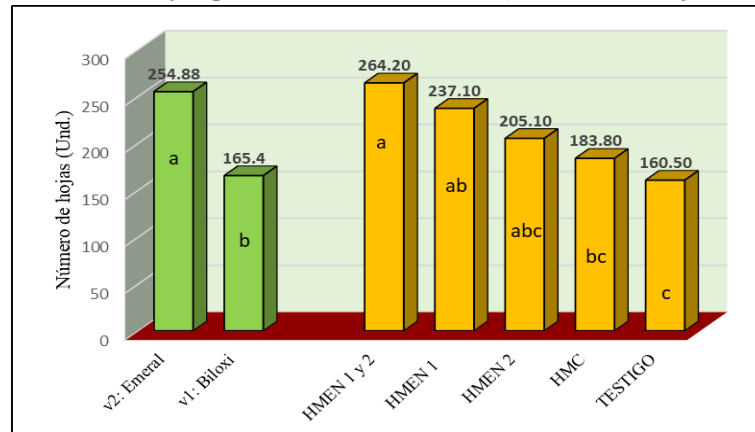
3.2 Efecto de hongos micorrízicos ericoides en el crecimiento de arándanos

3.2.1 Número de hojas

En la Figura 3.3, se muestra la prueba de Tukey del número de hojas promedio por planta. En el efecto de las variedades, la variedad Emerald resultó superior, con un valor de 254.88 unidades de hojas, superando a la variedad Biloxi en un 30.77%. En el efecto de los hongos micorrízicos, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) presentó 264.20 unidades, superando al resto de tratamientos y al testigo en un 64.61%.

Figura 3.3

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de variedad y hongos micorrízicos en número de hojas promedio de arándanos (*Vaccinium corymbosum*)



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

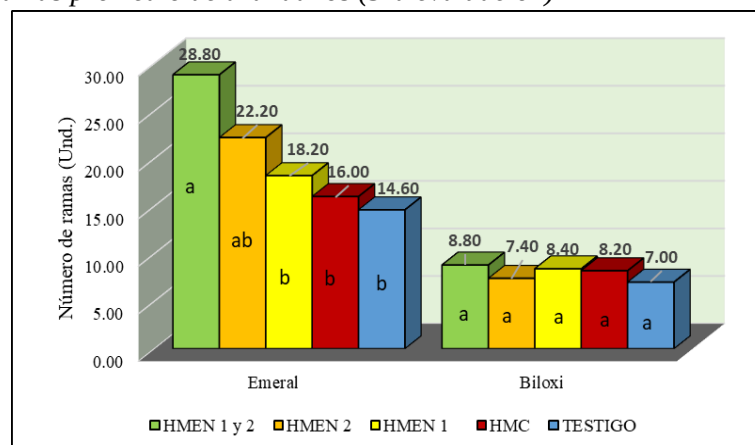
Bautista et al. (2017), evaluaron la respuesta de las plántulas de cv. Biloxi, inoculadas con EndosporR (complejo de micorizas comercial) y con micorizas nativas de *Gaultheria* sp. y *V. confertum*. En los resultados mostraron el efecto positivo en la altura de la planta, la intensidad de colonización de raíces y sobre todo un mayor número de hojas, en las plantas colonizadas con *Gaultheria* sp. Por el contrario, las micorizas de *V. confertum* y el producto comercial EndosporR, no mostraron ningún efecto positivo en el crecimiento y la colonización. Los resultados en el presente estudio son similares ya que, los tratamientos que presentaron mayor cantidad de hojas, son los que fueron inoculados con hongos micorrízicos nativos 1 y 2, sin embargo, las plantas inoculadas con micorriza comercial (HMC), no presentaron diferencias significativas con el testigo.

3.2.2 Número de ramas

En la Figura 3.4 se muestra la comparación de medias de los efectos simples en número de ramas de arándanos. En la variedad Biloxi, ninguno de los tratamientos con hongos micorrízicos tuvieron efecto diferenciado, es decir, los resultados fueron similares estadísticamente. En la variedad Emerald, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) presentó 28.80 unidades, superando al testigo en un 97.26%.

Figura 3.4.

