

**UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA AGRONOMICA**



**EFFECTO DEL ACIDO INDOL ACETICO EN LA FORMACION Y  
ESTIMULACION DE RAICES FIBROSAS JOVENES EN PLANTAS DE  
ARANDANO *Vaccinium sp.* VARIEDAD EMERALD DE UN AÑO DE  
FORMACIÓN CON DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO, EN EL  
DISTRITO DE PUEBLO LIBRE, PROVINCIA DE HUAYLAS, ANCASH  
2022**

**TESIS PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO AGRONOMO**

Presentada por:

**Bach. ELIZABETH CRISTINA APOLINARIO ANTÚNEZ**

Asesor:

**Dr. Raymundo Peñaforte Camones Carrillo**

Huaraz – Perú

2023





UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

*“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”*

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

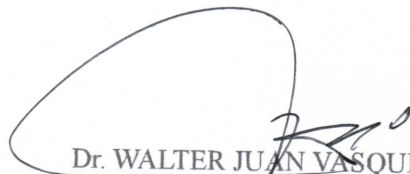
CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAYAN TELEFONO 043 426588 HUARAZ-ANCASH.PERU



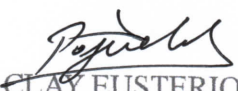
## ACTA DE CONFORMIDAD DE TESIS

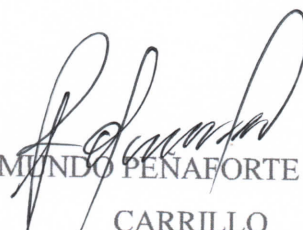
Los miembros del Jurado, luego de evaluar la tesis denominada **“EFECTO DEL ACIDO INDOL ACETICO (AIA) EN LA FORMACION Y ESTIMULACION DE RAICES FIBROSAS JOVENES EN PLANTAS DE ARANDANO (*Vaccinium sp.*) VARIEDAD EMERALD DE UN AÑO DE FORMACION EN TRES TIPOS DE SUSTRATO, EN EL DISTRITO DE PUEBLO LIBRE, PROVINCIA DE HUAYLAS, ANCASH 2022”**, presentada por la Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agronómica ELIZABETH CRISTINA APOLINARIO ANTUNEZ y sustentada el 12 de diciembre de 2023, con Resolución Decanatural N° 510-2023-UNASAM-FCA, la declaramos conforme.

Huaraz, 12 de diciembre de 2023.

  
Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ  
**Presidente**

  
M. Sc. SANDRA ELIZABETH SORIA ALBINAGORTA  
**Secretaria**

  
M. Sc. CLAY EUSTERIO PAJUELO  
ROLDAN  
**Vocal**

  
Dr. RAYMUNDO PEÑAFORTE CAMONES  
CARRILLO  
**Asesor**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
SANTIAGO ANTUNEZ DE MAYOLO

"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**

CIUDAD UNIVERSITARIA DE SHANCAVAN TELEFONO 043 426588 HUARAZ-ANCASH.PERU



### ACTA DE SUSTENTACION DE TESIS

Los miembros del Jurado de Tesis que suscriben, reunidos para escuchar y evaluar la sustentación de la tesis presentada por la Bachiller en Ciencias de Ingeniería Agronómica ELIZABETH CRISTINA APOLINARIO ANTUNEZ, denominada: "EFECTO DEL ACIDO INDOL ACETICO (AIA) EN LA FORMACION Y ESTIMULACION DE RAICES FIBROSAS JOVENES EN PLANTAS DE ARANDANO (*Vaccinium sp.*) VARIEDAD EMERALD DE UN AÑO DE FORMACION EN TRES TIPOS DE SUSTRATO, EN EL DISTRITO DE PUEBLO LIBRE, PROVINCIA DE HUAYLAS, ANCASH 2022", asesorado por el Dr. RAYMUNDO PEÑAFORTE CAMONES CARRILLO. Escuchada la sustentación, las respuestas a las preguntas y observaciones formuladas, la declaramos:


### APROBADO CON DISTINCION


Con el calificativo (\*):

**DIECISIETE (17)**

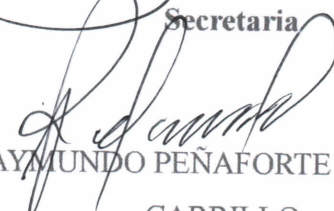
En consecuencia, queda en condición de ser calificada APTO por el Consejo de Facultad Ciencias Agrarias y por el Consejo Universitario de la Universidad Nacional "Santiago Antúnez de Mayo" y recibir el título de INGENIERO AGRONOMO, de conformidad con la Ley Universitaria y el Estatuto de la Universidad.

Huaraz, 12 de diciembre de 2023.

  
Dr. WALTER JUAN VASQUEZ CRUZ  
**Presidente**

  
M. Sc. SANDRA ELIZABETH SORIA ALBINAGORTA  
**Secretaria**

  
M. Sc. CLAY EUSTERIO PAJUELO  
ROLDAN  
**Vocal**

  
Dr. RAYMUNDO PEÑAFORTE CAMONES  
CARRILLO  
**Asesor**

(\*) De acuerdo con el Reglamento de Tesis, estas deben ser calificadas con términos de: APROBADO CON EXCELENCIA (19-20), APROBADO CON DISTINCION (17-18), APROBADO (14-16), DESAPROBADO (00-13)



Anexo de la R.C.U N° 126 -2022 -UNASAM  
**ANEXO 1**  
**INFORME DE SIMILITUD.**

El que suscribe (asesor) del trabajo de investigación titulado:

**EFFECTO DEL ACIDO INDOL ACETICO EN LA FORMACION Y ESTIMULACION DE RAICES FIBROSAS JOVENES EN PLANTAS DE ARANDANO Vaccinium sp. VARIEDAD EMERALD DE UN AÑO DE FORMACIÓN CON DIFERENTES TIPOS DE SUSTRATO, EN EL DISTRITO DE PUERTO LIBRE PROVINCIA DE HUAYLAS ANCAASH 2022** **+**

Presentado por: **ELIZABETH CRISTINA APOLINARIO ANTÚNEZ**

con DNI N°: **48153860**

para optar el Título Profesional de:

**INGENIERO AGRONOMO**

Informo que el documento del trabajo anteriormente indicado ha sido sometido a revisión, mediante la plataforma de evaluación de similitud, conforme al Artículo 11° del presente reglamento y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de : **13%** de similitud.

**Evaluación y acciones del reporte de similitud de los trabajos de los estudiantes/ tesis de pre grado (Art. 11, inc. 1).**

Porcentaje			
Trabajos de estudiantes	Tesis de pregrado	Evaluación y acciones	Seleccione donde corresponda <input type="radio"/>
Del 1 al 30%	Del 1 al 25%	Esta dentro del rango aceptable de similitud y podrá pasar al siguiente paso según sea el caso.	<input checked="" type="radio"/>
Del 31 al 50%	Del 26 al 50%	Se debe devolver al estudiante o egresado para las correcciones con las sugerencias que amerita y que se presente nuevamente el trabajo.	<input type="radio"/>
Mayores a 51%	Mayores a 51%	El docente o asesor que es el responsable de la revisión del documento emite un informe y el autor recibe una observación en un primer momento y si persistiese el trabajo es invalidado.	<input type="radio"/>

Por tanto, en mi condición de **Asesor**, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera hoja del reporte del software anti-plagio.

Huaraz, **25/03/2024**



FIRMA

Apellidos y Nombres: **Dr. Camonés Carrillo Raymundo Peñaforte**

DNI N°: **31626134**

Se adjunta:

*1. Reporte completo Generado por la plataforma de evaluación de similitud*

NOMBRE DEL TRABAJO

**Tesis CRISTINA APOLINARIO.pdf**

RECUENTO DE PALABRAS

**14927 Words**

RECUENTO DE PÁGINAS

**67 Pages**

FECHA DE ENTREGA

**Mar 24, 2024 7:50 PM GMT-5**

RECUENTO DE CARACTERES

**80968 Characters**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**765.1KB**

FECHA DEL INFORME

**Mar 24, 2024 7:51 PM GMT-5****● 13% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 3% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

**● Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

## DEDICATORIA

A Dios, por darme la fuerza y el conocimiento necesario para lograr mis objetivos y no rendirme en el camino.

A mis padres: Jesús Apolinario Flores y Juana Antúnez Zarzosa, porque son mi inspiración y guías de vida, para crecer de manera personal y profesional, mostrándome con el ejemplo que todo esfuerzo tiene su recompensa, constituyéndose de esa manera la principal inspiración para alcanzar mis metas.

A mi hermana Patricia Apolinario Antúnez, por ser mi ejemplo de superación y constancia, quien me inculcó siempre a lograr mis objetivos.

A la Sra. Julia Ellacuriaga, por haberme apoyado incondicionalmente en este proceso y aunque ya no se encuentre entre nosotros, siempre le agradeceré por sus conocimientos y su apoyo.

## AGRADECIMIENTO

A la Escuela Profesional de Ingeniería Agronómica de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo, por haberme acogido en sus aulas en el proceso de formación académica, así mismo a todos los docentes por impartir sus conocimientos y enseñanzas.

Un agradecimiento especial a mi patrocinador el Dr. Raymundo Peñaforte Camones Carrillo, por la paciencia, el apoyo, la amistad y dedicación que me brindó, al revisar cada capítulo de esta tesis de grado que hoy presento.

A los miembros del jurado de mi tesis: el Dr. Walter Juan Vásquez Cruz, a la M.Sc. Sandra Elizabeth Soria Albinagorta y al Ing. Clay Eusterio Pajuelo Roldán, por su apoyo y colaboración desinteresado en la revisión de este documento y sus sugerencias para mejorar la presentación.

A todas las personas que me acompañaron en este proceso y me proporcionaron su apoyo y amistad en todo momento, mis más sinceros agradecimientos.

Muchas gracias todos

## ÍNDICE

DEDICATORIA.....	2
AGRADECIMIENTO.....	3
Acta de aprobación de tesis.....	4
Acta de sustentación.....	5
RESUMEN.....	9
ABSTRACT.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	11
1.1. Objetivo General.....	12
1.2. Objetivos Específicos.....	13
II. MARCO TEÓRICO.....	14
2.1. Antecedentes.....	14
2.2. Bases Teóricas.....	15
2.2.1. Arándano.....	15
A. Origen y Distribución.....	16
B. Descripción y Clasificación Taxonómica del Arándano.....	17
C. El Género Vaccinium.....	18
D. Descripción Botánica.....	18
E. Cultivares.....	19
F. Plagas del Arándano.....	20
G. Enfermedades del Arándano.....	22
H. Requerimientos de cultivo.....	23



I.	Propagación de Arándano .....	24
J.	Poda en Arándano .....	25
2.2.2.	Enraizamiento.....	26
A.	Morfología de la Raíz.....	26
B.	Las Funciones de la Raíz.....	26
C.	Enraizadores .....	27
i.	Auxinas.....	27
ii.	Síntesis y degradación .....	27
iii.	Transporte de auxinas.....	29
iv.	Efectos fisiológicos de auxinas .....	30
v.	Abscisión de órganos .....	32
vi.	Desarrollo de flores y frutos .....	32
vii.	Diferenciación vascular.....	32
viii.	Mecanismos de acción.....	32
2.2.3.	Sustrato.....	34
A.	Importancia.....	35
B.	Funciones.....	35
C.	Propiedades Físicas .....	35
D.	Propiedades Químicas .....	36
E.	Propiedades Físico Químicas. ....	36
F.	Propiedades Bioquímicas. ....	36
G.	Propiedades Biológicas. ....	36
H.	Velocidad de Descomposición. ....	36
2.3.	Tipos de Sustrato .....	37

2.3.1. Producción.....	38
2.4. Definición de términos .....	38
III. MATERIALES Y METODOS .....	40
3.1. Materiales .....	40
3.2. Metodología.....	41
3.2.1. Tipo de estudio .....	41
3.2.2. Diseño de investigación.....	41
3.2.3. Población, Muestra y Muestreo .....	46
3.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección .....	46
3.2.5. Métodos de Análisis de datos .....	47
IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	49
4.1. Resultados .....	49
4.2. Discusión .....	63
V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	66
5.1. Conclusiones .....	66
5.2. Recomendaciones .....	67
VI. REFERENCIAS .....	68
VII. ANEXOS.....	79

## RESUMEN

La instalación del trabajo experimental de la presente investigación, fue para determinar el efecto de la aplicación del Acido Indol Acético (AIA) en diferentes períodos y diferentes tipos de sustrato en el aumento del porcentaje de raíces jóvenes; para el cual, se evaluó los siguientes parámetros: momento óptimo de aplicación, porcentaje de raíces jóvenes después de la poda hasta su producción, sustrato optimo con mayor efecto para la formación de raíces y el rendimiento de fruta en kg/planta. El experimento se realizó en el período de febrero a octubre de 2022, en el fundo Santa Catalina perteneciente a la empresa Athos, en el distrito de Pueblo Libre de la provincia de Huaylas. Las variables evaluadas fueron el porcentaje de raíces un día antes de cada aplicación, resumidos por mes, el porcentaje de raíces totales y el rendimiento de fruta en kilogramos por planta. La herramienta para efectuar las comparaciones de las variables fue la prueba de comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ).

Los resultados demuestran que existen diferencias estadísticas significativas entre tratamientos mas no entre bloques, para el porcentaje de raíces y el rendimiento de fruta por planta. Los mejores resultados se obtuvieron con el tratamiento b3 aplicación de AIA cada 14 días usando como sustrato el coco, lográndose un 69.1% de raíces jóvenes; como consecuencia de ello, con este tratamiento y el indicado sustrato, se obtuvieron mayor carga de fruta por planta (3,200 kilos); y, el de menor performance fue el tratamiento b1 sin aplicación de AIA usando como sustrato la cascarilla de arroz.

**Palabras clave:** Acido Indol Acético, sustrato, raíces jóvenes, fruta por planta.

## ABSTRACT

The installation of the experimental work of the present investigation, was to determine the effect of the application of Indole Acetic Acid (IAA) in different periods and different types of substrate in the increase of the percentage of young roots; for which, the following parameters were evaluated: optimum moment of application, percentage of young roots after pruning until their production, optimum substrate with the greatest effect for root formation and fruit yield in kg/plant. The experiment was carried out from February to October 2022, in the Santa Catalina farm belonging to the Athos company, in the district of Pueblo Libre in the province of Huaylas. The variables evaluated were the percentage of roots one day before each application, summarized by month, the percentage of total roots and the fruit yield in kilograms per plant. The tool to make the comparisons of the variables was Tukey's test of comparisons of means ( $\alpha=0.05$ ).

The results show that there are statistically significant differences between treatments but not between blocks, for the percentage of roots and fruit yield per plant. The best results were obtained with treatment b3, IAA application every 14 days using coconut as a substrate, achieving 69.1% of young roots; as a consequence of this, with this treatment and the indicated substrate, a higher fruit load per plant (3,200 kilos) was obtained; and, the one with the lowest performance was treatment b1 without application of IAA using rice husk as a substrate.

**Keywords:** Indole Acetic Acid, substrate, young roots, fruit per plant.

## I. INTRODUCCIÓN

Según IBO (2018), el arándano se ha convertido en el Berry más consumido a nivel mundial; su consumo ha crecido exponencialmente en los últimos 5 años, aperturándose nuevos mercados como China, Emiratos Árabes, India y Rusia. En Norteamérica los arándanos son uno de sus cultivos principales, se producen y consumen grandes cantidades, en el año se ha alcanzado a consumir alrededor de 446.000 toneladas, siguiéndole Europa con 135.400 toneladas y Asia Pacífico con 69.000 toneladas; cada año el Perú va aumentando sus exportaciones a Estados Unidos, crecimiento de manera agigantada hasta un 495% en los últimos 5 años. Por otro lado, sus exportaciones crecerán en otros mercados, alcanzando las 50.000 toneladas exportadas a un plazo más corto de lo normal; es así, que el arándano a nivel nacional se perfila como el Berry más comerciable, debido a que los productores desean obtener buena rentabilidad, con el acceso a oportunidades de tecnificación de este cultivo.

