

UCUENCA

Universidad de Cuenca

Facultad de Ciencias Agropecuarias

Carrera de Ingeniería Agronómica

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

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de Ingeniera Agrónoma

Autoras:

Jessica Patricia Macancela Ludizaca

Lourdes Piedad Quituzaca Morocho

Director:

Segundo Moisés Maita Supliguicha

ORCID: 0000-0003-2716-6978

Cuenca, Ecuador

2023-03-26

Resumen

En la actualidad el arándano es cultivo de gran importancia por sus propiedades nutraceuticas, presentando un sistema radicular superficial, por tal razón en la actualidad se está produciendo en sustratos los cuales ayudan en la eficiencia de este cultivo. El objetivo de esta investigación fue evaluar sustratos para la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald bajo condiciones de invernadero en la Granja el Romeral, Guachapala-Azuay. Se realizaron experimentos independientes para las cvs. Biloxi y Emerald, con un diseño experimental completamente al azar, con 5 tratamientos y 6 repeticiones: Fibra de coco + c.a., Fibra de palma + c.a., Aserrín de ciprés + c.a., Aserrín de pino + c.a., Hoja de pino + c.a. Los resultados obtenidos en el cv. Biloxi para las variables diámetro de tallo, número de flores, volumen, longitud, peso seco y fresco del sistema radicular se obtuvo el mejor promedio a base del sustrato Fibra de palma + c.a. a los siete meses de investigación. Para las variables Altura de planta y número de hojas se obtuvieron los mejores promedios a base de los sustratos Hoja de pino + c.a. y Aserrín de pino + c.a. En el cv. Emerald para las variables altura de la planta, número de hojas, volumen, peso seco y fresco del sistema radicular se obtuvieron los mejor promedios a base del sustrato Fibra de palma + c.a.. Para las variables diámetro de tallo y longitud del sistema radicular no se obtuvieron resultados significativos.

Palabras clave: *Vaccinium corymbosum* L, Biloxi, Emerald, sustrato

Abstract

At present, the blueberry is a crop of great importance due to its nutraceutical properties, presenting a superficial root system, for this reason it is currently being produced in substrates which help in the efficiency of this crop. The objective of this research was to evaluate substrates for the production of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi and Emerald under greenhouse conditions at Granja el Romeral, Guachapala-Azuay. Independent experiments were performed for cvs. Biloxi and Emerald, with a completely randomized experimental design, with 5 treatments and 6 repetitions: Coconut fiber + c.a., Palm fiber + c.a., Cypress sawdust + c.a., Pine sawdust + c.a., Pine leaf + c.a. The results obtained in cv. Biloxi for the variables stem diameter, number of flowers, volume, length, dry and fresh weight of the root system, the best average was obtained based on the substrate Palm fiber + c.a. after seven months of investigation. For the variables Plant height and number of leaves, the best averages were obtained based on the substrates Pine leaf + c.a. and Pine sawdust + c.a. In the cv. Emerald for the variables height of the plant, number of leaves, volume, dry and fresh weight of the root system, the best averages were obtained based on the substrate Palm fiber + c.a. For the variables stem diameter and length of the root system, it was not obtained significant results.

Keywords: *Vaccinium corymbosum* L, Biloxi, Emerald, substrates

Índice de contenido

Introducción.....	12
2. Hipótesis	15
3. Revisión bibliográfica	16
3.1. Importancia económica del arándano	16
3.2. Origen del arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L)	16
3.3. El Arándano en el Ecuador	16
3.4. Morfología del arándano	17
3.5. Taxonomía	17
3.6. Variedades en el Ecuador.....	17
3.6. Manejo del Cultivo del arándano.....	18
3.7. Sustratos.....	19
3.8. Características y propiedades de los sustratos	20
3.9. Clasificación de los sustratos	20
3.10. Sustratos utilizados para el cultivo de arándano	21
4. Materiales y métodos	23
4.1. Área de estudio	23
4.3. Materiales y equipos.....	24
4.4. Métodos	24
4.4.1. Material vegetal.....	24
4.4.2. Implementación del proyecto.....	24
4.5. Metodología	25
4.5.1. Metodología para el cumplimiento del primer objetivo	25
Evaluar la eficiencia de los sustratos para la producción de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cvs. Biloxi y Emerald hasta la primera fructificación.	25
4.5.2. Metodología para el cumplimiento del segundo objetivo	26
Determinar el pH en cada uno de los sustratos a lo largo del experimento.	26

4.5.3. Metodología para el cumplimiento del tercer objetivo	26
Evaluar los costos variables de los sustratos en base a los costos de los materiales utilizados.	26
4.6. Diseño Experimental	26
4.6.1. Análisis estadístico.....	27
5. Resultados	27
5.1. Variedad Biloxi	28
Diámetro del tallo a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi	28
Altura de la planta a los 60, 120 y 210 días en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi	29
Número de hojas a los 60, 120 y 210 días en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi	30
Número de flores en el cultivo de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi.....	31
Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi	32
Longitud del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi	32
Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi	33
5.2. Variedad Emerald.....	35
Diámetro de tallo a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald.....	35
Altura de la planta a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald.....	35
Número de hojas a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L.) cv. Emerald.....	36
Número de flores en el cultivo de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald .	37
Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald.....	37

Longitud del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald.....	38
Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald.....	38
5.3. Valores del pH del sustrato en cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi	39
5.4. Valores del pH del sustrato en cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald	40
5.5. Costos de los sustratos para producción de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cvs. Biloxi y Emerald	41
6. Discusión.....	41
7. Conclusiones.....	43
8. Recomendaciones	43

Índice de figuras

Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto en la granja “El Romeral” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca.....	23
Figura 2. Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p<0.05$).....	31
Figura 3. Longitud del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p<0.05$).....	32
Figura 4. Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p<0.05$).....	33
Figura 5. Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p<0.05$).....	36
Figura 6. Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p<0.05$).....	37
Figura 7. Valores del pH en los diferentes sustratos en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi. a los siete meses.....	38
Figura 8. Valores del pH en los diferentes sustratos en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald a los siete meses.....	38

Índice de tablas

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación.....	23
Tabla 2. Tratamientos a utilizar para la producción del cultivo de arándanos.....	26
Tabla 3. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las variables evaluadas en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi.....	27
Tabla 4. Diámetro del tallo en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos.....	28
Tabla 5. Altura de la planta en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos.....	29
Tabla 6. Número de hojas en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos.....	29
Tabla 7. Número de flores en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos.....	30
Tabla 8. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las variables evaluadas en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald.....	33
Tabla 9. Altura de la planta en el cultivo de arándanos (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald cultivado en 5 sustratos.....	34
Tabla 10. Número de hojas de la planta en el cultivo de arándano (<i>Vaccinium corymbosum</i> L) cv. Emerald cultivado en 5 sustratos.....	35
Tabla 11. Costos de los sustratos para producción de 1 ha de arándano bajo invernadero Guachapala-Azuay.....	39

Agradecimientos

“Constancia, sabiduría y amor”

Agradecemos a Dios por habernos acompañado a lo largo de nuestros estudios, por ser nuestra fortaleza y brindarnos una vida llena de aprendizajes, experiencias.

A nuestra Universidad de Cuenca, y a los docentes, por compartir sus conocimientos, valores y enseñanzas dentro y fuera de las aulas de la Facultad, luego de años de esfuerzo, sacrificio, dedicación y grandes alegrías llegó el día de culminar esta etapa de nuestras vidas. Cómo no a nuestros compañeros agradecerles por tantos momentos compartidos y experiencias vividas en un ambiente de comunicación y entendimiento.

De manera especial queremos agradecer a nuestro tutor de tesis Ing. Segundo Moisés Maita PhD. por el apoyo y guía en la realización de esta investigación brindándonos su conocimiento y el tiempo durante todo el trabajo.

A los trabajadores de la granja El Romeral de manera especial a Segundo Solis, por su apoyo incondicional en el cuidado de nuestra plantación de arándano ya que sin su ayuda no se hubiera logrado el éxito de este trabajo.

Jessica Macancela & Lourdes Quituzaca

Dedicatoria

Esta investigación está dedicada a mis padres Miguel Macancela y Bertha Ludizaca que gracias a su apoyo y amor incondicional me brindaron la posibilidad de lograr cumplir una meta más en mi vida. A mi abuelita Ercelina que aún que no esté conmigo físicamente sé que desde el cielo me bendice y estará muy orgullosa de mí en este logro que tengo. A mis hermanos Jenny, Johana y Edwin que estuvieron conmigo todo el camino hasta la culminación del mismo.

Jessica Macancela

Dedicatoria

A mi padre Pedro y a mi madre, Gerardina, quien es mi pilar fundamental de apoyo y perseverancia en el crecimiento académico y personal de igual manera por brindarme todo su amor, comprensión y confianza. A mis hermanos Juan, Marisol, Ximena y a todas mis queridas sobrinas por siempre ser la alegría de la familia con sus ocurrencias. A mis tíos Dolores y Miguel por ser como unos segundos padres quienes siempre me dedicaban palabras de aliento para poder cumplir una meta más de mis estudios.

Lourdes Quituzaca

Introducción

Los arándanos son plantas arbustivas con frutos en forma de bayas pequeñas, pertenecientes a la familia Ericaceae. Este cultivo es originario de América del Norte, en la actualidad su producción está expandiendo en países de América del Sur. Estados Unidos de América es líder mundial con un 80 % de la producción (Ristow et al., 2011).

En los últimos años el arándano ha sido uno de los cultivos de gran importancia ya que presenta grandes propiedades nutricionales y medicinales, despertando en varios países el interés de producir buscando características esenciales como el clima y suelo para la implementación del cultivo y a su vez obteniendo buenos precios en el mercado (Zárate et al., 2019).

Según Von & Obschatko (2003), afirma que el cultivo de arándano tiene un precio en el mercado que se encuentra en 1.6 USD por kg de fruta, mientras que en países como EEUU y Canadá se encuentra en el mercado a precios de 1.33 y 1.09 USD por kg de arándano siendo estos países los principales exportadores con un 38% y 29% respectivamente.

Una de las grandes ventajas que presenta Ecuador para producir arándano son sus condiciones agroclimáticas que requiere este cultivo y así obtener una buena producción a comparación de países de cuatro estaciones que no pueden producir arándano durante todo el año (Galarza, 2019).

En el Ecuador según lo menciona Gonzáles (2018), en la provincia de Pichincha, en el valle de Guayllabamba, producen arándano de la variedad Biloxi con una producción que oscile entre 800 a 1200 g/planta en el primer y segundo año respectivamente, destinados a la empresa Supermaxi, cubriendo únicamente el 10 % de su demanda (Lima, 2019).

En la actualidad, producir arándano en macetas ayuda aprovechar el área y a su vez que este cultivo no esté en contacto con el suelo evitando la contaminación por patógenos, otras de las ventajas tenemos que reduce la aparición de malezas que se presente en el cultivo, obteniendo un mejor desarrollo vegetativo y una mayor producción del cultivo ya que se puede llevar un control de la fertilización y el riego (Villegas, 2021). Esta alternativa a venido mostrando un creciente interés en el cultivo de esta especie por esto es recomendable la utilización de la materia prima en los sustratos para la acidificación y enriquecimiento los cuales pueden estar compuestos por aserrín y cortezas de los árboles de las coníferas (Ochmian, et al., 2019).

La producción del cultivo de arándano por lo general se desarrolla de manera óptima en sustratos especializados y costosos por esta razón los productores han optado por crear sus

propios sustratos utilizando materia prima que ayude al establecimiento del cultivo y proporcionar un sistema radicular fibroso y compacto (Flores, 2021).