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos simples de variedad y hongos micorrízicos en número de ramas promedio de arándanos (3ra evaluación)



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

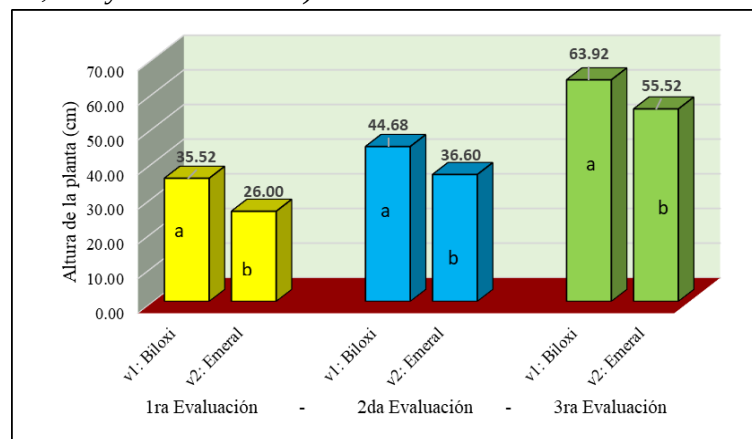
Roveda et al. (2022), analizó el impacto de los hongos *Glomus* y *Acaulospora* que producen micorrizas arbusculares (HFMA), en plantas de arándanos var. Biloxi y tres niveles de fertilización química: 100, 50 y 0%. Evidenciaron que las plantas de arándano inoculadas con *Glomus* en condiciones de déficit nutricional mostraron incrementos en la masa seca, la altura de la planta, el área foliar, el número de ramas foliares, la relación raíces/parte aérea y la concentración de clorofila; superando con diferencias significativas a los tratamientos sin inoculación. Por lo tanto, se puede indicar que las endomicorrizas arbusculares, tienen un efecto positivo en las ericáceas, similares al presente estudio donde la mezcla de endomicorrizas ericoides nativas también presentaron efectos positivos en plantas de arándanos.

3.2.3 Altura de la planta

En la Figura 3.5 se muestra la comparación de medias de Tukey de la altura de plantas de arándanos en tres evaluaciones. Se observó que la variedad Biloxi presentó alturas de 35.52, 44.68 y 63.92 cm, respectivamente, superiores a la variedad Emerald en 36.62, 22.07 y 15.13%, respectivamente. Estas diferencias posiblemente se deben a las características genéticas de cada variedad de arándano. Al respecto, González & Gloria (s.f.), mencionan que la variedad Emerald, tiene un hábito de crecimiento abierto, es decir, tienen mayor número de ramas laterales, por ello la altura es menor. En cambio, la variedad Biloxi presenta un crecimiento erecto y un bajo número de ramas. Lo cual concuerda con nuestro resultado, la variedad Biloxi tuvo un mayor crecimiento a comparación de la variedad Emerald.

Figura 3.5.

Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de la variedad en altura de las plantas de arándanos (1ra, 2da y 3ra evaluación)



Paredes (2022), evaluó la adaptación de dos variedades de arándano (*Vaccinium corymbosum*), Biloxi y Emerald. Se examinaron los factores de estudio: la altura de la planta, la cantidad de brotes, la cantidad de flores por racimo y la cantidad de frutos por racimo. Hasta los seis meses siguientes al trasplante, los datos se recolectaron cada mes. Como resultado, la variedad Biloxi, al estar bajo cubierta y crear un microclima controlado, tuvo una mayor adaptabilidad, fecundación y una altura significativa, a comparación de la variedad Emerald.

ProColBerries (s.f), menciona que el tamaño es una de las principales ventajas de las plantas de arándano de variedad Emerald, ya que estas plantas son mucho más arbustivas que otras variedades, por ende, son muy productivas. Las bayas de la variedad Emerald

también son más grandes que las de otras variedades, lo que las convierte en una opción ideal para la venta en el mercado fresco.

3.2.4 Materia seca aérea de la planta

En la Tabla 3.2 se muestra el análisis de varianza del promedio de materia seca aérea de la planta de arándanos. Según los resultados, ninguna de las fuentes de variación resultó estadísticamente significativa. Esto indica que tanto la variedad de arándanos como la presencia de hongos micorrízicos no tuvieron un efecto positivo en la materia seca. Se encontró coeficiente de variación de 7.28%, lo cual indica la precisión y confiabilidad de los resultados.

