



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR

ESCUELA DE CIENCIAS AGRÍCOLAS AMBIENTALES Y VETERINARIA

**TRABAJO DE TITULACION PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TITULO DE
INGENIERO AGROPECUARIO**

**“EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA
PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (*VACCINIUM CORYMBOSUM L.*)
VARIEDAD BILOXY”**

CRISTIAN PAÚL GUAGALANGO AMAÑA

TUTOR: JOSE VALDEMAR ANDRADE CADENA

IBARRA - ECUADOR

ENERO, 2025

Ibarra, 30 de Enero de 2025

CERTIFICACIÓN TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo d integración curricular titulado: "EVALUACIÓN DEL EFECTO DE TRES SOLUCIONES NUTRITIVAS EN LA PRODUCCIÓN DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (VACCINIUM CORYMBOSUM L.) VARIEDAD BILOXY", presentado por el estudiante CRISTIAN PAÚL GUAGALANGO AMAÑA con cédula de ciudadanía N° 172665795-8, para obtener el Título de INGENIERO AGROPECUARIO.

Certifico que el trabajo cumple con todos los parámetros establecidos, mediante el cual el estudiante demuestra el desarrollo de competencias en el campo de conocimiento de su profesión con un nivel de argumentación coherente, para ser sometido a la evaluación por parte de los lectores.

Adicionalmente, se adjunta el certificado de porcentaje de originalidad de TURNITIN.

Tesis_Cristian_Guagalango			
ORIGINALITY REPORT			
7%	7%	2%	2%
SIMILARITY INDEX	INTERNET SOURCES	PUBLICATIONS	STUDENT PAPERS
PRIMARY SOURCES			
1	dspace.utb.edu.ec Internet Source		<1%
2	Submitted to unasam Student Paper		<1%
3	www.thripscorpoica.com Internet Source		<1%
4	FCA CONSULTORES AMBIENTALES S.A.C.. "PAMA del Fundo Blueberries Perú- IGA0013774", R.D.G. N° 349-2018-MINAGRI- DVIAR-DGAAA, 2021 Publication		<1%
5	Submitted to Universidad Autónoma de Nuevo León Student Paper		<1%
6	hdl.handle.net Internet Source		<1%
7	Carlos Enrique Frías-Ortega, Gelacio Alejo Santiago, Rubén Bugarín-Montoya, Circe Aidín Aburto-González et al. "Concentración		<1%

(f)



Ph.D. José Valdemar Andrade Cadena
TUTOR DE TRABAJO
C.C.: 1001927167

PÁGINA DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal examinador, aprueba el presente trabajo en nombre de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ibarra (PUCESI):



(f).....
Ph.D. José Valdemar Andrade Cadena
C.C.: 1001927167



(f).....
Ph.D. Diego Manuel León Tapia
C.C.: 1711668895

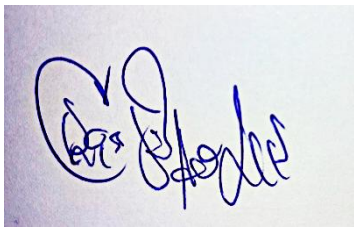


(f).....
Ph.D. Jenny Marlene Cayambe Terán
C.C.: 1721122370

ACTA DE CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Cristian Paúl Guagalango Amaña, declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 165 del Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, que manifiesta textualmente: “Se reconoce facultad de los autores y demás titulares de derecho de disponer de sus derechos o autorizar las utilidades de sus obras o prestaciones a título gratuito u oneroso, según las condiciones que determinen. Esta facultad podrá ejercerse mediante licencias libres, abiertas y otros modelos alternativos de licenciamiento o la renuncia”.

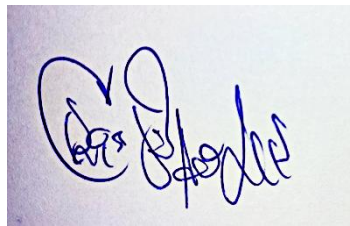
Ibarra, 30 de Enero del 2025



f):
Cristian Paúl Guagalango Amaña
C.C.: 1726657958

AUTORÍA

Yo, Cristian Paúl Guagalango Amaña autor, portador de la cédula de ciudadanía N°1726657958, declaro que el presente trabajo de investigación es de total responsabilidad del autor, y eximo expresamente a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Ibarra de posibles reclamos o acciones legales.



f):
Cristian Paúl Guagalango Amaña
C.C.: 1726657958

DEDICATORIA Y AGRADECIMIENTOS

El presente está dedicado a mi familia, mi roca y mi refugio, quienes con su apoyo incondicional no han dejado que opte por abandonar ninguno de mis proyectos a lo largo de este camino llamado vida, mi padre que quien ha sido pilar fundamental en este proceso en donde con su motivación, fue esencial para terminar este paso importante, mi madre que con su cariño y sus valores aprendidos en casa me ha guiado a ser una persona de bien, mis hermanos los cuales siguen aún con su preparación y reforzando sus conocimientos los cuales con seguridad los apreciaré en futuro con un gran orgullo, a mi querida compañera de vida, que sin sus consejos, su ejemplo a seguir, quien me alienta cada día y me brinda su constante aliento, a mi preciosa hija quién es la inspiración, por lo cual deseo seguir sumando logros y enseñarle que todo en esta vida es la constancia y aún más la persistencia para lograr cumplir cada sueño que se tiene en la vida, Emy quien me recuerda el propósito que existe detrás de cada esfuerzo, sin más agradezco infinitamente ya que sin ellos no sería posible conseguir este paso en mi vida tan importante.

No puedo dejar de expresar mi profundo agradecimiento a cada uno de los que conforman esta prestigiosa universidad por haber compartido sus conocimientos en este tiempo. Ha sido un viaje emocionante y desafiante, pero gracias a su dedicación, esfuerzo y colaboración, hemos alcanzado el éxito.

También quiero agradecer a mi familia por su paciencia y apoyo durante este período. Comprendo que su respaldo ha sido fundamental en este proceso.

Este trabajo no solo representa un logro profesional, sino también un testimonio de lo que se puede lograr cuando se trabaja hacia un objetivo. Estoy agradecido por la oportunidad que Dios me ha permitido lograr un escalón de tantos que van a existir.

Una vez más, gracias a todos.

Cristian Paúl Guagalango Amaña

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	7
AGRADECIMIENTO	8
RESUMEN	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I	16
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO II	18
OBJETIVOS	18
2.1. Objetivo general	18
2.2. Objetivos específicos	18
2.3. Hipótesis	18
CAPÍTULO III	19
3.1. Taxonomía y descripción botánica del arándano	19
3.2. Características Morfológicas del arándano	20
3.2.1. Raíces de los arándanos	20
3.2.2. Yemas de los arándanos	21
3.2.3. Hojas de los arándanos	21
3.2.4. Flores de los arándanos	22
3.2.5. Frutos de los arándanos	22
3.2.6 Fenología del cultivo	23
3.3. Variedad de arándanos	25
3.3.1. Variedad de arándano Emerald	25
3.3.2. Variedad de arándano Biloxi (<i>Vaccinium myrtillus</i> L.)	25
3.3.3. Variedad de arándano Jewel	26
3.3.4. Variedad de arándano Star tunel	27
3.3.5. Variedad de arándano Star	28
3.4. Requerimientos del cultivo de arándano	28
3.4.1. Condiciones del suelo	28
3.4.2 Cultivo en sustrato	29
3.4.3 Características necesarias del suelo y/o sustrato	30
3.4.4 Calidad de agua	30

3.4.5 Tipos de sustrato utilizados en la producción de arándanos	31
3.4.6 Riego	33
3.4.7 Aireación	35
3.5 Requerimientos nutricionales	35
3.5.1 Soluciones nutritivas generales para el cultivo de arándano	37
3.5.2 Características del agua de una solución nutritiva	38
3.5.3 Tipos de soluciones nutritivas	39
3.5.4 Uso de soluciones nutritivas	42
CAPÍTULO IV	44
MATERIALES Y MÉTODOS	44
4.1 Materiales	44
4.1.1. Insumos para campo	44
4.1.2. Insumos químicos	44
4.1.3. Equipos	44
4.1.4. Herramientas	45
4.1.5. Software	45
4.1.6. Material vegetativo	45
4.2 Metodología	45
4.2.1 Generalidades de la investigación	46
4.2.2. Localización del experimento	46
4.3. Variables a evaluar	47
4.3.1. Variables Independientes	47
4.3.2. Variables dependientes	47
4.4 Diseño experimental	49
4.4.1 Unidad Experimental	50
4.5. Manejo del experimento	52
4.5.1. Etapa de campo en condiciones controladas invernadero	52
4.5.2. Construcción del invernadero	52
4.5.3. Instalación de sistema de riego para fertirrigación al cultivo semi-hidroponico de arándano	53
4.5.4. Adquisición de plantas	54
4.5.5 Poda de mantenimiento plantas	54
4.5.6. Registro de datos de campo	54

4.6 Tipo de investigación	54
CAPÍTULO V	55
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
5.1. Análisis de varianza de variables dependientes	55
5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza	55
5.2. Análisis estadístico de las variables	56
5.2.1. Variable número de brotes	56
5.2.2. Días a la cosecha de frutos	58
5.2.3. Peso de 100 frutos cosechados (g)	60
5.2.4 Rendimiento/planta (g)	62
CAPÍTULO VI	64
CONCLUSIONES	64
CAPÍTULO VII	66
RECOMENDACIONES	66
CAPÍTULO VIII	67
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
ANEXOS	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación taxonómica <i>Vaccinium corymbosum</i> x <i>Vaccinium darrowii</i>	19
Tabla 2. Duración de las etapas fenológicas por variedad bajo condiciones del Valle de Guayllabamba	23
Tabla 3. Duración de las etapas fenológicas por variedad bajo condiciones del Valle de Guayllabamba	25
Tabla 4. Equivalencias de los ácidos más utilizados para neutralización según su pureza	36
Tabla 5. Necesidades nutricionales de huerto de arándano en formación (kg/ha/temporada)	37
Tabla 6. Valores de concentración solución nutritiva Universal Steiner (1890).	40
Tabla 7. Valores de concentración solución nutritiva Hoagland Arnon (1938).	41
Tabla 8. Valores de concentración solución nutritiva Long y Hewitt (1966).	42
Tabla 9. Esquema del ANOVA	49
Tabla 10. Resultados de la prueba de normalidad para las variables dependientes	56
Tabla 11. Análisis de varianza para la variable número de brotes	57
Tabla 12. Análisis de varianza para la variable días a la cosecha de frutos	59
Tabla 13. Análisis de varianza para la variable peso de 100 frutos cosechados	61
Tabla 14. Análisis de varianza para la variable rendimiento / planta	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fenología del cultivo de arándano	24
Figura 2 Mapa de ubicación invernadero del cultivo de arándano Urcuqui	46
Figura 3 Esquema de distribución al azar de los tratamientos	49
Figura 4 Distribución de las unidades experimentales según bloques en estudio	50
Figura 5 Esquema de las medidas e la unidad experimental	52
Figura 6 Esquema del sistema de riego por tratamiento	54
Figura 7 Ordenamiento de promedios del factor tratamientos de la variable número de brotes	58
Figura 8 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable días a la cosecha de frutos	60
Figura 9 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable 100 frutos cosechados	62
Figura 10 Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable rendimiento / planta	64

RESUMEN

Este estudio evaluó el impacto de tres soluciones nutritivas Steiner, Hoagland-Arnon y Long-Hewitt en el crecimiento y comportamiento de arándanos. El objetivo principal fue determinar cuál de estas fórmulas proporciona mejores resultados en el crecimiento y rentabilidad del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Bilox en un ambiente controlado bajo cubierta, en términos de crecimiento de la planta, tiempo hasta la cosecha y calidad del fruto, dentro de cantón Urcuquí. Las variables evaluadas fueron: Número de brotes a los 60 días, días a la cosecha, peso de 100 frutos cosechados y rendimiento por planta. Los resultados demuestran que con la solución Hoagland-Arnon mostraron un crecimiento superior, con una adaptación más eficiente que las otras soluciones. Este grupo presentó el mayor número de brotes, un peso de frutos significativamente mayor y un tiempo hasta la cosecha más consistente. Por otro lado, la solución Steiner también promovió un buen desarrollo, aunque con resultados ligeramente inferiores en comparación con Hoagland-Arnon. La solución Long-Hewitt, aunque efectiva, mostró un desempeño menos destacado en términos de peso de frutos y tiempo a la cosecha.

Palabras clave: 1, arándano 2, crecimiento 3, cosecha 4, rendimiento 5, solución nutritiva

ABSTRACT

This study evaluated the impact of three nutrient solutions Steiner, Hoagland-Arnon and Long-Hewitt on the growth and behavior of blueberries. The main objective was to determine which of these formulas provides the best results in the growth and profitability of the Bilox variety blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) crop in a controlled environment under cover, in terms of plant growth, time to harvest and quality. Of the fruit, within the Urcuquí canton. The variables evaluated were: Number of shoots at 60 days, days to harvest, weight of 100 harvested fruits and yield per plant. The results show that with the Hoagland-Arnon solution they showed superior growth, with a more efficient adaptation than the other solutions. This group had the highest number of shoots, a significantly higher fruit weight and a more consistent time to harvest. On the other hand, the Steiner solution also promoted good development, although with slightly inferior results compared to Hoagland-Arnon. The Long-Hewitt solution, although effective, showed a less outstanding performance in terms of fruit weight and time to harvest.

Keywords: 1, blueberry 2, growth 3, harvest 4, yield 5, nutrient solutions.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, la agricultura está experimentando una transformación significativa debido a la creciente demanda global de alimentos, impulsada por el aumento constante de la población mundial (Díaz et al., 2022). Este desafío requiere enfoques innovadores para incrementar la producción agrícola, y en este contexto, los arándanos se presentan como un cultivo prometedor. Su valor nutricional y versatilidad culinaria los convierten en productos muy solicitados tanto a nivel nacional como internacional. Los arándanos son ricos en antioxidantes, vitaminas y minerales, lo que los posiciona como una opción saludable y atractiva para los consumidores (Kalt et al., 2020).

El aumento en la demanda de arándanos ha impulsado la producción global a un ritmo anual promedio del 6,1%. En 2021, el mercado global de arándanos alcanzó un valor de 938 millones de dólares, con China liderando la producción con 477,1 toneladas, seguida de Estados Unidos con 328,2 toneladas. Además, la superficie cultivada con arándanos creció un 12,1% y se prevé que aumente otro 25,3% en los próximos años (Bastías et al., 2023).

A pesar de su alta demanda y rentabilidad, la producción de arándanos enfrenta desafíos significativos, como el agotamiento de nutrientes en el suelo; los arándanos requieren suelos ácidos con un pH entre 4,0 y 5,5, condiciones que limitan la disponibilidad de nutrientes esenciales como nitrógeno, fósforo y potasio (Anderson, 2012). Esta baja disponibilidad de nutrientes afecta negativamente el crecimiento y el rendimiento de las plantas, lo que lleva a una disminución en la producción y calidad de los frutos, y resalta la necesidad de soluciones adecuadas para superar estas limitaciones (De Brouwer et al., 2022).

A nivel nacional, el cultivo de arándanos se ha convertido en una fuente crucial de ingresos y empleo en diversas regiones (Luna, 2024). La disminución en la productividad agrícola debido a un manejo inadecuado de la fertilización no solo afecta a los agricultores y a la industria

alimentaria, sino también a los consumidores, a través de precios más altos y menor disponibilidad de productos de calidad (Ministerio de Agricultura y Ganadería [MAG], 2021)

En este contexto, Ortiz et al. (2023) demostraron que la selección adecuada de soluciones y concentraciones de nutrientes puede mejorar significativamente la producción y calidad de los arándanos. De manera similar, Ashikari et al. (2020) señalaron que las soluciones nutritivas proporcionan los elementos esenciales necesarios para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas.

Por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es evaluar el impacto de tres soluciones nutritivas —Steiner, Hoagland-Arnon y Long-Hewitt— en el cultivo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Bilox, con el fin de determinar cuál de estas fórmulas es más efectiva para proporcionar los nutrientes necesarios para un crecimiento y desarrollo óptimos. Se seleccionaron estos tres tratamientos para evaluar su eficiencia en la producción del cultivo.

CAPÍTULO II

OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Evaluar el efecto de tres soluciones nutritivas en la producción del cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxy en el cantón San Miguel de Urcuquí, Provincia de Imbabura.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar el efecto de tres soluciones nutritivas Steiner, Hoagland y Arnon y Solución Long y Hewitt en crecimiento y desarrollo de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxy.
- Evaluar el efecto de las tres soluciones nutritivas Steiner, Hoagland y Arnon y Solución Long y Hewitt en el rendimiento de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Biloxy.

2.3. Hipótesis

Ho: Ningún tratamiento de solución nutritiva tiene efecto en el crecimiento, desarrollo y rendimiento del cultivo de arándanos.

Ha: Al menos una solución nutritiva tiene efecto en el crecimiento, desarrollo y rendimiento en el cultivo de arándanos.

CAPÍTULO III

3.1. Taxonomía y descripción botánica del arándano

Los arándanos, son plantas pertenecientes al género *Vaccinium*, mismos que de acuerdo con Maldonado (2022), se reporta la siguiente clasificación taxonómica indicada en la Tabla 1. Dentro de las diferentes variedades más importantes de arándanos se encuentran los (*Vaccinium angustifolium* Aiton, *Vaccinium corymbosum* Linneo, *Vaccinium oxycoccus* Linneo *Vaccinium constablaei* A. Gray , *Vaccinium darrowii* Camp. *Vaccinium elliotii* Chapm., *Vaccinium pallidum* Aiton, *Vaccinium simulatum* Small, y *Vaccinium Tenelum* Aiton).