Los sustratos en el cultivo de arándano son de gran importancia ya que se puede obtener mayor calidad y eficiencia en la producción debido a que el cultivo presenta un sistema radicular superficial sin pelos absorbentes (Acosta et al., 2008). Según Ristow et al., (2011) recomiendan que se realice un análisis físico químico del sustrato para conocer los macro y micronutrientes presentes, salinidad, materia orgánica y pH correcto ya que esta especie se desarrolla mejor en suelos ácidos.

Esta especie requiere suelos ácidos con un rango de pH entre 4,5 y 5,5 para un óptimo desarrollo productivo (Carrillo et al., 2015), en el caso que el pH sea superior a 5,8 la productividad empieza a reducir y la planta deja de crecer terminado su ciclo de vida (Morales, 2017).

Según Olivera et al., (2015) afirma que obtener una mayor producción de este cultivo depende de las diferentes características que presente el sustrato como retención de agua, una buena aireación y así se obtendrá un crecimiento saludable de las raíces. Uno de los sustratos que aporta beneficios al arándano es la fibra de coco, sin embargo, si se utiliza este sustrato al 100% trae problemas ya que no ayuda a la formación de un buen sistema radicular (Flores, 2021).

Los costos en los sustratos es un factor muy importante a tomar en cuenta para la determinación de un cultivo, en un estudio realizado por Muñoz (2007), afirma que los sustratos utilizados en su investigación presentaron diferencias en los precios entre la fibra de coco y la hoja de pino compostada con valores de 40.10 -15.5 USD respectivamente. Mientras que Estupiñán & Sánchez (2019), mencionan que el costo en el mercado del sustrato de la fibra de coco se encuentra en presentaciones de 2, 5, 50, kg con costos de 2.37, 7.61, 43.71 USD respectivamente.

El sustrato de fibra de coco posee características físicas y químicas adecuadas en la producción del cultivo de arándano. Sin embargo, al utilizar estos materiales como medio de crecimiento genera costos de producción altos, por esta razón se ha propuesto el uso de sustratos alternativos, como fibra de palma, aserrín de pino, hoja de pino y ciprés por sus bajos costos (Castro et al., 2019). Por este motivo se pretende evaluar diferentes sustratos para la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L), buscando una alternativa que beneficie a los productores.

1. Objetivos

Objetivo general

Evaluar sustratos para la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald bajo condiciones de invernadero en la Granja el Romeral, Guachapala-Azuay.

Objetivos específicos

- a). Evaluar la eficiencia de los sustratos para la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald hasta la primera fructificación.
- b). Determinar el pH en cada uno de los sustratos a lo largo del experimento.
- c). Evaluar los costos variables de los sustratos en base a los costos de los materiales utilizados.

2. Hipótesis

Hipótesis Nula H_0 = Los sustratos no difieren en su efecto sobre el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arándano cvs. Biloxi y Emerald.

Hipótesis Alterna H_a = Al menos un sustrato tiene un efecto diferente a los demás en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del arándano cvs. Biloxi y Emerald.

3. Revisión bibliográfica

3.1. Importancia económica del arándano

En el año 2016 el cultivo de arándano tuvo una producción mundial de 135000 hectáreas. Según Lara et al., (2021) en Estados Unidos en el año 2011 tuvieron una producción entre variedades silvestres y nativas de 230 millones de kg con un valor en el mercado de US \$ 860 millones, facilitando el consumo durante todo el año.

El arándano se encuentra distribuido a nivel mundial con más de 400 especies en este género. España en el año 2019 lideró con un 39.8% en la producción de arándanos dentro de la Unión Europea (Ortiz, et al., 2022).

El fruto del arándano tiene una importancia comercial significativa, con una demanda alta, producto de la divulgación de su utilización, como fuente de longevidad y como parte del tratamiento de enfermedades coronarias y degenerativas, debido a sus altos contenidos de antocianinas y polifenoles (Cabezas & Peña, 2012).

3.2. Origen del arándano (*Vaccinium corymbosum* L)

El arándano es originario de América del Norte, siendo uno de los cultivos silvestres más abundantes que lo único que hacían era recolectar los frutos para el consumo y comercialización. A principios del siglo XX la población de Estados Unidos creció exigiendo una gran demanda de este fruto por esta razón intentaron cultivar este frutal donde no dio éxito estos cultivares silvestres. Los primeros cultivares domesticados al principio del siglo XX fueron realizados por Elizabeth Coneman White y el botánico Frederick Vernon, profesor del departamento de Agricultura de Estados Unidos, donde obtuvieron los primeros 15 cultivares (Undurraga et al., 2013).

Luego de varios estudios realizados por Elizabeth & Frederick continuó Darrow, donde él obtuvo ocho cultivares de frutos grandes conocidas como “Ocho Grandes” o las “Ocho Magníficas” los cuales fueron la base de los cultivares de arándano que se realizaron en Estados Unidos (Undurraga et al., 2013).

3.3. El Arándano en el Ecuador

En el Ecuador la producción de arándano empezó en el año 2015, con la variedad Biloxi que fue traída de Estados Unidos, estas plántulas se adaptaron a las condiciones climáticas del país las cuales fueron sometidas a la multiplicación vegetativa para luego ser distribuidas a pequeños y medianos productores a nivel local, convirtiéndose en una fruta rentable tanto para empresarios y productores por su precio alto en el mercado (Lima, 2019). Una de las ventajas esenciales que presenta el país es que permite producir arándanos en 52 semanas,

a comparación de Chile o Estados Unidos ya que estos países son estacionales. En nuestro país se producen arándanos en las provincias de Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Azuay, Santa Elena y el Oro (Suarez, 2022). Produciendo 800 g de fruta en los primeros años de vida de la planta y para el segundo año puede llegar a producir hasta 1500 g. En el año 2017 se logró producir en 3 hectáreas 3 toneladas de arándanos en la empresa de Ecuarándano (Cayo, 2021).

3.4. Morfología del arándano

Son plantas que pertenecen al género *Vaccinium* de la familia Ericaceae, son arbustos perennes que van desde 0.2 a 0.4 m de altura, ramificado y con una copa redondeado (Villa, 2013), tiene un sistema radicular muy superficial careciendo de pelos absorbentes, no tiene capacidad de absorción y no son capaces de atravesar superficies de suelo compactas (Ristow et al., 2012). Sus hojas son simples con una distribución alterna, con 5 a 7 cm aproximado de longitud, son de color verde pálido o en algunas variedades pueden tornarse a rojizas (Bustillo, 2018). Presenta inflorescencias axilares de 6 a 10 flores por yema. Las flores son pequeñas de forma acampanada de color blanco, la flor en su estado máximo de maduración libera el polen (Bustillo, 2018). Los frutos son bayas carnosas que miden de 7 a 15 mm, son de color azuladas que contiene varias semillas pequeñas con un sabor característico agrídulce por lo que se les atribuye un alto valor nutricional y medicinal convirtiéndolo en una especie de gran interés económico (Gómez & Esquivel, 2013).

3.5. Taxonomía

El arándano pertenece al reino Plantae, división Magnoliophyta, clase Magnoliopsida, orden Ericales, familia Ericaceae, género *Vaccinium*, especie *Vaccinium corymbosum* (Paita, 2017).

3.6. Variedades en el Ecuador

Biloxi es una variedad que requiere una cantidad mínima de 400 horas frío, con un contenido de 13.6 grados Brix, presentando características morfológicas como tallos erectos y vigorosos, con frutos en bayas medianas además de una textura firme, con una maduración temprana, y un sabor dulce, delicioso y crujiente. Siendo una de las variedades más difíciles de cultivar (Baldomero et al., 2017).

Emerald es otra variedad que se encuentra liberada en el Ecuador, esta requiere un aproximado de 250 horas frío, y 11.1 grados Brix. La planta es muy vigorosa, productiva adaptándose muy bien en suelos de mal drenaje, presenta resistencia *Phytophthora* y enfermedades de la madera. En cuanto a su cosecha es escalonada ya que tiene una floración larga, permitiendo intervalos de cada 4 a 5 días, ya que no presenta problemas de firmeza en

la fruta. Emerald necesita polinización cruzada con otra variedad con necesidades de frío similar (Morales, 2017).

3.6. Manejo del Cultivo del arándano

3.6.1. Ecología del cultivo

Este cultivo se obtiene buenos resultados a altitudes de 2400 msnm, con una temperatura media anual de 18.5 °C y la precipitación media anual de 1274 mm. Requieren entre 400 a 1200 horas frío, pero dependiendo de la variedad (Undurraga et al., 2013).

3.6.2. Clima

Según Bustillo (2018), afirma que a temperaturas altas de 28° a 30 °C la producción del cultivo de arándano baja, obteniendo quemaduras en las hojas, disminución en el sabor y la firmeza en el fruto. Los vientos fuertes durante el primer estadio del cultivo pueden afectar el crecimiento, en el follaje y la caída de flores (Rubio et al., 2010).

3.6.3. Condiciones bajo invernadero

Un estudio realizado por Utus (2021), para el requerimiento del cultivo del arándano bajo invernadero se recomienda climas con temperaturas bajas y sin vientos fuertes con temperaturas que oscilan entre 19 °C - 23 °C para que se pueda obtener un desarrollo rápido y así un óptimo crecimiento cubriendo causas ambientales como enfermedades y mal desarrollo de las plantas.

3.6.4. Características edáficas

Este cultivo se desarrolla en suelos con pH entre 4.5 y 5.5, buen drenaje, pero requiere humedad moderada; por ende, es muy sensible al déficit o al exceso hídrico (Viencz et al., 2021). Este cultivo se adapta a suelos con textura arenosa o franco arenoso con porcentaje de arcilla siempre por debajo del 20% (García et al., 2018).

3.6.5. Fertilización

El manejo nutricional en el arándano tiene bajos requerimientos en fertilizantes ya que estos frutales se cultivan en suelos ácidos (Baldomero et al., 2017). Sin embargo, la fertilización es muy importante para tener una buena producción del cultivo, los requerimientos de nutrientes están en función del nivel productivo que extrae la planta de macro y micronutrientes (Alvarez, 2019).

En la etapa inicial en el cultivo de arándano sin suelo se debe enfocar en el equilibrio y precisión de las aplicaciones de los fertilizantes para mejorar el estado nutricional, desarrollo y rendimiento de las plantas. La disponibilidad de fertilizantes nitrogenados (N) está relacionada altamente con la productividad en donde los fertilizantes que se suministren principalmente es amonio (NH_4) en forma de N como (urea, sulfato de amonio). En el caso del fósforo (P) no siempre se muestra una deficiencia clara. El arándano es muy deficiente de potasio (K) por una serie de factores como inundaciones, drenaje, alto contenido de N entre otros, dado que la fruta absorbe más potasio de la planta. La fertilización con calcio es muy esencial para la textura, firmeza y velocidad de maduración del fruto. La nutrición con los microelementos se ve reflejada en la deficiencia de la Hierro (Fe) para esto se debe ajustar el pH del sustrato dentro de un rango óptimo entre 4.2 a 5.5 (Milivojević, et al., 2020).

3.6.6. Riego

El riego se debe realizar según la demanda de acuerdo a la etapa fenológica del cultivo, considerando los diferentes factores ambientales (Bustillo, 2018). En la etapa de crecimiento vegetativo no demanda mucho riego, ya que los excesos de humedad promueven la presencia de enfermedades radiculares, principalmente las provocadas por hongos. El cultivo de arándano requiere 40000 L/ha diarios utilizando el riego por goteo ya que ayuda a el rendimiento y calidad del fruto (Morales, 2017). Un estudio realizado por Uribe (2013), afirma que el método de riego por goteo aumenta el rendimiento y la calidad del fruto de arándano. Este tipo de riego localizado permite una alta frecuencia obteniendo un riego uniforme en el cultivo.