Tabla 3.2

Análisis de varianza del promedio del porcentaje de materia seca aérea de la planta de arándanos

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	30.31	7.5775	1.075	0.3861 ns
Variedades (V)	1	6.32	6.32	0.897	0.3501 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	36.52	9.13	1.296	0.2901 ns
Interacción (V*HM)	4	22.35	5.5875	0.793	0.5375 ns
Error	36	253.65	7.046		
Total	49	349.15	7.126		

C. V (%): 7.28

Demagnet (2012), indica que el porcentaje de materia seca depende del estado fenológico de las plantas, condiciones ambientales y procesamiento o conservación del mismo. Asimismo, (SHA, 2021), asegura que la planta de arándanos se desarrolla en su primer año de plantación, pero, no produce sus primeros frutos hasta los dos años desde su plantación. De acuerdo a estas investigaciones se puede justificar el por qué no hubo diferencia significativa en cuanto al porcentaje de materia seca. El estado fenológico de las plantas del estudio estaba a mitad de desarrollo, y se tiene conocimiento de que en crecimiento el porcentaje de la materia seca de una planta es variable, mientras en una planta desarrollada el porcentaje de la materia seca es más constante.

3.2.5 Materia seca de la raíz

En la Tabla 3.3 se muestra el análisis de varianza del promedio de materia seca de raíz de la planta de arándanos. Según los resultados, ninguna de las fuentes de variación resultó estadísticamente significativa. Esto indica que tanto la variedad de arándanos como la presencia de hongos micorrízicos no tuvieron un efecto positivo en la materia seca. Se encontró coeficiente de variación 19.58%, lo cual indica que los datos fueron relativamente homogéneos.

Tabla 3.3

Análisis de varianza del promedio del porcentaje de materia seca de raíz de arándanos

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	570.51	142.6275	1.670	0.1782 ns
Variedades (V)	1	134.97	134.97	1.581	0.2168 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	546.12	136.53	1.599	0.1957 ns
Interacción (V*HM)	4	498.05	124.5125	1.458	0.2352 ns
Error	36	3074.04	85.390		
Total	49	4823.69	98.443		

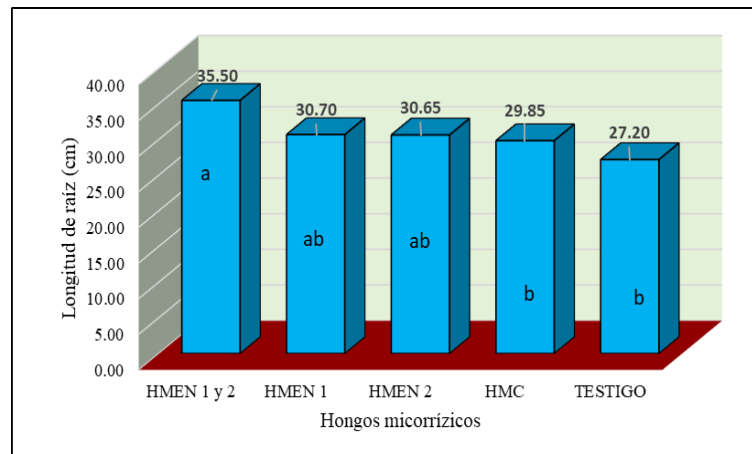
C. V (%): 19.58

3.2.6 Longitud de raíz

En la Figura 3.6 se muestra la comparación de medias de Tukey de la longitud promedio de las raíces de arándanos. En el efecto de los hongos micorrízicos, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) resultó con una influencia mucho mayor que el resto, 35.50 cm, superando al testigo en un 30.51%. En este caso, los hongos nativos tuvieron mejor influencia en la longitud de raíz de las variedades de arándanos.

Figura 3.6

Comparación de medias (Tukey, 0.05) del efecto principal de hongos micorrízicos en longitud de raíz de las plantas de arándanos



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

León (2016), identificó por métodos moleculares a un hongo ericoide nativo *Leptodontidian orchidicola*, a partir de las raíces de *Vaccinium confertum*, el cual lo inoculó en proceso de enraizamiento de microestacas de arándano azul *Vaccinium corymbosum* L. cv Biloxi. Pasados los 120 días, evaluó los efectos de la inoculación del hongo, lo cual promovió el crecimiento radical y vegetativo, ya que se obtuvo un aumento importante en la longitud; así como la acumulación de mayor cantidad de biomasa.