Tabla 1

Clasificación taxonómica Vaccinium corymbosum x Vaccinium darrowii

Taxonomía	
Reino:	Vegetal
División:	Pterophytas
Subdivisión:	Angiosperma
Clase:	Dicotiledonea
Subclase:	Dilleniidae
Orden:	Ericales
Familia:	Ericaceae
Subfamilia:	Vaccinioidea
Tribu:	Vaccinieae
Género:	Vaccinium
Especie:	<i>Vaccinium corymbosum x Vaccinium darrowii</i>

Nota. Adaptado de *Vaccinium: una guía completa sobre arándanos y arándanos*, por Forbes, 2022.

El arándano es un árbol frutal arbustivo, que se distribuye en el hemisferio norte, principalmente en América del Norte, y que forma un gran grupo de especies que también se distribuye por Eurasia, Europa Central, América del Sur y algunas especies en Madagascar y África (Sánchez, 2022, p.5).

El fruto está compuesto de un bajo contenido en azúcares y un alto contenido de antioxidante; el cual tiene aproximadamente 450 especies, abarcando la comúnmente denominada arándano azul “Blueberry” (*V. Corymbosum*); estos pueden ser cultivados o pueden darse de manera silvestre (Chávez et al., 2023).

En Sudamérica, se han encontrado tres especies: *V. floribundum* Kunth, *V. corymbodendron* Ruiz y Pav. ex Dunal y *V. meridionale* Swartz, las cuales se distribuyen a lo largo de la Cordillera de los Andes, desde Venezuela hasta Bolivia desde altitudes que van desde los 1500 hasta los 4700 m s.n.m., sin embargo, la más ampliamente cultivada corresponde a *V. corymbodendrum* y entre estas, la variedad Biloxi (Villegas , 2021).

3.2. Características Morfológicas del arándano

3.2.1. Raíces de los arándanos

La planta de arándano tiene un sistema de raíces fibroso, delgado y carente de vellosidades radiculares se ubica en la superficie, siendo el 80 % de la masa de raíces concentrada en los primeros 50 cm del suelo, con la posibilidad de extenderse desde los 25 cm hasta los 2 m de profundidad según la textura del suelo (Crespo, 2022).

Las raíces al estar distribuidas superficialmente hacen que dependan de una provisión constante de humedad y de la necesidad de contar con una capa superficial de suelo, bien aireado que permita el desarrollo abundante de raíces, en condiciones naturales las raíces están asociadas a micorrizas específicas, con las cuales mantienen una relación de mutuo beneficio (Barchuk et al. 2020).

Según Undurraga y Vargas, (2013). Las raíces del arándano carecen de pelos radiculares, son finas y fibrosas, el 80 % Requieren de suelos sueltos, bien aireados y de buen drenaje; así con alto contenido de materia orgánica entre 3 % a 5 %, con pH entre 4.4 a 6. Si se tiene un pH alto, es recomendable la enmienda con azufre elemental, aplicaciones con fertilizantes de sulfato

de amonio, fosfato mono amónico o mono potásico (Sánchez, 2017). La acidez del suelo debe ser monitoreada y evaluada anualmente para evitar valores que puedan perjudicar el potencial productivo del arándano (Hanson et al. 2021).

Para mantener la acidificación alcanzada en el suelo, el agua de riego debe ser acidificada con ácido sulfúrico o ácido fosfórico (Fageria, 2016). Por otro lado, el arándano al tener raíces superficiales responde rápidamente al exceso o déficit de agua, con el riego localizado permite mantener la humedad de los primeros 20 cm del suelo (Undurraga y Vargas, 2013).

3.2.2. Yemas de los arándanos

Yemas vegetativas: Originan los brotes y son de tamaño reducido y puntiagudo. Se forman en la parte media e inferior de las ramitas (Peña, 2019).

Yemas florales: Tienen forma redondeada, son más grandes que las yemas de crecimiento y se encuentran en la parte superior de las ramitas (Harris, 2010). El número de yemas de flor depende del período de luz, el momento de detención del crecimiento de los brotes y la temperatura. Este número puede oscilar entre 1 y 14 yemas por ramita (Rivadeneira, 2007)

La fase de floración del arándano tiene una duración aproximada de una semana. La iniciación y desarrollo de las yemas de flor ocurren durante el verano, después de que los brotes han dejado de crecer, en condiciones de días más cortos (Crespo, 2022).

3.2.3. Hojas de los arándanos

Las hojas son sencillas y cortamente pediceladas, con forma elípticas - lanceolada y se disponen de manera alterna a lo largo de la rama (Harris, 2010). Tienen márgenes dentados y es posible que presenten una ligera vellosidad en el lado inferior (Forbes, 2020).

Las dimensiones oscilan entre 1 y 8 centímetros de longitud, son hojas caducas, ligeramente dentadas por el envés, poseen una coloración verde pálido a verde muy intenso dependiendo de la variedad (Rubio, 2021).

A su vez, en la temporada de otoño, adquieren una coloración rojiza o amarillenta según las variedades. (Crespo, 2022). Esta especie, se caracterizan por ser de altura baja, con hojas simples caducifolias, de forma lanceolada a ovada, su fruto es una baya esférica (0,7-1,5 cm de diámetro), con coloraciones que van desde azul claro hasta negro azulado (Ormazábal et al. 2020).

3.2.4. Flores de los arándanos

Son flores perfectas que surgen en racimos de 6 a 10 unidades. Están compuestas por una corola conformada por 4 a 5 pétalos fusionados y un pistilo simple con 8 a 10 estambres. Estas flores tienen un ovario ínfero (Rivera, 2019)

La polinización, en su mayor parte, es llevada a cabo por insectos, por lo que se recomienda la introducción de colmenas durante la fase de floración, a razón de 4 a 8 colmenas por hectárea (Rebolledo, 2017)

Crespo, (2022), manifiesta de igual manera sobre la polinización de arándano el cual concluye, que, a pesar de ser una especie autógama, se ha demostrado recientemente los beneficios de la polinización cruzada. En consecuencia, algunos estudios sugieren diversas combinaciones de variedades para potenciar tanto la polinización como la formación del fruto (Pritts y Hancock, 2020).

3.2.5. Frutos de los arándanos

Son frutas de forma casi esférica, de tonalidad azul, con un peso que oscila entre 1 y 3 gramos y contienen múltiples semillas en su interior, variando de 20 a 70 por cada fruto (Harris, 2010). En términos generales, la dimensión de la baya tiende a aumentar con el número de

semillas, fluctuando en tamaño desde 0,7 hasta 1,5 cm de diámetro, dependiendo de la especie y la variedad cultivada (Balagera et al. 2017).

La superficie externa de la baya está recubierta de una capa cerosa, proporcionándole un atractivo acabado, es así que dentro de una perspectiva comercial, dos características son especialmente relevantes; en primer lugar, la cicatriz que queda al desprenderse del pedúnculo, la cual idealmente debería ser pequeña y seca para prevenir la entrada de patógenos (Goncalves et al., 2021).

Una segunda característica crucial es la firmeza, la cual generalmente está relacionada con el grosor de la epidermis y posiblemente contribuye a una mejor durabilidad postcosecha (Crespo, 2022).

3.2.6 Fenología del cultivo

Según lo expuesto por Ayón, (2023), en sus investigaciones sobre el ciclo anual del arándano comprende dos fases principales: vegetativo y productivo y dentro de la fase productiva tenemos subdivisiones que son inducción, floración, cuajado y cosecha, cada una de estas tienen una duración distinta por variedad, la duración se detalla a continuación en la tabla 2.

Tabla 2

Duración de las etapas fenológicas por variedad bajo condiciones del Valle de Guayllabamba

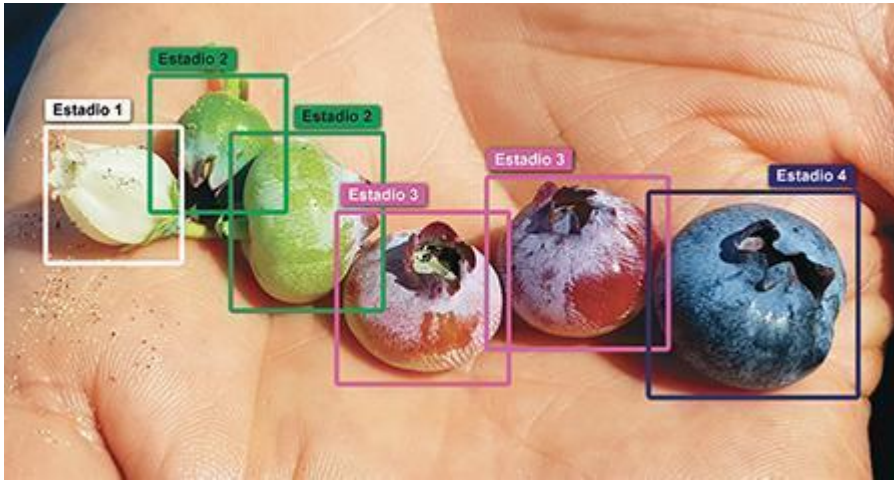
Etapas fenológicas	Duración	
	Ventura	Atlas
Vegetativa	18 semanas	22 semanas
Inducción	2 semanas	2 semanas
Floración y cuajado	13 semanas	13 semanas
Cosecha	20 semanas	18 semanas

Nota. Adaptado de 'Fenología y manejo del cultivo de arándanos', por Goulao et al, 2010

En la figura 1, se puede observar el esquema fenológico de la temporada del arándano en el valle de Guayllabamba, este esquema puede variar en 1 o 2 semanas dependiendo de la fecha de poda y cuánto dura ésta.

Figura 1

Fenología del cultivo de arándano



Nota. Fenología del cultivo de arándano

- Estadio 1 o formación de flor
- Estadio 2 o formación de baya
- Estadio 3 o pinta
- Estadio 4 o cosecha

La duración de las etapas fenológicas del arándano puede variar debido a las condiciones climáticas que adelantan o retrasan el metabolismo de las plantas, el tiempo requerido por etapa fenológica bajo las condiciones del valle del Guayllabamba y Patate están descritas en la tabla 2 y mostradas en la figura 1.

Tabla 3*Duración de las etapas fenológicas por variedad bajo condiciones del Valle de Guayllabamba*

Fenología reproductiva	
Estadio	Duración (días)
Yema cerrada	15 a 20
Flor emergente	5 a 6
Botón rosado	5 a 6
Flor cerrada	3 a 4
Flor blanca (abierta)	5 a 7
Pétalo caído	1
Inicio de cuajado	8 a 10
Fruto verde	30 a 35
Fruto cremoso	5 a 6
<i>Fruta en pinta (vino)</i>	3 a 4
<i>Fruto maduro</i>	

Nota. Adaptado de 'Arándanos: la nueva superfruta americana', por Hancock, 2009

3.3. Variedad de arándanos

3.3.1. Variedad de arándano Emerald

Emerald, también se ha plantado extensamente a través de California y en mucho del sureste. Altamente productiva y de sabor suave. Emerald es una variedad que mantiene un buen tamaño de fruta a través de un largo periodo de cosecha y requiere múltiples recolectas. Florece temprano y puede ser vulnerable a sitios propensos a la helada (González y Gloria, 2017).

3.3.2. Variedad de arándano Biloxi (*Vaccinium myrtillus* L.)

El nombre *Vaccinium myrtillus* L., es un cultivo perenne, perteneciente al tipo highbush, la misma que necesita contar con un clima con temperaturas de 7 °C para su correcto desarrollo al acumular entre 400 y 600 horas de frío. Además ésta variedad de arándanos es muy resistente a diferentes plagas y enfermedades comunes (Guerrero, 2021).

El suelo para facilitar su crecimiento y desarrollo debe encontrarse en condiciones ácidas con un pH de 5 a 6,2. Además, es una planta con tallos erectos, vigorosos, productivos (Pritts & Hancock, 2020). La fruta madura tempranamente y se desarrolla en un pH bajo, en suelos pobres, con alta materia orgánica, es altamente sensible a la fertilización excesiva y por ello su manejo a nivel orgánico ha sido desarrollado simulando condiciones previamente establecidas (Lima, 2019).

Esta especie suele ser una variedad vigorosa en relación al resto de las especies, su altura se encuentra por lo general entre 50 a 1.8 m, presenta raíces fibrosas con una profundidad de 15 a 60 cm y con un grosor superior a 11 mm de grosor y filamentosas aproximadamente de 1 mm, no posee pelos radiculares (Paita, 2017).

Sus hojas son simples enteras o aserradas cuya forma varía ampliamente, su fruto corresponde a una baya de forma esférica con un diámetro de 1.5 cm a 0.7 cm de diámetro (Mesa, 2015). En cuanto a su sabor, las bayas pertenecientes a esta variedad son reconocidas por su dulzura y por poseer una textura jugosa y firme, misma que la hace útil para la elaboración de derivados (La Rosa, 2017).

3.3.3. Variedad de arándano Jewel

Esta variedad de arándano, es una con capacidad de adaptabilidad muy alta, posee un crecimiento excepcional y buenos rendimientos (Paita, 2017). Posee una necesidad de frío de alrededor de 250 horas, lo que resulta en una floración temprana y se da generalmente durante el tiempo de primavera (Gloria y Gonzáles, 2016).

Los frutos son de tamaño grande, con un pedúnculo distintivo y una firmeza notable. Aunque tiene un buen sabor, tiende a ser ligeramente ácido (Pritts y Hancock, 2020). La tonalidad de la baya es azul medio. Esta variedad muestra un crecimiento moderadamente vigoroso y adopta un hábito arbustivo (Gloria y Gonzáles, 2016).

Además presenta una profusa floración con numerosos racimos y un desarrollo de hojas notable durante la primavera, debido a su floración prolongada, es crucial contar con un sistema eficiente de control de heladas y seguir un programa riguroso para prevenir la *Botrytis* (Smith, 2023). En Chile, ha logrado demostrar un potencial de rendimiento elevado, aunque la calidad de la fruta es excelente, se debe tener precaución en la cosecha, ya que la fruta tiende a ablandarse con facilidad en la planta (Becerra et al. 2017).

3.3.4. Variedad de arándano Star tunnel

Esta variedad es una planta que crece fuerte y tiene una calidad de fruto excelente y confiable; posee una buena concentración en su maduración, además de que es fácil de cosechar (Miller & Green, 2021). Aunque, algunos de los inconvenientes más presentes en esta variedad son la susceptibilidad a la *Botrytis*, especialmente en épocas de primavera húmeda y el agrietamiento de las frutas durante las fuertes lluvias y en etapa de maduración (FallCreek, 2024).

Necesita por lo menos 400 horas de frío para poder llegar a producir frutos de tamaño generoso, dulces y de color azul claro de excelente sabor, que son fáciles de cosechar y tienen un crecimiento ligeramente abierto y un vigor moderado (Gloria y Gonzáles, 2016).

La floración ocurre poco después que la de las variedades O'Neal y Misty, mientras que la maduración coincide con O'Neal y precede a Misty (Jones, 2023). La maduración se concentra, con frutas que tienen un calibre promedio de 14 a 16 mm. Es más robusta y productiva en comparación con O'Neal. En Chile, no ha alcanzado su rendimiento máximo y se han reportado problemas de partidura y susceptibilidad a enfermedades (Smith & Brown, 2022). Se recomienda la polinización cruzada con otros cultivares, siendo O'Neal, Santa Fe y Emerald sus polinizadores naturales para mejorar la producción (Lozano, 2012)

3.3.5. Variedad de arándano Star

Una variedad desarrollada por Fallcreek, caracterizada por su vigor y frutos de gran tamaño. Es la elección predominante en nuevas plantaciones en España y goza de una demanda destacada por parte de los principales supermercados europeos (Fallcreek, 2023). Destaca por su rendimiento sólido y firmeza, aunque se recomienda una evaluación detallada en diversas zonas agroecológicas. Sus frutos son de tamaño considerable y la temporada de cosecha se extiende a lo largo de 4 a 6 semanas (González, 2018).

Esta es una variedad que requiere aproximadamente entre 500 y 600 horas de frío, además sus frutos, de tamaño mediano a grande, son firmes, sabrosos y exhiben una cicatriz distintiva en el pedúnculo (Doe, 2022). Destaca por ser bien valorada gracias a su elevada producción, ya que a lo largo del cuarto y quinto año, algunos huertos logran alcanzar rendimientos de 18 a 20 toneladas por hectárea. El arbusto mantiene sus hojas durante el invierno. Con una floración temprana y prolongada, presenta cierta susceptibilidad a hongos en las flores (Fallcreek, 2024).

En situaciones de precipitaciones intensas, los frutos pueden enfrentar el problema de partidura, además este cultivo se adapta bien a diversas regiones de producción y tiene un periodo de cosecha intermedio (Álvarez et al. 2020). Adicionalmente, es notable por su habilidad para adaptarse a la cosecha mecánica, entre otras cualidades (Williams et al., 2021).

3.4. Requerimientos del cultivo de arándano

3.4.1. Condiciones del suelo

El establecimiento adecuado para el arándano, son los suelos livianos, que posean un buen drenaje, un buen laboreo, profundo y un alto contenido de materia orgánica (Garrido, 2018). La siembra de este cultivo se lo puede realizar directamente en el suelo bajo las siguientes características; suelos ácidos, pH entre 4,5 a 5,5; con buena materia orgánica (mayor a 4%), baja salinidad (CE menor a 0,3) texturas livianas (francos o limosos) (Olivares, 2017).