3.6.7. Poda

La poda tiene como objetivo eliminar total o parcialmente partes de la planta, para obtener una producción estable y una mayor calidad a lo largo de la vida útil de la planta. La eliminación de ramas antiguas desde la base en una planta madura incentiva a producir nuevos brotes ayudando a mantener una producción constante con un buen sistema radicular (Muñoz et al., 2017).

3.7. Sustratos

Son sólidos obtenidos de residuos orgánicos, que se utilizan para cultivar plantas utilizando recipientes siempre que estos presenten una correcta condición para el desarrollo del cultivo. Actualmente se ha demostrado que usar sustratos ayuda a mejorar la calidad de la producción y a su vez disminuye el impacto ambiental en comparación de la producción tradicional empleando el suelo (Pastor, 1999).

En la propagación de arándano la utilización de sustratos es muy importante ya que ayuda al desarrollo del sistema radicular superficial, el mismo que no soporta los suelos compactados y mal drenados, por esta razón es fundamental tener un componente como la materia orgánica cuyo propósito es aumentar la capacidad de retención de agua y nutrientes para el desarrollo del cultivo. En cuanto al pH de los sustratos deben estar en un rango adecuado para las plantas caso contrario pueden presentar desequilibrios fisiológicos (Ristow, et al., 2011).

3.8. Características y propiedades de los sustratos

Es importante mencionar que los sustratos llevan una ventaja frente a los suelos debido a su alta porosidad siendo mayor al 85%, sin embargo, en ocasiones solo alcanza un 50 % esto puede deberse a como es el intercambio gaseoso entre el suelo y la atmósfera (Carrillo, 2018).

Un buen sustrato debe tener la capacidad de retención de agua fácilmente disponible, buena aireación, baja densidad aparente, porosidad alta, salinidad baja, baja velocidad de descomposición, estabilidad estructural, reproductividad y disponibilidad, bajo costo, fácil manejo (mezclado, desinfección, etc.) (Pastor et al., 1999). Por otro lado, el pH capacidad de intercambio catiónico, relación de C/N, contenido de nutrientes, esto llevará a que los componentes sean necesarios para la formulación de la mezcla, recomendaciones y seguimiento de fertilizaciones (Ristow et al., 2012).

3.9. Clasificación de los sustratos

Recientemente existe una gran cantidad de materiales para la fabricación de diferentes sustratos, lo que primero toman en consideración los productores es la especie vegetal a propagar, tipo de propágulo, época, sistema de propagación, costo, disponibilidad y características propias del sustrato. En cambio, por la parte medioambiental consideran otros criterios como su durabilidad y capacidad para ser reciclado posteriormente (Ortega et al., 2010).

De acuerdo a su naturaleza se clasifican en orgánicos e inorgánicos. Los sustratos orgánicos son de origen natural en donde se encuentra la turba la cual presenta degradación por la actividad biológica, presentando características de porosidad mayor a 85%, una alta capacidad de retención de agua, y un drenaje rápido. Por otra parte, encontramos a los sintéticos que no son biodegradables, y se obtienen de forma química a pesar de eso son considerados como orgánicos entre ellos tenemos espuma de poliuretano, poliestireno expandido, entre otros (Morales & Casanova, 2015).

Los sustratos inorgánicos se obtienen a partir de fuentes diversas de rocas o minerales, modificándose ligeramente mediante tratamientos físicos sencillos. Una característica importante que tienen es que no son biodegradables y dentro de este grupo se encuentran la arena, grava y tierras de origen volcánico (Moreta, 2002).

3.10. Sustratos utilizados para el cultivo de arándano

3.10.1. Fibra de coco

La fibra de coco es obtenida a partir de la extracción de las fibras del mesocarpio del coco, donde las fibras son llevadas a un proceso de picado obteniendo fibras de diferente tamaño estas ayudan a una correcta retención de humedad (Villegas, 2022). De igual manera la fibra de coco puede ser considerada un sustrato perfecto en el arándano debido a su pH ácido y altas concentraciones de Na, K y Cl (Ortiz, et al., 2022). Sus características son muy beneficiosas como su porosidad que alcanza los (64,1-98,3%), aireación (24,2-89,4%) y pH entre 4,9 y 6,1 (Flores, 2021). Sin embargo, la salinidad (0,63 dS m⁻¹) y variabilidad del origen son las principales limitaciones de este sustrato el cual sí presenta la utilización de una elevada cantidad puede llegar a ser tóxico aumentando negativamente la conductividad eléctrica (Sandoval et al., 2013).

3.10.2. Fibra de palma

Este material orgánico a base de pencas de palma trituradas o picadas que pueden ser utilizadas como sustratos ayudan a que no exista humedad presentando las siguientes características de un pH de 4.3 y oxígeno 4.9 mg/L (Córdor, 2004).

El sustrato de fibras de fruta de la palma aceitera cuando se reincorpora a los sistemas agro-productivos es muy rico en C, N, K y micronutrientes, por su aportación de demanda de fertilización del sistema, esto a su vez reduce el carbono que es producido en la industria. La palma aceitera ayuda al crecimiento de las raíces y mejora condiciones para prevenir enfermedades, entre estas la pudrición de cogollo (Garbanzo et al., 2017).

3.10.3. Aserrín de ciprés

Es uno de los que ayudan a tener una acidez adecuada para el cultivo de arándano, de igual manera permite tener mayor humedad y mejorar la porosidad mientras más fino es mejor, destacan la alta capacidad de intercambio catiónico, buen drenaje, sin embargo, este material inmoviliza el nitrógeno en la planta, pero no se ve afectado directamente ya que el arándano no demanda gran cantidad de N (Salvatierra, 2010).

Según Cruzat & Mancilla (2010), mencionan los resultados de un análisis químico y físico de sustrato en aserrín de ciprés que presenta una porosidad = 15.2, densidad aparente g/cc de 0.23, pH = 4, y Materia orgánica % = 84.7.

3.10.4. Aserrín de pino

El aserrín de pino (*Pinus sp*), que proviene de la industria maderera, es un material que tiene potencial como sustrato. En cuanto a sus propiedades físicas presenta una densidad aparente de 0.1 a 0.45 g·cm⁻³, con una porosidad total superior al 80 % ya que es un sustrato ligero, con la capacidad de retención de agua es de baja a media, pero su capacidad de aireación suele ser adecuada (Pineda et al., 2012).

En una formulación de tres sustratos compuestos por; aserrín de pino, turba de musgo y corteza de pino en una proporción de (3:1:1), los valores iniciales del pH son ácidos iguales a 4,9 y al final del proceso de producción todos los sustratos presentaron aumento de pH = 6.7 (Castro et al., 2019).

3.10.5. Hoja de pino

La hoja de pino es un sustrato suelto que permite una excelente aireación, generalmente libre de patógenos, con un buen drenaje, lo que favorece el desarrollo radicular (Wiegand, 1999). Según Karlanian et al., (2008) afirma que los valores de pH y conductividad eléctrica se encontraron valores aceptables para la producción de arándanos con rangos de 4.58 - 5.74 y 0.14 – 0.79 dS m⁻¹.

3.10.6. Cascarilla de arroz

Se caracteriza por ser un sustrato orgánico y a bajo costo, tiene un buen drenaje y una buena ventilación, sin embargo, este material debe ir mezclado con diferentes abonos orgánico para el almacenamiento del agua y nutrientes que la planta necesite y de esa manera asegurar un buen rendimiento del cultivo (Avalos & Cabezas, 2022).

4. Materiales y métodos

4.1. Área de estudio

Esta investigación se realizó en la granja “El Romeral” de la Universidad de Cuenca, ubicado en el km 10 vía Paute-Guachapala en la provincia del Azuay, con una altitud de 2200 m.s.n.m. con un clima subtropical con temperaturas promedio de 18°C (González, 2019).

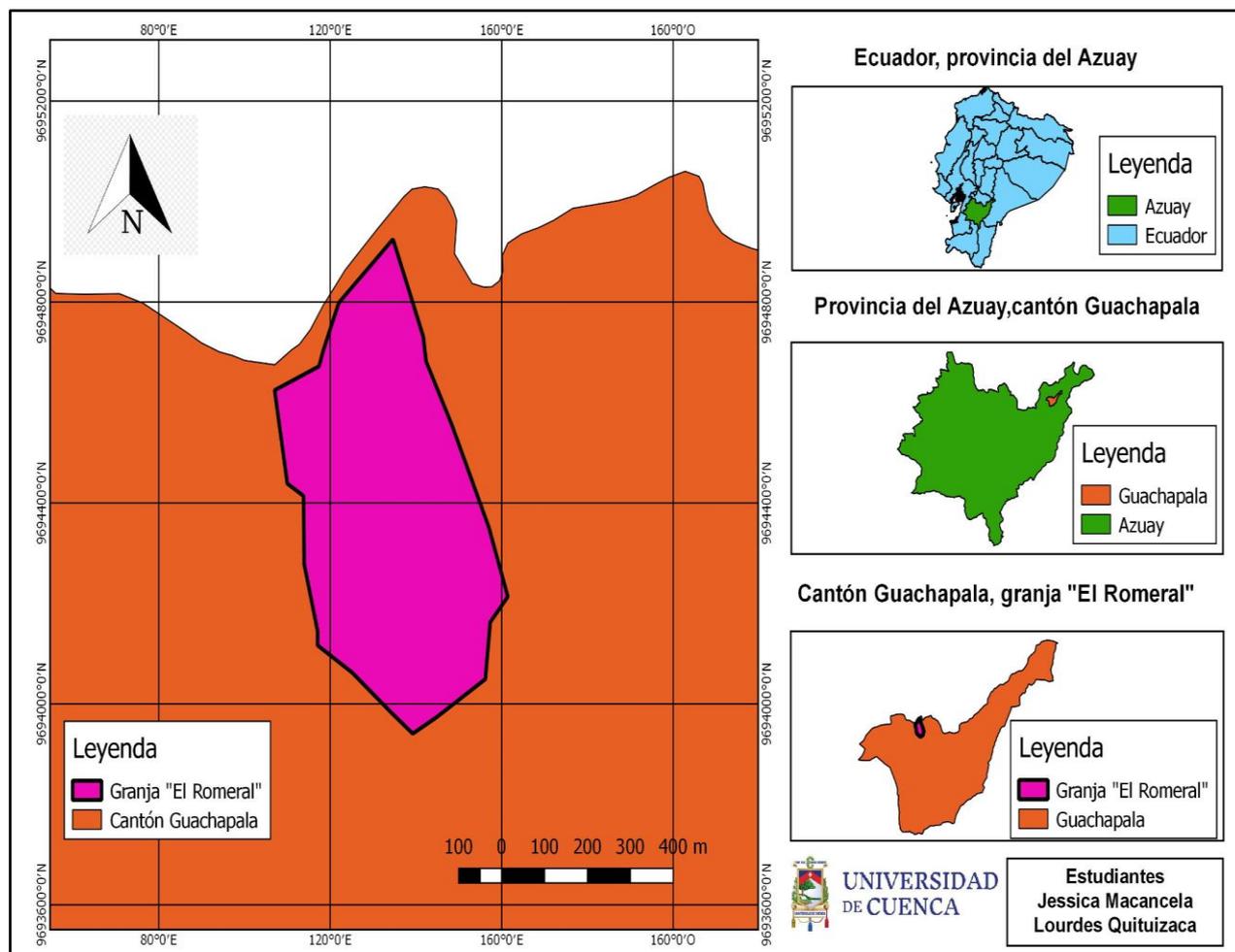


Figura 1. Mapa de ubicación del proyecto en la granja “El Romeral” de la Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad de Cuenca

4.3. Materiales y equipos

Para esta investigación se utilizaron equipos y materiales de campo, laboratorio y oficina detallados a continuación (Tabla 1).