Ávila et al. (2009) evaluaron el efecto de los hongos micorrízicos comerciales Micorrizafer®, que contiene cuatro géneros de hongos micorrizicos (*Glomus*, *Entrophospora*, *Scutellospora* y *Acaulospora*), en la rizogénesis de esquejes de tallo y estolón del arándano. Observaron que el sustrato aumentó la viabilidad de los cortes hasta en un 95%, pero redujo el porcentaje de enraizamiento, el número de raíces y la longitud de las raíces. En la presente investigación también se pudo constatar que la micorriza comercial Myco Grow que contiene tres especies de endomicorrizas (*Glomus intraradices*, *G. mosseae* y *G. aggregatum*) y cinco especies de ectomicorrizas, no mostró diferencias significativas en la longitud de la raíz, a diferencia de las micorrizas ericoides nativas que presentaron efectos positivos.

3.2.7 Diámetro del tallo

En la Tabla 3.4 se muestra el análisis de varianza del promedio del diámetro del tallo de plantas de arándanos. Según los resultados, ninguna de las fuentes de variación resultó estadísticamente significativa. Esto indica que tanto la variedad de arándanos como la presencia de hongos micorrízicos no tuvieron un efecto positivo en diámetro del tallo. Se encontró un coeficiente de variación de 31.76%, lo cual indica que los datos fueron relativamente homogéneos.

Tabla 3.4*Análisis de varianza del promedio de diámetro del tallo de arándanos*

F. Variación	G. L	S. C	C. M	Fc	p-valor
Bloques	4	94.71	23.6775	0.938	0.4533 ns
Variedades (V)	1	4.99	4.99	0.198	0.6594 ns
Hongos micorrízicos (HM)	4	45.45	11.3625	0.450	0.7717 ns
Interacción (V*HM)	4	34.77	8.6925	0.344	0.8462 ns
Error	36	909.05	25.251		
Total	49	1088.97	22.224		

C. V (%): 31.76

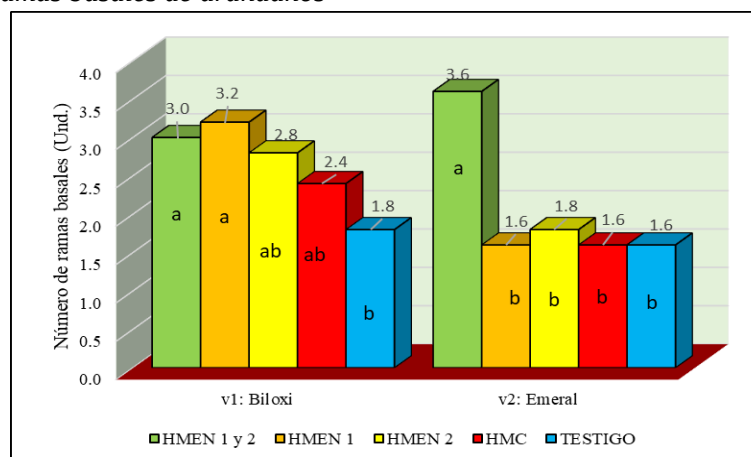
Mesa (2015) al evaluar la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) Biloxi y Sharpblue, encontró que no hubo diferencia significativa en el diámetro de tallo al primer año, sin embargo, a los 3 años de evaluación, la variedad Biloxi presentó mayor significancia estadística.

3.2.8 Número de ramas basales

La Figura 3.7 de la comparación de medias de los efectos simples del número de ramas evidencia que en la variedad Biloxi, los tratamientos inoculados no presentaron diferencias significativas, sin embargo, los hongos micorrízico ericoide nativos 1 y 2 (HMEN 1 y 2) y el hongo micorrízico ericoide nativo 1 (HMEN 1) superaron con diferencias significativas al testigo. En la variedad Emerald, la mezcla de los hongos micorrízicos ericoide nativo 1 y 2 (HMEN 1 y 2) presentaron 3.6 unidades, superando al testigo en un 125%.