El sistema radicular del arándano se encuentra en su gran mayoría dentro de los primeros centímetros del perfil de suelo, de raíces fibrosas y con poca presencia de pelos radicales que se concentran dentro de los 50 a 60 cm de profundidad a ras del suelo (Gloria y Gonzáles, 2016).

Además presentan una mínima capacidad de absorción, por lo que no son capaces de atravesar superficies del suelo que sean compactas, por lo que ocasiona una sensibilidad o déficit al exceso hídrico; también al ser sensible, puede llegar a provocar asfixia radicular, por lo que prefieren suelos arenosos o sustratos con alta porosidad, que son aptos para él arándano. Se desarrollan bien con un porcentaje de materia orgánica mayor al 3 % (Galarza, 2019).

Estos cultivares, pueden llegar a presentar problemas graves cuando las plantas son cultivadas en suelos con limitaciones en la textura, así también en su profundidad efectiva de arraigamiento (Undurraga y Vargas, 2013)

3.4.2 Cultivo en sustrato

La producción de arándanos mediante el uso de sustratos está aumentando en todo el mundo, especialmente en regiones con climas invernales suaves, sin embargo, este sistema de producción requiere ser estudiado, debido a que hasta el presente existe poca información disponible (Pinto et al. 2017).

Desde el punto de vista práctico, los materiales usados como sustratos para la producción de plantas de arándano producido como cultivo bajo cubierta deben ser relativamente económicos, de fácil acceso y además cubrir los requerimientos físico-químicos del cultivo, por lo tanto, el uso de productos y subproductos agrícolas debe estar adaptado a las condiciones locales de cada zona (Villegas, 2021).

3.4.3 Características necesarias del suelo y/o sustrato

El arándano es sensible a la presencia de sales en el suelo y/o sustrato, una conductividad eléctrica mayor a 1.5 dS/m genera un daño perjudicial al sistema radicular, al follaje y a la producción de frutos (Machado et al. 2014).

Además, requiere de suelos profundos con un buen drenaje ya que retienen la humedad y permiten el drenaje del exceso del agua; además de necesitar suelos profundos para poder extender su sistema radical que va entre 50 a 60 cm de profundidad (Brown y Reed, 2015). Y así también un suelo con alto contenido de materia orgánica, que facilite su desarrollo y crecimiento (Morales, 2020).

La salinidad en el suelo es importante, ya que de ésta depende el éxito del cultivo, por lo que es necesario conocer el pH para un buen desarrollo del arándano, mismo que debe encontrarse entre 4,4 a 5,5 (Morales, 2020).

3.4.4 Calidad de agua

La calidad del agua que se emplea para el riego de este cultivo debe ser alta ya que una calidad de agua baja puede tener efectos a corto y largo plazo en el comportamiento del cultivo y en la operación de los sistemas de riego (Rendón, 2013)

Los iones importantes que determinan la calidad de un agua son: los cationes Ca^{2+} , Mg^{2+} y Na^+ , y los aniones Cl^- , SO_4^{2-} y HCO_3^- y CO_3^{2-} , las proporciones relativas de los iones mencionados son los que determinarán el desarrollo de las plantas (Retamales y Hancock, 2018).

El agua de buena calidad debe tener bajo contenido de sodio (Na^+), cloruros (Cl^-) y bicarbonatos (HCO_3^-) que son las sales que más daño generan en el sistema radicular y la absorción en las hojas; el RAS (Relación de absorción de sodio) brinda una idea de la calidad que tiene el agua de riego dependiendo de la concentración de sodio con relación al calcio (Ca^{2+} ,

y al magnesio (Mg^{2+}) que son cationes que compiten directamente por un espacio en los coloides y un ingreso al sistema radicular que posee carga negativa (Haby et al., 1986).

3.4.5 Tipos de sustrato utilizados en la producción de arándanos

Los arándanos requieren sustratos con características específicas para su óptimo desarrollo, principalmente debido a sus necesidades de pH ácido; los sustratos orgánicos, como el musgo de turba, son ampliamente utilizados en la producción de arándanos debido a su capacidad para mantener un pH bajo y proporcionar una buena aireación (Johnson et al. 2018).

La perlita y la vermiculita son aditivos esenciales en los sustratos para arándanos, especialmente cuando se combinan con musgo de turba y corteza de pino (Bañuelos, 2017). Estos materiales inorgánicos mejoran la aireación del sustrato y la retención de humedad sin alterar significativamente el pH ácido requerido por los arándanos (Roberts y Collins, 2021).

Es así que en la actualidad existen diversas opciones y combinaciones de productos que pueden ser utilizados como sustrato para cultivar arándano sin embargo se debe tener en cuenta factores como la porosidad, capacidad retentiva, contenido y liberación de sales y durabilidad, a la hora de elegir uno de ellos como nuestro medio hidropónico; los más conocidos y utilizados son: fibra de coco, cascarilla de arroz, chip de pino y turba (Ochoa, 2019)

3.4.5.1. Fibra de coco

Es el sustrato más utilizado en la actualidad, sin embargo, es uno de los sustratos que más contenido y liberación de sales puede tener y si no se realizan correctos lavados de sustrato antes de la plantación y durante todo el ciclo productivo de la planta puede generar daños severos de quemadura de raíz y hojas (Martínez y Roca, 2011).

Este sustrato es bien aireado, ya que mantiene un pH natural de 5,7 – 6,5 y contiene una alta capacidad de intercambio catiónico; así también posee un alto contenido de lignina que

favorece a la presencia de microorganismos beneficiosos en la zona radicular que evita la descomposición (AEFA, 2020).

Existen principalmente dos tipos: fibra larga y fibra corta, la fibra larga es poco retentiva y puede generar mayor gasto de agua y fertilizantes que son lavados como drenaje, sin embargo, brinda mayor porosidad y aireación a las raíces, la fibra corta posee mayor capacidad de retención y esto se puede traducir en un ahorro de agua y fertilizantes, pero puede ocasionar ahogamiento de las raíces si no se riega de la manera correcta (Rafael, 2016)

En el mercado se pueden encontrar mezclas de ambas fibras en diferentes proporciones como 80:20 gruesos (5-10 mm.) y finos (1-2 mm.) o 70:30 que son los más comunes (Martínez y Roca, 2011).

3.4.5.2. Cascarilla de arroz

Por ser un desecho de la agroindustria es económico sin embargo no es recomendable utilizarlo ya que se degrada rápidamente (de 2 a 3 años aproximadamente) y puede generar apelmazamiento en la parte inferior de la bolsa ocasionando asfixia del sistema radicular, si se utiliza hay que estar agregando constantemente material nuevo debido a su degradación (Yáñez y Sánchez, 2014). Las liberaciones de manganeso pueden ser perjudiciales, por eso se debe revisar la procedencia de la cascarilla (Quintero et al. 2011)

3.4.5.3. Chip de pino

Este sustrato brinda una alta capacidad de drenaje y aireación para el sistema radicular sin embargo en condiciones de anoxia puede liberar manganeso en cantidades perjudiciales para la planta, se utiliza mayormente para brindar porosidad a otros sustratos (Martínez y Roca, 2011).

3.4.5.4. Turba

La mayoría de productos poseen turba obtenida en Lituania, es un sustrato muy utilizado en viveros por su alta capacidad retentiva y por lo general se utiliza en el cultivo de arándano en conjunto con la cascarilla de arroz para obtener la retención que la cascarilla carece (Ochoa, 2019).

3.4.6 Riego

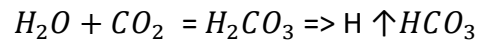
La cantidad de agua de riego que se debe utilizar en un sustrato debe ser la suficiente como para no mantener saturado el sustrato ya que puede generar anoxia, se debe tener en cuenta que bajo condiciones de inundación se reduce el intercambio de gases entre el sustrato, el aire y el contenido de oxígeno, que normalmente está presente en un nivel de alrededor del 20% en un sustrato bien aireado, se ve reducido y rápidamente consumido por los microorganismos (Barker y Mills, 2019).

Los metabolitos microbianos se acumulan y transforman en tóxicos, tal como se comportan los productos con metabolismo anaeróbico en las raíces (Crane y Davies, 1988), esto incluye alcohol, metano, compuestos metálicos y aldehídos, algunos nutrientes del suelo se reducen y se vuelven tóxicos y por infiltración y desnitrificación se ve reducido el nitrógeno del presente en el suelo (Smith y Johnson, 2017).

A causa de la muerte y pobre funcionamiento de algunas raíces, las estomas se cierran, se reduce la fotosíntesis y los nutrientes no son absorbidos debido a la disminuida permeabilidad de las raíces, luego se produce un desbalance hormonal en las plantas, al igual que epinastia en las hojas, clorosis y abscisión (Gough, 1994).

Para calcular la cantidad de agua necesaria en litros/maceta para una planta de arándanos es recomendable utilizar la evapotranspiración (ET) y un coeficiente de cultivo (Kc), la ET se puede obtener mediante una estación meteorológica o calculando con un tanque de evaporación y el Kc es el coeficiente que dependerá de la etapa fenológica en la que se encuentre la planta.

Al estar saturado el sustrato se produce la siguiente reacción química:



La alta saturación con agua (H_2O) impide que se oxigenen los poros en el sustrato, produciéndose la acumulación de CO_2 y este junto con el agua forman H_2CO_3 que es ácido carbónico, luego se libera un protón dejando bicarbonato como producto final de la reacción, que es una base fuerte la cual produce que suba el pH en la rizosfera interfiriendo en la absorción de Fe y otros micronutrientes (Ochoa, 2019).

3.4.6.1. Riego por goteo en el cultivo de arándano

La planta de arándano, al poseer un sistema radicular fino y poco profundo, es vulnerable al estrés hídrico, y a una elevada evapotranspiración (ET_o), de 7 a 10 mm por día (Pritts y Hancock, 2007). Los arándanos al poseer ese sistema de raíces la convierten en una planta exigente para crecer, por lo que requieren aplicaciones frecuentes de agua, especialmente durante el verano (Pannunzio et al. 2011).

Los arándanos llegan a alcanzar su potencial genético completo cuando se les aplica la cantidad adecuada de agua y de nutrientes a lo largo de su desarrollo, por lo que con el sistema por goteo se proporciona las condiciones adecuadas para su crecimiento, al estabilizar, controlar y optimizar las aplicaciones de riego y por ende su fertilización (Morales, 2020).

Como el cultivo no puede acceder fácilmente a las precipitaciones, depende casi por completo del sistema de riego por goteo para obtener nutrientes y agua. La mayoría de las raíces de los arándanos se encuentran en el lecho elevado, por lo que dependen de un riego y una fertirrigación precisos (Pannunzio et al. 2011).

3.4.7 Aireación

Es uno de los factores más importantes en una solución nutritiva, debido a que se relaciona como un requisito básico para que exista un desarrollo correcto tanto de la raíz como de la planta, pues se debe evitar lugares con exposiciones a vientos y lluvias muy elevadas, ya que pueden llegar a provocar caída de frutos y evitar la polinización (Hancock, 2008).

Para poder satisfacer la necesidad de aireación de las raíces de arándano, la macroporosidad debería encontrarse entre un 50 y 60 %, pues si se encuentra debajo de 25% resulta poco favorable para el cultivo (Ochoa, 2019).

Es así que como mínimo en el sustrato, debe existir un aporte de 8 a 9 mg de oxígeno por litro de solución nutritiva. Por lo que para conseguir esta necesidad se emplean agitadores o mecanismos de recirculación añadiendo oxígeno puro al sistema (Resh, 2012). Lo que al relacionarse con la temperatura se traduce en que si existe incremento de temperatura la concentración de oxígeno disminuye, siendo esta característica de interés para el manejo de cultivos (Cevallos, 2020).

3.5 Requerimientos nutricionales

La relación N/K es la responsable nutricional del balance vegetativo/generativo debido a que las plantas al generar glucosa (esqueletos carbonados), tienen dos vías de uso, el primero como sustrato en el proceso respiratorio para generar energía en forma de ATP y segundo cuando los azúcares no consumidos en la respiración sirven de unidades estructurales para los procesos de crecimiento de la planta (Marschner, 2012). El nitrógeno (N) utiliza estos azúcares para fabricar aminoácidos y proteínas las cuales constituyen la base para la formación de nuevas células (desarrollo vegetativo) mientras que el potasio (K) permite que estos azúcares se transporten y se acumulen como reserva, deteniendo el desarrollo vegetativo ya que estos azúcares no se estarán usando en la formación de aminoácidos y proteínas, viéndose favorecido los procesos reproductivos de la planta (Ochoa, 2019)

La distribución del Fe en las hojas es afectada por la presencia de cal o sales como el bicarbonato, según Rutland (1971) el bicarbonato no permite que el hierro se movilice por toda la hoja y que solo se presente a lo largo de las nervaduras generado una clorosis foliar internerval, sin embargo, la cantidad total de hierro presente en las hojas cloróticas y no cloróticas puede ser las misma.

Por lo tanto, el problema se centra en el rol del bicarbonato en la distribución y utilización del hierro por parte de la planta y no necesariamente en su 12 absorción total (Korcak, 1989). Este problema es característico de las especies calcífugas y es por eso que es fundamental la neutralización de bicarbonatos a través de la acidificación cuando estos se encuentren presentes en el agua de riego, los ácidos utilizados para la neutralización y sus características son descritos en la Tabla 4.

Tabla 4

Equivalencias de los ácidos más utilizados para neutralización según su pureza

Ácido	Pureza (%)	1 meq/l	g/m ³	Pureza (%)	g/m ³	Densidad (g/ml)	ml/m ³
Nítrico	100	63	63	33	190,9	1,2	159,1
Fosfórico	100	98	98	85	115,2	1,68	68,6
Sulfúrico	100	49	49	98	50	1,84	27,2
Clorhídrico	100	36,5	36,5	37	98,6	1,19	82,9

Nota. Adaptado de 'Métodos experimentales en ingeniería química', por Morris y McLellan, 2011.

Las necesidades nutricionales que requiere el arándano para lograr una producción obtenida se detallan en la tabla 5 la cual se establece según el tipo de sustrato que se aplica a las fundas del cultivo (Svehla, 1996).

Tabla 5*Necesidades nutricionales de huerto de arándano en formación (kg/ha/temporada)*

Nutriente	Año 1	Año 2	Año 3
	kg	kg	kg
N	50-80	50-80	40-60
P ₂ O ₅	20-30	20-30	20-30
K ₂ O	30-40	50-60	70-80
CaO	20-30	30-40	30-40
MgO	15-20	15-20	20-25
S	15-20	15-20	20-25
Zn	0,2-0,4	0,2-1,4	0,3-0,5

Nota. Tomado de UNALM, 2019.

3.5.1 Soluciones nutritivas generales para el cultivo de arándano

Una solución nutritiva es aquella que se compone de agua y varias sales con elementos indispensables para un óptimo desarrollo de las plantas, entre los elementos se encuentran los macros y micronutrientes, es utilizada mediante la técnica de fertirriego, cuando el cultivo se establece en sustratos sólidos (Choez, 2019).

Es así que la dotación de nutrientes necesarios para la producción de cultivos se da por medio de estas soluciones, que en su contenido albergan elementos como Nitrógeno, Fósforo, Potasio, Calcio, Boro, Zinc, entre otros; dónde la planta toma los nutrientes disueltos en el agua en forma de iones y cationes (Fertilab, 2019).

Todos estos nutrimentos adicionados en la solución nutritiva deben encontrarse disueltos para estar en forma disponible para las plantas, debido a que si algún nutriente llegase a precipitarse, puede llegar a ocasionar un desbalance iónico en la solución promoviendo la deficiencia de aquel nutriente (Cevallos,2020).

La preparación y manejo de estas soluciones se basan en los requerimientos dependiendo de la variedad, etapa fenológica y las condiciones ambientales en las que se encuentra el arándano, con el fin de maximizar el rendimiento de los cultivos con lo que puede mejorar la calidad del fruto (Luna et al., 2021).

3.5.2 Características del agua de una solución nutritiva

Al tratarse de una solución acuosa en donde están contenidos todos los elementos de una solución nutritiva, el agua debe estar libre de todo tipo de contaminantes químicos como microbiológicos; es así que el agua a emplearse no debe contener sales o contenidos mayores a 30 ppm, de calcio o magnesio, ya que, sería necesario un ajuste en la composición de la solución (Savvas , y Gruda , 2009). En el caso del sodio o cloro de presentarse en concentraciones altas pueden ser tóxicos para el cultivo, por las razones mencionadas el agua a emplearse debe contar con un análisis de la misma (Cevallos, 2020).

Choez (2019) indica que la solución nutritiva debe presentar las siguientes características en la calidad del agua:

En el caso del pH para que un nutriente esté disponible este no debe variar de 5,5 a 7. Es por ello que se requiere de equipos calibrados para cuidar este parámetro mientras se emplee la solución nutritiva (Epstein y Bloom , 2005). Para que la corrección de ser necesaria sea realizada previa a la aplicación. Esto puede lograrse agregando una solución ácida cuando se requiere reducir el valor del pH. (Galdamez, 2015)

La conductividad eléctrica es la encargada de medir las sales disueltas en el agua y así evaluar la capacidad del agua para conducir corriente eléctrica. En las soluciones nutritivas se requiere medir este parámetro para reconocer si un nutriente está en balance. Esto asegura el éxito de la formulación de la solución. El rango óptimo está de 15 a 30 mS/cm. (Rodriguez , 2023)

3.5.3 Tipos de soluciones nutritivas

3.5.3.1 Solución Steiner

La solución Steiner es una solución nutritiva, en la que se encuentran disueltos los nutrientes esenciales necesarios para el óptimo crecimiento y desarrollo de las plantas. Esta solución, denominada universal Steiner, funciona como un fertilizante que comprende macronutrientes, tales como nitrógeno, fósforo y potasio, elementos críticos para el desarrollo de los cultivos (Estrategia de Acompañamiento Técnico, 2021).