Tabla 1. Materiales y equipos utilizados en la investigación

Equipos y Materiales		
De campo	De laboratorio	De oficina
Invernadero	Balanza	Computador
Macetas	pH metro	Impresora
Plántulas de arándano	Taras	Memoria USB
Sustratos	Estufa	Cámara
Calibrador	Mandil	
Cinta métrica		
Libreta de campo		
Lápiz		
Medidor de Brix o refractómetro		
Plástico		
Fundas		
Etiquetas		

4.4. Métodos

4.4.1. Material vegetal

Las 60 plantas que se utilizaron para esta investigación fueron adquiridas de la empresa Pilvicsa SA. ubicados en la ciudad de Latacunga.

4.4.2. Implementación del proyecto

Se realizaron dos camas dentro del invernadero las cuales fueron cubiertas por un plástico con el objetivo de colocar sobre éste las macetas y así evitar la aparición de malezas que afecte el desarrollo vegetativo del cultivo.

Se adquirieron 60 macetas con capacidad de 4 kg. Estas fueron llenadas con 50 % de cascarilla de arroz (c.a.) y 50 % de los sustratos Fibra de coco, Fibra de palma, Aserrín de ciprés, Aserrín de pino, Hoja de pino (medición de los sustratos en estado seco). Se meteorizó el sustrato durante 5 semanas para proceder a la siembra. Se instaló un sistema de riego por goteo, cada maceta contenía dos goteros.

Para la siembra se utilizaron 30 plantas de la cv. Biloxi y 30 de la cv. Emerald, a una distancia de plantación de 1 m entre macetas a una profundidad de 10 a 15 cm.

Las plantas de arándano fueron fertilizadas cada semana con sulfato de amonio, fosfato monopotásico, nitrato de potasio y cada mes se adiciono Pronto plus. La fertilización foliar se aplicó cada 15 días con Ferti Combi, utilizando un atomizador.

4.5. Metodología

La presente investigación se basó en 3 objetivos que se detalla a continuación:

4.5.1. Metodología para el cumplimiento del primer objetivo

Evaluar la eficiencia de los sustratos para la producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald hasta la primera fructificación.

Para este objetivo se basó en la utilización de los siguientes sustratos, Fibra de coco, Fibra de palma, Aserrín de ciprés, Aserrín de pino, Hoja de pino, los cuales fueron mezclados con cascarilla de arroz, con el fin de conocer qué sustrato presentó los mejores resultados en la producción del cultivo de arándano.

En la toma de datos se escogieron 5 ramas por planta para cada variedad durante los siete meses de investigación, para esto se consideró las siguientes variables:

4.5.1.1. Diámetro de tallo

Se midió con el calibrador, los tallos de cada rama. Los datos fueron expresados en mm.

4.5.1.2. Altura de planta

Para esto se utilizó una cinta métrica, se midió desde la base hasta la parte más alta de la planta.

4.5.1.3. Número de hojas

Se realizó el conteo de las hojas verdaderas por rama.

4.5.1.4. Número de flores

Esto se contó de forma visual, una vez que las flores se encontraban en estado abierto.

Variables del sistema radicular

Para las variables del sistema radicular se realizó el siguiente procedimiento: Se cortó la raíz de cada planta a nivel de la base del tallo, se lavó las raíces eliminando los residuos del

sustrato, evitando romper los pelos absorbentes. Se dejó secar durante unos minutos al aire libre las raíces para eliminar el exceso de agua.

4.5.1.5. Volumen del sistema radicular

Se determinó con el principio de Arquímedes, para esto se utilizó un vaso de precipitados con agua. Los datos fueron expresados en cm³.

4.5.1.6. Longitud del sistema radicular

Con una cinta métrica se midió la raíz más larga del sistema radicular. Los datos fueron expresados en cm.

4.5.1.7. Peso fresco y seco del sistema radicular

Para el peso fresco se utilizó una balanza analítica. Para el peso seco se colocó las muestras en una estufa a 60 grados durante 72 horas, luego se procedió a pesar mediante una balanza analítica. Los datos fueron expresados en gr.

4.5.2. Metodología para el cumplimiento del segundo objetivo

Determinar el pH en cada uno de los sustratos a lo largo del experimento.

Para este objetivo se basó en la información de Hanson, et al. (2003) afirma que se debe prestar especial atención al pH de los sustratos, ya que el cultivo de arándano se adapta a suelos ácidos.

En el pH metro de campo se introdujo la parte del sensor directamente en el sustrato durante 2 minutos para asegurar que la lectura se ha estabilizado y así obtener los valores del pH. En cuanto al pH metro de laboratorio se tomó 20 g de sustrato con 50 ml de agua destilada luego se agitó con una varilla para proceder a medir el pH con el potenciómetro.

4.5.3. Metodología para el cumplimiento del tercer objetivo

Evaluar los costos variables de los sustratos en base a los costos de los materiales utilizados.

Para este objetivo se tomó en cuenta los costos de los materiales utilizados para preparar los sustratos.

4.6. Diseño Experimental

Se utilizó un diseño experimental completamente al azar, 5 tratamientos con 6 repeticiones, para cada una de las variedades. La unidad experimental será cada planta establecida en una maceta con sustrato.

En la Tabla 2, se puede observar los tratamientos que se utilizarán en esta investigación.

Tabla 2. Tratamientos a utilizar para la producción del cultivo de arándanos

Código	Tratamientos
T0 (control)	Fibra de coco + cascarilla de arroz
T1	Fibra de palma + cascarilla de arroz
T2	Aserrín de ciprés + cascarilla de arroz
T3	Aserrín de pino + cascarilla de arroz
T4	Hoja de pino + cascarilla de arroz

4.6.1. Análisis estadístico

Se realizaron dos experimentos independientes tanto para la variedad Biloxi, como para la variedad Emerald, 5 tratamientos con 6 repeticiones, siendo el sustrato de Fibra de coco considerado como tratamiento control ya que es el más utilizado por los productores que se dedican a la siembra del cultivo de arándanos. Para cada variable se realizó la prueba de Shapiro - Wilks y Levene para conocer si existe normalidad y homocedasticidad entre las varianzas. Se realizó el análisis de varianza (ANOVA) para verificar si existe diferencias entre tratamientos y se aplicó la prueba Tukey ($p \leq 0,05$), empleado en el programa estadístico InfoStat.

5. Resultados

Antes del análisis de las variables del primer objetivo, se procedió a verificar si existe o no normalidad y homocedasticidad de los datos. Todas las variables presentaron normalidad de los datos, tanto para el cv. Biloxi (Tabla 3), así como también para el cv. Emerald (Tabla 8).

Tabla 3. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las variables evaluadas en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

Variables	Normalidad ($p > 0,05$)				Homocedasticidad ($p > 0,05$)			
	Días				Días			
	60	120	180	210	60	120	180	210
Diámetro del tallo	0,076	0,1409	—	0,1445	0,3250	0,7801	—	0,0514
Altura del tallo	0,061	0,1622	—	0,0559	0,5810	0,2335	—	0,1040
Número de hojas	0,152	0,0566	—	0,3279	0,4375	0,4459	—	0,4544
Número de flores	—	—	0,0905	0,1203	—	—	0,2204	0,1557
Volumen del sistema radicular	—	—	—	0,0947	—	—	—	0,1170
Longitud del sistema radicular	—	—	—	0,5647	—	—	—	0,3606
Peso fresco del sistema radicular	—	—	—	0,3116	—	—	—	0,1488
Peso seco del sistema radicular	—	—	—	0,2107	—	—	—	0,3199

5.1. Variedad Biloxi

Diámetro del tallo a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

En la presente investigación se pudo evidenciar que, a los 60 y 120 días, no existió diferencia estadísticamente significativa para la variable diámetro del tallo. A los 210 días se presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó dos rangos. El tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. presentó el mayor promedio con 3,59 mm, sin embargo, es similar estadísticamente a los tratamientos Aserrín de ciprés + c.a., Aserrín de pino + c.a., y Fibra de coco + c.a (control). El tratamiento a base de Hoja de pino + c.a. fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos presentando el menor promedio con 2,87 mm (Tabla 4).

Tabla 4. Diámetro del tallo en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos

Tratamientos	Medias	
Fibra de palma + c.a.	3,59	A
Aserrín de ciprés + c.a.	3,55	A
Aserrín de pino + c.a.	3,50	A
Fibra de coco + c.a.	3,44	A
Hoja de pino + c.a.	2,87	B

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Altura de la planta a los 60, 120 y 210 días en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

La variable altura de la planta a los 60, 120 y 210 días presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor con un valor ($p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó cuatro rangos. A los 60 días el tratamiento a base de Aserrín de ciprés + c.a. presentó el mayor promedio con 23,14 cm, sin embargo, es similar a los tratamientos Aserrín de pino + c.a. y Fibra de coco + c.a. (Control). El tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. mostró el menor promedio con 20,63 cm. A los 120 y 210 días el tratamiento a base Hoja de pino + c.a. presentó resultados estadísticamente diferentes a los demás tratamientos presentando los mayores promedios 30,40 y 39,37 cm respectivamente. El tratamiento a base Fibra de palma + c.a. presentó el menor promedio con valores 25,91 y 29,60 cm (Tabla 5).

Tabla 5. Altura de la planta en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos

Tratamientos	60 días		120 días		210 días	
Hoja de pino + c.a.	21,57	B C	30,40	A	39,37	A
Aserrín de pino + c.a.	22,10	A B	29,00	B	35,72	B
Aserrín de ciprés + c.a.	23,14	A	28,06	B C	33,72	C
Fibra de coco + c.a.	22,36	A B	27,53	C	32,77	C
Fibra de palma + c.a.	20,63	C	25,91	D	29,60	D

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Número de hojas a los 60, 120 y 210 días en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

A los 60, 120 y 210 días se presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó cuatro rangos. El tratamiento a base de Aserrín de ciprés + c.a. fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos presentando los mayores promedios con 26,02, 34,57 y 42,33 respectivamente. Los tratamientos a base de Fibra de coco + c.a. (control), Aserrín de pino + c.a. y Hoja de pino + c.a. presentaron los menores promedios con 21,47, 27,33 y 35,57 de la variable número de hojas por planta (Tabla 6).

Tabla 6. Número de hojas en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos

Tratamientos	60 días		120 días		210 días	
Aserrín de ciprés + c.a.	26,02	A	34,57	A	42,33	A
Fibra de palma + c.a.	23,80	B	30,90	B	38,97	B
Aserrín de pino + c.a.	23,15	B C	27,33	D	37,03	C
Hoja de pino + c.a.	22,73	C	29,10	C	35,57	D
Fibra de coco + c.a.	21,47	D	29,60	B C	39,23	B

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Número de flores en el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

La variable número de flores a los 180 y 210 días presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó tres rangos. El tratamiento a base Fibra de palma + c.a. presentando los mayores promedios con 4,25 y 7,30 respectivamente. El tratamiento a base de Aserrín de pino + c.a. presentando los menores promedios con 1,30 y 1,75 (Tabla 7).

Tabla 7. Número de flores en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos

Tratamientos	180 días		210 días	
Fibra de palma + c.a.	4,25	A	7,30	A
Aserrín de ciprés + c.a.	3,00	B	5,65	A
Fibra de coco + c.a.	2,63	B	2,74	B
Hoja de pino + c.a.	1,58	C	1,98	B
Aserrín de pino + c.a.	1,30	C	1,75	B

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

Se presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó tres rangos. El tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos presentando el mayor promedio con $268,91 \text{ cm}^3$. El tratamiento a base de Aserrín de pino + c.a. presentó el menor promedio con $72,65 \text{ cm}^3$ (Figura 2).