Gómez (2023), indica que la evolución en la agroexportación de arándanos peruanos ha registrado un crecimiento sostenible en los últimos años, por lo que hoy el reto para las empresas privadas como públicas, se hace más grande cada año, teniendo que mantener este escenario siempre a favor. Hoy y desde el 2018 el Perú, se posicionó como el agroexportador mundial con mayor volumen, obteniendo durante la campaña 2015-2016 alrededor de 13 toneladas, mientras que en la campaña 2021-2022, la cifra llegó a 220 toneladas; el Perú desde el 2016 aumentó su volumen al 100% a pesar de que en el 2015 se obtuvo una media de 40% de crecimiento anual. El mismo autor sostiene que, hoy entre las estrategias adoptadas por las agroexportadoras, se encuentra la de aplanar la curva de producción, es decir, aumentar los volúmenes exportables antes y después de los meses de setiembre y octubre, donde se apertura la mayor ventana comercial, tomando principalmente esta estrategia entre los meses de julio a setiembre, ya que durante estos meses, los peruanos somos los únicos exportadores del hemisferio sur, hoy teniendo como mínimos competidores a EE. UU., España y Polonia.



Logrando permitirnos aumentar los precios de venta, ya que la oferta se reduce mucho en los mercados destino.

El INEI (2021), indica que la producción de arándano se incrementa, en octubre del 2021, lográndose un total de 61.254 toneladas, siendo mayor al resultado obtenido en el 2020, que fue de 49.782 toneladas, mostrando un incremento del 23,0 %; para este objetivo hubo la participación de muchos departamentos, pero los departamentos que aportaron y que tuvieron mayor incremento fueron: Ica (361,5%), Áncash (120,0%), Lambayeque (14,8%) y La Libertad (7,2%), quienes concentraron el 88,5% de la producción nacional. También, mostraron comportamiento positivo Moquegua (10,0%) y Lima (12,8%); mientras que en Piura (-30,0%) hubo una redujo notoria.

El gran crecimiento que ha tenido el Perú en los últimos cinco años, se debe al uso de variedades probadas en diversos pisos ecológicos y a experiencias de países extranjeros, pues hay muy poca información de su manejo en nuestro país, realizándose aún pruebas de adaptación de diversas variedades. Por estas razones, optando la fisiología de la planta, es muy importante el mantenimiento y activación constante de las raíces jóvenes, que son las que proveen de agua y nutrientes a las plantas; los cuales, permitirán transportar los nutrientes necesarios para que la planta tenga mayor rendimiento (AGAP, 2020).

Sobre esta base, el propósito de esta investigación es determinar el momento óptimo de aplicación exógena de Ácido Indolacético (AIA) y el uso del mejor sustrato para su mantenimiento y propagación, para de esta manera mantener y aumentar el porcentaje de raíces jóvenes, que al final conlleve a tener un mayor rendimiento de las plantas de arándano, al absorber los nutrientes suficientes para expresar su máximo potencial productivo.

En base a ello, para la ejecución de esta tesis, se plantearon los siguientes objetivos:

### **1.1. Objetivo General**

Evaluar el efecto del AIA en la formación y estimulación de raíces fibrosas jóvenes en

plantas de arándano (*Vaccinium sp.*) variedad Emerald, de un año con diferentes tipos de sustrato en el distrito de Pueblo Libre, provincia de Huaylas, Ancash 2022.

## 1.2. Objetivos Específicos

Para el logro del mencionado objetivo general, se plantearon los siguientes objetivos específicos:

- Determinar el momento óptimo de aplicación del AIA para la mejor estimulación de la formación de raíces jóvenes (pelos absorbentes).
- Cuantificar el porcentaje de raíces jóvenes que se van activando en el proceso, así como su mantenimiento.
- Establecer el mejor sustrato para el cultivo, sobre la base de su mayor efecto en la formación de raíces jóvenes.
- Evaluar el rendimiento de producción de frutas por planta, en la etapa de cosecha, para cada sustrato y momento de aplicación del AIA.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

#### 2.1.1 Antecedentes Internacionales

Quesada y Méndez (2005), mencionan que, para tener una planta vigorosa y productiva, las raíces deben tener un ambiente óptimo para su desarrollo, por ello la función del sustrato para el mejoramiento de la porosidad total y la capacidad de retención del agua y nutrientes, para la disponibilidad de las plantas.

INIA (2010), en el proyecto FIA-PI-C-2005-1-A-78 financiado por la Fundación de Innovación Agraria de Chile, mencionan que, debido a las condiciones edafológicas del norte chico, se utilizan los sustratos de manera obligatoria, para permitir un mejor balance aire – agua, mejorando la macroporosidad del suelo. Los resultados de esta investigación, indicaron el efecto positivo con respecto a la utilización del aserrín en una relación 2:1 con respecto al suelo, siendo incorporado en las plantas, este resultado se obtuvo debido a la alta acidez presente en el aserrín, ya que es una condición muy atractiva para las plantas de arándano y muy deseada para su sistema radicular, además tener un alto contenido de manganeso, inmoviliza al nitrógeno, ya que la planta no requiere un alto contenido de este elemento. Se recomienda que el aserrín a utilizar sea de textura gruesa, ya que el fino retiene mucha humedad, siendo muy poroso. La turba, por el contrario, a pesar de tener buena condición física no es muy utilizada debido al costo tan elevado que posee. Existen derivados de la vid como sarmiento repicado, escobajo y orujo que presentan un mal comportamiento; sin embargo, si se composta de manera adecuada, mejora significativamente las condiciones edafológicas del suelo, ingresando como enmienda complementaria al suelo. Otros materiales como la cascarilla de arroz, si presentan un buen comportamiento; sin embargo, es complicado su manejo ya es posee excesiva macro porosidad. Con relación a los estiércoles, es recomendable su uso como compostaje; pero son poco recomendables el guano de cabra y el de pavo, ya que su al ser demasiado salino limita el

desarrollo de las plantas, además de ser alto en sodio y cloruro.

Lucero (2013), en su investigación de enraizamiento de esquejes de café, utilizó diferentes variables (sustrato y hormonagro), con los cuales se obtuvieron los siguientes resultados; siendo el sustrato de arena el que obtuvo el mayor porcentaje de enraizamiento, al obtener un promedio de 83.33%, el cual genero significancia con el factor hormona. La dosis que tuvo mejores porcentajes fue la aplicación de 12 g/l de hormonagro; y, en cuya conclusión se precisa que es importante la aplicación endógena de AIA tomando a consideración también el tipo de sustrato a utilizar.

### **2.1.2 Antecedentes Nacionales**

Quispe (2019), logró establecer las mejores concentraciones de citoquininas y auxinas para la fase de establecimiento in vitro de arándano *Vaccinium corymbosum* L. de las variedades Biloxi y Misty; sin embargo, dichas aplicaciones no lograron los resultados esperados, pues no se logró mejorar el enraizamiento cuando se replicó en el campo.

Según Villegas (2021), el mejor desarrollo vegetativo obtenido en los tratamientos utilizados ha sido el del sustrato de fibra de coco, además de la cascarilla de arroz, expresándose estos valores en las variables morfofisiológicas como el número de tallos, brotes, hojas, diámetro de brote, altura de brote, altura de planta, canopia, vigor, número de entrenudos, longitud de entrenudos y diámetro del tallo.

Al buscar investigaciones acerca del trabajo de AIA, en arándanos, no se obtuvo resultados, ni a nivel mundial, ni nacional y tampoco local.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Arándano**

Bañados (2005), citado por Cano (2018), conceptúa que “el arándano *Vaccinium corimbosum* L. pertenece al género *Vaccinium*, y es de la familia de las Ericáceas”.

Rebolledo (2013), indica que los arándanos son arbustos que, alcanzan alturas de hasta

7 m, dependiendo de la especie, posee hojas simples y se distribuyen en forma alterna a lo largo de la ramilla, las flores se producen en racimos, finalmente la baya es casi esférica que varía de tamaño dependiendo de la variedad.

**A. Origen y Distribución.** Según Bañados (2005), citado por Cano (2018), “indica que los arándanos se encuentran distribuidos por el hemisferio norte, especialmente en Norteamérica, Europa central y Asia, encontrándose también en América del Sur, y algunas especies en África, catalogándose por ello una especie de amplia distribución”. Pérez (2023) presenta que tal distribución ha tenido su modificación, con un alto crecimiento del hemisferio sur, especialmente el Perú y Chile, siendo de origen desconocido (Tabla 1 y Tabla 2).

El INEI (2021), reporta que el Perú, en el año 2021, produjo 61.254 toneladas de arándano, incrementándose en un 23% en comparación al año anterior que fue de 49.782 toneladas. A este total, contribuyeron los mayores crecimientos de producción de arándano en los departamentos de Ica (361.5%), Áncash (120%) y Lambayeque.

Tabla 1

*Superficie (hectáreas) de plantaciones de arándanos según país*

PAIS	2020	2021	VARIACION (%)
China	60,147	69,036	14.78
Estados Unidos	45,269	48,139	6.34
Chile	18,185	18,802	3.39
Perú	13,613	16,850	23.78
Canadá	11,529	12,152	5.40
Polonia	9,500	11,000	15.79
México	7,900	9,100	15.19
Ucrania	4,383	5,318	21.33
España	4,210	4,570	8.55
Sudáfrica	3,322	3,500	5.36

Nota: Tomado de los movimientos en los rankings TOP 10 de la industria del arándano (Pérez, 2023).



Tabla 2

*Producción total de arándanos por país (TM)*

PAIS	2020	2021	VARIACION (%)
China	295.36	477	61.52
Estados Unidos	282.68	328	16.11
Perú	179.58	261	45.59
Chile	195.76	185	-5.34
México	63.05	85	34.34
Canadá	82.42	80	-2.34
España	66.70	76	14.48
Polonia	54.10	56	2.59
Marruecos	36.00	39	8.42
Sudáfrica	15.80	26	64.56
Sudáfrica	3,322	3,500	5.36

Nota: Tomado de los movimientos en los rankings TOP 10 de la industria del arándano (Pérez, 2023).

### **B. Descripción y Clasificación Taxonómica del Arándano.** Para Cronquist (1981)

citado por Ajquejay (2018), el arándano (ojo de conejo) es una especie haploide, conocida como berries blue, que tiene la siguiente clasificación taxonómica:

Reino : Vegetal  
 División : Pterophytas  
 Clase : Dicotiledónea  
 Orden : Ericales  
 Familia : Ericaceae  
 Género : Vaccinium  
 Especie : Corymbosum

Nombre Científico: *Vaccinium corymbosum* L

**C. El Género Vaccinium.** Bañados (2005), citado por Cano (2018), indica que el arándano es un arbusto perteneciente a la familia Ericaceae, que incluye a todas las especies llamadas arándano, entre ellas el arándano azul (*Vaccinium corymbosum*). Son arbustos rizomatosos o raras veces árboles terrestres.

**D. Descripción Botánica.** Según Bañados (2005), citado por Cano (2018), los arándanos poseen como característica sus ramas leñosas, son perennes y son viables hasta por 20 años; debido a su variabilidad, hay especie que pueden alcanzar alturas superiores a 1 m, muchas de ellas forman colonias extensas debido a que sus raíces son rizomatosas, el cual permite la emisión de brotes vegetativos. Algunas especies mayores a 1.5 m no poseen rizomas, por ello su capacidad de emitir brotes adventicios es muy limitada, particularmente no son plantas con un tronco único, generalmente forman coronas de brotes múltiples.

**a) Tallo.** Los tallos en su mayoría son de tipo leñoso, algunos tallos cuando son tiernos son verdes, pero a medida que pasa el tiempo este se torna de color marrón.

**b) Raíz.** El sistema radicular está conformado de raíces finas, las cuales son muy expansivas, superficial, fibrosas y de poca extensión, forma un colchón radicular al pasar el tiempo, estructurándose los pelos radicales, siendo las raíces jóvenes o absorbentes las que efectúan la labor de disposición de nutrientes hacia la planta. En suelos con alta oxigenación, la humedad juega un papel importante debido a que nos permite la distribución radicular dentro del sustrato o suelo, evitando saturarlo, además de la utilización de coberturas biológicas que lo aumentan o conservan, como el “mulch” o incorporación de materia orgánica.

**c) Hojas.** Posee hojas ovadas simples o lanceoladas, que se distribuyen en forma alternada a lo largo del brote, varían entre 1 a 8 cm en el largo.

**d) Flores.** Las flores son hermafroditas, tipo campanilla; pequeñas y de color blanco, emergen de los puntos axilares de las hojas, formando pequeños grupos, en el cáliz tienen 5

sépalos libres, 5 pétalos y 5 estambres, se encuentran recubiertos por una pubescencia y son de forma ovalada; permanecen en el fruto hasta que estas llegan al punto de cosecha. La floración ocurre sobre yemas que pasan a diferenciarse iniciando la etapa productiva, el cual se presenta en respuesta al fotoperiodo. Generalmente, se forma una inflorescencia por axila, pero en brotes con calibres gruesos pueden formarse de dos a cinco; el número de flores de un brote, como el número de ramillas, son características de la variedad que se va a cultivar; las flores son auto fértiles, la polinización lo realizan los insectos (entomófila), dos colmenas de abejas por hectárea de plantación, ayuda a mejorar la polinización.

*e) Fruto.* El fruto es de forma cilíndrica, que alcanza tamaños mínimos de 7 mm hasta máximos de 30 mm, dependiendo de la variedad; su color es variable, va desde azul claro hasta un negro intenso, posee una secreción cerosa llamada pruina, que le da a la baya un valor antioxidante y una terminación atractiva. El fruto puede poseer hasta 100 semillas por baya, ubicándose al interior del endocarpio, posee la característica de tener una cicatriz de cierre, que se presenta en la corona de la fruta, además el fruto debe ser firme, esto relacionado con el grosor de la epidermis.

*f) Semilla.* La semilla es redondeada, parecida a una gota de agua, achatada en los extremos, con un tamaño de 2 a 4 cm de diámetro; tiene un epispermo grueso, la cual la protege; siendo de color marrón oscuro a marrón claro, la conforma un hilo de forma oblonga y de color blanco opaco.

**E. Cultivares.** En el Plan elaborado por la OPP-PACC (2007), menciona a las siguientes variedades como las más comercializadas:

*a) Emerald.* tiene bajos requerimientos de frío, estimado en 250 horas. (Horas de frío son horas con temperatura de 7°C o más baja). Particularmente es una fruta de calibre grande, tiene firmeza, es azul claro con excelente sabor, acidez y brix. La planta es vigorosa y de soporta condiciones adversas. Tiene buena adaptación a suelos pesados siendo resistente *Phytophthora*

y hongos de madera. Es muy productiva, debido a que se mantiene en producción todo el tiempo teniendo la primera producción los tres primeros meses y la segunda producción los tres meses después. Emerald permite intervalos de cosecha cada 7 días hasta 9 días sin problemas de firmeza en la fruta; sin embargo, presenta una floración larga, por lo que la cosecha es más escalonada y larga, requiriendo un mayor número de pasadas.

**b) Biloxi.** Esta variedad posee tallos erectos, de buen calibre y muy productivos, tiene una maduración precoz, el tamaño de la baya es mediano, de buen color, firmeza y brix; requiere de pocas horas de frío, se instaló inicialmente en las costas del sur de USA. Florece y fructifica 2 veces al año, pero muchas veces la segunda fructificación es de mala calidad; en México es muy utilizada debido al exceso de frío de poseen muchas zonas, esta variedad es muy rentable y con grandes expectativas; requiere de 200 horas de frío. Tiene floración temprana por lo cual muchas veces la floración se ve afectada por las heladas, perdiendo productividad y rentabilidad, en Argentina es sembrada con cobertura de malla y en Perú es sembrada con cubierta de macro túneles.