Además, incluye micronutrientes como cloro, calcio, magnesio, azufre, boro, hierro, manganeso, zinc y molibdeno, los cuales son requeridos en proporciones más reducidas, como se detalla en la tabla 6 (Chávez et al., 2007).

Los macro y micronutrientes son esenciales para las plantas, pues ayudan al correcto desarrollo de su ciclo de vida, además de verse involucrados en las funciones metabólicas o estructurales que no pueden ser reemplazadas; es por eso que dentro de las soluciones nutritivas la disponibilidad debe ser la adecuada; de lo contrario podría existir un efecto de fitotoxicidad por el exceso o deficiencia en el aporte de nutrientes (EAT, 2021).

La solución nutritiva Steiner ha demostrado ser efectivo en diversos tipos de cultivos. Las investigaciones sugieren que, en hortalizas como tomates y zanahorias, esta solución nutritiva contribuye de manera significativa a mejorar tanto el tamaño como la calidad de los frutos, gracias a su equilibrada combinación de nutrientes (Smith et al., 2022). En el caso de los frutales, como manzanos y cítricos, también se ha observado un incremento en la producción y calidad de los frutos, atribuido a su impacto positivo en la fotosíntesis y la absorción de nutrientes (Johnson & Lee, 2021). Asimismo, para los cereales, como el trigo y el maíz, la solución nutritiva mejora el rendimiento y la calidad del grano, beneficiándose de la mejora en la estructura del suelo y en la disponibilidad de nutrientes (García et al., 2023). Estos hallazgos subrayan la efectividad y flexibilidad del fertilizante Steiner en distintos escenarios agrícolas.

Tabla 6

Valores de concentración solución nutritiva Universal Steiner (1890).

Solución nutritiva Universal Steiner	
Los datos están dados en ppm (g/1000L)	
Nitrógeno	168,00
Fósforo	31,00
Potasio	273,00
Calcio	180,00
Magnesio	48,00
Azufre	112,00
Hierro	2,00
Manganeso	1,00
Boro	0,50
Cobre	0,10
Zinc	0,10
N en forma de NH₄	

Nota. Tomado de Asao, 2012.

Nota 2. Las reacciones de concentraciones están dadas en ppm (g/1000L)

3.5.3.2. Solución Hoagland Arnon

Según Robredo et al., (2000) Hoagland y Arnon (1950) desarrollaron dos formulaciones de soluciones nutritivas que han sido ampliamente adoptadas, y el término "Solución de Hoagland" se ha vuelto común en laboratorios de todo el mundo dedicados a la nutrición de plantas a nivel global. La solución 2 de Hoagland incluye iones de amonio y nitrato, lo que resulta en una solución tampón más efectiva que la solución 1. La segunda solución fue posteriormente ajustada por Johnson et al. (1957). La composición de la solución nutritiva, con algunos cambios menores en los micronutrientes, se presenta en la tabla número 7. Muchas especies vegetales han experimentado un desarrollo exitoso utilizando esta versión modificada de la solución de Hoagland.

La aplicación de la solución Hoagland-Arnon en diversos cultivos ha generado resultados positivos en cuanto al crecimiento y desarrollo de las plantas. Estudios recientes muestran que esta mezcla nutritiva mejora notablemente tanto el rendimiento como la salud de

las plantas en distintos entornos agrícolas. Por ejemplo, en cultivos de lechuga y espinaca, se ha demostrado que la solución Hoagland-Arnon favorece el crecimiento de las hojas y su calidad, debido a su formulación equilibrada de nutrientes (Jones et al., 2022). Asimismo, en plantas de tomate y pepino, la solución ha incrementado la producción y calidad de los frutos, al optimizar la disponibilidad de nutrientes esenciales (Smith & Garcia, 2021). En cultivos de fresa, esta solución también ha sido beneficiosa, incrementando el tamaño y el sabor de los frutos, lo que resalta su eficacia y flexibilidad en diferentes tipos de cultivos (Brown et al., 2023). Estos hallazgos destacan cómo la solución Hoagland-Arnon puede mejorar el rendimiento y la calidad en una variedad de cultivos.

Tabla 7

Valores de concentración solución nutritiva Hoagland Arnon (1938).

Hogland Arnon (1938)	
Los datos están dados en ppm (g/1000L)	
Nitrógeno	196,00
Fósforo	31,00
Potasio	234,00
Calcio	160,00
Magnesio	48,00
Azufre	64,00
Hierro	2,00
Manganeso	1,00
Boro	0,50
Cobre	0,10
Zinc	0,10
N en forma de NH4	14,00

Nota. Tomado de Asao, 2012.

Nota 2. Las reacciones de concentraciones están dadas en ppm (g/1000L)

3.5.3.3. Solución Long y Hewitt

La utilización de la solución Long y Hewitt en diversos cultivos ha mostrado efectos positivos en el desarrollo y rendimiento de las plantas. Estudios recientes revelan que esta solución nutritiva mejora notablemente el crecimiento de las plantas y la calidad de los productos cosechados. Por ejemplo, en cultivos de pimientos y berenjenas, la aplicación de la solución Long y Hewitt ha promovido un crecimiento más robusto y una mayor producción de frutos,

gracias a su adecuada mezcla de nutrientes (Williams & Thomas, 2022). En el caso de melones y calabazas, se ha observado que esta solución también mejora el tamaño y la calidad de los frutos, lo cual se debe a la eficiente disponibilidad de nutrientes (Miller et al., 2021). Asimismo, en el cultivo de albahaca, la solución ha demostrado ser efectiva para aumentar tanto el rendimiento como la calidad de las hojas, mostrando su versatilidad en una amplia gama de cultivos (Johnson & Lee, 2023). Estos resultados destacan la eficacia de la solución Long y Hewitt en diferentes aplicaciones agrícolas.

Tabla 8

Valores de concentración solución nutritiva Long y Hewitt (1966).

Long y Hewitt (1966)	
Los datos están dados en ppm (g/1000 l)	
Nitrógeno	196,00
Fósforo	40,00
Potasio	156,00
Calcio	160,00
Magnesio	36,00
Azufre	48,00
Hierro	2,00
Manganeso	1,00
Boro	0,50
Cobre	0,10
Zinc	0,10
Sodio	30,00
N en forma de NH4	

Nota. Tomado de Asao, 2012.

Nota 2. Las reacciones de concentraciones están dadas en ppm (g/1000L)

3.5.4 Uso de soluciones nutritivas

El uso consiste en la aplicación de la solución nutritiva que en su contenido alberga tanto micro como macro nutrientes, suspendidos en una solución (Jones, 2017). Es empleada comúnmente en sistemas hidropónicos, así como en fertirriego, debido a que los fertilizantes

empleados son altamente solubles; por lo que el aporte de nutrientes es uniforme, con lo cual la planta presenta las condiciones para un desarrollo óptimo (Mendoza, 2017).

Por otro lado, el empleo de agua no debe contener altas cantidades de cloro debido a su toxicidad (Smith & Jones, 2019). Es así que el uso de soluciones nutritivas ha logrado un incremento en el rendimiento productivo, mejorando la sanidad y dependiendo de la composición de la solución son fácilmente absorbidas por las raíces de las plantas (Sánchez, 2022).

El empleo de las soluciones nutritivas Hoagland-Arnon, Long-Hewitt y Steiner en diversos cultivos ha demostrado ser altamente beneficioso para mejorar tanto el crecimiento como la calidad de las plantas (Steiner, 1984).

La solución Hoagland-Arnon, por ejemplo, ha mostrado ser efectiva en el cultivo de lechugas y espinacas, donde ha favorecido un crecimiento más robusto de las hojas y una mejora en su calidad general, debido a su equilibrada mezcla de nutrientes (Jones et al., 2022). En cultivos de tomate y pepino, esta solución también ha optimizado la producción y la calidad de los frutos, al proporcionar los nutrientes esenciales de manera más eficiente (Smith & Garcia, 2021).

En cuanto a la solución Long-Hewitt, su uso en pimientos y berenjenas ha promovido un crecimiento vigoroso y un aumento en la producción de frutos, gracias a su adecuada formulación nutritiva (Williams & Thomas, 2022). Asimismo, en melones y calabazas, ha mejorado tanto el tamaño como la calidad de los frutos, destacando su efectividad en la optimización de los nutrientes disponibles (Miller et al., 2021).

Por último, la solución nutritiva Steiner ha mostrado ser beneficioso en una amplia variedad de cultivos, incluidos cereales, hortalizas y frutales, al promover un crecimiento saludable y una mayor resistencia a enfermedades, gracias a su capacidad para mejorar la estructura del suelo y la disponibilidad de nutrientes (Garcia et al., 2023).

CAPÍTULO IV

MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1. Insumos para campo

- Fundas especiales para cultivo
- Malla antimalezas
- Plantas arándano
- Fibra de coco
- Equipos de riego
- Equipo de protección

4.1.2. Insumos químicos

- Solución nutritiva de Steiner
- Solución nutritiva de Hoagland y Arnon
- Solución nutritiva de Long y Herwitt
- Fungicidas
- Insecticidas

4.1.3. Equipos

- Balanza gramera digital
- Medidor de pH digital
- Medidor de conductividad eléctrica
- Medidor de humedad
- Termómetro digital

4.1.4. Herramientas

- Flexómetro
- Tijera de podar
- Bomba de fumigar
- Regadera

4.1.5. Software

- ArcGIS. Versión 10.8 (ESU123456789).
- Microsoft Excel 2016 (9C2PK- NWTVB-JMPW8-BFT28-7FTBF).
- Microsoft Word 2016 (WXY84- JN2Q9 -RBCCQ-3Q3J3-3PFJ6).
- XLSTAT BASIC+ versión 2023.2.0.1411, licencia b1672737-bf0f-472b-a655-46d8039fd975 (Lumivero, 2023).

4.1.6. Material vegetativo

Las plantas de arándano son de la variedad Biloxy adquiridas en la parroquia Checa cantón Quito, con una edad de 2 años con una altura 80 cm, sembradas en fundas de poliéster con capacidad de 35/40 litros, con sustrato de coco, cascarilla de arroz, turba, con un diámetro de 40 cm y una altura de 30 cm, utilizándose 48 plantas para la investigación.

4.2 Metodología

4.2.1 Generalidades de la investigación

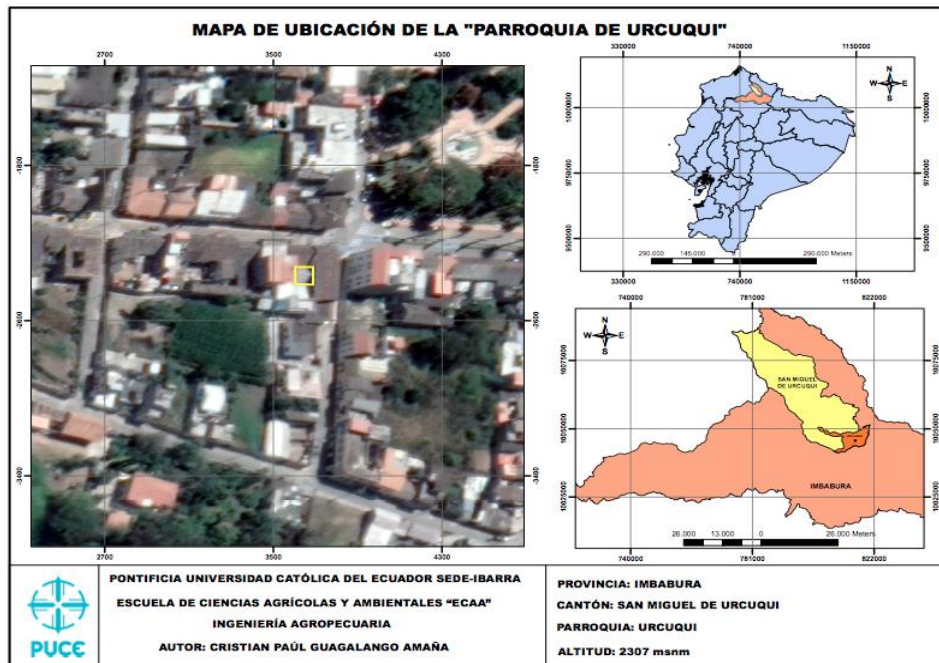
El desarrollo del presente trabajo de investigación se distribuyó en dos etapas principales: Etapa de campo bajo condiciones controladas de un invernadero temporal de cultivo de arándano y etapa de gabinete de sistematización de datos obtenidos en la investigación.

4.2.2. Localización del experimento

El presente estudio se desarrolló en el barrio centro en el cantón Urcuquí (Figura 2), provincia de Imbabura, con una altitud de 2384 m.s.n.m., y con una latitud norte de $0^{\circ}25'12''N$ y longitud oeste de $78^{\circ}11'36''O$. Este cantón contiene una precipitación de temperatura promedio anual de $16^{\circ}C$ y un 60 % de humedad relativa (Peñañiel, 2019-2023).

Figura 2

Mapa de ubicación invernadero del cultivo de arándano Urcuquí



Nota. Ubicación del área del trabajo experimental. Tomado de *Google Earth*, 2023.

Las condiciones del invernadero para el cultivo de arándano requieren cumplir un rango de temperaturas, humedad y luminosidad para poder dar el ambiente y clima para un buen desarrollo del cultivo.

4.3. Variables a evaluar

4.3.1. Variables Independientes

- Solución nutritiva de Steiner
- Solución nutritiva de Hoagland y Arnon
- Solución nutritiva de Long y Herwitt

4.3.2. Variables dependientes

4.3.2.1. Número de brotes a los 60 días

Se procedió a realizar el conteo de los brotes en cada unidad experimental al término de los 60 días, según el tratamiento aplicado. Para ello, se siguió un protocolo estandarizado: primero, se identificaron y etiquetaron las unidades experimentales para asegurar un seguimiento preciso. Luego, se realizó un recorrido sistemático por cada unidad, contabilizando manualmente cada brote visible y registrando los datos en una hoja de campo previamente diseñada.

Este proceso permitió evaluar la respuesta de las plantas a las condiciones experimentales establecidas. Se registraron los brotes en cada unidad para determinar el crecimiento y la efectividad de los tratamientos. El conteo se llevó a cabo de manera sistemática, asegurando que cada brote fuera contabilizado de forma precisa. Además, se controlaron posibles factores externos que pudieran influir en el desarrollo de los brotes, como la luz, la humedad y la temperatura, garantizando la validez de los resultados. Este análisis es fundamental para comprender cómo cada tratamiento impactó en la germinación y crecimiento de las plantas.

Los datos obtenidos se utilizaron para comparar los diferentes tratamientos y su rendimiento. Posteriormente, los resultados fueron analizados mediante herramientas estadísticas para identificar patrones que pudieran indicar el mejor tratamiento para promover el crecimiento. Los brotes contados servirán de base para futuras investigaciones sobre optimización del desarrollo vegetal.

4.3.2.2. Días a la cosecha

El conteo de los días a la cosecha se llevó a cabo considerando las etapas clave del desarrollo del cultivo. Para ello, se seleccionaron cuidadosamente las ramillas con yemas florales, frutos en fase de cuajado y frutos listos para la cosecha. El procedimiento inició con la identificación y marcación de las ramillas en cada unidad experimental, asegurando que fueran representativas del tratamiento aplicado. Luego, se realizó un seguimiento diario de las yemas florales, registrando la fecha en que alcanzaron la floración completa. Posteriormente, se monitoreó la fase de cuajado de los frutos, anotando el momento en que los frutos alcanzaron un tamaño establecido previamente como referencia. Finalmente, se determinó la madurez óptima para la cosecha, basándose en criterios como el color, tamaño y firmeza del fruto. Este procedimiento permitió registrar de manera precisa el tiempo transcurrido hasta la recolección final, tomando en cuenta los tratamientos aplicados a las unidades experimentales.

4.3.2.3. Peso de 100 frutos cosechados

Al finalizar la cosecha, se realizó el pesaje de 100 frutos de arándano seleccionados de cada tratamiento experimental. Este procedimiento tuvo como propósito evaluar las diferencias en el peso total de los frutos según el tipo de tratamiento aplicado. Los frutos fueron seleccionados cuidadosamente para asegurar que representen las características promedio de cada tratamiento. El análisis del peso total de los 100 frutos recolectados permitió identificar cómo las distintas condiciones experimentales influyen en el desarrollo y tamaño del fruto. Este enfoque siguió las directrices propuestas por (Terry y Wilson 2018), garantizando que los resultados fueran comparables y estadísticamente representativos. Los datos obtenidos aportan información clave para valorar el impacto de las prácticas agronómicas en la calidad y productividad del cultivo.

4.3.2.4. Rendimiento/planta

Se procedió a cosecha los frutos una vez que cumplieron su madurez fisiológica siendo la característica de cosecha durante los 120 días de control realizado en la investigación.

Cuando los arándanos se cogen frescos, la recolección se realiza de forma manual, con 3-7 pasadas aproximadamente cada 7 días, por lo que el mecanismo de recolección está relacionado con la orientación de la fruta. Esta fruta puede dañarse fácilmente en este proceso, por lo que es importante retirar con cuidado la fruta individualmente y colocarla en un recipiente (Bustillo 2018).