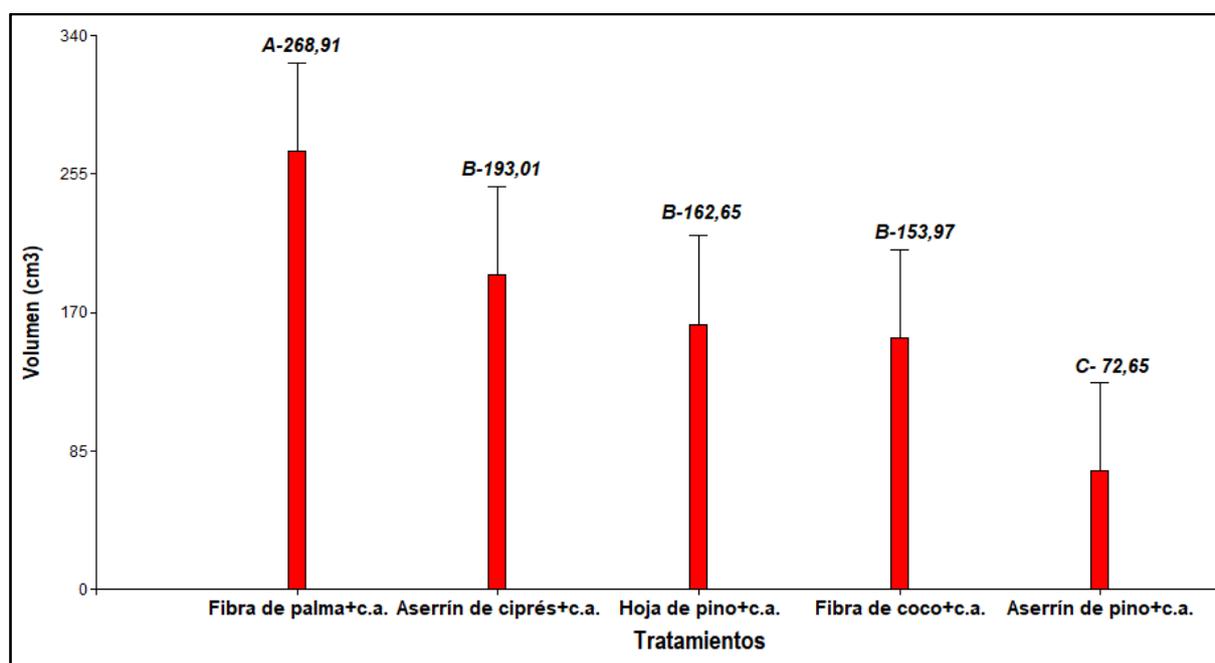


Figura 2. Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0,05$)

Longitud del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

Se presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0004$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó dos rangos. El tratamiento a base de Aserrín de pino + c.a. presentó el mayor promedio con $48,50 \text{ cm}$, sin embargo, es similar a los tratamientos Fibra de palma + c.a., Aserrín de ciprés + c.a. y Hoja de pino + c.a. El tratamiento Fibra de coco + c.a. (control) presentó el menor promedio con $36,00 \text{ cm}$ (Figura 3).

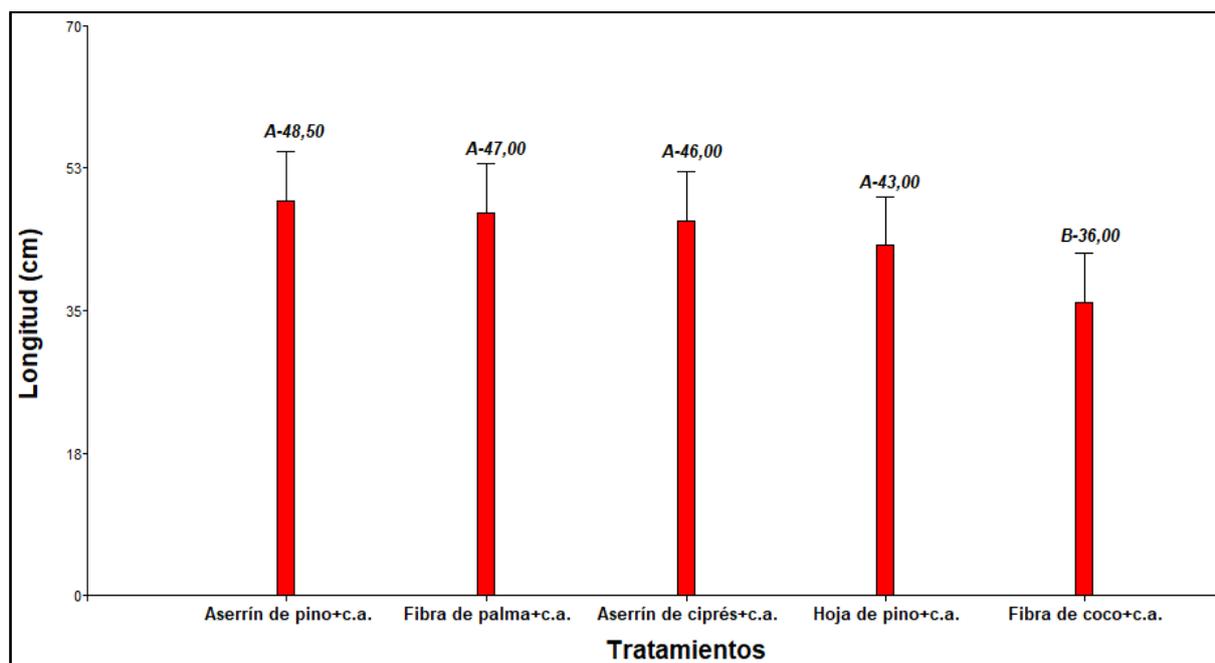


Figura 3. Longitud del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

En el peso seco y peso fresco presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con valores ($p < 0,0001$ - $p < 0,0250$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentaron tres rangos. En el peso fresco del tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos presentando el mayor promedio con 267,60 gr. El tratamiento a base de Aserrín de pino + c.a. presentó el menor promedio con 75,59 gr. En el peso seco el tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. presentó el mayor promedio con 41,85 gr, sin embargo, es similar a los tratamientos Aserrín de ciprés + c.a., Hoja de pino + c.a. y tratamiento Fibra de coco + c.a. (control). El tratamiento a base de Aserrín de pino + c.a. presentó el menor promedio con 22,30 gr (Figura 4).

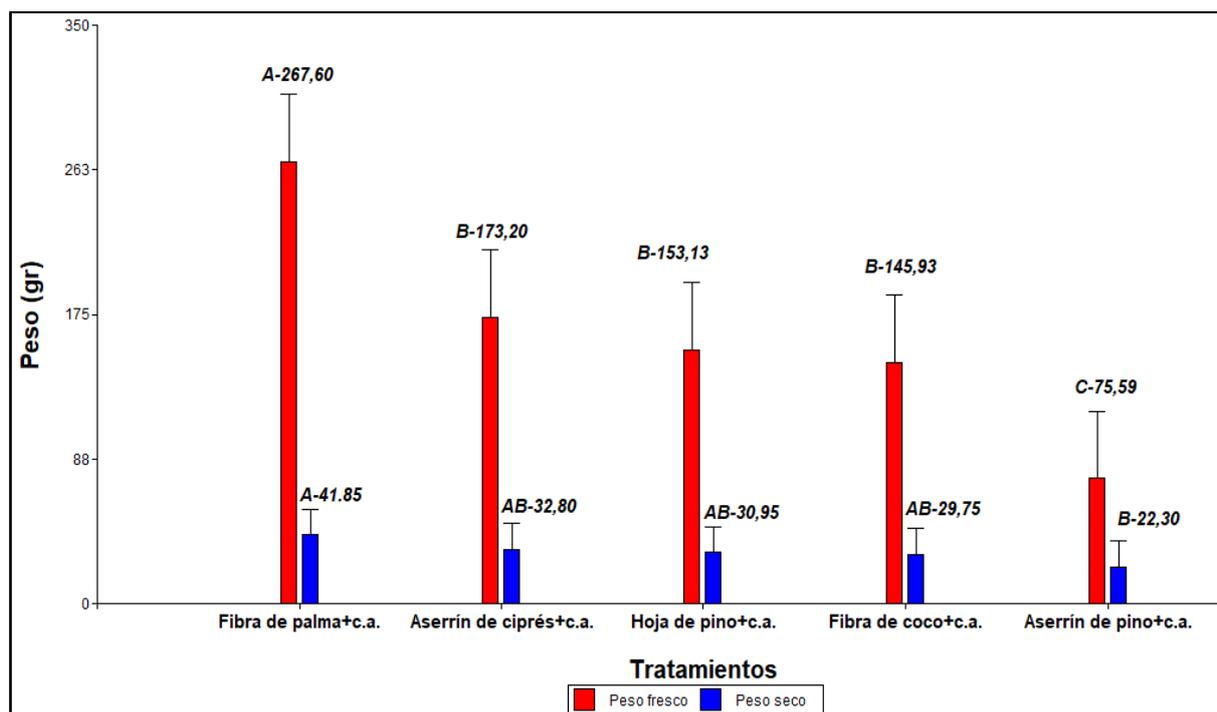


Figura 4. Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

5.2. Variedad Emerald

Tabla 8. Pruebas de normalidad y homocedasticidad para las variables evaluadas en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald

Variables	Normalidad ($p > 0,05$)			Homocedasticidad ($p > 0,05$)		
	Días			Días		
	60	120	210	60	120	210
Diámetro del tallo	0,5357	0,1229	0,4929	0,6807	0,8400	0,3962
Altura de la planta	0,8738	0,1629	0,1847	0,2344	0,8310	0,0762
Número de hojas	0,2441	0,5865	0,0762	0,0514	0,1349	0,1499
Longitud del sistema radicular	—	—	0,1757	—	—	0,3457
Volumen sistema radicular	—	—	0,5130	—	—	0,2577
Peso fresco sistema radicular	—	—	0,0819	—	—	0,2008
Peso seco sistema radicular	—	—	0,1118	—	—	0,3558

Diámetro de tallo a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald

A los 60, 120 y 210 días no existió diferencias estadísticamente significativas para la variable diámetro del tallo.

Altura de la planta a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald

A los 60 días no existió diferencia estadísticamente significativa para la variable altura de la planta. A los 120 y 210 días se presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con valores ($p < 0,0022$ - $p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó dos rangos. A los 120 días el tratamiento a base de Aserrín de pino + c.a. mostró el mayor promedio, con 21,21 cm, sin embargo, es similar estadísticamente a los tratamientos Fibra de coco + c.a. (control), Fibra de palma +c.a. y Hoja de pino +c.a. El tratamiento a base de Aserrín de ciprés + c.a. presentó el menor promedio con 17, 08 cm. A los 210 días el

tratamiento a base Aserrín de pino + c.a. mostró el mayor promedio, con 28,38 cm, sin embargo, es similar estadísticamente a los tratamientos Fibra de coco + c.a. (control), Fibra de palma +c.a. y Aserrín de ciprés + c.a. El tratamiento a base de Hoja de pino +c.a. mostró el menor promedio con 20,02 cm. (Tabla 9).

Tabla 9. Altura de la planta en el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald cultivado en 5 sustratos

Tratamientos	120 días		210 días	
Aserrín de pino + c.a.	21,21	A	28,38	A
Fibra de coco + c.a.	20,51	A	25,04	A
Fibra de palma + c.a.	19,86	A B	27,70	A
Hoja de pino + c.a.	18,31	A B	20,02	B
Aserrín de ciprés + c.a.	17,08	B	25,95	A

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Número de hojas a los 60, 120, 210 días en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Emerald

A los 60 y 120 días no existió diferencias estadísticamente significativas para la variable número de hojas. A los 210 días se presentó diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p \leq 0,05$) presentó cuatro rangos. El tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. fue estadísticamente diferente a los demás tratamientos presentando el mayor promedio con 35,66. El tratamiento a base de Hoja de pino + c.a. presentó el menor promedio con 21,90 (Tabla 10).