Figura 3.7

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos simples de hongos micorrízicos y variedad en número de ramas basales de arándanos



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

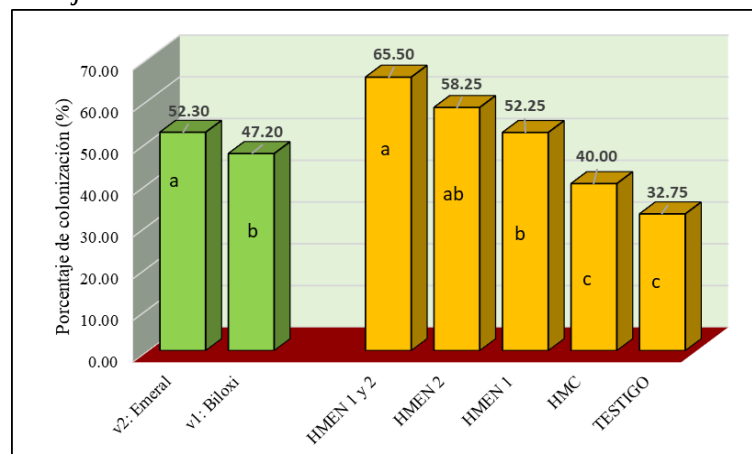
Mesa (2015), menciona que es propio de la variedad Biloxi presentar menor número de ramas, ya que es una planta con hábito de crecimiento erecto y desarrolla muchas estructuras florales, pero sufre de mayor aborto. Sin embargo, la variedad Emerald, es un arbusto que suele expandirse a los laterales formando ramas basales y, por consiguiente, mayor desarrollo vegetativo. En el presente estudio, la variedad Emerald al presentar un mayor número de ramas o tallos basales, también presentó mayor cantidad de ramas y hojas por planta, así como hojas de mayor tamaño.

3.2.9 Colonización de raíces

En la Figura 3.8 se muestra la comparación de medias de Tukey del porcentaje de colonización de raíz del cultivo de arándanos. En el efecto de las variedades, Emerald superó con diferencias estadísticas a la variedad Biloxi, con valores de 52.30% y 47.30% respectivamente. Por otra parte, se observó que los hongos micorrízicos ericoides nativos superaron con diferencias significativas al hongo micorrízico comercial y al testigo que no presentaron diferencias significativas entre estos tratamientos.

Figura 3.8

Comparación de medias (Tukey, 0.05) de los efectos principales de hongos micorrízicos y variedad en porcentaje de colonización de arándanos



Nota. HMEN: hongo micorrízico ericoide nativo, HMC: hongo micorrízico comercial, v1 y v2: variedades de arándanos.

Carrillo et al. (2015) investigaron la respuesta de plántulas de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) de tres cultivares bajo vivero, ante la micorrización ericoide. Las plántulas de arándanos fueron establecidas en sustratos de turba y vermiculita mezclada con propágulos frescos de micorrizas ericoides provenientes de *Gaultheria pumila*, *Azalea sp* y de *V. corymbosum* cv “Brigitta”. Evaluaron a los 6 meses, descubriendo que las raíces finas presentaban buen desarrollo de hifas en forma de ovillo característica de hongos micorrízicos ericoides, además, la frecuencia e intensidad de colonización fue mayor en el cv. Duke con inóculo de *V. corymbosum*, seguido de “Brigitta” y “Legacy” con inóculo de *G. pumila*, en tanto que la colonización fue menor con inóculo de *Azalea sp*.

Bautista et al. (2017), al evaluar la inoculación de micorriza comercial EndosporR y micorrizas nativas (*Gaultheria sp.* y *V. confertum*) en plántulas de arándano vr. Biloxi, obtuvieron resultados positivos con respecto a *Gaultheria sp.* ya que, hubo mayor frecuencia e intensidad de colonización de raíces. En contraste, el producto comercial EndosporR y las micorrizas de *V. confertum* no presentaron efecto en las variables de crecimiento y colonización, similar a la presente investigación, donde también se observó que el hongo micorrízico comercial fue semejante al testigo.

Lancheros (2012), al caracterizar micorrizas nativas, observó que en las muestras de los 5 sitios estudiados hubo presencia de endomicorrizas, micorrizas arbusculares, hongos endófitos septados y micorrizas ericoides, similar a las estructuras observadas en la presente investigación.