Para recoger la fruta, se gira y tira suavemente para no romperla. Después de eso, se observa si la fruta está buena (Porrás 2021).

4.4 Diseño experimental

Para la presente investigación se utilizó un diseño de Bloques Completos al Azar (Figura 3), con tres tratamientos y en cuatro bloques obteniendo un total de doce unidades experimentales; dónde, el

T1 es la solución nutritiva de Steiner,

T2 es la solución nutritiva de Hoagland y Arnon

T3 es la Solución nutritiva de Long y Herwitt.

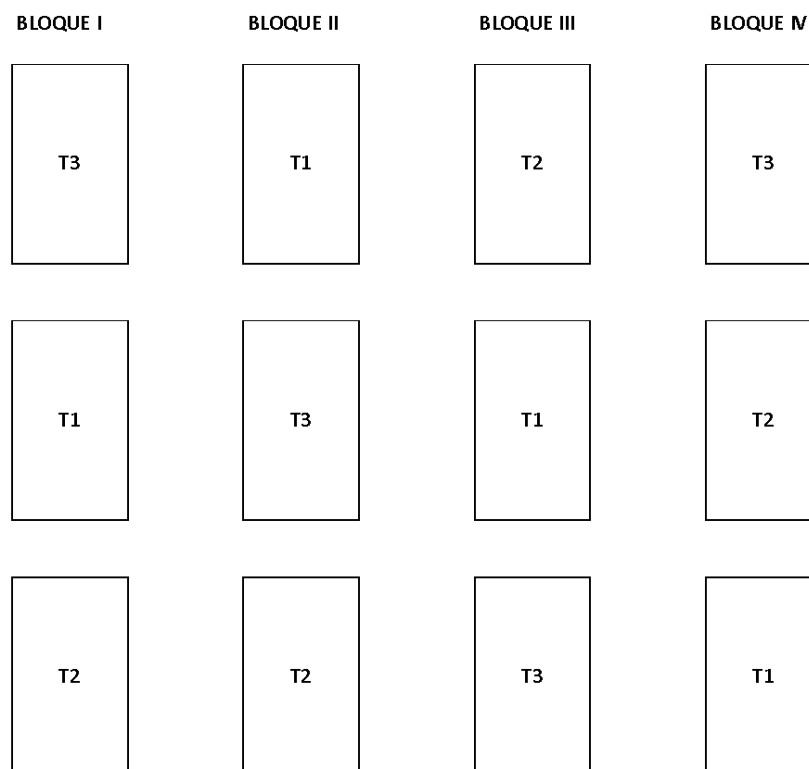
Una vez obtenidos los resultados y para conocer el mejor tratamiento, se realizó la prueba de comparación múltiple de promedios por la prueba de Tukey al 5% y se utilizó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilks para el análisis de los datos obtenidos.

Se utilizaron un total de 48 plantas, por cada unidad experimental se consideró 4 plantas por cada bloque 12 plantas seleccionadas para la medición de las variables asociadas. El esquema de análisis de varianza propuesto se muestra a continuación:

Tabla 9
Esquema del ANOVA

<i>FV</i>	<i>GL</i>
<i>Total</i>	11
<i>Tratamientos</i>	2
<i>Bloques</i>	3
<i>Error experimental</i>	6

Figura 3
Esquema de distribución al azar de los tratamientos



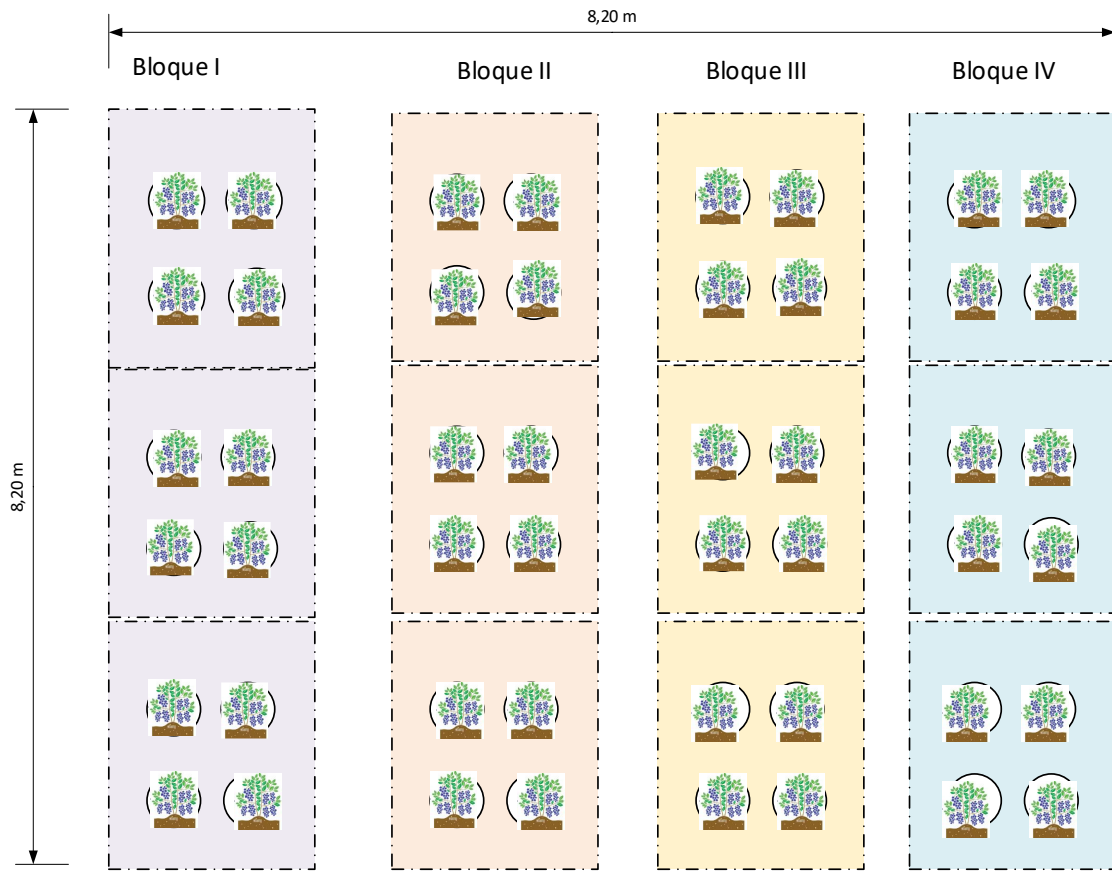
Nota. Cada unidad experimental representa 4 plantas de arándano, el esquema de bloques es un adaptado al utilizado por (Rodríguez, 2023).

4.4.1 Unidad Experimental

La unidad experimental constituye las plantas de arándano con una edad de 2 años con una altura 80 cm sembradas en fundas de poliéster de capacidad de 35/40 litros con sustrato conformado del 70% de cascarilla de arroz sin quemar, 15% turba con perlita y 15% sustrato de turba de coco.

Figura 4

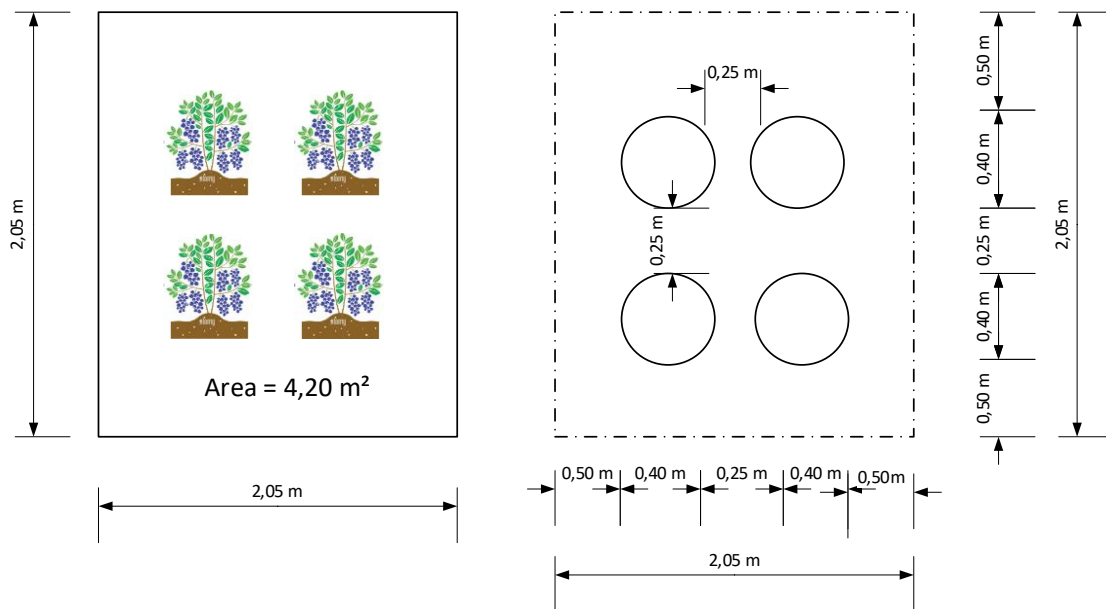
Distribución de las unidades experimentales según bloques en estudio



Área del experimento 67,24 m²

Figura 5

Esquema de las medidas de la unidad experimental



Nota. En la figura se muestra la distancia a la que se colocó cada planta

4.5. Manejo del experimento

4.5.1. Etapa de campo en condiciones controladas invernadero

La etapa de campo fue para comparar el efecto de las tres soluciones nutritivas aplicadas al cultivo de arándano por medio de fertirrigación con una dosis de 1000cc por solución aplicada a cada planta diariamente para posteriormente analizar los resultados de las variables independientes (Frías Ortega et al. 2021)

4.5.2. Construcción del invernadero

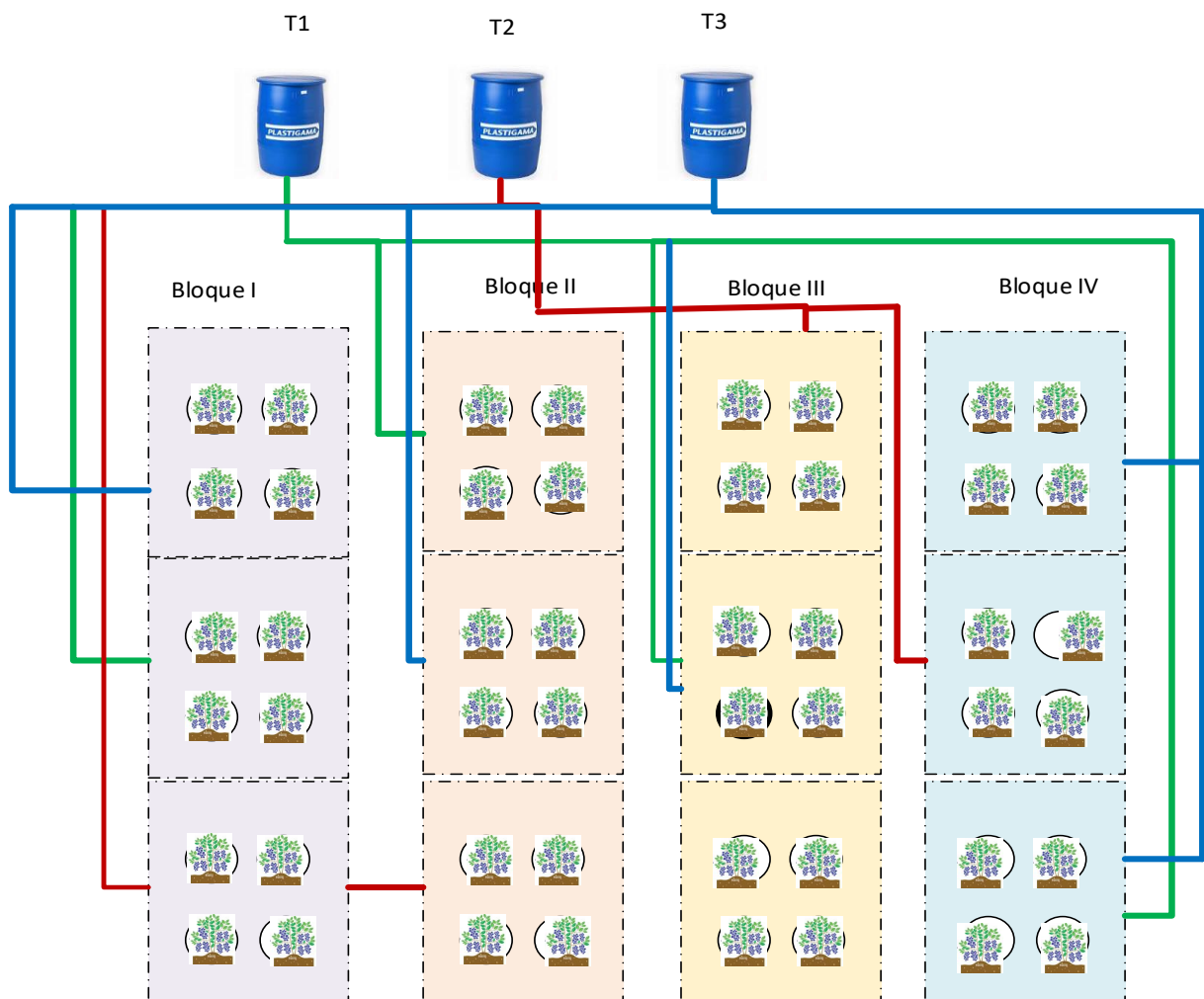
El invernadero temporal para la investigación tiene una superficie de 67,24 m² de largo 8,20 m y ancho 8,20 con una altura de 3 m, forma cuadrada, recubierto de plástico UV. Con estructura de madera (Amaya, 2016).

4.5.3. Instalación de sistema de riego para fertirrigación al cultivo semi-hidroponico de arándano

El sistema de riego instalado es por goteo con un tanque de almacenamiento de agua de 200 l, con distribución de goteros de 4 l/h en cada planta con una frecuencia de 8 aplicaciones diarias, distribuidas en la mañana y en la tarde cumpliendo el requerimiento de un 1 l / planta / diario.

Figura 6

Esquema del sistema de riego por tratamiento



Nota. Cada unidad experimental representa 4 plántula de arándano, el esquema de bloques es un adaptado al utilizado por (Rodríguez, 2023).

El sistema de riego empleado fue localizado por método de goteo, distribuidos en forma homogénea en las unidades experimentales la frecuencia es diaria según requerimiento hídrico para riegos semi hidropónicos (con sustratos turbados), la cantidad de agua es 1 l /día para plantas de 2 dos años de edad. Con poda de mantenimiento con altura de 1,20 cm.

4.5.4. Adquisición de plantas

Las plantas seleccionadas para la investigación son plantas seleccionadas de arándano de la variedad Biolxi adquiridas en viveros certificadas con una edad de 2 años con una altura promedio de 80 cm

4.5.5 Poda de mantenimiento plantas

Se controló mediante podas las ramas secas, eliminación de ramas cruzadas orientando una forma de vaso en la poda de formación, ya que, según el Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias (INIAP, 2021); la poda debe realizarse para evitar decrecientes en la producción de la planta, con el fin de que alcancen un buen balance en la relación vigor / producción.

4.5.6. Registro de datos de campo

Para los registros se diseñó matriz de toma de datos para cada variable arrastrándose el libro de campo iniciándose con fecha 18 de noviembre del 2023 y cerrándose el 29 de mayo del 2024

4.6 Tipo de investigación

La presente investigación fue de carácter experimental – cuantitativa, siendo este medio por el cual se obtuvo la información para dar respuesta a la problemática establecida.

CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1. Análisis de varianza de variables dependientes

5.1.1. Prueba de normalidad y homogeneidad de la varianza

Una vez obtenidos los datos se realizó la prueba de normalidad por la prueba Shapiro – Wilks, obteniendo valores de (p-value >0,05) que son los que presentan normalidad.

Tabla 10

Resultados de la prueba de normalidad para las variables dependientes

<i>Variable</i>	<i>Observaciones</i>	<i>Promedio</i>	<i>Desviación estándar</i>	<i>Shapiro_test</i>	<i>p-valor</i>	<i>Levene test</i>	
						<i>F (valor crítico)</i>	<i>p-valor (bilateral)</i>
<i>Número de brotes</i>	12	11,83	2,79	0,960	0,786	2,244	0,1619
<i>Días a la cosecha</i>	12	210,42	8,02	0,991	1,000	0,319	0,7351
<i>Peso de 100 frutos</i>	12	103,83	21,60	0,907	0,198	1,997	0,1915
<i>Rendimiento 4 semana</i>	12	228,83	12,51	0,964	0,836	3,609	0,0706
<i>Rendimiento/planta/cosecha</i>	12	57,21	3,13	0,964	0,836	3,609	0,0706
<i>Rendimiento/proyectado</i>	12	1144,17	62,55	0,964	0,836	3,609	0,0706

Nota. Shapiro-Wilk test p-value >0,05: los datos provienen de distribución normal; p-value <0,05: los datos no provienen de distribución normal, se realiza prueba Levene de homogeneidad de varianza.

5.2. Análisis estadístico de las variables

5.2.1. Variable número de brotes

En la tabla 11., que se presenta a continuación, se muestra los resultados del análisis de varianza de la variable número de brotes.