Tabla 10. Número de hojas de la planta en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald cultivado en 5 sustratos

Tratamientos	210 días	
Fibra de palma + c.a.	35,66	A
Fibra de coco + c.a.	32,83	B
Aserrín de pino + c.a.	31,13	B
Aserrín de ciprés + c.a.	25,76	C
Hoja de pino + c.a.	21,90	D

Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Número de flores en el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald

En el número de flores para cv. Emerald no se realizó un análisis estadístico debido a que se encontraba en el inicio de la floración.

Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald

En el volumen del sistema radicular, presentó diferencias estadísticas significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0008$). Al realizar la prueba de Tukey ($p < 0.05$) presentó tres rangos. El tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. presentó el mayor promedio con 145,30 cm³, sin embargo, es similar estadísticamente a los tratamientos Aserrín de pino + c.a. y tratamiento Fibra de coco + c.a. (control). El tratamiento a base de Hoja de pino + c.a. mostró el menor promedio con 65,07 cm³ (Figura 5).

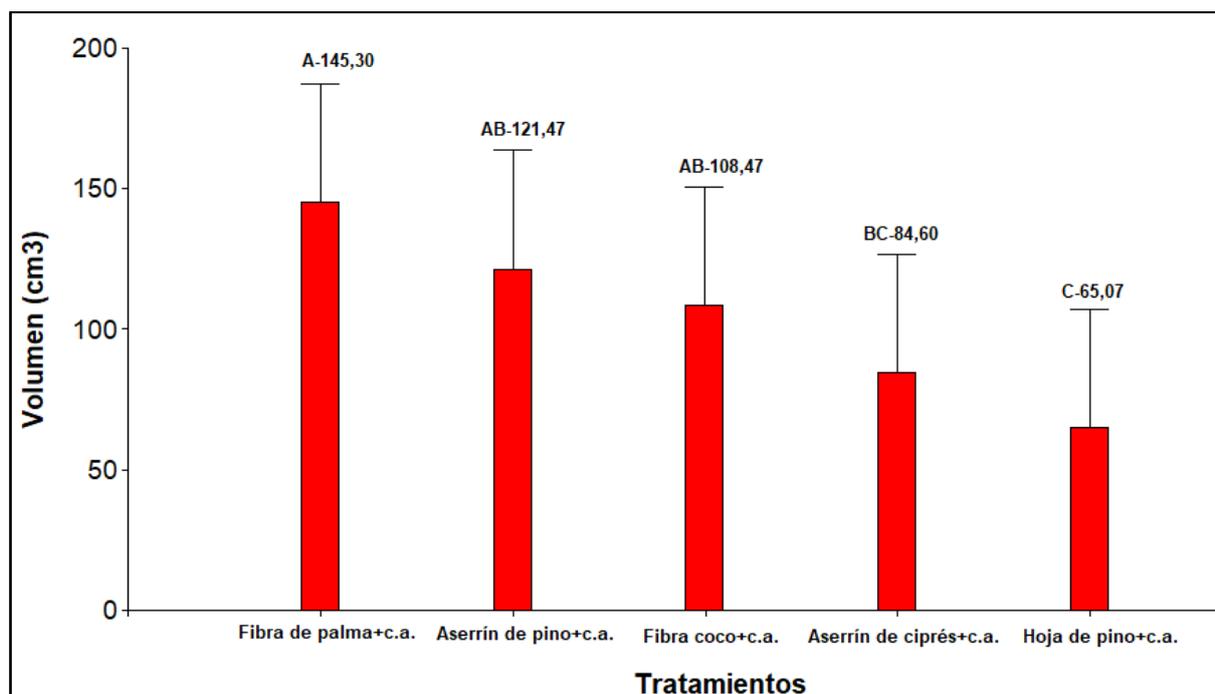


Figura 5. Volumen del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald cultivado en 5 sustratos. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

Longitud del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald

No existió diferencia estadísticamente significativa para la variable longitud del sistema radicular.

Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald.

En el peso seco y peso fresco presentaron diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos con un valor ($p < 0,0001$). Al realizar la prueba de Tukey ($p < 0.05$) presentaron tres rangos. En el peso fresco del tratamiento a base de Fibra de palma + c.a. presentó el mayor promedio con 140,88 gr, sin embargo, es similar estadísticamente al tratamiento Aserrín de pino + c.a. y tratamiento Fibra de coco + c.a. (control). El tratamiento a base de Hoja de pino + c.a. presentó el menor promedio con 63,59 gr. En el peso seco el tratamiento a base de Aserrín de ciprés + c.a. presentó el mayor promedio con 26,05 gr, sin embargo, es

similar estadísticamente al tratamiento Hoja de de pino + c.a. El tratamiento a base de Aserrín de pino + c.a. presentó el menor promedio con 12,65 gr (Figura 6).

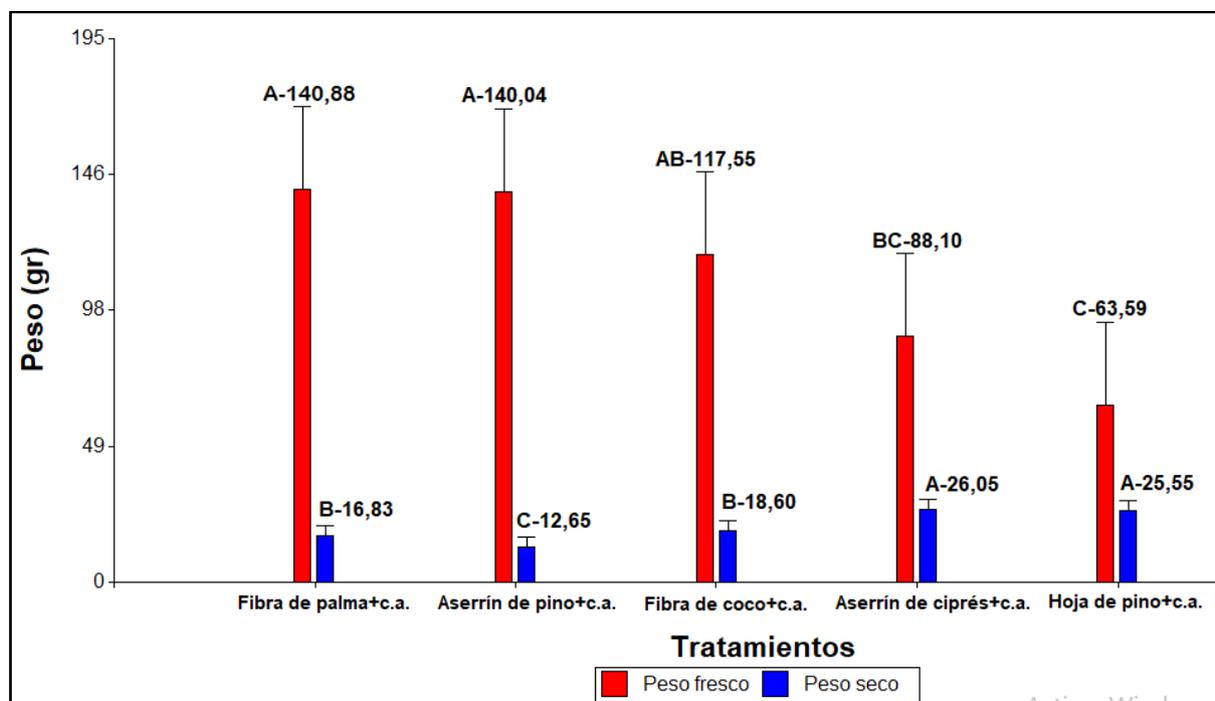


Figura 6. Peso fresco y seco del sistema radicular en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald. Medias seguidas por la misma letra no difieren estadísticamente entre sí de acuerdo a la prueba de Tukey ($p < 0.05$)

5.3. Valores del pH del sustrato en cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi

De acuerdo a los resultados del pH de los diferentes sustratos durante los siete meses, se pudo observar una tendencia a la disminución de este valor, como se observa en la figura 7. En el mes de octubre el pH bajó notoriamente teniendo un rango de 5,57 a 5,88 tanto en el campo y laboratorio. En los meses de noviembre y diciembre se puede observar que el pH se mantiene con un rango de 5,32 a 5,62. Los tratamientos Fibra de coco + c.a. (Control), Aserrín de pino + c.a. y Hoja de pino + c.a. presentaron valores de pH más bajo de 5,20, 5,22 y 5,22 en el mes de enero en el laboratorio es decir a los 210 días de iniciado el experimento. En el campo en el mes de enero los valores del pH mantienen una tendencia similar al mes de diciembre.

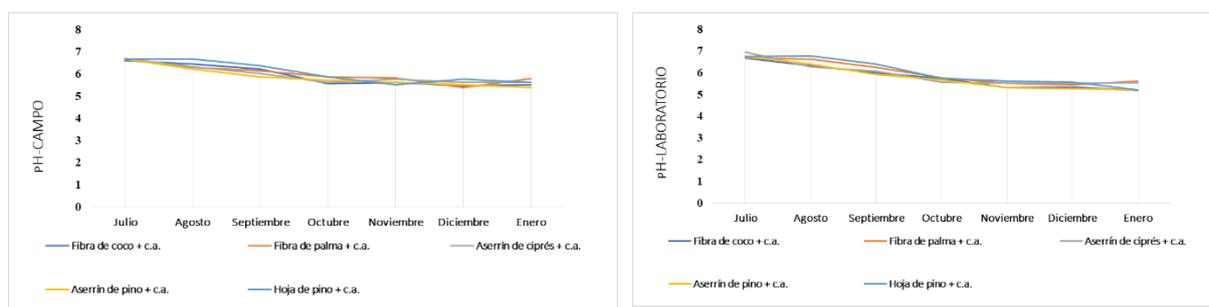


Figura 7. Valores del pH en los diferentes sustratos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Biloxi. a los siete meses

5.4. Valores del pH del sustrato en cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald

De acuerdo a los resultados del pH de los diferentes sustratos durante los siete meses, se pudo observar una tendencia a la disminución de este valor, como se observa en la figura 8. En el mes de octubre el pH bajó notoriamente teniendo un rango de 5 a 5,75 tanto en el campo y laboratorio. En el mes de noviembre se puede observar que el pH presentó un incremento con un rango de 5,55 a 6,5. Los tratamientos Fibra de coco + c.a. (Control), Fibra de palma + c.a. y Aserrín de pino + c.a. presentaron valores de pH más bajo en el mes de enero en el campo y laboratorio, mientras que los tratamientos Hoja de pino + c.a. y Aserrín de ciprés + c.a. incrementó su pH a los 210 días de iniciado el experimento.

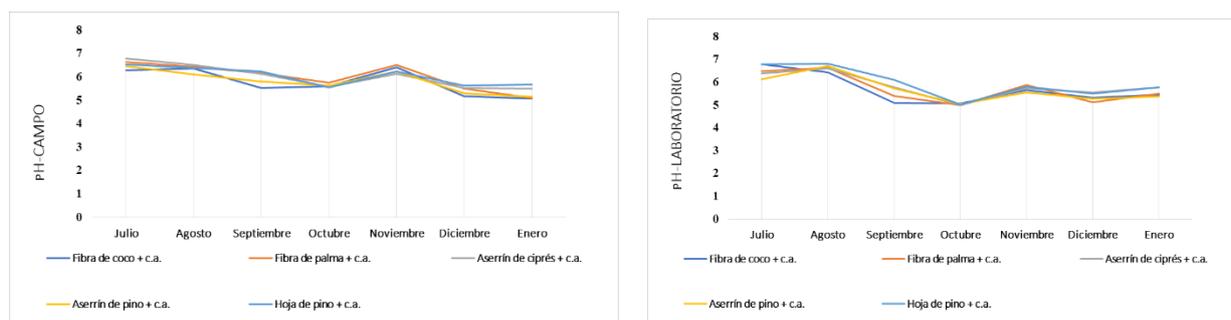


Figura 8. Valores del pH en los diferentes sustratos en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cv. Emerald a los siete meses

5.5. Costos de los sustratos para producción de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald

Los costos de los sustratos para producción de arándano, se determinaron con el costo unitario de cada uno de los materiales que se utilizó para la implementación de esta investigación. Estos valores fueron obtenidos para las dos variedades de arándano cvs. Biloxi y Emerald para el establecimiento de 1 ha de cultivo (10000 plantas).