**c) Misty.** La Variedad Misty fue liberada e instalada por la Universidad de Florida en 1992; posee excelente calidad. Las plantas producen un exceso de yemas florales, produciendo abundantes frutos y pocas hojas en primavera.

**d) Legacy.** La variedad Legacy tiene tallos de buen calibre, erectos y productivos, posee fruta de tamaño promedio, tiene buen brix; sus frutos se caracterizan por ser firmes y de color azul claro, el tiempo de vida postcosecha es relativamente largo, siendo superior a 9 semanas en condiciones de atmósfera controlada.

**F. Plagas del Arándano.** En la publicación de la FAO (2018), se indica que las plagas son “cualquier especie, biotipo vegetal, animal o agente patógeno dañino para plantas o productos vegetales”. Por otro lado, Palma et al (2019), indica que las plagas son toda población de insectos que daña el cultivo, reduciendo o anulando su rendimiento, logrando pérdidas

económicas. En el arándano se presentan las siguientes plagas:

a) *Thrips*. El Thrips es un insecto de tamaño muy pequeño, mide aproximadamente de 0.8 a 2 mm aproximadamente, las hembras ovipositan bajo los tejidos vegetales de ramillas tiernas, flores, pedúnculos y frutos (Fundación Chile, 1997). Cisternas (2013), indica que se han reportado las especies: *Frankiniella* sp. Que es la especie que particularmente se encuentra en plantas de arándano, causan daños ingresando su estilete en tejidos suaves, dejando el ingreso a hongos, bacterias y virus, el daño por oviposición se reflejara recién en la fruta a través de muestras de russet y puntuaciones en frutos.

b) *Heliothis* sp. Rojas (2015), menciona que pertenece a la familia Noctuidae y es una de las plagas que genera daños en los frutos, perforándolos, generando pudriciones y abortos espontáneos. Como medio de control cultural se instala trampas de luz, en las zonas de mayor incidencia, siendo importante el recojo de fruta dañada, ya que dejarlas en el campo generaría que el ciclo evolutivo de la plaga se pueda completar. Como control químico se recomienda el uso del Spintoram que provoca la excitación del sistema nervioso del insecto provocándole la muerte.

En estado larvario se ha detectado esta plaga alimentándose de brotes y hojas del arándano, así como también, de cuajados o frutos en formación, pues son los más suaves, dejando restos de heces donde genero el daño (Rojas, 2015).

c) *Aphis* sp. “pulgón”. Los pulgones son insectos de cuerpo blando de tamaño pequeño, generalmente forman colonias en las axilas o entrenudos, presentes desde la floración hasta termino de cosecha si no son controlados. Las hembras pueden depositar hasta 60 individuos entre brotes jóvenes y flores; dependiendo de los factores climáticos, logrando completar una generación en 8 días. Esta plaga exuda mielecilla, la cual genera fumagina manchando la fruta (Cisternas, 2013).

d) *Mosca de la fruta* (*Ceratitis capitata* y *Anastrepha fraterculus*). La principal plaga



son las hembras, debido a que las hembras colocan sus huevos en frutos inmaduros, a través de su ovopositor, incubando de 2 a 3 días, los huevos emergen, y pasan a su estado larval, las cuales se alimentan de la pulpa del fruto, dejando vías abiertas a la entrada de hongos y bacterias que producen la maduración pudrición y caída de frutos (Flores, 2018).

*e) Cochinilla Harinosa (Pseudococcus sp.).* Esta plaga es muy perjudicial, inicialmente se encuentra en las axilas del tallo, y si no es controlada invade ramillas, frutos y finalmente también ramas enteras, bajando el aprovechamiento de la cosecha. Las excreciones azucaradas producidas por estas plagas propician el desarrollo de hongos negros como la fumagina (Palma et al, 2019).

*f) Anómala sp.* La “Gallinita ciega” o anómala tiene ciclos de 18 a 20 meses generalmente. Tienen como actividad introducirse en el suelo, donde colocan sus huevos de color blancos, eclosionando y alimentándose de la materia orgánica del suelo o sustrato, así mismo de la raíces jóvenes y fibrosas presentes, el cual atrofia el crecimiento, debilitando la planta e induciéndola hasta la muerte (Cisternas y France, 2009).

*g) Pájaros.* Según Larrain (2007), Éstas se alimentan del fruto ya maduro o muchas veces cuando ya se encuentran en punto de cosecha. Hay muchas especies que simbolizan un peligro productivo como, zorzales, colibríes, gorriones, tordos, tencas y palomas. Son muy impredecibles; sin embargo, la única manera de controlarlo es con mallas para reducir el daño, pero es de alto costo y te limita la entrada a los campos para su control.

**G. Enfermedades del Arándano.** En el arándano, frecuentemente se presentan las siguientes enfermedades:

*a) Pudrición Gris o tizón de las flores (Botrytis cinérea).* Esta enfermedad tiene una particularidad, ya que forma tizones en inflorescencia y pudriciones en el fruto, ocasiona daños en hojas, brotes tiernos, flores y frutos; es muy esporádica, necesitando condiciones favorables para su desarrollo. A lo largo del desarrollo de la enfermedad se forman esporas que son de fácil

diseminación, pues el viento o la lluvia pueden movilizarlos, pero además de ello las condiciones climáticas serán claves para su desarrollo, al tener humedades relativas mayores a 95% y temperaturas de entre 15-20°C, tendrán un ambiente propicio para completar su ciclo sin ningún inconveniente. (Agrios, 2004).

**b) *Alternaria*.** Se presenta en las hojas como manchas marrones y circulares de forma irregular con un halo rojo, si tenemos condiciones de alta humedad, las manchas se agrandan hasta en 2 cm de diámetro (Torres, 2015). Según Farrar et al (2004), el daño se propaga cuando alcanzamos temperaturas mayores a 24 °C y con puntos de rocío encima de la hoja de 8 a 56 horas, además de influir las temperaturas mínimas por debajo de 12 °C.

**c) *Roya*.** La roya es un hongo que utiliza el tejido vivo para parasitarlo, se presenta a través de pústulas, generalmente en el en vez de la hoja donde genera manchas cloróticas que después se necrosan y pueden llegar a contaminar toda la hoja, generando defoliación total de la planta. (Apaza, 2022).

**d) *Phytophthora cinnamomi*** “Podredumbre radicular”. Esta enfermedad se presenta en la mayoría de los suelos húmedos y con poco drenaje, inicia con el enrojecimiento o amarillamiento de las hojas que después empiezan a atrofiarse, finaliza con la defoliación. En caso de las raíces terminan pudriéndose y se vuelven de coloración negra o rojiza (Torres, 2015).

**e) *Lasidiopodia theobromae*** “**Muerte Regresiva**”. Esta enfermedad es un hongo de madera que se presenta en los tallos, los cuales presentan protuberancias o chancros acompañados de exudados blanquecinos, generando la muerte del tejido, primero en el tallo para que posteriormente avance al follaje, su ataque es basipétala, lo cual le produce la muerte regresiva (Hernández, 2021)

**H. Requerimientos de cultivo.** Carhuaricra (2012), indica que el arándano, para su cultivo técnico, requiere lo siguiente:

**a) *Clima*.** El arándano necesita acumular horas frío empezamos a cuantificar por

debajo de 7° C, eso dependerá de la variedad pues no todas necesitan las mismas horas frío, además de que esta planta es resistente a intensos fríos de hasta menos 3 °C, pero se debe tener en cuenta que las temperaturas mayores a 30° pueden generar daños en la planta y en la fruta, si se tiene plantas expuestas a las heladas estas pueden dañar la floración o incluso la producción completa. Cuando la planta es muy pequeña o joven se necesitan barreras cortaviento para evitar que sean afectadas por el viento, ya que este efecto no le permite abrir sus estomas.

**b) Condiciones de Suelo y fertilización.** Vidal (2012), indica que el arándano es acidófilo por ello las características de suelo son importantes y definen el éxito de la producción; los suelos que oscilan en un pH entre 4.5 y 5.5 con buena aireación, son los más recomendables para este cultivo, se recomienda tener altos contenidos de materia orgánica para retener la humedad, además debe tener buen drenaje, pues de lo contrario no habrá multiplicación ni renovación de raíces. Los arándanos no requieren de nutrientes en exceso, además de no necesitar suelos pesados, pues no son resistentes a la compactación; debido a que las raíces se ubican entre los 25- 30 superiores de la capa del suelo, la zona rizosférica deberá tener características adecuadas para el desarrollo de las raíces pues un exceso de agua generaría anoxia, además de tener un adecuado programa de fertilización, pues un exceso o una deficiencia podría limitar la producción y evitar obtener plantas vigorosas y de rápido crecimiento, limitando sus rendimientos.

**I. Propagación de Arándano.** La AIANER (2013), describe las siguientes formas de propagación:

**a) Propagación por Esquejes.** Para realizar la propagación por esquejes, se corta ramillas de 8 cm de largo, los tallos que van a utilizarse deben tener mínimo 1 año de cultivo, pues al ser muy jóvenes no tendrán la estructura necesaria para formar nuevo tejido, después de haber retirado los esquejes se procede a aplicar las hormonas necesarias, cada ramilla utilizada debe tener entre 4 a 5 yemas y éstas deben estar cortadas en forma de bisel debido a que la

acumulación de agua puede generar pudriciones posteriores, la siembra generalmente se realiza en la turba donde en el centro contiene perlita, de esta manera se genera las características físicas y químicas necesarias para su desarrollo, permitiendo la generación de nuevas raíces jóvenes, una vez establecido la plántula y con la cantidad de raíces necesarias para su supervivencia, los plantines se repican a bolsas de polietileno para su posterior aclimatación desarrollo.

**b) Propagación In Vitro.** Es una forma muy especial de cultivo, en la cual el sustrato es artificial, tiene como ventajas el no utilizar mucho tiempo para su multiplicación, es libre de patógenos y posee un potencial a largo plazo. A través de ensayos realizados se ha descubierto que el arándano in vitro tiene la característica de poseer mayor cantidad de brotes laterales, los cuales permiten que la corona se desarrolle sin ningún inconveniente, generando mayor cantidad de yemas florales por planta, aumentando de esta manera la producción y con ello la rentabilidad del cultivo. En conclusión, este tipo de propagación vegetativa contiene grandes ventajas permitiendo la generación de plantas libres de enfermedades y plagas, caracterizándose por manejar condiciones de esterilidad e inocuidad, permitiendo la conservación y creación de bancos de germoplasma lo cual no se logra con viveros convencionales.

**c) Poda en Arándano.** Bañados (2005), citado por Cano (2018), menciona que, cada año las plantas originan nuevas ramas desde la corona las cuales se lateralizan, formando tallos que servirán para próximos años, cada año la planta se va renovando, dejando atrás las ramas ya producidas las cuales por desgaste generan fruta de menor calidad y productividad, perdiendo muchas veces el interés comercial del comprador. El mismo autor, indica que, entre las funcionalidades de la poda, la más importante es la de renovación, la cual mantiene al arbusto joven, formando ramas nuevas que generan fruta de gran calidad y productividad. Para ello lo más conveniente que la planta mantenga entre 8 a 10 ramas principales; otra de sus funciones principales es la formar al arbusto para facilitar su cosecha y rendimiento.

Es importante tener en cuenta los siguientes criterios, para realizar la poda en arándanos:

- Año 1: se realiza la poda de formación, eliminando todas las ramas de viveros, rastreras y delgadas, además de yemas productivas.
- Año 2: se realiza la poda, eliminando las ramas débiles y próximas al suelo, además de las yemas productivas.
- Año 3 en adelante: se realiza la poda de mantenimiento, tomando en cuenta la altura de los tallos, eliminando brotes débiles y dejando expuesta la corona.
- Año 7- 8 en adelante: se realiza la poda de renovación, eliminando los tallos viejos, buscando que las ramas principales tengan entre 40 a 50 cm por encima del suelo, de forma que haya ramas de menos de 4 a 5 años, las cuales serán el soporte para la producción de nuevas ramas jóvenes, proporcionando que el arbusto se mantenga en actividad y productividad..

### 2.2.2. *Enraizamiento*

**A. Morfología de la Raíz.** Retamales (2017, menciona que morfológicamente en la planta la raíz es un segmento de unión con el tallo, donde se presenta una zona transitoria o de cuello, y una zona rizosférica donde crece, madura y se ramifica. En la zona de crecimiento, se realiza el alargamiento de la raíz estructural o de anclaje así como las raíces jóvenes, la cual está protegida por células epidérmicas recubiertas por una barrera denominada cutina, que permite que se reduzca la pérdida de agua y la difusión de gases, está conformada por células parenquimáticas que tienen forma de dedal, que en conjunto se denomina cofia, está cofia posee sustancias mucilaginosas las cual les permiten que las raíces se penetren en el suelo sin lastimarse permitiendo que el ápice radicular se formen células meristemáticas.

**B. Las Funciones de la Raíz.** Retamales (2017), indica que la raíz es el órgano subterráneo de la planta que, le permite mantener actividad y absorción de nutrientes. Posee tres funciones:

- Realizar el transporte de agua y sales minerales hacía el tallo pasando por un sistema de ósmosis que se llevara a cabo en los pelos radicales, este alimento ingresa a través del xilema constituyendo la sabia bruta.
- Fijar a la planta proporcionándole anclaje y estabilidad generando que agentes externos puedan arrancarla o movilizarla.
- Acumular sustancias de reserva como el almidón, lípidos o proteínas que posteriormente serán utilizados por la planta.

**C. Enraizadores.** Díaz (2016) citado por Montejo (2020), menciona que los enraizadores son hormonas endógenas o exógenas que intervienen en el desarrollo de las plantas, estimulando o inhibiendo algunos procesos. Aldana (2003), indica que estos compuestos orgánicos ayudan a la estimulación fisiológica de la planta generando con ellos la formación y desarrollo de raíces, es mayormente utilizada en cultivos que tiene poca capacidad de producir raíces. Mitchell y Livingston (1973), mencionan que no todas las plantas tienen enraizamiento espontaneo, por ello es necesario aplicaciones hormonales endógenas para incentivar la formación de raíces.

*i. Auxinas.* Ludwig-Müller y Cohen (2002), indican que las auxinas son hormonas vegetales naturales que regulan procesos de crecimiento durante el desarrollo de las plantas. El ácido indolacético (AIA), es la auxina natural dentro de la planta, sus concentraciones son mínimas, incluso se podría decir nano molares. Las auxinas se presentan en diversos tipos, como el ácido 4-cloro-indolacético (4-CI-AIA), ácido fenilacético (PAA), ácido indol butírico (IBA) y el ácido indol propiónico.

*ii. Síntesis y degradación.* Pollmann et al (2003), mencionan que la síntesis de AIA puede derivar del triptófano por cuatro vías:

- Por descarboxilación produciendo triptamina (TAM)
- Por oxigenación generando la indolacetamida (IAM)



- Por transaminación produciendo el ácido indol-3-pirúvico (IPA).
- Por oxigenación produciendo el indol-3-acetaldoxima (IAOx).

En base a Kramer (2015), la ruta vía IBA es también importante para algunos microorganismos como para algunas plantas, así mismo se ha aislado el IBA en plantas, pero las enzimas que convierten el triptófano en IBA a AIA aún no han sido identificadas. Hull et al. (2000), menciona que la conversión de triptófano a IAOx se da a través de una catalización en la cual intervienen dos enzimas, el tipo citocromo P450, llamadas CYP79B2 y CYP79B3, estudio realizado en Arabidopsis.