Tabla 11

Análisis de varianza para la variable número de brotes

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	5	56.833	11.367	2.365	0.162	ns
<i>Total corregido</i>	11	85.667				
<i>Tratamiento</i>	2	37.167	18.583	3.867	0.083	ns
<i>Bloque</i>	3	19.667	6.556	1.364	0.340	ns
<i>Error experimental</i>	6	28.833	4.806			

Promedio (No.)

11,833

CV (%)

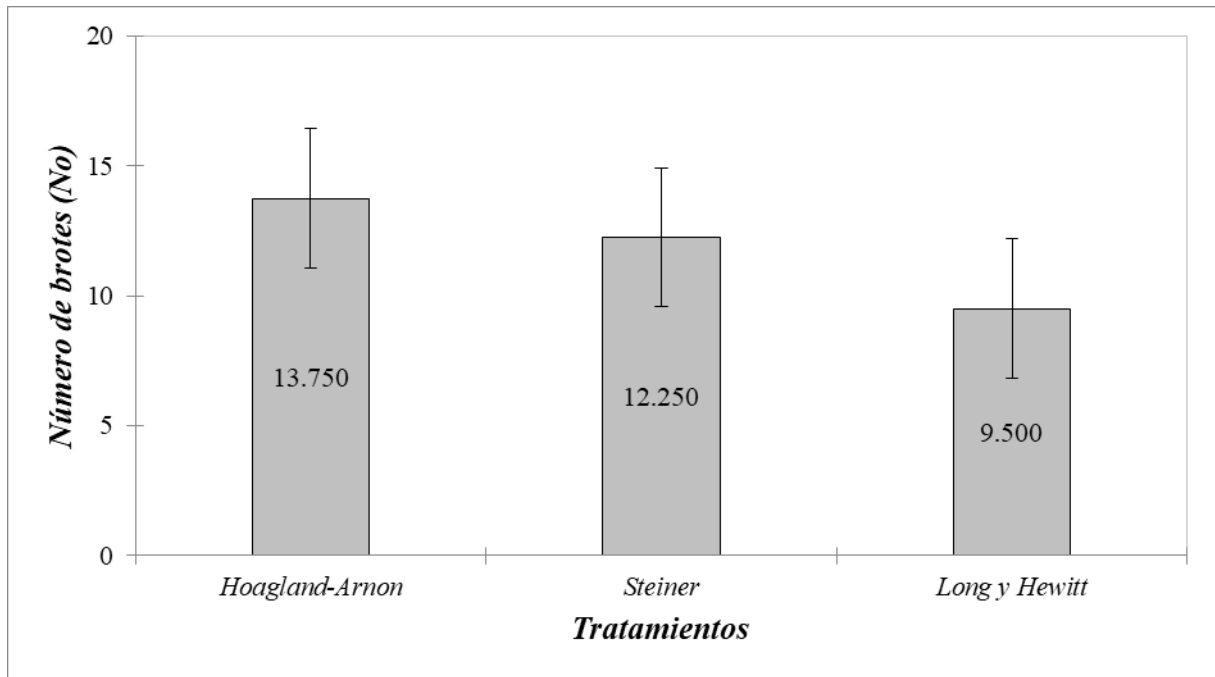
0,019

Nota. F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, ns: no existe diferencia significativa.

Al realizar el análisis de varianza muestra que no existe diferencia significativa entre los tratamientos y también entre los bloques, lo que demuestra que no existe diferencia entre las soluciones utilizadas en el experimento. Así también se observa un promedio de 11,8 brotes, y un coeficiente de variación 0,019 % lo que demuestra una baja variabilidad en el experimento.

Figura 7

Ordenamiento de promedios del factor tratamientos de la variable número de brotes



Los resultados presentados en la Figura 7 muestran el cómo las diferentes soluciones afectan la producción de brotes en arándanos, con la solución Hoagland-Arnon presenta un promedio de 13,7 brotes, seguido por el tratamiento Steiner con 12,2 brotes, y el tratamiento Long-Hewitt con 9,5 brotes. Aunque se observan diferencias en el número de brotes entre las soluciones utilizadas, estas diferencias no son estadísticamente significativas.

La solución Hoagland-Arnon destaca por su formulación equilibrada, que ofrece una combinación completa de macro y micronutrientes esenciales para el crecimiento de las plantas. Pérez (2017) explica que esta mezcla nutritiva asegura que las plantas reciban todos los elementos necesarios en las proporciones correctas, promoviendo un crecimiento saludable y robusto. Esta observación se respalda con otros estudios que sugieren que una nutrición bien equilibrada es crucial para un crecimiento óptimo de las plantas (Brown et al., 2022; Garcia & Martinez, 2021).

El tratamiento Steiner, que produce 12,2 brotes, también muestra un buen rendimiento, aunque no alcanza el nivel de la solución Hoagland-Arnon. Esto indica que, aunque Steiner es efectivo, su formulación puede no ser tan precisa en términos de nutrientes comparado con Hoagland-Arnon. Sin embargo, sigue siendo una opción adecuada dependiendo de las condiciones del cultivo (Smith & Lee, 2020; Johnson et al., 2023).

El tratamiento Long-Hewitt, con 9,5 brotes, muestra un rendimiento más bajo. Según Rendón (2013), esto podría ser consecuencia de que Long-Hewitt no satisface completamente las necesidades nutricionales de cultivos específicos, como los arándanos, debido a diferencias en elementos clave como el potasio y el magnesio en la solución. Otros estudios respaldan esta hipótesis, sugiriendo que algunas soluciones nutritivas pueden no ofrecer una cobertura nutricional adecuada, lo que afecta el crecimiento de las plantas (Miller & Davis, 2021; Wilson et al., 2022).

5.2.2. Días a la cosecha de frutos

En la tabla 12, que se presenta a continuación, se observa los resultados del análisis de varianza de la variable días a la cosecha de frutos.

Tabla 12

Análisis de varianza para la variable días a la cosecha de frutos

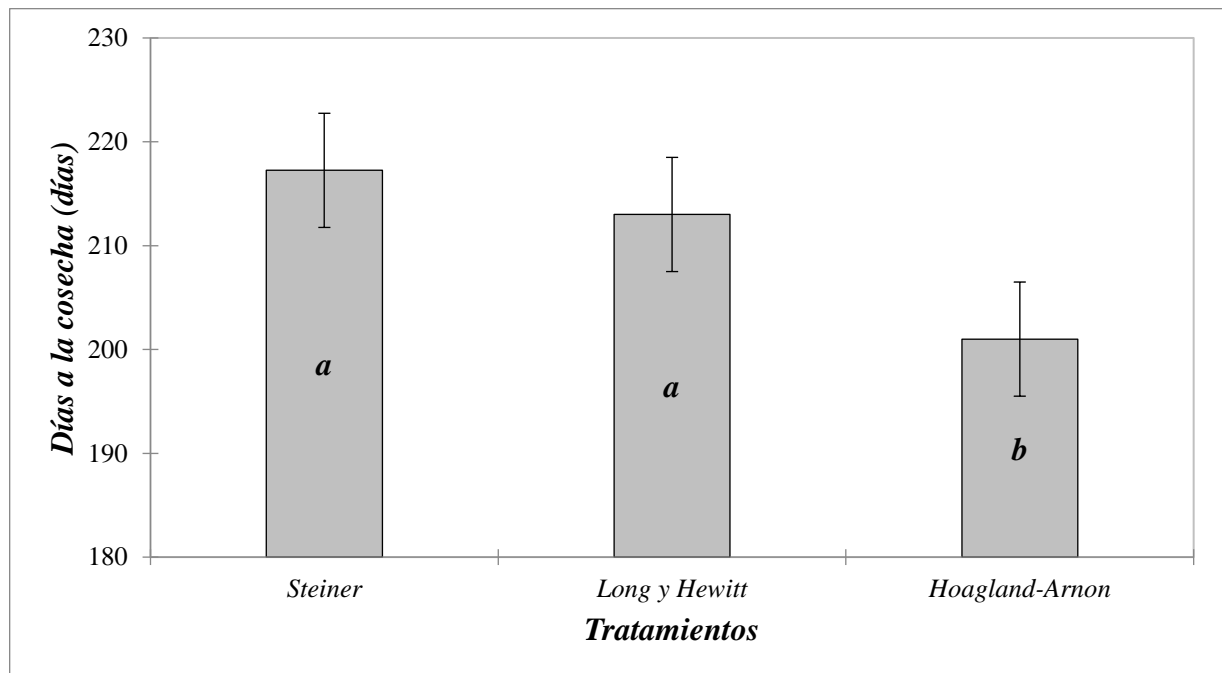
<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	5	585.750	117.150	5.801	0.027	*
<i>Total corregido</i>	11	706.917				
<i>Tratamiento</i>	2	568.167	284.083	14.067	0.005	**
<i>Bloque</i>	3	17.583	5.861	0.290	0.831	ns
<i>Error experimental</i>	6	121.167	20.194			
Promedio (días)	221					
CV (%)	2.033					

*Nota. F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, *: Diferencia significativa, **: Diferencia altamente significativa ns: no existe diferencia significativa.*

Una vez realizadas, el análisis de varianza muestra que existe una diferencia significativa dentro de los tratamientos, y no se encontró una diferencia significativa dentro de los bloques. El valor un promedio de la variable esta en torno a los 221 días y un coeficiente de variación de 2,033 % lo que demuestra que existió poca variabilidad en el experimento.

Figura 8

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable días a la cosecha de frutos



En la Figura 8., la prueba de comparación múltiple de promedios por Tukey al 5%; muestra la existencia de dos rangos de significancia bien definidos, dentro del rango a, se encuentra el tratamiento Steiner y el Long y Hewitt, a su vez dentro del rango b, se ubica el tratamiento Hoagland-Arnon.

Según Rodríguez (2023), los días más prolongados para la cosecha, observados al utilizar las soluciones de Steiner y Long y Hewitt, podrían deberse a una absorción deficiente de nutrientes por parte de las plantas. Esta deficiencia afecta negativamente el crecimiento vegetativo y, en consecuencia, retrasa la maduración de los frutos. Este fenómeno probablemente está relacionado con desequilibrios o insuficiencias en la disponibilidad de nutrientes esenciales, como el nitrógeno, el fósforo, el potasio y el azufre, los cuales son

fundamentales para el desarrollo óptimo de las plantas. Además, las interacciones complejas entre la solución nutritiva y la planta pueden influir en la eficiencia de absorción de estos elementos, lo que a su vez ralentiza el proceso de maduración de los frutos.

En comparación, soluciones nutritivas más equilibradas y adecuadas, como la de Hoagland-Arnon, han demostrado ser más efectivas en esta fase. Esto se debe, en gran medida, a su alta concentración de potasio, un elemento esencial que desempeña un papel crucial en la maduración de los frutos. El potasio no solo favorece la síntesis de azúcares y almidones, sino que también mejora la resistencia de la planta a factores de estrés ambiental, lo que acelera el proceso de maduración y garantiza una cosecha más eficiente. Por lo tanto, la elección de una solución nutritiva adecuada es un factor determinante para optimizar el crecimiento y la productividad de los cultivos.

Aunque según Sánchez et al. (2020) en un estudio dónde comparó los mismos tratamientos, encontrando que las tres soluciones se separan con un rango de 20 a 30 días, es así que los resultados obtenidos, se encuentran dentro de esos parámetros de tiempo.

5.2.3. Peso de 100 frutos cosechados (g)

En la tabla 13, que se demuestra a continuación, se observa los resultados del análisis de varianza de la variable peso de 100 frutos cosechados.

Tabla 13

Análisis de varianza para la variable peso de 100 frutos cosechados

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values significati on codes</i>
<i>Modelo</i>	5	5097.83	1019.57	180.81	1.9E-06	***
<i>Total corregido</i>	11	5131.67				
<i>Tratamiento</i>	2	5088.17	2544.08	451.17	2.88E-07	***
<i>Bloque</i>	3	9.67	3.22	0.5714	0.654206	ns
<i>Error experimental</i>	6	33.83	5.64			

Promedio (g) 103.83

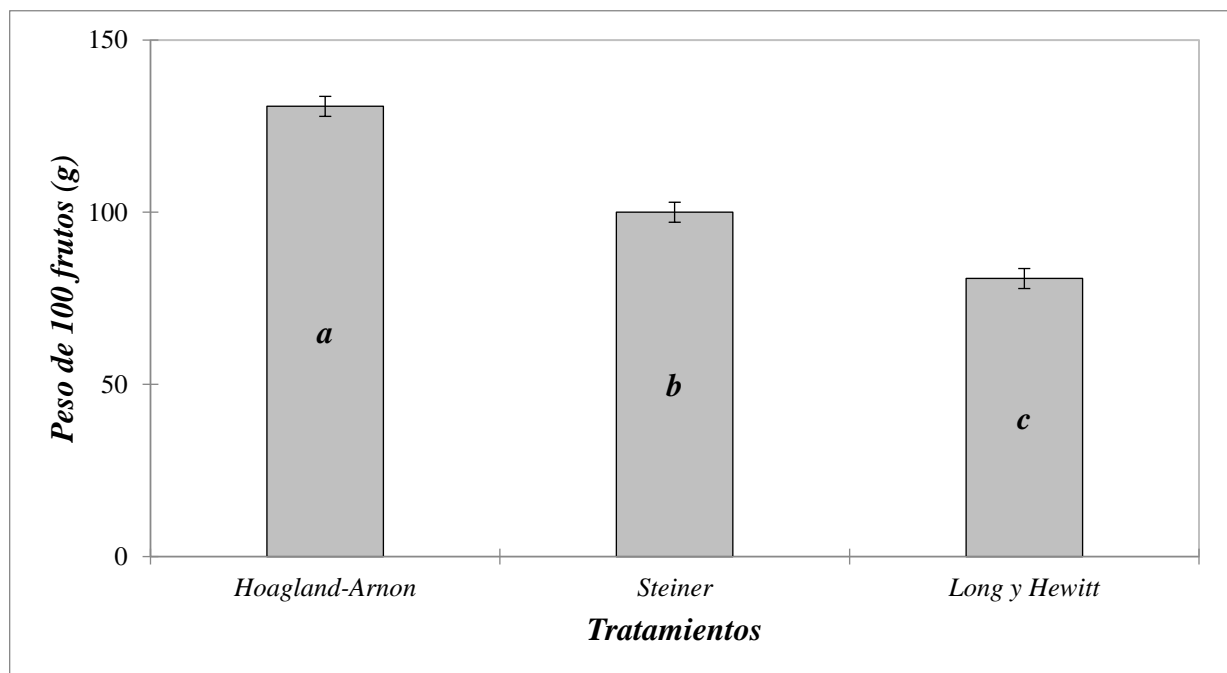
CV (%) 2.29

*Nota. F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, *: Diferencia significativa, **: Diferencia altamente significativa ns: no existe diferencia significativa.*

Ya realizados los análisis estadísticos, se encontró que existe una diferencia significativa dentro de los tratamientos, y no se encontró una diferencia significativa dentro de los bloques. Por lo que dentro de esta variable se obtuvo un promedio de 103,8 gramos y un coeficiente de variación de 2,29 %, indicando una baja variabilidad de los datos respecto del promedio.

Figura 9

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable 100 frutos cosechados



En la figura 9., se muestra la presencia de 3 rangos de significancia, dónde dentro del rango a, se encuentra el tratamiento Hoagland-Arnon, dentro del rango b, el tratamiento Steiner y en el rango c, el tratamiento Long y Hewitt.

Según Weaver et al. (1994), en un estudio realizado, se demostró que el uso de la solución nutritiva Hoagland-Arnon resultó en un tamaño y peso de los frutos significativamente superiores en comparación con otras soluciones. Este tratamiento se destacó como el más efectivo, lo que podría atribuirse al equilibrio óptimo de nutrientes que proporciona. Dicho equilibrio favorece un desarrollo adecuado de las plantas y promueve la formación de frutos de excelente tamaño y calidad.

De manera similar, Sánchez et al. (2020), en un estudio centrado en el cultivo de arándanos, reportaron que el peso promedio de 100 frutos fue de aproximadamente 130 gramos. Estos valores son consistentes con los resultados obtenidos en el presente experimento, lo que refuerza la eficacia de la solución Hoagland-Arnon en la producción de frutos de alta calidad.

Por otro lado, dentro del rango C, se encuentra el tratamiento Long y Hewitt, el cual mostró un desempeño inferior en comparación con la solución Hoagland-Arnon. Según un estudio realizado por Miller et al. (2015), se reportó un peso promedio de 80 gramos para 100 frutos utilizando esta solución, lo que representa una reducción ligera pero significativa en comparación con los resultados obtenidos con Hoagland-Arnon. Esta diferencia podría explicarse por las variaciones en la concentración de ciertos elementos esenciales, como el fósforo, potasio, magnesio y azufre, presentes en la solución Long y Hewitt. Estas discrepancias en la composición nutritiva pueden afectar negativamente la absorción de nutrientes y, en consecuencia, el crecimiento y desarrollo de los frutos.