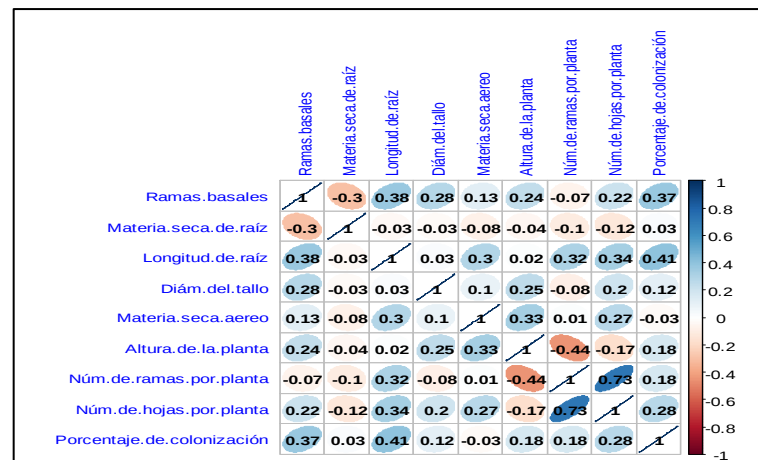
3.2.10 Correlación de las variables

La Figura 3.9 de los coeficientes de correlación de las variables evaluadas en el cultivo

de arándanos bajo la influencia de hongos micorrízicos ericoides muestra una correlación alta entre las variables de número de hojas por planta y número de ramas, 0.73; es decir, hay una relación directa entre estas variables. Existe una correlación de 0.41 entre longitud de raíz y porcentaje de colonización, esto refleja una influencia relativa de los hongos en tamaño de la raíz. Los coeficientes negativos indican una relación inversa entre dos variables; es decir, son inversamente proporcionales. Estos coeficientes pueden variar hasta -1 como máximo. El coeficiente más bajo negativo resultó entre número de hojas por planta y altura de la planta, -0.44, lo cual indica que a mayor altura la cantidad de hojas disminuye; entonces, la altura de la planta no necesariamente es sinónimos de incremento de las hojas.

Figura 3.9

Coefficientes de correlación de las variables evaluadas



CONCLUSIONES

1. Se aisló y caracterizó dos cepas de hongos micorrízicos nativos HMEN1 y HMEN2.
2. Se ha evidenciado que existe el efecto positivo de la combinación de HMEN1 y HMEN2, como fuente de micorriza para los arándanos, en el crecimiento y colonización de las raíces en la Var. Emerald, no así para la variedad Biloxi.
3. La inoculación con hongos micorrízico comercial (Myco Grow), no tuvo efecto positivo en las variedades de arándanos evaluados.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agraria.pe. (2022). Exportación mundial de arándanos alcanzaría cerca de 2.200 millones de kilos en 2024. [https://agraria.pe/noticias/exportacion-mundial-de-arandanos-alcanzaria-cerca-de-2-200-m-27099#:~:text=\(Agraria.pe\)%20Ciertamente%20se,Chile%20y%20por%20supuest%20Per%C3%BA](https://agraria.pe/noticias/exportacion-mundial-de-arandanos-alcanzaria-cerca-de-2-200-m-27099#:~:text=(Agraria.pe)%20Ciertamente%20se,Chile%20y%20por%20supuest%20Per%C3%BA).
- Agronoticias. (2021). Científicos recuperan y estudian arándanos silvestres oriundos. <https://agronoticias.pe/agronoticias/amazonas-cientificos-recuperan-y-estudian-arandanos-silvestres-oriundos/>
- Aguilar, U. W., Arce, A. P., Galiano, M. F., & Torres, C. T. (junio de 2016). Aislamiento