Tabla 11. Costos de los sustratos para producción de 1 ha de arándano bajo invernadero Guachapala-Azuay

Tratamientos		Cantidad sustrato (kg)	Cantidad c.a (kg)	Precio sustrato (\$)	Precio c.a. (\$)	Precio sustrato + c.a *ha (\$)	Costo mano de obra *planta (\$)	Costo mano de obra ha (\$)	Precio total * ha (\$)
Fibra coco+c.a.	de	20000	20000	0,20	0,08	5.600	0,20	2.000	7.600
Fibra palma+c.a.	de	20000	20000	0,20	0,08	5.600	0,16	1.600	7.200
Aserrín ciprés+c.a.	de	20000	20000	0,06	0,08	2.800	0,16	1.600	4.400
Aserrín pino+c.a.	de	20000	20000	0,06	0,08	2.800	0,16	1.600	4.400
Hoja pino+c.a.	de	20000	20000	0,06	0,08	2.800	0,16	1.600	4.400

6. Discusión

Es importante recalcar que la utilización de sustratos para la producción del cultivo de arándano es un campo muy poco explorado, esto limita la discusión de los resultados obtenidos en este estudio.

El sustrato a base de Hoja de pino + c.a. presentó los mejores resultados en el cv. Biloxi a los 120 y 210 días en la variable altura de planta, esto concuerda parcialmente con lo reportado por Ristow et al. (2011) quienes indican que la Hoja de pino es un sustrato adecuado para la producción de arándanos por su pH ácido. El sustrato Fibra de coco + c.a. no presentó los

mejores resultados en la variable altura de planta en el cv. Biloxi a los 120 y 210 días en esta investigación, esto no se asemeja con lo obtenido por Gayosso et al. (2016) quienes utilizaron las mismas proporciones de Fibra de coco + cascarilla de arroz, pero para producir plántulas de *Anthurium x Cultorum* cv. Arizona, estos autores indican además, que este sustrato favoreció a la altura de la planta ya que presentó una mejor retención de humedad.

Álvarez (2019), obtuvo los mejores promedios en el diámetro del tallo en el cv. Biloxi, con el sustrato compuesto por 42 % Hoja de pino + 42 % Turba de bosque + 16 % Tierra agrícola, estos resultados no coinciden con los valores registrados en este estudio, ya que al utilizar el sustrato a base de Hoja de pino + c.a. presentó el menor promedio con 2,87 cm, siendo importante mencionar que utilizaron una composición diferente, pero una proporción similar de Hoja de pino comparado con esta investigación.

Flores (2018), afirma que al utilizar el sustrato puro de Fibra de palma en el cultivo de azafrán (*Crocus sativus* L) obtuvo un 100 % de floración, esto se aproxima a lo registrado en esta investigación, ya que al utilizar un 50% de sustrato a base de Fibra de palma se observó un mayor promedio de flores a los 180 y 210 días en el cv. Biloxi con 4,25 y 7,30 flores por planta respectivamente.

El sustrato a base de Fibra de palma + c.a. presentó los mejores resultados para la variable longitud de la raíz en el cv. Biloxi con un promedio de 47 cm. Este resultado se aproxima con lo encontrado por Flores en 2021, quien señala que el sustrato a base de Fibra de palma 50% + 50% de musgo fue el mejor sustrato para la variable longitud del sistema radicular en *Vaccinium corymbosum* cv. Biloxi. Este autor afirma que al utilizar la proporción 50 % de Fibra de palma permitió una excelente capacidad de drenaje y facilitó la penetración de las raíces de este cultivo.

En este estudio, el sustrato a base de Fibra de coco + c.a. presentó el mayor promedio en la variable número de hojas en el cv. Emerald con 35,66 hojas a los 210 días. Esto concuerda parcialmente con los resultados obtenidos por Villegas en 2021, quien no utilizó la misma composición de los sustratos, sin embargo, tuvo resultados favorables al utilizar el sustrato a base de Fibra de palma + perlita en el cultivo de arándano a los 137 días después de la siembra con un promedio de 21,9 hojas.

Según Zhou et al. (2022) mencionan que las propiedades físicas del sustrato afectan la morfología del sistema radicular. En su investigación realizada durante un periodo de seis meses en plantas de *Camellia oleifera*, sembradas en un sustrato a base de cáscara de *Camellia oleifera* + Fibra de palma + estiércol de gallina, fue el mejor tratamiento para la variable volumen de raíces, lo que concuerda parcialmente con los resultados obtenidos en

este estudio, en donde, el sustrato Fibra de palma + c.a. presentó el mayor volumen con 145,30 cm³ a los siete meses en el cv. Emerald.

El tratamiento a base de Hoja de pino presentó un valor de pH 5,22 en el cv. Biloxi siendo aceptable para el cultivo de arándano. Estos resultados se asemejan a los obtenidos por Karlanian et al. en 2008, quienes afirman que al usar el sustrato Hoja de pino consiguieron un pH de 5,15, comparable con lo obtenido en este experimento. En el cv. Emerald el sustrato a base de Hoja de pino presentó un pH 5,78 a los 210 días, obteniendo resultados similares a los conseguidos por Otuc en 2018, quien al usar sustrato a base de Hoja de pino registró un pH de 5,9 cultivando *Dieffembachia* spp.

Los sustratos a base de Fibra de coco + c.a., Fibra de palma + c.a., Aserrín de pino + c.a. y Hoja de pino +c.a. presentaron un pH ácido a los 210 días con 5,07, 5,08, 5,13 y 5,47 respectivamente en el cv. Emerald, que se consideran óptimos para el cultivo de arándano coincidiendo con lo reportado por Ortiz et al. (2023), quienes mencionan que el pH óptimo para el crecimiento del cultivo de arándano es de 4,0 a 5,5, valores que obtuvieron al utilizar el sustrato compuesto de Fibra de coco.

7. Conclusiones

En la cv. Biloxi en las variables altura de la planta y número de hojas presentó los mejores resultados al utilizar los sustratos a base de Hoja de pino + c.a. y Aserrín de pino + c.a. respectivamente, en las otras variables de estudio presentó el mejor resultado el sustrato a base de Fibra de palma + c.a.

El sustrato a base de Fibra de palma + c.a. a los siete meses de investigación presentó los mejores resultados en las variables altura de la planta, número de hojas y sistema radicular en el cultivo de arándano en la cv. Emerald.

El valor del pH se mantuvo en un rango ácido en los sustratos a base de Fibra de coco + c.a. (control), Fibra de palma + c.a., Aserrín de pino + c.a. y Hoja de pino + c.a. en el cultivo de arándano cvs. Biloxi y Emerald. en los 7 meses de investigación.

En cuanto a la evaluación de los costos de los sustratos, se considera que son accesibles para los productores del cultivo de arándano, sin embargo, esto va a depender de la cantidad de plantas que se piense plantar.

8. Recomendaciones

Evaluar nuevos materiales y sus mezclas para la producción de arándanos.

Evaluar el tiempo de duración de los diferentes sustratos estudiados en esta investigación.

Estudiar la eficiencia de los sustratos en la etapa de fructificación en las plantas de arándanos.

Referencias

- Acosta, C., Gallardo, C., Kämpf, A., & Bezerra, F. (2008). Sustratos regionales de Latinoamérica. *Investigación agropecuaria*, 5 (2), 93-106.
- Álvarez, Y. (2019). *Efecto de los pisos altitudinales y el tipo de sustrato sobre el comportamiento agronómico de variedades de arándanos (Vaccinium corymbosum L.)* (Título de Ingeniero agrónomo). Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Chachapoyas.
- Avalos, E., & Cabezas, G. (2022). *Adaptación del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L. var. Biloxi) en el cantón La Maná centro experimental la playita* (Bachelor's thesis, Ecuador: La Maná: Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC)).
- Baldomero, N., Yescas Alave., & Morales, V. (2017). Manejo agronómico del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en la Sierra Norte de Oaxaca. *Universidad & Ciencia*, 6, 138-155
- Bustillo, A. (2018). *El cultivo del arándano (Vaccinium corymbosum) y su proyección en Colombia*.
- Cabezas, M., & Peña, F. (2012). Estimación del área foliar del arándano (*Vaccinium corymbosum*) por medio de un método no destructivo. *Actualidad & Divulgación Científica*, 15(12), 373-379
- Carrillo, R., Guerrero, J., Rodríguez, M., & Meriño, C. (2015). Colonization of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) plantlets by ericoid mycorrhizae under nursery conditions. *Ciencia e Investigación Agraria*, 42(3), 365-374.
- Carrillo, E. (2018). *Producción de arándano hidropónico en sustrato orgánico e inorgánico* (Maestría en agricultura protegida). Universidad Autónoma de Nayarit. Xalisco - México.
- Castro, S., Aldrete, A., López, J., & Ordaz, V. (2019). Caracterización física y química de sustratos con base en corteza y aserrín de pino. *INECOL*, 25(2)
- Cayo, N. (2021). *Propagación in vitro del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en el cantón Cevallos provincia Tungurahua* (Título de Ingeniero/a Agrónomo/a). Universidad Técnica de Cotopaxi. Tungurahua – Ecuador.
- Cóndor, G. (2004). *Producción de celulosa por fermentación sumergida utilizando Trichoderma reesei y fibra de palma aceitera (Elaeis guineensis)* (Título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional Agraria de la Selva - Perú.

- Cruzat, R., & Mancilla, B. (2010). *Resultados y lecciones en sustratos de arándanos en condiciones de aridez*. Ograma. https://www.opia.cl/601/articles-75599_archivo_01.pdf
- Estupiñan, E., Sánchez, W. (2019). *Plan de empresas para la creación de "Fibras de coco" empresa dedicada a la producción y comercialización de fibras y sustrato a partir de la estopa de coco* (Título de Ingeniero Industrial). Universidad Autónoma de Occidente Santiago de Cali.
- Flores, M. (2018). *Comportamiento agronómico de bulbos de azafrán (crocus sativus L.) en diferentes sustratos* (Bachelor's thesis).
- Galarza, J. (2019). *Estudio de factibilidad para la creación de la empresa "arandeanblue", productora y comercializadora de arándano, ubicada en el sector de Chaquibamba, provincia de Pichincha*. (Título de magíster en: agricultura sostenible). ESPE.
- García, J., Gracia, G., & Lema, M. (2018). *El cultivo de arándano en el norte de España*. España: SERIDA.
- Garbanzo, G., Molina, E., Serrano, E., & Ramírez, F. (2017). Efecto de mezclas de fibra semi compostada con suelo en el crecimiento y la tolerancia de enfermedades en vivero de palma aceitera. *Agronomía Costarricense*, 41(2), 47-66
- Gayosso, S., Borges, L., Villanueva, E., Estrada, M. A., & Garruña, R. (2016). Sustratos para producción de flores. *Agrociencia*, 50(5), 617-631
- Gómez, A., & Esquivel, A. (2013). Establecimiento in vitro de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*). *Tecnología en Marcha*. 26 (4), 64-71
- González, F. (2019). *Evaluación de la sostenibilidad e impacto en la nutrición sostenible de la granja agrícola 'El Romeral' de la Universidad de Cuenca* (Tesis de licenciatura). Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/33364>
- Hanson, E. & Hancock., J. (2003). Manejo de la nutrición de los arándanos altos. En: viaje de arándanos - producción en Argentina, Buenos Aires. Anales.
- Herrera, J. (2011). *Evaluación de los sustratos: fibra de coco, compost: arena y compost: arena: suelo: casulla de arroz para producción de crisantemo (Dendrathermax grandiflorum kitamura) en macrotúnel*. (Título de Ingeniero Agrónomo en el Grado Académico de Licenciatura). Zamorano, Honduras.