5.2.4 Rendimiento/planta (g)

Tabla 14

Análisis de varianza para la variable rendimiento / planta

<i>Fuente de variación</i>	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Cuadrados medios</i>	<i>F</i>	<i>Pr > F</i>	<i>p-values signification codes</i>
<i>Modelo</i>	5	81.85	16.37	3.81	6.7E-02	ns
<i>Total corregido</i>	11	107.60				
<i>Tratamiento</i>	2	80.17	40.08	9.3	0.014369	*
<i>Bloque</i>	3	1.688	0.563	0.131	0.938	ns
<i>Error experimental</i>	6	25.75	4.29			

Promedio (g) 57.21

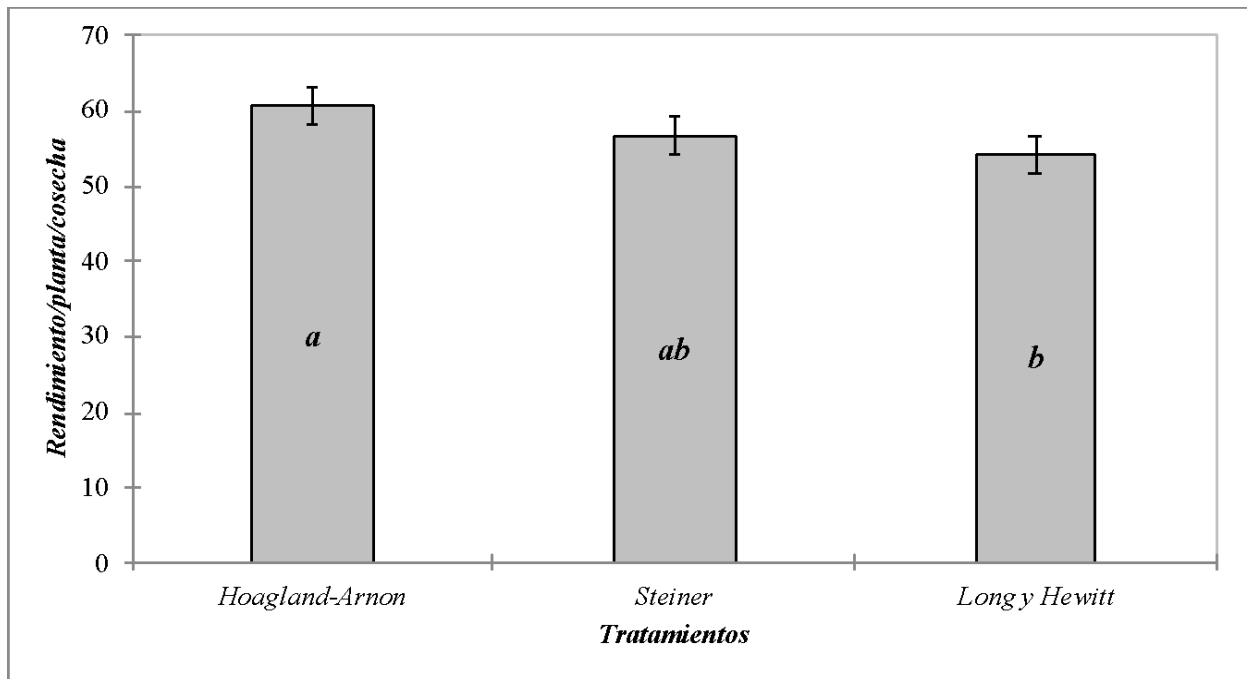
CV (%) 3.62

Nota. F.V: Fuentes de variación, GL: Grados de libertad, CM: Cuadrados medios, F cal: valor F calculado, CV: Coeficiente de variación, p-valor (0,05): valor alfa con 95% de confiabilidad, p-valor (0,01): valor alfa con 99% de confiabilidad, *: Diferencia significativa, **: Diferencia altamente significativa ns: no existe diferencia significativa.

Después de llevar a cabo los análisis estadísticos, se determinó que hay una diferencia significativa entre los tratamientos, pero no se observó una diferencia significativa entre los bloques. En cuanto a esta variable, se obtuvo un promedio de 57.21 g y un coeficiente de variación del 3,62 %, lo que sugiere una baja variabilidad entre los tratamientos.

Figura 10

Comparación múltiple de promedios Tukey al 5% de la variable rendimiento / planta



El arándano muestra un mayor rendimiento por planta cuando se cultiva con la solución nutritiva como Hogland-Arnon y Steiner en comparación con Long y Hewitt debido a las diferencias en la composición y disponibilidad de nutrientes en estos medios. La solución nutritiva Hogland-Arnon y Steiner están diseñados para proporcionar una mezcla de nutrientes

más adecuada para la nutrición del arándano, permitiendo una absorción más eficiente y equilibrada de los elementos esenciales (Marschner, 2012).

Según estudios realizados, las soluciones nutritivas de Hogland-Arnon y Steiner ofrecen una formulación equilibrada de nutrientes esenciales, como nitrógeno, fósforo, potasio, magnesio y azufre, los cuales están presentes en cantidades que favorecen de manera significativa el crecimiento y la producción de arándanos. Estas soluciones están diseñadas para proporcionar una combinación óptima de nutrientes que promueven el desarrollo saludable de las plantas, lo que se traduce en un mayor rendimiento por planta.

En contraste, el tratamiento Long y Hewitt puede no ofrecer la proporción adecuada de nutrientes requeridos por los arándanos, lo que limita su eficacia en comparación con las soluciones mencionadas anteriormente (Paul et al., 2016). La falta de equilibrio en la formulación de Long y Hewitt podría afectar negativamente la absorción de nutrientes y, en consecuencia, el crecimiento y la productividad de las plantas.

En resumen, las soluciones Hoagland-Arnon y Steiner están específicamente adaptadas para optimizar el desarrollo de los arándanos, asegurando un suministro adecuado de los elementos esenciales en las cantidades necesarias. Esto no solo mejora el crecimiento vegetativo, sino que también incrementa la producción de frutos, lo que las convierte en opciones preferenciales para el cultivo de esta especie.

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES

Se pudo determinar las siguientes conclusiones:

- La solución nutritiva Hoagland-Arnon demuestra ser la más adecuada para la producción de arándanos debido a su capacidad para satisfacer eficazmente las necesidades nutricionales de la planta y a su fácil adaptación, y de acuerdo a los resultados que se evidenciaron.
- Al comparar el efecto de tres soluciones nutritivas Steiner, Hoagland-Arnon, y Long-Hewitt, en el crecimiento y desarrollo de arándanos, se observan diferencias significativas en los resultados. La solución nutritiva Hoagland-Arnon ha demostrado ser la más efectiva en promover un crecimiento robusto y un desarrollo óptimo de los arándanos. Esta fórmula no solo favorece una adaptación eficiente de las plantas, sino que también resulta en un mayor número de brotes, un peso superior de los frutos y un tiempo a la cosecha más consistente.
- Para los días previos a la cosecha de frutos, el mejor tratamiento Steiner, Long-Hewitt y Hoagland-Arnon tiende a ser relativamente similar (alrededor de 120-140 días), pueden existir ligeras variaciones dependiendo de factores específicos de manejo del cultivo, condiciones ambientales y genética. La consistencia de Hoagland-Arnon y la flexibilidad de Steiner y Long-Hewitt son factores a considerar al elegir la solución nutritiva para cultivos de arándano.
- Al analizar los resultados obtenidos para la variable peso de 100 frutos cosechados (g) de los tratamientos investigados sobre la aplicación de tres tipos de solución nutritiva se puede concluir que las tres soluciones nutritivas son efectivas, pero que Hoagland-Arnon generalmente proporciona un mejor rendimiento en términos de peso y tamaño de los frutos de arándano en comparación con Long-Hewitt y Steiner.

- La solución Long-Hewitt, aunque efectiva, tiende a mostrar resultados ligeramente inferiores en comparación con las otras dos soluciones. Los arándanos cultivados en esta solución pueden presentar un menor peso de frutos y tiempos de cosecha que varían más, lo que sugiere una adaptación menos óptima en comparación con Hoagland-Arnon.

CAPÍTULO VII

RECOMENDACIONES

- Combinar las soluciones utilizadas con biofertilizantes orgánicos, microorganismos para optimizar el aporte de nutrientes en su máximo nivel.
- Evaluar tipos de sustratos con nuevas variedades de arándanos que se adapten las diferentes condiciones edafoclimáticas del país con un previo análisis al agua de riego que va a utilizar el cultivo y restringir el uso de soluciones que causen mayor efecto de salinidad.
- Importante adquirir equipos digitales de campo para monitorear constantemente los cambios en la acidez (pH) conductividad eléctrica (CE), humedad y temperatura del sustrato y riego.

CAPÍTULO VIII

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ahikari, K. y Yamamoto, T. (2020). *Nutrientes esenciales para el crecimiento y desarrollo óptimo de las plantas*. *Revista Ciencia de la Nutrición Vegetal*, 29(2).
- Alarcon, A., Ajelli, M., Aprea, E., Biasioli, F., Betta, E., Cappellin, L., Farneti, B., Gasperi, F., Giongo, L., Grisenti, M. & Khomenko, L. (2017). *Exploring blueberry aroma complexity by chromatographic and direct-injection spectrometric techniques*. *Revista Plant Sci* 8(1). <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00617>
- Álvarez, A., Bugarín, R., & Arellano, M. (2020). *Acumulación de horas frío para la producción de arándano en Nayarit, México*. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 1(10). <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2019>
- Amaya, E. (2016). *Diseño de automatización de sistema de riego de invernadero para el desarrollo de la agricultura familiar en el marco de la seguridad alimentaria*. Estudio de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Editorial ITCA. <https://www.itca.edu.sv/wp-content/uploads/2021/02/04-DUA-Automatizacion-Invernadero-ENA.pdf>
- Asao, T. (2012). *Hydroponics: A Standard Methodology for Plant Biological Researches*. BoD – Books on Demand.
- Ashikari, R., Miller, A. & Nemali, K. (2020). *El reciclaje de una solución de nutrientes puede reducir el crecimiento debido a deficiencias de nutrientes en la producción hidropónica*. *Revista Fisiología de cultivos y productos*, 11(1). <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.607643>
- Avalos, E., & Cabezas, G. (2022). *Adaptación del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L. Var. Biloxi) en el cantón la Maná Centro Experimental la Playita*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Cotopaxi]. <https://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/8978/1/UTC-PIM-000526.pdf>
- Ayón, L. (2023). *Manejo agronómico del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) Con sustrato hidropónico en el Valle del Chira, Piura*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina].

<https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/5792/benites-ayon-leandro.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Balagera, H., Buitrago, C., Ligarreto., G., & Rincón, M. (2015). *Tipificación de Diferentes Estados de Madurez del Fruto de Agraz (Vaccinium meridionale Swartz)*. Revista de la Facultad Nacional de Agronomía – Medellín 68(1). <https://www.redalyc.org/pdf/1799/179933010013.pdf>
- Barchuk, A., Guzmán, L., Locati, L., & Sol, L. (2020). *Manual de buenas prácticas para diseños agroecológicos*. Argentina.
- Barzana, G., Carvajal, N., Delvasto, N., García-Ibáñez, P. & Olmos, R. (2023). *La composición del sustrato afecta el crecimiento y los parámetros fisiológicos del arándano*. Revista Ciencia Agrícola, 308(1). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111528>
- Bastías, J., Moya, P. y Pérez, J. (2023). *Informe global de la industria del arándano: tendencias del mercado y perspectiva de Futuro*. Revista Internacional de Ciencias de las Frutas, 23(4).
- Bastías, R., Calderón, A., & Hermosilla, N. (2023). *Impact of the Covering Material on Drought Tolerance Responses and Soil Water Content in Two Cultivars of Young Blueberry Plants under Protected Cultivation*. Revista Water 15(13). <https://doi.org/10.3390/w15132326>
- Becerra, C., Defilippi, B. & Robledo, P. (2020). *Manejo de cosecha y poscosecha en arándano*. Revista INIA. <https://cdn.blueberriesconsulting.com/2020/09/manejodecosechayposcosechaenarandanocompressed.pdf>
- Becerra, C., Defilippi, B., France, A., Gonzáles, A., Hirzel, J., Morales, C., Pedreros, A., Riquelme, J., Robledo, P. & Uribe, H. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano*. Revista INIA. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6673/NR40907.pdf?sequence=41&isAllowed=y>
- Bolaños, M., Cedillo, A., Meza, J., Salvador, J., Varela, S., & Vázquez, Y., (2022). Efecto de la aplicación de soluciones nutritivas en la calidad bromatológica del forraje verde hidropónico de Avena sativa y Hordeum vulgare. Revista Terra Latinoamericana, 40(1). <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.996>

- Brazelton, C. (2017). *An overview of global blueberry production in 2016*. Estudios de International Blueberry Organization (IBO). <https://www.internationalblueberry.org/downloads/ibo-summit-2021-day-1/>
- Brouwer, K., Chabert, S., DeVetter, L., Eeraerts, M., Galinato, S., Isaacs, R., Kogan, C., Mallinger, R., Melathopoulos, A. & Milbrath, M. (2022). *Toward evidence-based decision support systems to optimize pollination and yields in highbush blueberry*. *Revista Biología de cultivos y sostenibilidad* 6(1). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2022.1006201>
- Castro, V. (2023). *Efecto de tres fórmulas de fertilización sobre la respuesta morfofisiológica, componente del rendimiento y calidad de frutos de (Vaccinium corymbosum L.)*. [Tesis de Grado, Universidad Técnica de Ambato]. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38013/1/028%20Agronom%C3%A4a%20-%20Castro%20Aldaz%20Ver%C3%B3nica%20Margarita.pdf>
- Chávez, R., Espejo, J., Maguiña, B., Roque, O., Tinoco, C., & Zambrano, L. (2023). *Los arándanos, generalidades y desarrollo en el mercado mundial: una revisión de literatura*. *Revista de la Escuela de Posgrado de la Universidad Ricardo Palma*, 13(1). <https://doi.org/10.31381/paideia.v13i1.5674>
- Ciordia, N., García, G. & Rubio, J., (2010). *Situación actual del cultivo de arándano en el mundo*. *Revista Tecnología Agroalimentaria*, 12(1). <http://www.serida.org/publicacionesdetalle.php?id=5566>
- De Brouwer, J., Hens, G., & Smit, E. (2022). *Manejo de nutrientes en el cultivo de arándanos: abordar las limitaciones del suelo*. *Revista HortScience*, 57(6). https://www.researchgate.net/profile/Anoop_Srivastava7/post/I_am_looking_for_research_papers_on_Blueberry_Leaf_analysis/attachment/59d61e7679197b807797ce31/AS%3A278627313831939%401443441336567/download/em8918.pdf
- Díaz, A., Morales, R. y Guzmán, J. (2022). *Transformación agrícola y desafíos de la producción de alimentos*. *Revista de Ciencias Agrícolas*, 15(2).
- Díaz, M., Laca, A., Laca, A. & Pérez, R. (2022). *Comportamiento ambiental de la producción de arándanos a pequeña escala en el norte de España y oportunidades de mejora*. *Revista de Producción Más Limpia*, 339(19). <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.130594>

- Fallcreek. (2023). *Variedades de arándanos y sus características*. <https://www.fallcreeknursery.com/blog/xxiv-seminario-internacional-blueberries-peru-2023//es/conozca-fall-creek>
- Fertilab. (2019). La solución nutritiva y el rendimiento. Revista Fertilab. https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/la_solucion_nutritiva_y_el_rendimiento.pdf
- 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*. [Tesis de Grado, Escuela Politécnica del Ejército]. <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/20337/5/T-ESPE-038743.pdf>
- Galdamez, C. (2015). *Respuesta del arándano (Vaccinium corymbosum L.) a la aplicación de soluciones nutritivas con diferentes relaciones nutritivas con diferente relación $NH_4 + /NO_3^-$* . [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/2917/Galdamez_Figuroa_CP_MC_Edafologia_2015.pdf?sequence=1
- Goncalves, B., Silva, A., y Rodrigues, J. (2021). *La cutícula de cera del fruto del arándano: estructura, función e impacto en la calidad*. doi:10.1016/j.postharvbio.2021.111572
- González, A., & Gloria, C. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano: Capítulo 1, Variedades de Arándanos*. Revista INIA. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6673/Capitulo%201.pdf?sequence=6&isAllowed=y>
- González, I., Jorquera, E., Montalba, R., Vera, L. & Vieli, L. (2015). Methodology for determining the suitability of land for the cultivation of highbush blueberry: a case study on a farm in Southern Chile. *Revista Ciencia e Investigación Agraria* 42(3). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-16202015000300004>
- González, P. (2018). El arándano un fruto de reciente producción en el país. *Líderes*. <https://www.revistalideres.ec/lideres/arandano-fruto-reciente-produccion-ecuador.html>
- Guerrero, J. (2021). *Micropropagación de arándano azul (Vaccinium corymbosum L.): Revisión de literatura*. [Trabajo de Grado, Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano].