Zhao et al (2002), mencionan que mediante una investigación se logró de encontrar un gen que codifica una enzima tipo flavin mono oxigenasa (FMO) el cual regula la elongación del hipocótilo en la oscuridad, siendo clave para la síntesis de auxina.

Las formas conjugadas de AIA pueden ser de dos tipos:

- Rampey et al. (2004), indica que algunas servirían como fuente de AIA libre y otras servirían para el para el catabolismo de AIA.
- Bartel et al. (2001), menciona que las plantas a través de una reacción de  $\beta$ -oxidación de IBA que es la hormona mas abundante en los peroxisomas, también pueden obtener AIA, así como el AIA puede obtener IBA a través de uniones de amidas o ésteres.

Woodward y Bartel (2005), indica que la degradación de las auxinas es irreversible. El catabolismo del AIA tiene dos vías de desarrollo, los cuales son: por oxidación descarboxilativa de la cadena lateral y la segunda por oxidación en las posiciones 2 y 3 del anillo indólico, el cual no genera descarboxilación.

*iii. Transporte de auxinas.* Rashotte et al. (2003), menciona que el AIA se sintetiza el ápice de los tallos, pues es allí donde se establece un gradiente de concentración de esta hormona. Algunas investigaciones mencionan que en el caso de las semillas estas transportan el AIA por el xilema.

La capacidad de los coleótilos para sintetizar AIA a partir de triptófano, permite que estos produzcan su propia hormona de manera endógena, además que investigaciones mencionan que el AIA se encuentra presente en el cambium, xilema y floema.

Ljung et al (2002), indica que para que ocurra el transporte de AIA, esta debe utilizar un mecanismo de energía dependiente, el cual ocurre de manera basipétala en tallos y epidermis, de manera acropétala en el anillo vascular o cilindro central y en las raíces es de manera basipétala y acropétala. La mayor parte de auxinas que se mueve dentro de la planta, viajan de forma pasiva y apolar a través del floema y son provenientes de hojas viejas. Las auxinas aplicadas exógenamente penetran en las hojas, ingresando al tubo criboso, el cual luego se transporta al parénquima vascular.

Park et al (2017), mencionan que las auxinas ácidas, son débiles y generalmente se encuentran protonadas bajo del apoplasto condicionadas al pH, de acuerdo al modelo quimiosmótico o movimiento de auxinas, depende de un gradiente de pH entre la pared celular y el citoplasma para facilitar su entrada reducida del AIA a través de la membrana citoplasmática.

Swarup et al. (2004), indica que el pH alto dentro del citoplasma provoca la ionización del AIA, impidiendo que este salga en forma oxidada. La cantidad que se desea de AIA puede incrementarse si se utiliza transportadores para mejorar su ingreso.

Paponov et al (2005), mencionan que en las auxinas poseen un proceso activo pero que dependen de las proteínas PIN además de la cooperación de las proteínas MDRs para transportarse de forma directa, ya que las proteínas PIN no poseen esa capacidad de manera

individual.

Geldner et al (2001), indican que la proteína PIN están asimétricamente distribuidas en toda la membrana plasmática. Las proteínas PIN generan un movimiento polar en dirección a las raíces que se encuentra asociadas con los vasos xilemáticos, por la localización superior de AUX1 y basal de las proteínas PIN en las células. El sistema dirigido por proteínas PIN nos permite la exportación de auxinas a toda la planta, generando la distribución de las auxinas en los tejidos donde se requiera.

Blilou et al (2005), indican que las auxinas pueden ser relocalizada en la zona apical de la elongación o en la parte central de la raíz, generando un retorno hacia el ápice radicular activo. El mismo autor, menciona que la transcripción, acumulación y localización subcelular de proteínas PIN se encuentran reguladas por auxinas, llegando a la conclusión de que esta hormona regula su propia distribución, pues la hormona sería capaz de cambiar la expresión de otros genes PIN para reemplazar la pérdida de cualquiera de ellos.

Las auxinas en su concentración o fuente donadora no dependen de la longitud del tejido para su velocidad de difusión dentro de la planta, sino que, este dependerá más de la edad y del tipo de tejido que posea la planta.

#### **iv. Efectos fisiológicos de auxinas**

- **Crecimiento y formación de raíces.** Jenik y Barton (2005), indican que la división, el crecimiento y diferenciación celular están influenciadas por las auxinas, además de interactuar con otras fitohormonas en estos procesos; siendo el proceso más característico la de regulación del crecimiento radicular. El mismo autor, menciona que la formación de raíces laterales se debe a la estimulación de la división de células localizadas en el periciclo, fenómeno en el cual está inmerso el proceso de rizogénesis, sucede lo mismo para las raíces adventicias la cual depende de células que se encuentra en activa división.

- **Regulación de tropismos.** Esmon et al (2005), indican que el tropismo es una respuesta a un estímulo direccional, siendo un proceso no reversible derivado de la elongación celular, nos permite controlar la orientación de la planta teniendo el efecto en el crecimiento de tallos y raíces.

Las auxinas responderán a la orientación donde se encuentran los tallos y raíces que pueden estar sujetas a estímulos de luz, como el fototropismo, de gravedad, como el geotropismo o de contacto, como el tigmotropismo, hasta ahora el más común es el fototropismo que se produce en el ápice de las plantas, donde la auxina se transporta hacia la base de la planta, buscando la sombra para desarrollarse.

Hou et al (2004), mencionan que al igual que el fototropismo, el geotropismo aplica la respuesta de los tallos y raíces de la planta sometidas a la gravedad. Si se coloca la planta de costado, el tallo se curvará, ya que buscara su orientación hacia la superficie y la raíces se irán en dirección al suelo, pero si la planta se encuentra en posición horizontal, la gravedad generara que las auxinas se distribuyan en la parte inferior del bulbo radicular, pues estas permiten la dominancia apical, generando el crecimiento de la parte inferior para la salida de nuevos tallos; en las raíces por otro lado un exceso de auxinas inhibe el alargamiento de las células, ocasionando que algunas raíces se alarguen más y otras se curven hacia abajo. Las auxinas estimulan el crecimiento de la parte inferior mientras que, en las raíces, la concentración de auxinas limita el alargamiento de las células, provocando que la cara superior se alargue más y la raíz se desarrolle en dirección al suelo.

La gravedad es una de las causantes de la redistribución de auxinas, pues hay células que las perciben, que en su mayoría se localizan en el casquete, caliptra

o cofia. Estas células conformadas de estatocitos, correspondientes a amiloplastos, terminan sedimentándose debido a la gravedad, de no ser así esta se redistribuiría en la zona inferior de la cofia generando retraso en los puntos de crecimiento.

- **Dominancia apical.** Jordan y Casaretto (2006), mencionan que al tener las auxinas una gradiente de distribución que inicia en el ápice primario hasta la parte basal de la planta, esta inhibe el desarrollo de brotes axilares y laterales en el tallo, generando que se logre la dominancia apical.

v. **Abscisión de órganos.** Sundaresan et al (2015), indican que las auxinas retardan la caída de hojas, flores y frutos jóvenes, debido a que se mueven fuera de la lámina foliar hacia la base del pecíolo, previniendo la abscisión e inhibiendo el etileno, generando que la planta mantenga su efecto juvenil.

Sin embargo, hay investigaciones que mencionan, que, si se aplica exógenamente cerca al tallo, acelera el efecto de etileno dentro de la planta.

vi. **Desarrollo de flores y frutos.** Pfluger y Zambryski (2004), mencionan que plantas que tengan deficiencia de auxinas presentaran deformaciones florales o defectos en la estructura floral, siendo necesaria para la etapa de floración; de igual manera las aplicaciones exógenas inducen al desarrollo floral en varias especies, así mismo contribuyen con el crecimiento normal de frutos.

vii. **Diferenciación vascular.** Bhalerao et al (2002), indican que la división celular que ocurre en el cambio es controlada por las auxinas pues estas darán origen a los elementos del floema y el xilema, su mayor efecto se presenta cuando se diferencia el xilema, ya que la cantidad de elementos del xilema dependerá de la cantidad de hormona aplicada a la planta.

#### viii. **Mecanismos de acción**

- **Crecimiento y elongación celular.** Hager (2003), menciona que las auxinas

generan una expansión celular, la cual permite el crecimiento de las plantas además de estimular la actividad de bomba de protones (ATPasa), la cual se encuentra ubicada en la membrana plasmática, esta funciona bajo dos mecanismos de acción: el mecanismo de activación de las bombas ya existentes y bajo la inducción de síntesis para generar nuevas bombas de protones (ATPasas). La extracción de protones hacia la pared celular genera que el pH se vea afectado, acidificándose, como reacción se activan proteínas que rompen puentes de hidrogeno presentes en la pared celular, ingresando en este proceso las expansinas, proteínas que favorecen la elasticidad de la célula, son las que intervienen en el primer proceso, actuando de manera posterior otras enzimas hidrolíticas generando turgor en la célula debido a la presión que genera la vacuola y por el depósito de material nuevo, cuya síntesis y transporte es regulado por las auxinas, además de inducir también a la síntesis de giberelinas, siendo esta la causante del crecimiento del tallo, actuando de manera indirecta también en este proceso, las auxinas.

- **Receptores de auxinas.** Bertosa (2008), indica que las proteínas candidatas a receptoras han sido encontradas en partes de la membrana celular, del retículo endoplásmico y del citoplasma.

La proteína ABP1 (proteína de unión a auxina 1) por ejemplo, fue una de las proteínas que por algún tiempo fue considerada como un posible receptor de auxina, ya que la mayoría de las plantas no la tenía. Sin embargo, se descartó debido a que esta proteína no es semejante a otros receptores hormonales y era deficiente en regular los genes afectados por auxina.

Dharmasiri et al (2005), mencionan que por su localización en el retículo endoplásmico el ABP1 esta hormona hoy estaría involucrada en el transporte



intracelular de auxinas, sin embargo, analizando algunas investigaciones recientes se ha logrado identificar a la proteína TIR1, la cual reprimiría genes que responden a la auxina, para ubicarlos y luego ser degradados por el proteasoma 26S, proceso que se llevaría a cabo por la interacción entre la proteína TIR1 y la auxina AIA.

- **Auxinas sintéticas y sus usos comerciales.** MacMillan (2004), indica que las auxinas sintéticas, que son aplicadas de manera exógena hoy tienen varias funcionalidades en agricultura, las cuales entre ellas están el de frenar el brote en tubérculos de papa, qué podría mermar la producción, prevenir el aborto de flores y frutos de manera prematura, etc.

Sus propiedades no sólo nos ayudan en el desarrollo de la planta si no también tiene impacto sobre la fruta, obteniendo frutos partenocárpico en plantas como tomate, higos y sandías, por ejemplo, así mismo para estimular el crecimiento de raíces en esquejes utilizando el ácido indol butírico (IBA) y ácido naftalenacético (ANA).

### 2.2.3. *Sustrato*

Díaz (2016) citado por Montejo (2020), menciona que el sustrato es todo material sólido distinto al suelo, puede ser natural, residual, orgánico o mineral, que, colocado dentro de un contenedor, en forma pura o mezclada, permite a la planta anclarse generándole un soporte y permitiéndole la propagación de raíces que le servirán para poder alimentarse a lo largo de su ciclo de vida. El sustrato no necesariamente interviene en el proceso de nutrición pues puede que no tenga los nutrientes necesarios para la planta.

**A. Importancia.** Patrón y Pineda (2010), menciona que la importancia de los sustratos se debe a que, si se trabajan solos o en mezcla, mejoran las condiciones de crecimiento de las plantas en el aspecto biológico, físico y químico.

**B. Funciones.** Noguera y Abad (1997), citado por Patrón y Pineda (2010), mencionan que el sustrato cumple la función de anclar las raíces para el soporte de la planta, pero puede o no participar en el proceso de nutrición.

**C. Propiedades Físicas.** Según García (2008) citado por Martínez (2016), las propiedades físicas necesarias son:

*a) Densidad.* La densidad del sustrato está relacionada con el material sólido que lo compone (densidad real) o a la densidad calculada (densidad aparente), que es igual al espacio poroso más los componentes sólidos existentes. La densidad real, varía dependiendo al tipo de materia que se trate, se encuentra en un rango de 2.5 – 3 para los provenientes de origen mineral, por otro lado, la densidad aparente nos indica la características del sustrato y cuan beneficiosas pueden ser para el cultivo, se prefiere que la densidad aparente sea baja (0.7 – 0.1) y que garantice consistencia.

*b) Granulometría.* La granulometría del sustrato condiciona su comportamiento, el tamaño de los gránulos o fibras permitirá verificar su comportamiento hídrico y su densidad aparente, a mayor granulometría, mayor tamaño de poros.

*c) Porosidad.* Es el medio vacío, no ocupado por partículas sólidas, pueden estar ocupadas de agua o de aire en cierta proporción. Su valor óptimo oscila de 80% – 85%, menor a esos valores no hay intercambio de fluidos, ya que puede generar anoxia dentro de la planta, limitando el crecimiento de raíces nuevas.

*d) Estructura.* Su estructura puede ser granular o fibrilar, la estructura granular posee la característica de adecuarse a la forma de la bandeja o contenedor a utilizar, mientras que la fibrilar dependerá de la textura de la fibra.

**D. Propiedades Químicas.** García (2008) citado por Martínez (2016), considera que la solución de hidrólisis de los sustratos, provocan:

a) *Efectos Fitotóxicos.* Los efectos fitotóxicos se presentan por la liberación de iones OH<sup>-</sup> y H<sup>+</sup>, además de iones metálicos como el Co<sup>+2</sup>.

b) *Efectos Carenciales.* Los efectos carenciales se presentan debido a que algunos sustratos son muy alcalinos, generando el incremento de pH permitiendo la precipitación del fósforo además de algunos microelementos.

c) *Efectos Osmóticos.* Los efectos osmóticos se dan por el exceso de sales en el sustrato, el cual impide la absorción correcta del agua por la planta, generando un aumento de conductividad eléctrica dentro del sustrato, limitando la absorción de nutrientes.

**E. Propiedades Físico Químicas.** También García (2008) citado por Martínez (2016), considera que las propiedades físico – químicas se presentan en sustratos de origen arcilloso o con contenido de materia orgánica, tienen reacciones de intercambio de iones, provocando alteraciones en el pH, así como en la solución nutritiva, dificultando la absorción de la planta.

**F. Propiedades Bioquímicas.** Las propiedades bioquímicas se generan por la degradación del material que compone al sustrato que en su mayoría son de origen orgánico. Al degradarse la materia orgánica, se genera la liberación de CO<sub>2</sub> y de otros elementos generando cambios en las propiedades físicas del sustrato. (García, 2008 citado por Martínez, 2016).

**G. Propiedades Biológicas.** Las propiedades biológicas están relacionadas a los organismos del suelo, los cuales generan un ambiente de competencia en la rizosfera por oxígeno y nutrientes, que finalmente termina en la degradación del sustrato alterando las características físicas iniciales, cuando se degrada pierde macroporos, reduciendo la oxigenación, generando en algunos casos asfixia radicular (García, 2008 citado por Martínez, 2016).

**H. Velocidad de Descomposición.** La velocidad de descomposición dependerá de la

población microbiana que haya en el sustrato, al competir los microorganismos con la raíz, por el nitrógeno y el oxígeno, será en estos elementos donde se presentaran deficiencia, además de que se liberen sustancias fitotóxicas y haya degradación del sustrato (García, 2008 citado por Martínez, 2016).

*a) Efectos de los Productos de Descomposición.* Los productos considerados como descomponedores de sustratos orgánicos son los ácidos húmicos y ácidos fúlvicos, los cuales son de adquieren de la degradación biológica de la lignina y la hemicelulosa. Alterando muchas veces los procesos fisiológicos del cultivo.