- Karlanian, M., Barbaro¹, L., & Morisigue¹, D. (2008). Evaluación de las acículas de pino utilizadas en mezclas de crecimiento para el cultivo de plantas ornamentales en maceta. *Embrapa Agroindustria Tropical*, 342
- Lara, G., Matteo, A., Marti, P., & Massimo, I. (2021). Enfoque comparativo de múltiples parámetros para diseccionar subcomponentes de textura de cultivares de arándanos de arbusto alto en la cosecha y pos cosecha. *EISEVIER*, 83
- Lima, A. (2019). *Crecimiento y desarrollo vegetativo de arándano (Vaccinium corymbosum L. Var. Biloxi), en tres pisos altitudinales de la provincia de Loja* (Título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Nacional de Loja. Ecuador.
- Milivojević, J., Radivojevic, D., Maksimovic, V., & Dragisic-Maksimovic, J. (2020). Variation in health promoting compounds of blueberry fruit associated with different nutrient management practices in a soilless growing system. *Journal of Agricultural Sciences (Belgrade)*, 65(2), 175-185
- Morales, C. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano*. Santiago, Chile. INIA.
- Morales, E., & Casanova, F. (2015). Mezclas de sustratos orgánicos e inorgánicos, tamaño de partícula y proporción. *Agronomía Mesoamericana*, 26(2), 365-372
- Moreta, D. (2002). *Evaluación de sustratos inorgánicos para la exportación de inoculante de micorriza vesículo-arbuscular* (Título de Ingeniero Agrónomo). Universidad Zamorano. Tegucigalpa, Honduras.
- Muñoz, P., Serri, H., López, D., Faundez, M., & Palma, P. (2017). Efecto de diferentes intensidades de poda sobre el rendimiento y calidad de fruta en arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) cv. Brigitta. *Chilean journal of agricultural & animal sciences*, 33(3), 285-303
- Muñoz, Z. (2007). *Comparación del sustrato de fibra de coco con los sustratos de hoja de pino compostada, perlita y vermiculita en la producción de plantas de Eucalyptus globulus (Labill)* (Título de Ingeniero Forestal). Universidad Austral de Chile.
- Ochmian, I., Malinowski, R., Kubus, M., Malinowska, K., Sotek, Z., & Racek, M. (2019). The feasibility of growing highbush blueberry (*V. corymbosum* L.) on loamy calcic soil with the use of organic substrates. *Scientia Horticulturae*, 257, 108690.

- Ortega, Luis., Sánchez, J., Ocampo, J., Sandoval, E., Salcido, Blanca., & Manzo, F. (2010). Efecto de diferentes sustratos en crecimiento y rendimiento de tomate (*Lycopersicon esculentum Mill*) bajo condiciones de invernadero. *Ra Ximhai*, 6 (3), 339-346
- Ortiz, N., García, P., Olmos, R., Barzana, G., & Carvajal, M. (2022). La composición del sustrato afecta el crecimiento y los parámetros fisiológicos. *Ciencias Agrícolas*, 1
- Ortiz, N., García, P., Olmos, R., & Carvajal, M. (2023). Substrate composition affects growth and physiological parameters of blueberry. *Scientia Horticulturae*, 308
- Otuc, E. (2018). *EVALUACIÓN DE TRES SUSTRATOS ARTESANALES Y UNO COMERCIAL PARA PROPAGACIÓN DE HOJA DE LA SUERTE (Dieffembachia spp.)* Mediante enraizamiento de esquejes. (Técnico en producción agrícola). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Von, T., & Obschatko, C. (2003). Componente a: fortalezas y debilidades del sector agroalimentario. (Nro. 8). IICA-Argentina
- Paita, M. (2017). *Situación actual del cultivo del arándano (Vaccinium corymbosum L.) en Huarmey (Ti)*. Universidad Nacional Agraria la Molina, Perú.
- Pastor, J. (1999). Utilización de sustratos en viveros Terra Latinoamericana. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, A.C. Chapingo, México, 17, 231-235.
- Pineda, J., Sánchez, F., Ramírez, A., Castillo, A., Valdés, L., & Moreno, E. (2012). Aserrín de pino como sustrato hidropónico. I: Variación en características físicas durante cinco ciclos de cultivo. *Chapingo Ser.Hortic*, 18(1), 2-3
- Ristow, N., Correa, L., Carpenedo, S., & Schuch, M. (2011). Different substrates in the production of blueberry seedlings. *Ciencia rural*, 41, 7, 1154-1159
- Ristow, N., Correa, L., & Carpenedo, S. (2012). Substrates for rooting microcutting blueberry cultivar georgiagem. [Substratos para o enraizamento de microestacas de mirtilleiro cultivar georgiagem]. *Brasileira De Fruticultura*, 34(1), 262-268
- Rubio, J., García, G., & Ciordia, M. (2010). Situación actual del cultivo del arándano en el mundo. *Tecnología Agroalimentaria*

- Salvatierra, A. (2010). Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces para potenciar la productividad de variedades híbridas de arándanos en condiciones de aridez. *INIA INTIHUASI*, 3-4
- Sánchez, D. (2019). *Efecto de sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de arándano (Ericaceae vaccinium) variedad Biloxi a nivel de vivero en Guayaquil*. (Título de Ingeniero Agrónomo). Universidad de Guayaquil.
- Sandoval, M., Zapata, M., Celis, J., Quezada, C., Capulín, J., & Solís, A. (2013). Efecto de la aplicación de fibra de coco (*Cocos nucifera* L.) en el almacenamiento y eficiencia del uso del agua en un Alfisol, sembrado con ballica (*Lolium multiflorum* L.) y en la toxicidad en lechuga (*Lactuca sativa* L.). *Agro Sur*, 41(3), 1-11
- Suarez, J. (2022). *Efecto sensorial y bromatológico de una bebida a base de mora (Rubus glaucus), arándano (Vaccinium myrtillus) y sábila (Aloe vera)* (Doctoral dissertation, Universidad Agraria del Ecuador).
- Undurraga, P., & Vargas, S. (2013). Manual del arándano. Boletín INIA N° 263. 120 p. Instituto de Investigaciones Agropecuarias INIA, Centro Regional de Investigación Quilamapu, Chillán, Chile.
- Uribe, H. (2013). *Riego en arándano*. Chillán: Boletín INIA - Instituto de Investigaciones Agropecuarias.
- Utus, A. (2021). *Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero para el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa - El Tambo, 2021*. (Título de Ingeniero Electrónico). Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica.
- Villa, F. (2013). *Proyecto de factibilidad para producción y exportación de jugo natural de arándano al mercado árabe* (Tesis pregrado). Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa. Perú.
- Villegas. (2021). Evaluación de tres sustratos para el desarrollo del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.), variedad biloxi en la parroquia Montalvo (Proyecto de investigación). Universidad Técnica de Ambato.

- Viencz, T., Santana, K., Ayub, A., & Botelho, V. (2021). Desarrollo, fotosíntesis y rendimiento del crecimiento del cultivar de arándanos 'Clímax' con diferentes sustratos y fertilización nitrogenada bajo cultivo protegido. *Ciencia Rural*, 51(6), e20190367
- Wiegand, H. (1999). Efecto de utilización de sustrato de acícula de pino, corteza de pino, paja con guano de caballo y guano de pavo sobre la productividad del palto (*persea americana* mill) cv. hass. Quillota – Chile.
- Zárate, N., Pérez, J., Morales, V. (2019). Evaluación de sustratos eco compatibles en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) en Asunción Nochixtlán, Oaxaca evaluation of ecocompatible substrates in the cultivation of blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) in Asunción Nochixtlán, Oaxaca. *Universidad & Ciencia*, 8, 135-146.
- Zhou, F., Wang, N., Zhang, J., Yao, X., Zhang, T., Zhang, X., Zhan, L., & Li, J. (2022). Formulation of substrates with agricultural and forestry wastes for *Camellia oleifera* Abel seedling cultivation. *PloS one*, 17(7)

Anexos

Anexo A. Armado de macetas de polietileno para el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald



Anexo B. Preparación de camas dentro del invernadero



Anexo C. Peso y mezcla de los sustratos para cada tratamiento



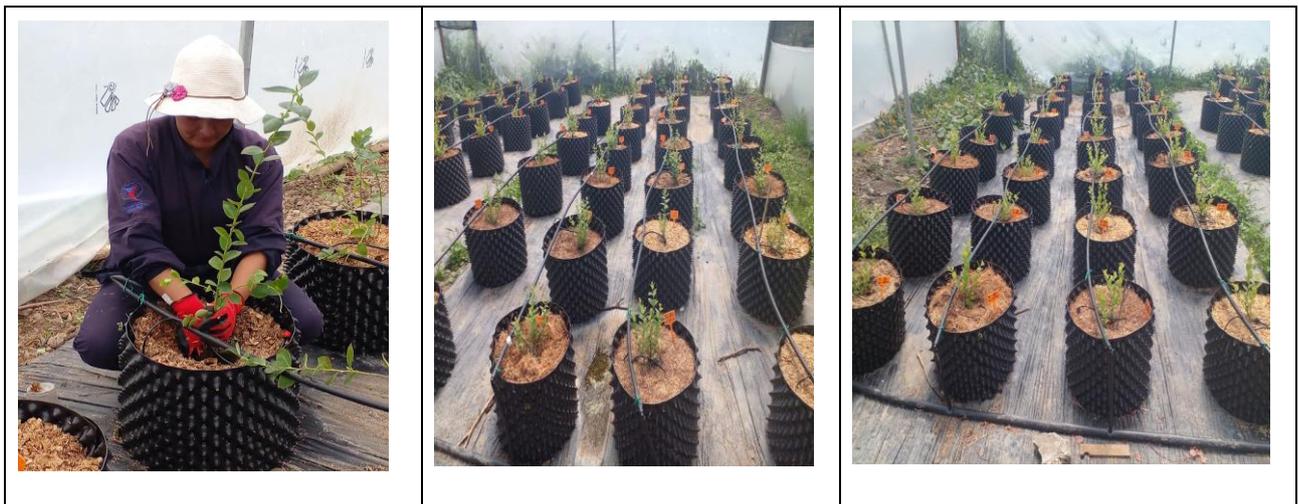
Anexo D. Ubicación de las macetas en un diseño completamente al azar



Anexo E. Instalación del sistema de riego por goteo



Anexo F. Plantación del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald



Anexo G. Fertilización del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald



Anexo H. Fertilización foliar en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald



Anexo I. Eliminación de malezas en el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L) cvs. Biloxi y Emerald



Anexo J. Evaluación de muestras del pH del arándano en el laboratorio



Anexo K. Floración en cv. Biloxi



Anexo L. Floración en la cv. Emerald



Anexo M. Medición del volumen del sistema radicular cvs. Biloxi y Emerald



Anexo N. Medición de la longitud del sistema radicular cvs. Biloxi y Emerald



Anexo O. Peso fresco y seco del sistema radicular cvs. Biloxi y Emerald