- de esporas y evaluación de métodos de inoculación en la producción de micorrizas en cultivos trampa. *Tecnología en Marcha*, 29(3). <http://dx.doi.org/10.18845/tm.v29i7.2700>
- Ávila, R., Orozco, O., Ligarreto, G., & Rodriguez, A. (9 de diciembre de 2009). Influencia de hongos micorrízicos en el enraizamiento de esquejes de tallo y estolón del arándano colombiano (*Vaccinium meridionale* Swartz). *Revista internacional de ciencia de las frutas*, 9(4), 372-384.
- Bautista, J., Posada, L., Urbina, J., Laersen, J., & Segura, S. (2017). Colonización por micorrizas en la producción de plántulas de arándano en vivero (*Vaccinium* spp.) cv Biloxi. *Revista mexicana de ciencias agrícolas*, 8(3), pp.695-703. <https://doi.org/10.29312/remexca.v8i3.42>.
- Carrillo, R., Guerrero, J., Rodriguez, M., & Meriño, C. (diciembre de 2015). Colonización de arándano (*Vaccinium corymbosum*) plántulas por micorrizas ericoides en condiciones de vivero. *Cienc. Inv. Agr.*, 42(3). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000300005>
- Cillóniz, B. F. (2024). Perú sigue siendo líder mundial en exportación de arándanos. Agraria.pe. <https://agraria.pe/noticias/peru-sigue-siendo-lider-mundial-en-exportacion-de-arandanos-35168>
- CONAGRA. (2020). Myco Grow. <https://conagra.com.pe/producto/myco-grow/>
- Demagnet, F. R. (2012). Producción de materia seca. https://www.praderasypasturas.com/files/menu/catedras/praderas_y_pasturas/2012/10-Produccion-de-Materia-Seca.pdf
- González, A., & Gloria, C. (s.f.). Variedades de arándanos. <https://biblioteca.inia.cl/server/api/core/bitstreams/f1e390b9-0991-4333-9d01-9d62fc12032a/content#:~:text=En%20cuanto%20a%20requerimientos%20t%C3%A9rmicos,en%20receso%20invernal%2C%20Northern%20highbush.>
- Hinostroza, A. (2021). Ayacucho Berries, primera empresa ayacuchana que apuesta por la producción de berries en la ciudad. Cultiva. <https://cultiva.pe/ayacucho-berries-primer-empresa-ayacuchana-que-apuesta-por-la-produccion-de-berries-en-la-ciudad/>
- Lancheros, H. (2012). Caracterización de las micorrizas nativas en agraz *Vaccinium meridionale* Swartz y evaluación de su efecto sobre el crecimiento plantular. [Tesis de posgrado, Universidad Nacional de Colombia]. [file:///C:/Users/PROFESIONAL/Downloads/790669.2012%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/PROFESIONAL/Downloads/790669.2012%20(2).pdf)
- León, J. (2016). Hongos micorrízicos ericoides y sus efectos en plantas de arándano azul (*Vaccinium corymbosum* L.) cv Biloxi micropropagadas. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/10521/3585/1/Leon_Osorio_JH_MC_Fisiologia_Vegetal_2017.pdf
- Mesa Torres, P. A. (2015). Algunos aspectos de la fenología, el crecimiento y la producción de dos cultivares de arándano (*Vaccinium corymbosum* l. x v. darowii) plantados en guasca (Cundinamarca, Colombia). <https://repository.unimilitar.edu.co/server/api/core/bitstreams/ade1274-78fa-4037-8a6c-b8bc87243f55/content>
- Paredes Caiza, D. M. (2022). Adaptación de dos variedades de arándano (*Vaccinium*

- corymbosum*), Biloxi y Emerald, bajo cubierta y semicubierta en el Centro de Investigación e Innovación Tecnológica Agropecuaria Tungurahua - Pillaro (CIITAT). [Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34713/1/Tesis-306%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Paredes%20Caiza%20Diana%20Maribel.pdf>
- Phillips, & Hayman. (1970). Procedimientos mejorados para la limpieza de raíces y la tinción de hongos parasitarios y micorrizales vesiculares-arbusculares para la evaluación rápida de infección. <https://srv2.freepaper.me/n/lzmr7csEoCQdur0Pa3pV0A/PDF/f1/f1ebcef53e4b18d3c3a48bda7f24db52.pdf>
- ProColBerries. (s.f). Variedad Emerald, una Planta de Arándano perfecta para proyectos de exportación. <https://procolberries.com/variedad-emerald-una-planta-de-arandano-perfecta-para-proyectos-de-exportacion/>
- Roveda, G., Venegas, J., Moreno, L., & Ramírez, M. (1 de mayo de 2022). Efecto de la inoculación con *Acaulospora* and *Glomus* sobre el crecimiento y nutrición de arándanos (*Vaccinium corymbosum*) con diferentes niveles de fertilización. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícola*, 16(2). <https://doi.org/10.17584/rcch.2022v16i2.13561>
- SHA, S. H. (2021). Plantar arándanos: Todo lo que necesitas saber. <https://www.sistemashorticolasalmeria.com/blog/plantar-arandanos/#:~:text=%C2%BFCu%C3%A1nto%20tiempo%20tarda%20en%20producir,una%20media%20de%208%20cosechas.>
- Sharma, A. (14 de agosto de 2019). Hongos micorrízicos. *Acta Científica Agricultura*, 3(9). DOI:10.31080/ASAG.2019.03.0614