*b) Actividad Reguladora de Crecimiento.* Es muy conocida la actividad reguladora de crecimiento (existencia de actividad auxínica), debido a la facilidad que tiene la raíz para penetrar dentro de materiales orgánicos.

### 2.3. Tipos de Sustrato

*a) Cascarilla de arroz.* La cascarilla de arroz es un sustrato biológico con alto contenido de silicio y larga durabilidad; posee alta oxigenación, buen porcentaje de macroporos y es muy ligera. Tiene problemas para humedecerse inicialmente, como para conservar una humedad homogénea, retiene por inercia química, siendo propenso a mantener residuos de aplicaciones pasadas, debido a eso es bueno las pruebas antes de utilizarla. Para que la cascarilla sea utilizada esta debe ser remojada haciendo cambios periódicos de agua cada 2 a 3 días, por alrededor de 20 días, una vez transcurrido el proceso anterior ya se podría sembrar sin ningún inconveniente. (Verdugo, 2005). Rojas (2020), agrega que la cascarilla de arroz debe de estar fermentada (mojar y remover constantemente) para ser utilizado, ya que de no hacerlo puede traer problemas posteriores en la producción por falta o exceso de oxígeno.

*b) Fibra de coco.* La fibra de coco tiene una buena capacidad de retención de agua y también buena capacidad de aireación, contiene gran cantidad de sales por ello debe realizarse un lavado antes de utilizarlo (Fernández et al, 2014).

### 2.3.1. Producción

Pallardy (2008), menciona que el cultivo de arándano es muy propenso a sufrir de anoxia, ya que lo induce a una serie de trastornos fisiológicos múltiples en las plantas; como la inhibición de la fotosíntesis, cierre estomas, el transporte de hidratos de carbono y menor crecimiento de raíces, todo ello hace que se disminuya la absorción de nutrientes debido a la muerte progresiva de la raíz. Las raíces en muchos casos, es la limitante para la producción, pues se estima que casi el 80% de energía consumida por la planta va al sistema radicular. El rol de las raíces es servir de anclaje y soporte a la planta, asimismo son órganos de acumulación de reservas (arginina, almidón, fosforo), importantes en el proceso de cuajado.

### 2.4. Definición de términos

- ABP1: “Receptor de auxina candidato llamado proteína de unión a auxina 1”. (Shi y Yang, 2011).
- AIA: Acido indolacético; interviene en procesos fisiológicos de la planta principalmente direccionados al crecimiento y desarrollo, permite el alargamiento y división celular, generando la diferenciación del tejido. (Ljung, 2013).
- ATP: Adenosina trifosfato; está conformado por adenina + ribosa y un grupo trifosfato, contiene energía que permite el desarrollo de muchos procesos fisiológicos dentro de la planta. (Jasinski et al, 2003).
- AUX: Auxina; son hormonas vegetales que permiten la división y alargamiento celular, generan e inducen la estimulación y formación radicular. (Ljung, 2013).
- IAM: Indol acetamida; “Controla un subconjunto específico de genes relacionados con el estrés. El grupo Redes reguladoras fitohormonales describió un papel de la indol-3-acetamida (IAM) en las respuestas al estrés abiótico.” (Wang et al., 2015).
- IAOx: Indol-3-acetaldoxima; es una hormona que permite la diferenciación de la dominancia apical, actuando en el tejido meristemático. (Wang et al., 2015).

- IBA: Acido indol butírico; es también una auxina, estimulante y promotora de raíces laterales. (Shi y Yang, 2011).
- IPA: Acido indol-3-pirúvico; esta hormona sintetiza AIA, al desaminarse el triptófano por una aminotransferasa, este resulta en indol-3-piruvato (IPA), al sufrir descarboxilación pasa a ser indol acetaldehído, finalmente termina oxidándose y dando paso al AIA (acido indol acético). (Wang et al, 2015).
- PAA: Acido fenilacético; es una auxina natural, que permite la regulación del crecimiento de la planta, permitiendo su desarrollo normal, esta hormona puede estar presente en plantas vasculares y no vasculares. (Bartel et al, 2001).
- TAM: Triptamina; se sintetiza a partir del triptófano, que al sufrir una transaminación y posterior descarboxilación, da origen al AIA (ácido indol acético) (Stepanova y Alonso, 2009).
- TIR1: “Transporte inhibidor responsable 1; está involucrado en la vía de señalización mediada por auxina que regula el crecimiento de la raíz y el hipocótilo, la formación de raíces laterales, el alargamiento celular y el gravitropismo. Parece permitir que las células del periciclo superen la detención de G2 antes del desarrollo de la raíz lateral.” (Blilou et al, 2005).
- Trp: Triptófano; “Es un aminoácido que se tiene como precursor fisiológico para la biosíntesis de auxinas en plantas y microorganismos.” (Frankenberger y Arshad, 2020).



### III. MATERIALES Y METODOS

#### 3.1. Materiales

##### 3.1.1. Espacio

La investigación se ha realizado en el Fundo Santa Catalina 2 de la empresa agrícola Athos, ubicada geográficamente a una altitud de 2,267 msnm, en las coordenadas UTM X 9°2'55" y Y 77° 48'36"; y, político administrativamente corresponde a:

Departamento	Ancash
Provincia	Huaylas
Distrito	Pueblo Libre
Localidad	Santa Catalina

##### 3.1.2. Material experimental

- Plantas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) variedad Emerald de un año de edad.
- Cator (ácido fúlvico)
- Alga 600 (3.3 g/l)
- Kelpak (1.1 g/l)
- Rotring (1.2 g/l)
- Sustratos: cascarilla de arroz, cascarilla de arroz + fibra de coco y fibra de coco.

##### 3.1.3. Equipos

- Balanza gramera
- Calibrador digital
- Wincha
- Mochila de fumigar
- Cámara fotográfica
- Laptop

##### 3.1.4. Materiales de Oficina

- Libreta de campo
- Útiles de escritorio
- Cuaderno de apuntes
- Calculadora
- Mica
- Corrector

##### 3.1.5. Otros materiales

- Letreros
- Jabas de cosecha

- Jabillas

## 3.2. Metodología

### 3.2.1. Tipo de estudio

En la investigación se empleó la metodología experimental, debido a que se intervino con la manipulación de las variables independiente en el cultivo de arándano (AIA y sustratos); y, al mismo tiempo, la investigación fue descriptiva, por utilizar los resultados para caracterizar los efectos de cada uno de los enraizadores aplicados.

Por otro lado, la investigación también es aplicada, debido a que los resultados favorables son recomendados para su uso en el cultivo de arándano; el cual, a su vez, es de carácter cuantitativo de tipo horizontal, por el uso de datos resultantes de las mediciones y corresponden a una campaña productiva.

### 3.2.2. Diseño de investigación

**A. Diseño de campo.** Disposición experimental:

a) *Medidas generales.* En primer término, las unidades experimentales se distribuyeron de la siguiente manera:

- Número de tratamientos: 05
- Número de bloques: 03
- Número de repeticiones: 05
- Total, de unidades experimentales: 75

En base a ello, las medidas del campo experimental fue la siguiente (Figura 1):

- Largo de bloque: 11.25 m
- Ancho de bloque: 0.60 m
- Área de bloque: 6.75 m<sup>2</sup>
- Distancia entre plantas: 0.45 m
- Ancho de las calles: 1.60 m

- Área total del experimento: 74.25 m<sup>2</sup>

Las medidas de la Parcela Grande, fue la siguiente:

- Número de parcelas: 03
- Numero de parcelas/bloque: 05
- Largo de parcelas: 11.25 m
- Ancho de parcela: 0.60 m
- Área de parcela: 6.75 m<sup>2</sup>

Las medidas de la Subparcela, fue:

- Largo de subparcela: 2.25 m
- Ancho de subparcela: 0.60 m
- Área de subparcela: 1.35 m<sup>2</sup>

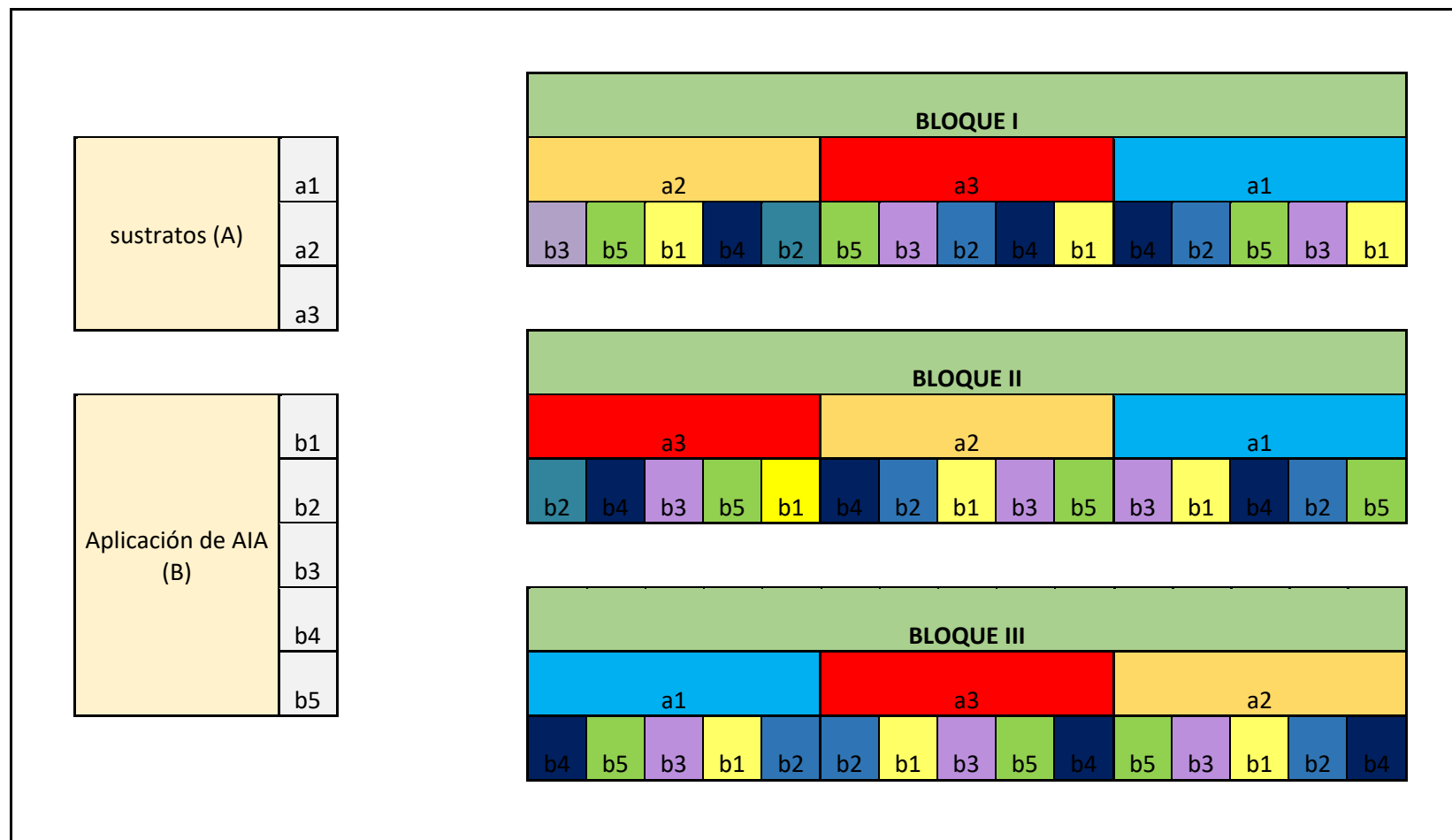
**B. Diseño Estadístico.** En el presente trabajo de investigación, se utilizó el Diseño de parcelas divididas con arreglo de bloques completos al azar (DBCA). Este diseño se utiliza, por tener en la investigación dos factores principales (3 tipos de sustrato y 5 períodos en días, de reingreso en aplicación de AIA) en estudio, con ellos se tiene la evaluación sobre la interacción de ambos factores (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

Para evaluar el efecto de los días de reingreso de aplicación de AIA y los tipos de sustrato, se hizo una comparación entre tratamientos con uso de la prueba de Tukey ( $\alpha = 0.05$ ), cuya prueba permite evaluar de forma efectiva los datos obtenidos por unidad experimental (Gutiérrez y De La Vara, 2008).

El Factor “A” (tipo de sustrato) fue distribuido al azar en parcela grande y el Factor “B” (días de reingreso de aplicación de AIA) fue randomizado en parcela pequeña, con la finalidad de que en cada parcela grande esté cada uno de los tratamientos; con ello, se formó un total de tres bloques, cinco tratamientos en cada bloque y cinco repeticiones por tratamiento, con lo que se obtuvo un total de 75 unidades experimentales (3 bloques x 5 tratamientos x 5 repeticiones).

Figura 1

*Distribución espacial de los tratamientos de las unidades experimentales de arándano según bloques*



En total se contaron con 75 unidades experimentales, las cuales fueron evaluadas individualmente, siendo esta evaluación óptima por las características del diseño.

Modelo aditivo lineal (Gutiérrez y De La Vara, 2008):

$$Y_{ijk} = \mu + \rho_k + \alpha_i + E(\alpha_i) + \beta_j + (\alpha\beta)_{ij} + E(\beta_j)$$

Donde:

- $Y_{ijk}$  = es la respuesta obtenida en la unidad experimental correspondiente al k-ésimo bloque, a la que se aplicó el i-ésimo nivel del factor A, con el j-ésimo nivel del factor B.
- $\mu$  = es la media general.
- $\rho_k$  = es el efecto de bloques
- $\alpha_i$  = efecto del i-ésimo nivel del factor A en parcelas.
- $E(\alpha_i)$  = error de parcelas
- $\beta_j$  = efecto del j-ésimo nivel del factor B en sub parcelas.
- $(\alpha\beta)_{ij}$  = efecto de la interacción entre el i-ésimo nivel del factor A y B en los subniveles i j.
- $E(\beta_j)$  = error en sub parcelas.

Para:

- $i = 1, 2, 3$  niveles del factor A
- $j = 1, 2, 3, 4, 5$  niveles del factor B
- $k = 1, 2, 3, 4, 5$  niveles de repeticiones

Factores en estudio:

- Tipos de sustrato
  - a1 = cascarilla de arroz
  - a2 = cascarilla de arroz + fibra de coco
  - a3 = fibra de coco

- Días de reingreso para aplicación de ácido indol butírico:

b1 = Sin aplicación de AIA (testigo)

b2 = Aplicación de AIA a 7 días

b3 = Aplicación de AIA a 14 días

b4 = Aplicación de AIA a 21 días

b5 = Aplicación de AIA a 28 días

Tabla 3.

*Descripción de los tratamientos de estudio*

Tratamientos	Clave	Sustrato	Días de reingreso del AIB
T1	a1b1	Cascarilla de arroz	Sin aplicación
T2	a1b2	Cascarilla de arroz	7 días
T3	a1b3	Cascarilla de arroz	14 días
T4	a1b4	Cascarilla de arroz	21 días
T5	a1b5	Cascarilla de arroz	28 días
T6	a2b1	Cascarilla de arroz + fibra de coco	Sin aplicación
T7	a2b2	Cascarilla de arroz + fibra de coco	7 días
T8	a2b3	Cascarilla de arroz + fibra de coco	14 días
T9	a2b4	Cascarilla de arroz + fibra de coco	21 días
T10	a2b5	Cascarilla de arroz + fibra de coco	28 días
T11	a3b1	Fibra de coco	Sin aplicación
T12	a3b2	Fibra de coco	7 días
T13	a3b3	Fibra de coco	14 días
T14	a3b4	Fibra de coco	21 días
T15	a3b5	Fibra de coco	28 días



En la Tabla 3, se muestran los diferentes tratamientos instalados en el campo experimental, cuyas unidades experimentales fueron distribuidos al azar en cada uno de los bloques experimentales con sus respectivas repeticiones.