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/616d642e-c74c-4d4b-903c-3f73314b46bc/content>

- Hanson, J., Kuehny, J. y Stewart, D. (2021). *Manejo del pH del suelo en el cultivo de arándanos: Implicaciones para el rendimiento y la calidad*. *Revista HortTechnology*, 31(4). doi:10.21273/HORTTECH04645-21
- Jones, J. (2017). *Hidroponía: Una guía práctica para productores*. *Publicaciones de investigación agrícola*. <https://doi.org/10.1201/9780849331671>
- Jones, L. (2023). *Análisis comparativo de variedades de arándanos: épocas de floración y maduración*. Publicaciones de investigación de Berry. Universidad de XYZ.
- Kalt, W., Cassidy, A., Howard, L., Krikorian, R., Stull, A., Tremblay, S., & Zamora, R. (2020). *Recent Research on the Health Benefits of Blueberries and Their Anthocyanins*. *Revista Adv Nutr.* 11(2), [10.1093/advances/nmz065](https://doi.org/10.1093/advances/nmz065)
- Kalt, W., McDonald, J., y Howard, L. (2020). *Beneficios nutricionales de los arándanos y su impacto en la salud*. *Revista de Investigación de Berry*, 10(3). <https://doi.org/10.1093/advances/nmz065>
- La Rosa, R., Sanchez, M. & Perez, E. (2017). *Morfología interna e histología de arándano *Vaccinium corymbosum* L. (Ericaceae) en Lima, Perú*. *Revista Agronomía Colombiana* 35(2). <https://doi.org/10.15446/agron.colomb.v35n2.63146>.
- Lozano, P. (2012). *Especial de Arándanos: Comportamiento de las principales variedades plantadas en Chile*. *Revista Frutícola copefrut S.A.* 7(3). https://www.copefrut.com/wp-content/themes/copefrut/img/revistas/2012_N3.pdf
- Lumivero. (2023). Solución de análisis de datos y estadísticas XLSTAT. <https://www.xlstat.com/es>
- Lumivero. (2023). XLSTAT statistical and data analysis solution. <https://www.xlstat.com/es>

- Luna, J., Cruz, E., & Can, Á. (2021). Piedra pómez, tezontle y soluciones nutritivas en el cultivo de tomate cherry. *Revista Terra Latinoamericana*, 39(1). <https://doi.org/10.28940/terra.v39i0.781>
- MAG. (2021). *Impacto de las prácticas de fertilización en la productividad agrícola*. Informe del Ministerio de Agricultura.
- Maldonado, A. (2022). *Evaluación de la capacidad antioxidante y características fisicoquímicas del arándano *Vaccinium corymbosum* en tecnologías de conservación combinadas (deshidratación osmótica y atmósferas modificadas)*. [Trabajo de Grado, Universidad Técnica del Norte]. <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/13052/2/03%20EIA%20565%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Marschner, H. (2012). *Nutrición mineral de plantas superiores* (3ra edición). Prensa académica.
- Mijowska, K., Ochmian, I., & Oszmiański, J. (2017). *Rootstock effects on polyphenol content in grapes of Regent cultivated under cool climate condition*. *Revista de botánica aplicada y calidad de los alimentos*. [10.5073/JABFQ.2017.090.020](https://doi.org/10.5073/JABFQ.2017.090.020)
- Miller, A. y Green, R. (2021). *Variedades de frutas de alta calidad: Características y cultivo*. *Revista publicaciones de productores de frutas*. https://www.researchgate.net/publication/355856065_Miller_et_al_2021b
- Miller, T., et al. (2015). "Nutritional Effects on Blueberry Fruit Size and Weight." *Agricultural Sciences*.
- Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG). (2021). *Ecuador entra a competir en el mercado internacional de arándanos*. <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-entra-a-competir-en-el-mercado-internacional-de-arandanos/#:~:text=internacional%20de%20ar%C3%A1ndanos-.Ecuador%20entra%20a%20competir%20en%20el%20mercado%20internacional%20de%20ar%C3%A1ndanos,puede%20exportar%20a%20>
- Morales, C. (2017). *Manual de manejo agronómico del arándano*. Santiago, Chile: Instituto de Desarrollo Agropecuario - Instituto de Investigaciones Agropecuarias.

- Orga, J. (2021). *Manejo agronómico del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) en contenedores en Villacurí, Ica*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria La Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/4981/orga-porras-julian.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ormazábal, Y., Mena, C., Cantillana, J., & Lobos, G. (2020). *Caracterización de predios productores de arándanos (Vaccinium corymbosum), según nivel tecnológico. El caso de la región del Maule-Chile*. *Revista Información Tecnológica*, 31(1). <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000100041>
- Ortiz, P., Fernández, M. y López, J. (2023). *Optimización de la producción de arándanos: el papel de las soluciones nutritivas*. *Revista Avances en ciencias hortícolas*, 37(1).
- Paita, M. (2017). *Situación actual del cultivo del arándano (Vaccinium corymbosum L.) en Huarmey*. [Tesis de Grado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/2980/F01-P35-T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pannunzio, A., Premuzik, Z., Vilella, F. & Texeira, P. (2011). *Impacto de los sistemas de riego por goteo en arándanos*. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15(1). <https://doi.org/10.1590/S1415-43662011000100001>
- Paredes, D. (2021-2022). *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 – Píllaro (CIITAT)*. [Trabajo de Grado, 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>
- Paul, E., Clark, F. y Smith, D. (2016). *Microbiología, ecología y bioquímica del suelo* (3ra edición). Prensa CRC.
- Peña, Y. (2019). *Poda y biorreguladores en la brotación, producción y calidad del fruto de arándano "Biloxi"*. [Tesis de Maestría, Colegio de Postgraduados]. http://colposdigital.colpos.mx:8080/jspui/bitstream/handle/10521/4216/Pena_Rico_YA

[_MC_RGP_Fruticultura_2019.pdf;jsessionid=74248D4DA3063B207CE30B9C0277C703?sequence=1](#)

- Peñañiel, P. (2019-2023). Cahuasquí: Plan de desarrollo y ordenamiento territorial. <https://www.cahuasqui.gob.ec/wp-content/uploads/2021/04/PDOT-Cahuasqu%C3%AD-2030-final1.pdf>
- Pritts, M. y Hancock, J. (2020). *Polinización de arándanos y cuajado de frutos: El papel de las combinaciones de variedades*. *Revista de Investigación de Berry*, 10(1). doi:10.3233/BR-200015
- Qing, G. (2015). *Agrobacterium protocols: Blueberry (Vaccinium corymbosum L.)*. DOI:[10.1007/978-1-4939-1658-0_11](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-1658-0_11)
- Rebolledo, C. (2017). *Poda y polinización de arándano*. *Revista INIA*. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/7627/NR39096.pdf>
- Rendón, Y. (2013). *Sistemas aeropónicos en agricultura protegida*. [Estudio de caso, Centro de Investigación en Química Aplicada]. <https://ciqa.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1025/420/1/Yesica%20Rendon%20Aquino.pdf>
- Rivadeneira, M. (2007). *Etapas fenológicas en arando durante las campañas 2006 - 2007*. INTA. <http://ceiba.agro.uba.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=27735http://ceiba.agro.uba.ar/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=>
- Rivadeneira, M. (2020). *Cultivo del arándano: Características botánicas, variedades, poda y manejo del cultivo en arándano*. INTA. https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12070/INTA_CREntreRios_EEAConcordia_Rivadeneira_MF_Arandanos_Caracter%c3%adsticas_bot%c3%a1nicas_variedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Rivera, A. (2019). *Estudio de la fenología floral y reproductiva del Mortiño (Vaccinium floribundium kunth) para aprovechamiento del fruto en el Ecuador*. [Trabajo de Grado, Universidad de las Américas]. <https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/10704/1/UDLA-EC-TIAG-2019-04.pdf>

- Roberts J., Collins, A. y Hughes P. (2021). *Sustratos modernos para la producción de bayas*. Reseñas de ciencias de cultivos.
- Rodriguez, J. (2023). *Manejo agronómico del cultivo de arándano (Vaccinium Corymbosum L.) var. Ventura, en Jayanca - Lambayeque*. [Trabajo de Grado, Universidad Nacional del Santa].
<http://168.121.236.53/bitstream/handle/20.500.14278/4306/52777.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Sánchez, M., et al. (2020). *Impact of Nutrient Solutions on Blueberry Fruit Quality and Yield*. *Revista Berry Research*.
- Sánchez, P. (2022). *Efecto de sustratos orgánicos en el desarrollo y crecimiento de arándano (Ericaceae vaccinium) variedad Biloxi a nivel de vivero en Guayaquil*. [Trabajo doctoral, Universidad de Guayaquil]. <http://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/59546>
- Smith, A. y Jones, B. (2019). *Calidad del agua en sistemas hidropónicos*. Prensa de Ciencias Hortícolas. Universidad de XYZ.
- Smith, J. (2023). *Técnicas avanzadas en cultivo de arándanos y manejo de enfermedades*. Publicaciones de ciencias hortícolas. Universidad de XYZ.
- Smith, J. y Brown, A. (2022). *Variedades de arándanos: patrones de crecimiento y momento de la cosecha*. Prensa de ciencias hortícolas. Universidad de XYZ.
- Undurraga, D. & Vargas, S. (2013) *Manual de Arándano*. Ministerio de Agricultura.
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Requerimientos-Edafoclimaticos-del-Cultivo-de-Arandano.pdf>
- Villegas, L. (2021). *Evaluación de tres sustratos para el desarrollo del cultivo de arándano (Vaccinium corymbosum L.) variedad Bioloxi en la parroquia Montalvo*. [Trabajo de Grado, Universidad Técnica de Ambato].
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/34563/1/Tesis->

[303%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Villegas%20Lozada%20Lisette%20Aracelly.pdf](#)

Weaver, R. J., et al. (1994). "Effects of Nutrient Solutions on Blueberry Yield and Quality."
Journal of the American Society for Horticultural Science.

ANEXOS

ANEXO 1. Fotografías de adquisición de plantas



ANEXO 2. Fotografía de construcción del invernadero



ANEXO 3. Fotografía de colocación de malla anti-maleza



ANEXO 4. Fotografía de instalación del sistema de riego



ANEXO 5. Fotografía de poda de plantas



ANEXO 6. Preparación de la solución nutritiva









ANEXO 7. Control de enfermedades



ANEXO 8. Control de plagas



ANEXO 9. Medición del pH del agua

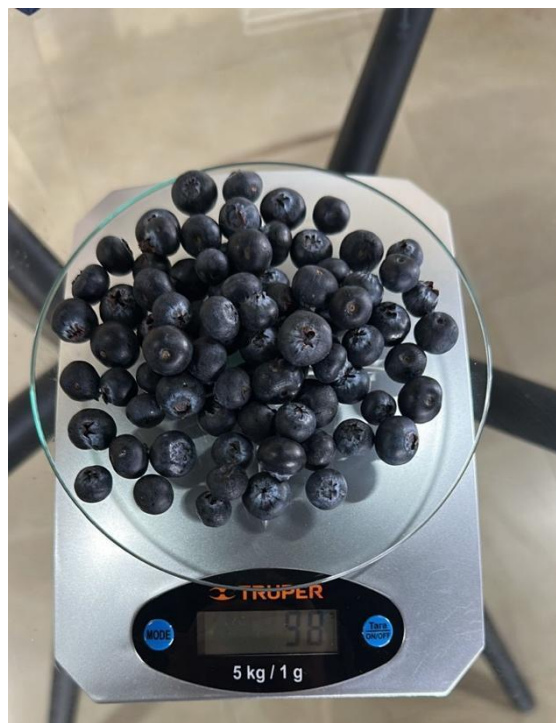
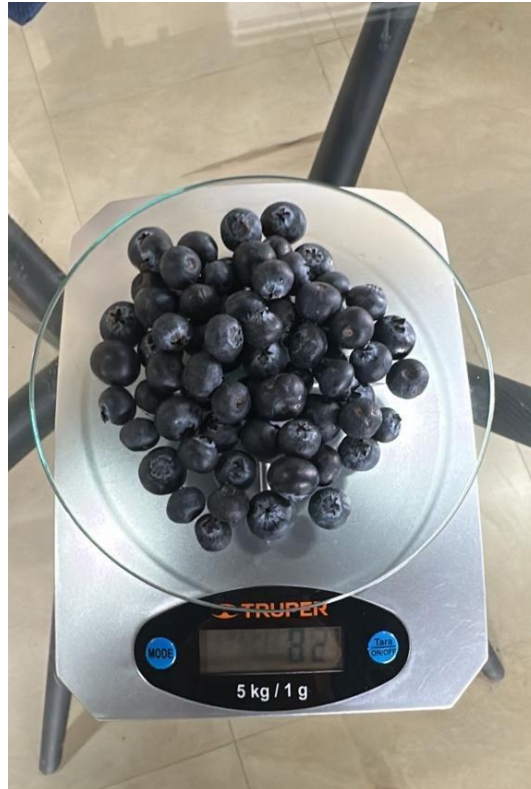


ANEXO 10. Conteo de brotes a los 30 días





ANEXO 11. Pesado de fruta de arándano





ANEXO 12. Informe: Análisis de agua de riego



Trabajamos bajo la Norma ISO 17025

Agrarprojeckt S.A.
 Urb. El Condado, Calle V #941 y Av. A, Quito
 Tel: 02 2490575/02 2492148/0984 034148
 info@agrarprojeckt.com
 www.agrarprojeckt.com

RESULTADOS

Código Agrarprojeckt: PAG-281024 Pág 2/2

INFORMACIÓN DE LA MUESTRA	
Información Adicional:	Propietario Cristian Guagalengo
Tipo de Muestra:	Agua de Riego
Número de Muestra:	# 1
Información Proporcionada por el Cliente:	Lote 1

Contenido de macro- y microelementos en mg / l (equivalente a ppm)

Análisis	Unidad	*Recomendación: Agua de Riego para Cultivos Frutícolas Intensivo	Resultado
pH	-	5,4 - 8,8	7,4
Conductividad (CE)	mS/cm	< 1,0 (ideal: < 0,5)	0,37
Dureza Total	-	-	-
Clasificación	-	-	agua semidura
Grado Dureza °d	°d	-	7,2
Dureza en mmol/l	mmol/l	-	1,28
Dureza equivalente CaCO ₃ en ppm	mg/l	< 275	128
Nitrato (NO ₃)	mg/l	< 30	18,6
Fosfato (PO ₄)	mg/l	< 15	1,5
Sulfato (SO ₄)	mg/l	< 72	25,5
Cloruro (Cl ⁻)	mg/l	< 106 (ideal: < 53)	7,8
Bicarbonato (HCO ₃)	mg/l	< 183	137
∑ Aniones	meq/l	-	3,34
Amonio (NH ₄)	mg/l	< 4,5	0,1
Potasio (K)	mg/l	< 20	7,1
Magnesio (Mg)	mg/l	< 30	14,6
Calcio (Ca)	mg/l	< 60	27,1
Sodio (Na)	mg/l	< 70 (ideal: < 35)	21,0
∑ Cationes	meq/l	-	3,65
Hierro (Fe)	mg/l	< 1,5	0,191
Manganeso (Mn)	mg/l	< 0,5	0,034
Cobre (Cu)	mg/l	< 0,1	0,013
Zinc (Zn)	mg/l	< 0,3	0,024
Boro (B)	mg/l	< 0,3	0,106

* Fuente: D. W. Reed, Water, Media y Nutrición. Ed. Publishing 311 pp.

- - No Aplica

- Nota:
- Los datos y resultados están basados en la información y muestras entregadas por el cliente para quien se ha realizado este informe de manera exclusiva y confidencial.
 - La fecha de ensayo y los métodos utilizados están a disposición del cliente cuando lo requiera.
 - El Laboratorio no realizó el muestreo por lo tanto no certifica el origen de las muestras.
 - Prohíbese la reproducción total o parcial de los resultados. No procede copia.

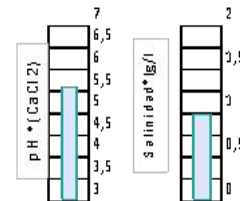
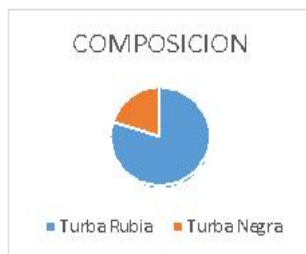
Karl Spornagel

Agrarprojeckt S.A.
 Dr. Karl Spornagel
 Director del Laboratorio

ANEXO 13. Ficha Técnica Turba



Ficha Técnica - Florabalt Seed 2



Campo de aplicación:

Substrato de estructura fina para la siembra, repicado y enmacetado de esquejes de plantas ornamentales y hortícolas.

Composición:

Mezcla de turba báltica poco a moderadamente descompuesta y muy descompuesta, mojanete y cal.

Materias primas	Efecto en el sustrato
Turba de poco o moderadamente descompuesta (turba rubia)	Aumenta la capacidad de aireación y mejora la estabilidad estructural
Turba muy descompuesta (turba negra)	Aumenta la capacidad de retención de agua y mejora la absorción de agua
Abono Complejo de alta calidad	Aporta a las plantas todos los macros y micros nutrientes de forma inmediata
Humectante Instant plus	Mejora la absorción de agua por parte del sustrato incluso de secarse
Floraspur	Suministra adicionalmente a las plantas Mg, B, Cu, Mn, Fe. Y Zc
Carbonato cálcico - Cal	Corrige el pH de manera óptima, ajustándolo a las necesidades de cada cultivo

•Rango de valores según las normas de calidad de sustratos de la G Ütegemeinschaft Substrate für Pflanzentau e. V.

Recomendación: Almacenar el producto en un lugar seco y fresco y protegido de rayos solares. Recomendamos utilizar el producto lo antes posible. En el caso de almacenamiento prolongado, realizar un análisis del producto previo su uso. De tener preguntas respecto al producto, contacte a su asesor de servicio externo o al departamento especializado en hotifucultura y jardinería de la empresa Floragard, bajo el teléfono +49 44 12092-0

ANEXO 14. Tabulación de datos

Tratamiento	Bloque	Número de brotes	Días a la cosecha	Peso de 100 frutos	Rendimiento 4 semana	Rendimiento/planta /cosecha	Rendimiento/proyectado
1	1	13	209	99	220	55,00	1100
	2	10	213	98	222	55,50	1110
	3	17	211	103	228	57,00	1140
	4	9	219	100	236	59,00	1180
2	1	12	199	133	248	62,00	1240
	2	14	202	128	240	60,00	1200
	3	16	206	132	243	60,75	1215
	4	13	197	130	239	59,75	1195
3	1	9	219	78	226	56,50	1130
	2	10	216	82	224	56,00	1120
	3	9	213	80	212	53,00	1060
	4	10	221	83	208	52,00	1040