### **3.2.3. Población, Muestra y Muestreo**

En la presente investigación, la población de estudio está constituida por 5,575 plantas de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) variedad Emerald de un año de edad, pertenecientes a las plantaciones del fundo Santa Catalina 2 de la empresa Athos. Como se puede observar, la población de plantas de arándano del fundo en estudio, es relativamente grande.

Considerando que la unidad experimental es cada una de las plantas de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) variedad Emerald de un año de edad, sembradas en un tipo de sustrato, se ha determinado una muestra de 75 plantas de arándano del fundo en estudio; el cual, corresponde al muestreo no probabilístico por conveniencia, debido a que las plantas de la muestra están convenientemente disponibles y los costos de las aplicaciones de enraizadores y las correspondientes mediciones de los resultados, son relativamente altos al aplicar el muestro probabilístico.

### **3.2.4. Técnicas e instrumentos de recolección**

Las técnicas de recolección de datos utilizados en el presente trabajo de investigación, fueron las mediciones del enraizamiento de las plantas de arándano y su registro en el cuaderno de campo, que posteriormente fue digitalizado en un archivo de MS Excel en una Laptop de uso personal.

Los instrumentos utilizados para las mediciones y los correspondientes registros, fueron los siguientes: balanza gramera, calibrador digital, wincha con aproximación de 0.1 cm y una Laptop con MS Excel instalado, con diseño de una matriz de sistematización para fines de los cálculos estadísticos.

En el campo experimental, se desarrollaron las siguientes actividades:

**A. Obtención y preparación del sustrato.** El llenado del sustrato se hizo en bolsas de polietileno de color negro de 30x48 cm. En la presente tesis se utilizó tres tipos de sustrato; el primer sustrato corresponde a cascarilla de arroz, el cual se llenó en la bolsa dejando 4 cm hacia abajo para doblar la bolsa negra, posteriormente se realizó el riego del sustrato para humedecerlo y a continuación, se abrió un hoyo para trasladar una planta al sustrato embolsado. El segundo sustrato corresponde a una mezcla de cascarilla de arroz más fibra de coco en una relación de 1:1, el cual se llenó 4 cm hacia abajo del borde debido a que teníamos que doblar la bolsa para evitar el quemado de ramas. En el tercer sustrato se llenó la fibra de coco 4 cm antes de llenar la bolsa, para doblarla de la misma manera que las anteriores.

**B. Preparación de las plantas de arándano.** Se buscaron las plantas de igual tamaño y condición, para no direccionar los resultados: todas las plantas fueron escogidas del fundo Santa Catalina 2, de la empresa Athos, con fecha de siembra del 5/02/2021.

**C. Preparación y aplicación del ácido indol butírico.** El riego utilizado en el fundo es vía sistema de goteo y se da de manera diaria en pulsos de ingreso corto, lo que permite que el sustrato se mantenga a capacidad de campo la mayor parte del tiempo, permitiendo que el drenado a realizarse sea eficiente. Para aplicar el ácido indol butírico se utilizó una bomba de mochila, en la cual se preparó 20 litros con uso de 20 ml del producto a aplicar; cada uno de los productos utilizados, poseen la misma dosificación para arándano, por ello no hubo variación en la dosificación. Seguidamente se empezó a aplicar de manera directa al cuello de la planta en forma circular o alrededor de la planta.

### **3.2.5. Métodos de Análisis de datos**

El análisis de datos se ha realizado mediante el uso de la estadística descriptiva, en base a los datos tabulados y sistematizados en hojas de cálculo; luego se procedió a los cálculos de ANVA y las correspondientes pruebas de Tukey.

Los cálculos se orientaron a la obtención de los siguientes resultados:

**A. Momento óptimo de aplicación de AIA para lograr mejor estimulación de raíces jóvenes (pelos absorbentes).** La evaluación se hizo un día antes de cada aplicación, tomando como factores el tipo de raíces y el cuadrante al que pertenece cada una. Se tomó en cuenta la evolución de cada semana para evaluar la evolución de cada uno de los tratamientos, esta evaluación se realizó en los 270 días que duró la ejecución de la investigación.

**B. Porcentaje de raíces jóvenes.** Se registro el número de raíces jóvenes por planta después de cada 7 días de la aplicación durante todo el período de evaluación.

**C. Evaluación del sustrato que tuvo mayor efecto en formación de raíces jóvenes.** Se midió la densidad aparente del sustrato para verificar cuál de ellos era el sustrato que mayor humedad retenía, relacionando a ello el oxígeno necesario para el mantenimiento y regeneración de raíces.

**D. Evaluación del rendimiento de producción de frutas por planta, en la etapa de cosecha.** Se realizó el conteo de órganos de cada una de las plantas para saber que tratamiento fue el que generó mayor producción.

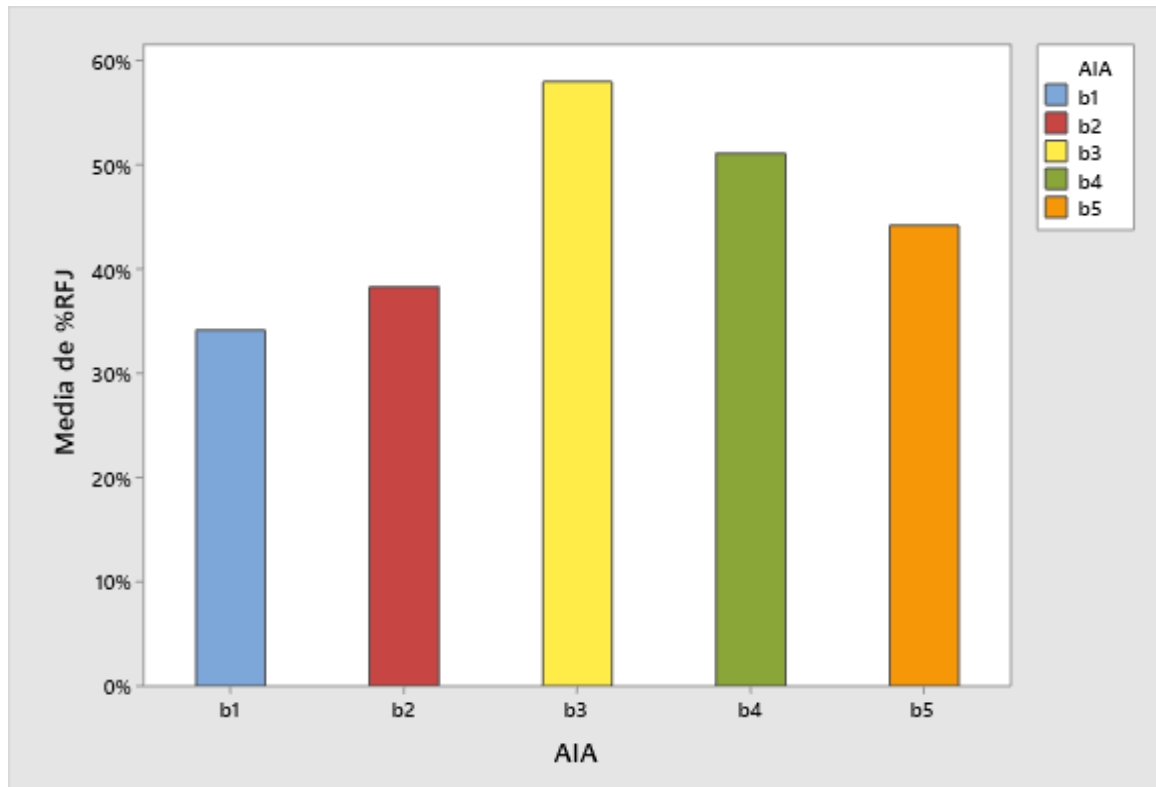
## IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Resultados

#### 4.1.1. Momento óptimo de aplicación de AIA

Figura 2.

*Raíz fibrosa joven (RFJ) por momento de aplicación.*



En la Figura 2, se observa que el momento óptimo de aplicación fue cada 14 días (b3), que es donde se observa un alto porcentaje de RFJ (57%) y el tratamiento más deficiente en raíces fue el tratamiento testigo, donde no se aplicó AIA (b1); en el cual, se obtuvo solo 34% de RFJ.

Tabla 4.

*Análisis de varianza del momento de aplicación*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc.	F Tab. (0.05)	Sig
Bloque	2	0.002	0.001	0.450	3.403	NS
S	2	0.428	0.214	104.810	3.403	*
Error (S)	4	0.008	0.002	0.430	2.776	
AIA	4	0.333	0.083	17.650	2.776	*
S*AIA	8	0.060	0.007	1.580	2.355	NS
Error	24	0.113	0.005			
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>0.944</b>				
<b>Parcela CV = 1.98 %</b>			<b>Subparcela CV = 15.71 %</b>			

En la tabla 4, se muestra el análisis de varianza para el momento óptimo de aplicación. Se pone en evidencia la existencia de diferencias estadísticas significativas en los tratamientos más no entre los bloques.

**4.1.2. Porcentaje de raíces jóvenes**

Tabla 5.

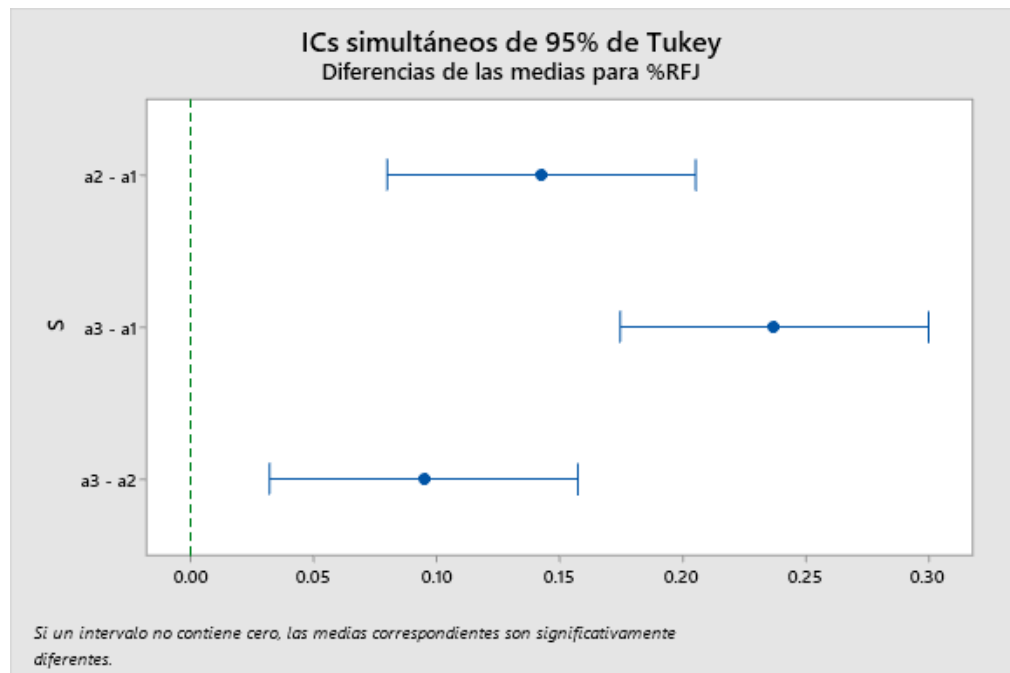
*Prueba de comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha=5\%$ ) para el momento de aplicaciones AIA (% RFJ)*

**Sustrato**

S	N	Media	Agrupación
a3	15	0.56	a
a2	15	0.46	b
a1	15	0.32	c

Figura 3.

Intervalos de confianza para evaluar las diferencias entre las medias de grupo



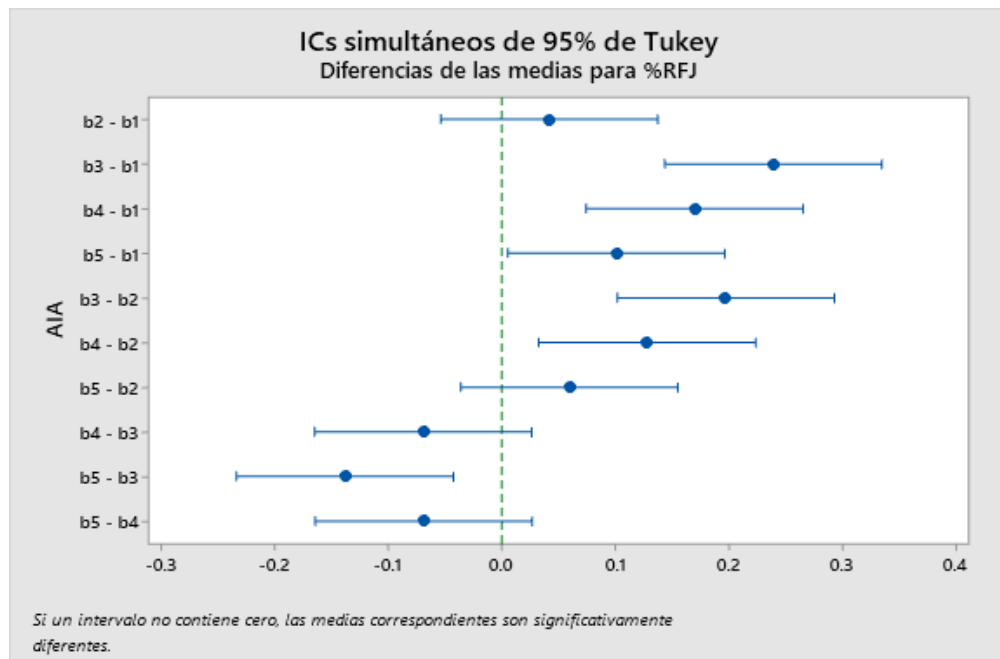
El intervalo de confianza nos muestra que los resultados son significativos ya que no incluyen el cero, dándonos un intervalo de confianza de hasta el 95%.

### Aplicación

AIA	N	Media	Agrupación
b3	9	0.58	a
b4	9	0.51	a b
b5	9	0.44	b c
b2	9	0.38	c D
b1	9	0.34	D

Figura 4.

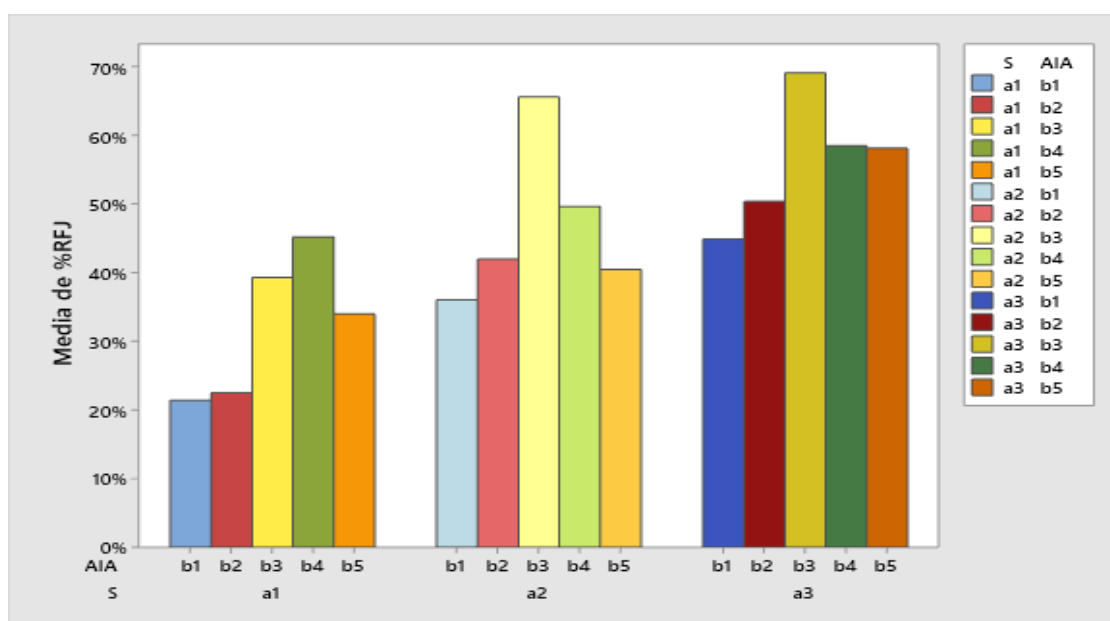
Intervalos de confianza para evaluar las diferencias entre las medias de grupo



El intervalo de confianza nos muestra que las diferencias que no incluyen el cero son significativas y las que incluyen el cero son no significativas, siendo los resultados confiables en un 95%.

Figura 5.

porcentaje (%) de Raíces Fibrosas Jóvenes (RFJ) en todo el proceso experimental.



En la gráfica se visualiza que el mayor desarrollo de raíces se obtuvo en el sustrato de coco y



con aplicación de AIA cada 14 días, siendo la mediana más alta el 69 %, perteneciente al (a3-b3).

Tabla 6.

*Análisis de varianza del porcentaje de raíces jóvenes (RFJ).*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc.	F Tab (0,05)	Sig
Bloque	2	0.002	0.001	0.450	3.403	NS
S	2	0.428	0.214	104.810	3.403	*
Error (S)	4	0.008	0.002	0.430	2.776	
AIA	4	0.333	0.083	17.650	2.776	*
S*AIA	8	0.060	0.007	1.580	2.355	NS
Error	24	0.113	0.005			
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>0.944</b>				
		<b>Parcela CV = 1.98 %</b>		<b>Subparcela CV = 15.71 %</b>		

Tabla 7.

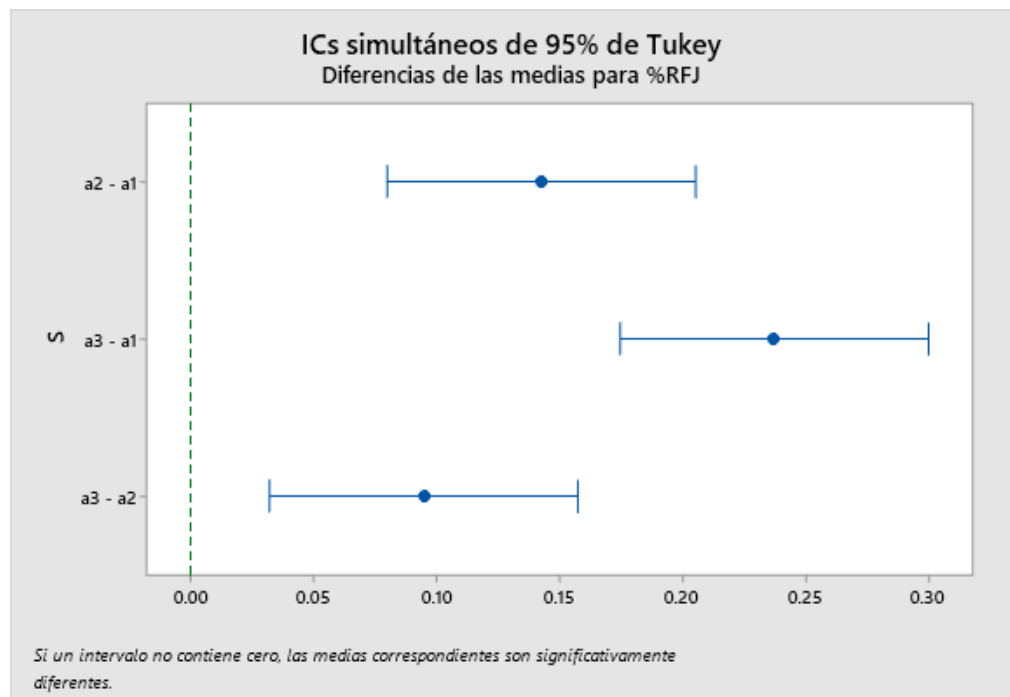
*Prueba de comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha=5\%$ ) para el porcentaje de raíces jóvenes (% RFJ).*

**Sustrato**

S	N	Media	Agrupación
a3	15	0.56	a
a2	15	0.46	b
a1	15	0.32	c

Figura 6.

Intervalos de confianza para evaluar las diferencias entre las medias de grupo



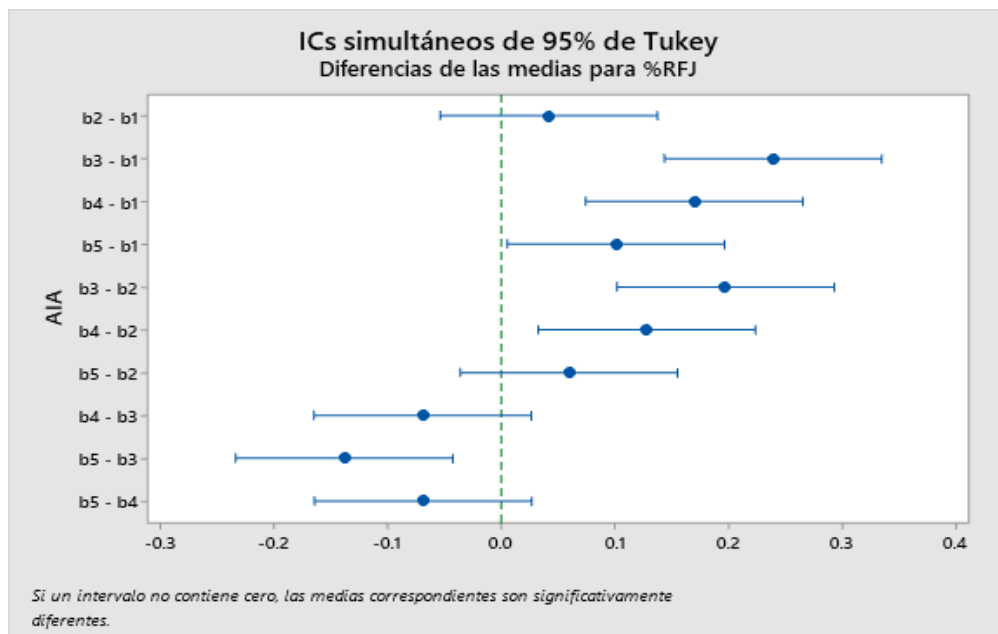
El intervalo de confianza nos muestra que los resultados son significativos ya que no incluyen el cero, dándonos un intervalo de confianza de hasta el 95%.

### Aplicación

AIA	N	Media	Agrupación
b3	9	0.58	a
b4	9	0.51	a b
b5	9	0.44	b c
b2	9	0.38	c D
b1	9	0.34	D

Figura 7.

Intervalos de confianza para evaluar las diferencias entre las medias de grupo

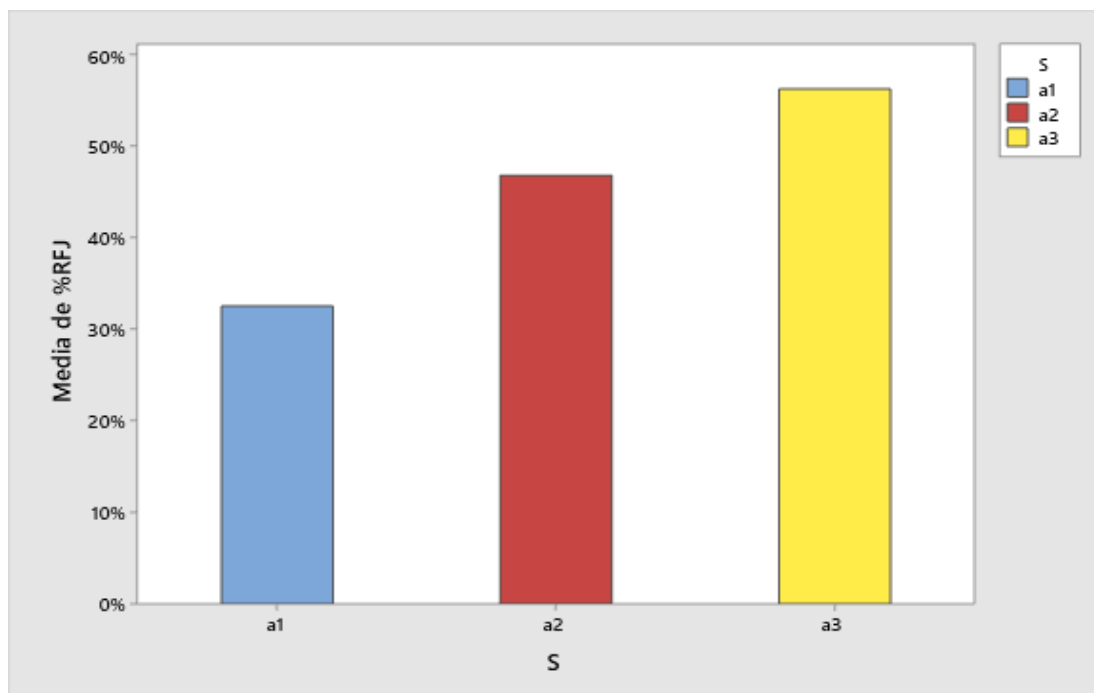


El intervalo de confianza nos muestra que las diferencias que no incluyen el cero son significativas y las que incluyen el cero son no significativas, siendo los resultados confiables en un 95%.

#### 4.1.3. Sustrato adecuado para propagación de raíces jóvenes.

Figura 8.

Gráfico de barras de % RFJ para sustrato optimo.



En la gráfica se visualiza que el mejor sustrato es el sustrato de coco (a3), pues en todo el proceso fue el que obtuvo el 56 %, mientras que el más deficiente fue la cascarilla de arroz (a1) con el 33 %.

Tabla 8

*Análisis de varianza para la respuesta de raíces jóvenes al mejor sustrato (%RFj.).*

Fuente de variación	Grados de libertad	Suma de Cuadrados	Cuadrados Medios	Fc.	F Tab (0,05)	Sig
Bloque	2	0.002	0.001	0.450	3.403	NS
S	2	0.428	0.214	104.810	3.403	*
Error (S)	4	0.008	0.002	0.430	2.776	
AIA	4	0.333	0.083	17.650	2.776	*
S*AIA	8	0.060	0.007	1.580	2.355	NS
Error	24	0.113	0.005			
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>0.944</b>				
		<b>Parcela CV = 1.98 %</b>		<b>Subparcela CV = 15.71 %</b>		

En la Tabla 8, se muestra el análisis de varianza para el momento óptimo de aplicación del AIA. Con el cual, se pone en evidencia la existencia de diferencias estadísticas significativas en los tratamientos más no en los bloques.

Se midió la densidad aparente de los tres sustratos de la siguiente manera:

El volumen de la bolsa utiliza es de 30 litros y el peso de cada uno de los sustratos

los cuales son:

- ✓ Cascarilla de arroz = 4.2 kg
- ✓ Cascarilla de arroz + coco = 6.3 kg
- ✓ Coco = 8.1 kg

Para sacar la densidad aparente se toma la siguiente formula:

$$\frac{\text{Peso de sustrato}}{\text{Volumen de sustrato}}$$

Obteniendo los siguientes resultados:

- Cascarilla de arroz = 0.14 g/l
- Cascarilla de arroz + coco = 0.21 g/l
- Coco = 0.27 g/l

Tabla 9.

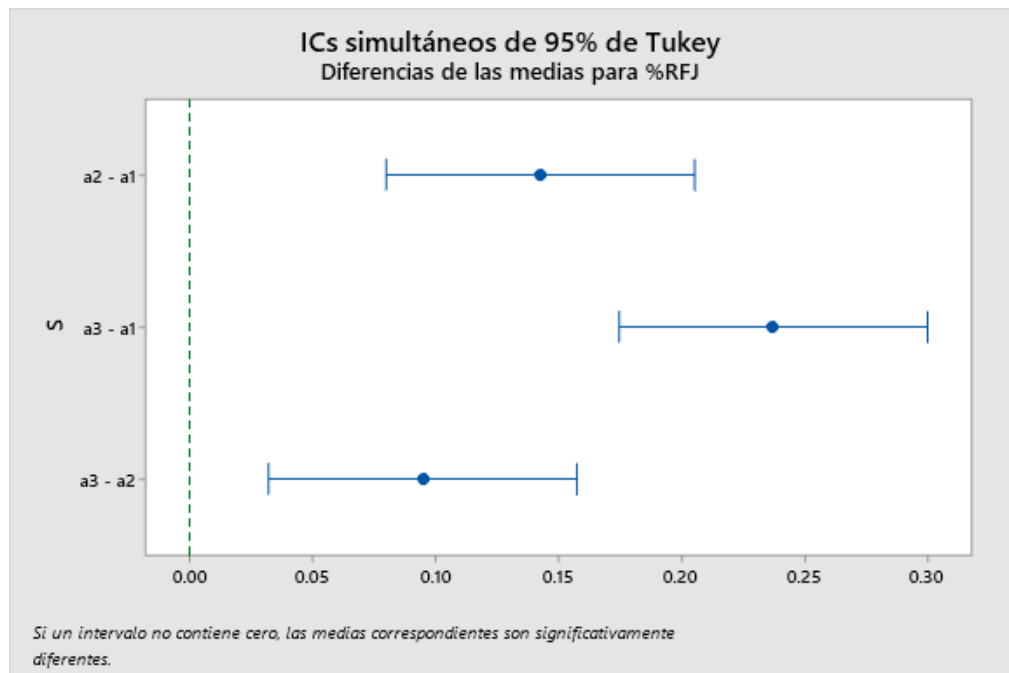
*Prueba de comparaciones de medias de Tukey ( $\alpha=5\%$ ) para el porcentaje de raíces jóvenes (% RFJ).*

***Sustrato***

<b>S</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Agrupación</b>
a3	15	0.56	a
a2	15	0.46	b
a1	15	0.32	c

Figura 9.

Intervalos de confianza para evaluar las diferencias entre las medias de grupo



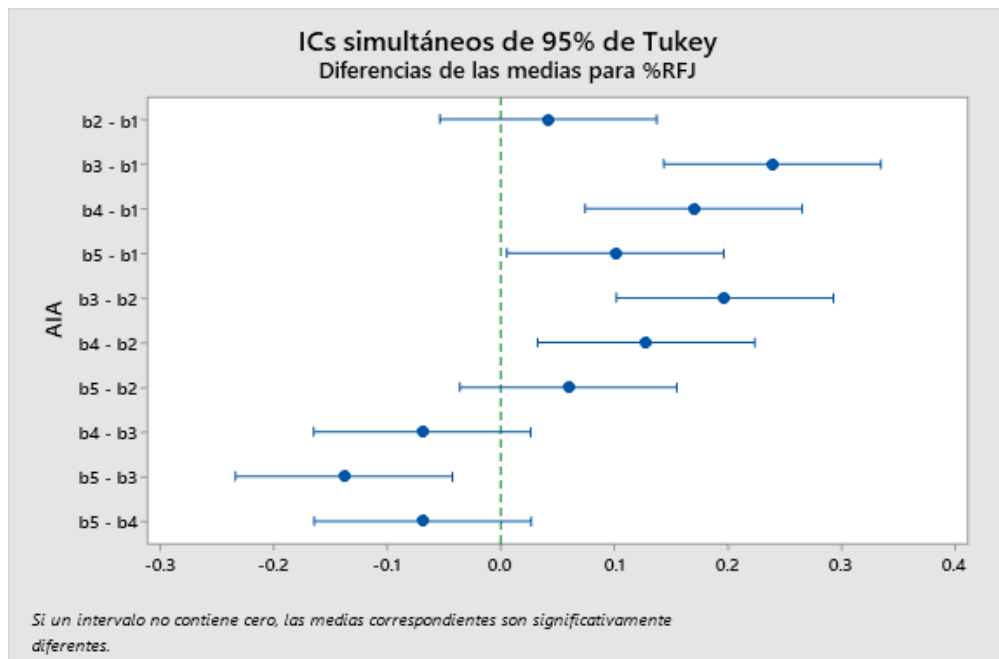
El intervalo de confianza nos muestra que los resultados son significativos ya que no incluyen el cero, dándonos un intervalo de confianza de hasta el 95%.

### Aplicación

AIA	N	Media	Agrupación
b3	9	0.58	a
b4	9	0.51	a b
b5	9	0.44	b c
b2	9	0.38	c d
b1	9	0.34	d

Figura 10.

Intervalos de confianza para evaluar las diferencias entre las medias de grupo

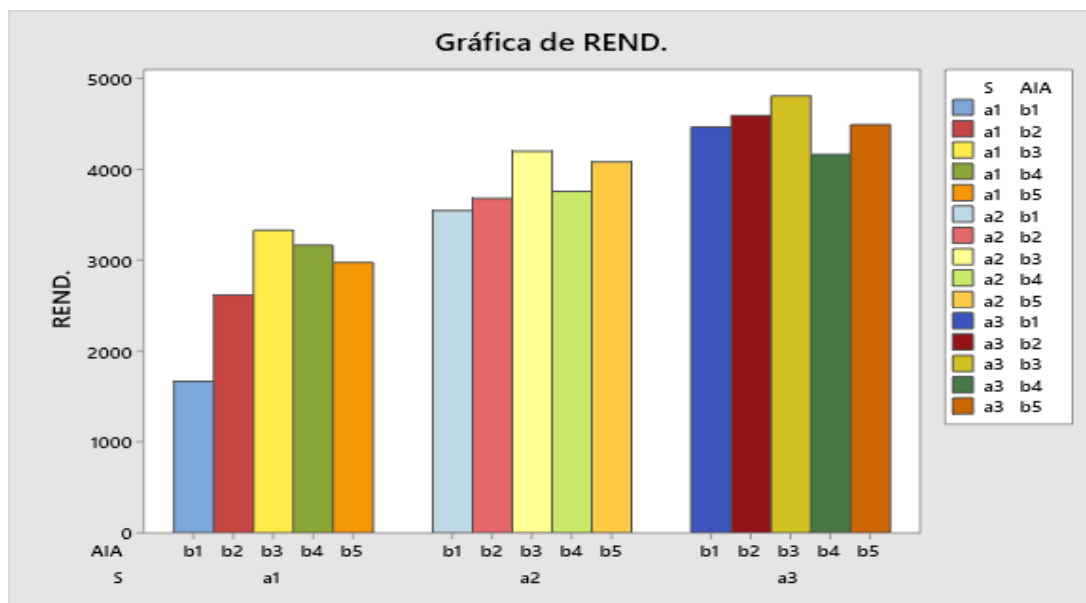


El intervalo de confianza nos muestra que las diferencias que no incluyen el cero son significativas y las que incluyen el cero son no significativas, siendo los resultados confiables en un 95%.

#### 4.1.4. Rendimiento en número de bayas en cada Tratamiento

Figura 11.

Gráfico de barras de N° de bayas/planta.





En la Figura 4 se visualiza que el a3 (coco) + b3 (aplicación de AIA cada 14 días) tiene la mayor cantidad de bayas formadas (kg/planta) hasta el inicio de la cosecha.

Tabla 10.

*Análisis de varianza para el rendimiento de kg/planta.*

Fuente	GL	SC Ajust.	MC Ajust.	Valor F	F. Tab. (0.05)	Valor p
BLOQ	2	20621	10311	2.31	3.403	NS
S	2	2619058	1309529	293.5	3.403	*
BLOQ*S	4	17847	4462	0.72	2.776	
AIA	4	422684	105671	16.99	2.776	*
S*AIA	8	335501	41938	6.74	2.355	*
Error	24	149275	6220			
<b>Total</b>	<b>44</b>	<b>3564986</b>				

**Parcela CV = 2.42 %                      Subparcela CV = 6.38 %**

Tabla 11. *Análisis de varianza para los efectos simples de la interacción*

F.V.	G.L.	SC	CM	Fc	FT	Sig.
Ab1	4	150851.75	37712.94	6.063	3.901	NS
Ab2	4	72257.61	18064.40	2.904	3.901	*
Ab3	4	40808.18	10202.04	1.640	3.901	*
Ab4	4	18766.7895	4691.70	0.754	3.901	*
Ab5	4	45599.9998	11400.00	1.833	3.901	*
Ba1	2	64904.93	32452.47	5.217	2.919	NS
Ba2	2	11331.53	5665.77	0.911	2.919	*
Ba3	2	8006.32	4003.16	0.644	2.919	*

En la tabla se observa que no existen diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de arándano en diferentes sustratos en el nivel b1 (sin aplicación), pero si existen diferencias estadísticas significativas en los diferentes sustratos en los niveles b2 (aplicación a los 7 días), b3 (aplicación a los 14 días), b4 (aplicación a los 21 días) y b5 (aplicación a los 28 días); asimismo, se observa que no existen diferencias estadísticas

significativas en los días de reingreso de aplicación en el nivel a1 (sustrato de cascarilla de arroz), pero si en los niveles a2 (sustrato de cascarilla de arroz + fibra de coco) y a3 (sustrato de fibra de coco).

*Tabla 12. Prueba de Tukey para rendimiento de arándano en diferentes sustratos con aplicación a los 7 días -Ab2*

Tratamiento	Promedio	
a3	1530.63	a
a2	1227.08	b
a1	872.84	c

En la tabla se muestran diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de arándano entre los tipos de sustrato de cascarilla de arroz (a1), sustrato de fibra de coco + cascarilla de arroz (a2) y sustrato de fibra de coco (a3) en el reingreso de aplicación a los 7 días (b2).

*Tabla 13. Prueba de Tukey para rendimiento de arándano en diferentes sustratos con aplicación a los 14 días - Ab3*

Tratamiento	Promedio	
a3	1602.61	a
a2	1399.57	b
a1	1110.30	c

En la tabla se muestran diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de arándano entre los tipos de sustrato de cascarilla de arroz (a1), sustrato de fibra de coco + cascarilla de arroz (a2) y sustrato de fibra de coco (a3) en el reingreso de aplicación a los 14 días (b3).

*Tabla 14. Prueba de Tukey para rendimiento de arándano en diferentes sustratos con aplicación a los 21 días - Ab4*

Tratamiento	Promedio	
a3	1388.48	a
a2	1252.74	b
a1	1054.84	c

En la tabla se muestran diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de arándano entre los tipos de sustrato de cascarilla de arroz (a1), sustrato de fibra de coco + cascarilla de arroz (a2) y sustrato de fibra de coco (a3) en el reingreso de aplicación a los 21 días (b4).

*Tabla 15. Prueba de Tukey para rendimiento de arándano en diferentes sustratos, con aplicación a los 28 días - Ab5*

Tratamiento	Promedio	
a3	1497.82	a
a2	1360.77	b
a1	992.13	c

En la tabla se muestran diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de arándano entre los tipos de sustrato de cascarilla de arroz (a1), sustrato de fibra de coco + cascarilla de arroz (a2) y sustrato de fibra de coco (a3) en el reingreso de aplicación a los 28 días (b4).

*Tabla 16. Prueba de Tukey para rendimiento de arándano con diferentes días de reingreso, con sustrato de fibra de coco + cascarilla de arroz - Ba2*

Tratamiento	Promedio	
b3	1399.57	b <sub>fij</sub>
b5	1360.77	d <sub>hjk</sub>
b4	1252.74	c <sub>gik</sub>
b2	1227.08	a <sub>fgh</sub>
b1	1181.40	a <sub>ce</sub>

b3	b5	b4	b2	b1
----	----	----	----	----

En la tabla se observa que existen diferencias estadísticas significativas en el rendimiento del cultivo de arándano en el reingreso de aplicación a los 14 días (b3) con sustrato de fibra de coco + cascarilla de arroz (a2), obteniendo así el mayor rendimiento del cultivo con un promedio de 1399.57 gr/planta y el menor rendimiento fue en nivel b1 (sin aplicación) en sustrato de fibra de coco + cascarilla (a2).

*Tabla 17. Prueba de Tukey para rendimiento de arándano con diferentes días de reingreso para aplicación de AIA con sustrato de fibra de coco - Ba3*

Tratamiento	Promedio	
b3	1602.61	ach
b2	1530.63	ehij
b5	1497.82	cdgj
b1	1488.82	efg
b4	1388.48	dfi

b3	b2	b5	b1	b4
----	----	----	----	----

En la tabla se observa que existen diferencias estadísticas significativas en el nivel de aplicación a los 14 días (b3) con respecto al nivel de sustrato de fibra de coco (a3) obteniendo el mayor rendimiento del cultivo con un promedio de 1602.61 gr/planta y el menor rendimiento fue en nivel b4 (aplicación a los 21 días) en sustrato de fibra de coco (a3).

## 4.2. Discusión

### 4.2.1. Momento Óptimo de Aplicación del AIA

En relación con el momento óptimo de aplicación, Jenik y Barton (2005), indican que la división, el crecimiento y diferenciación celular están influenciadas por las auxinas, debido a que se encuentran interactuando con otras fitohormonas permitiendo el desarrollo radicular el cual es definido desde el desarrollo embrionario.

También mencionan que, la división celular se encuentra asociada el proceso de rizo génesis permitiendo la formación de raíces adventicias o laterales, siempre y cuando se encuentre en actividad divisoria. En el presente trabajo de investigación, el tratamiento b3 (aplicación de AIA a los 14 días) fue el que mejor resultado presentó en el porcentaje de raíces, activando raíces jóvenes en un 69% y manteniéndolas por un promedio de un mes, ya que se

notó la constancia de las raíces jóvenes a través del tiempo; Sutton (1980), menciona que en plantas perennes las raíces viven un año o más, antes de desintegrarse, además asegura que no hay un tiempo definido entre la muerte de raíces jóvenes y la renovación de las mismas.

Nuestros resultados, también son coherentes con lo sostenido por Swarup et al. (2004), en relación con que el AIA, una vez en el interior de la célula, se ioniza por el alto pH del citoplasma, impidiéndose su oxidación. La cantidad AIA se puede incrementar en algunos tejidos, puede aumentar dependiendo a los transportadores presentes. De igual manera, es concordante con lo indicado por Geldner et al (2001), el cual menciona que se realizará un movimiento polar siempre y cuando haya relación con la localización superior de la AUX1 y basal de la proteína PIN en estas células. Las proteínas PIN serán las encargadas de la distribución diferencial de auxinas en los tejidos que lo requieren de manera inmediata.

#### **4.2.2. Porcentaje de Raíces Jóvenes**

En el caso del porcentaje de raíces jóvenes, el mayor volumen se logró con el tratamiento a3 (coco) + b3 (aplicación de AIA a los 14 días). Sobre el particular, Sundaresan et al (2015), encontraron que una vez que la raíz emerge por fuera de la epidermis y empieza a elongarse, muestra sus mayores niveles de volumen radicular y esto se debe a la aplicación exógena de AIA durante las diferentes etapas de desarrollo.

Cuando se pregunta, qué sustrato fue el que tuvo mayor efecto en la formación de raíces, nos referimos al tratamiento a3 (coco) con 55% de raíces fibrosas jóvenes; y, sobre ello, Fernández et al (2014), mencionan que la fibra de coco tiene una buena capacidad de retención de agua y también buena capacidad de aireación, pero por contener sales debe ser lavado antes de utilizarlo. También Rojas (2020), menciona que la cascarilla de arroz debe de estar fermentada (mojar y remover constantemente) para ser utilizada, evitando con ello la falta o exceso de oxígeno inhibiendo la respiración por compactación, perjudicando la adaptación metabólica de la planta, permitiendo que haya cambios morfológicos y fisiológicos en su

anatomía

#### **4.2.3. Rendimiento de Producción en Kg/Planta**

Respecto al rendimiento de kg/planta, el tratamiento con mejor resultado fue el a3 (coco) + b3 (aplicación de AIA cada 14 días), logrando 3,200 kg/ planta. En ella se encontró la relación del volumen de masa radicular con el rendimiento productivo de la planta, dado que las citoquininas son principalmente sintetizadas en las raíces, tal como lo sostiene Pallardy (2008); es decir, existe una estrecha correlación entre el crecimiento del sistema radicular, el número de meristemas radicales y la producción de citoquininas; por ello al tener citoquininas activas generamos mayor división celular, produciendo mayor cantidad de bayas.

## V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

En base a los resultados obtenidos y la correspondiente discusión, se llegaron a las siguientes conclusiones:

- Se determinó mediante la investigación que el momento óptimo de aplicación para generar mayor porcentaje de raíces jóvenes en arándanos de la variedad Emerald de un año de formación, es a los 14 días; con el cual, permitimos renovar raíces antes de que se oxiden y pasen a ser senescentes. Por ello, el mejor tratamiento fue el b3 (aplicación de AIA, cada 14 días) con 69% de raíces jóvenes en promedio.
- Bajo la afirmación anterior, en el proceso de cuantificación de activación con evaluaciones semanales de raíces, el tratamiento con el porcentaje de raíces fibrosas jóvenes (RFJ) más alto fue el a3b3 (sustrato de coco + aplicación de AIA a los 14 días por el tratamiento) con un 69% de raíces jóvenes y el porcentaje más bajo fue el del tratamiento a1b1 (cascarilla de arroz + sin aplicación de AIA) con un 21% de raíces jóvenes.
- También, en base a los objetivos planteados, se establece que el sustrato de coco es más eficiente en relación con los demás sustratos, fue el coco, debido a que tiene un 35% de chip, 35% de fibra y 30% de Pitt, lo que permite que sea óptimo en microporos y macroporos para un mejor balance agua-aire, permitiendo alojar mayor cantidad de raíces, pero esta tiene que estar acompañada de la aplicación de AIA cada 14 días, para su mejor propagación, mantenimiento y producción.
- Finalmente, es imprescindible indicar que la masa radicular activa juega un papel muy importante en la producción de la planta, pues a mayor actividad radicular hay mayor absorción de nutrientes, lo que permite que un mayor porcentaje de yemas cargador se activen, logrando como consecuencia mayor carga de kilogramos de



fruta en la planta; por ello, el que tuvo mayor performance productivo fue el a3 (coco) + b3 (aplicación de AIA cada 14 días), con 3.200 kg/planta y el de menor performance (1.000 kg/planta) fue el tratamiento a1 (cascarilla de arroz) + b1 (sin aplicación de AIA).

## 5.2. Recomendaciones

- En el cultivo de arándanos de la variedad Emerald de un año de formación, aplicar el AIA cada 14 días, por generar mayor porcentaje de raíces jóvenes (69%), como consecuencia de la renovación de raíces antes de que se oxiden y pasen a ser senescentes.
- De igual manera, sobre la base a las conclusiones, se recomienda utilizar el sustrato de coco en el cultivo de arándanos de la variedad Emerald, por ser el más eficiente en relación con los demás sustratos utilizados en el experimento, por alojar mayor cantidad de raíces jóvenes, así como acompañar con la aplicación de AIA cada 14 días, para su mejor propagación, mantenimiento y producción.
- Finalmente, se recomienda continuar con investigaciones sobre uso de otros elementos promotores de enraizamiento, así como buscar una frecuencia de aplicación de estas, en períodos más cortos, para encontrar la frecuencia de aplicación óptima.

## VI. REFERENCIAS

- AGAP. (2020). *Convención Anual de la Asociación de Gremios Productores Agrarios del Perú, 2019*. Association of Government Accountants of the Philippines. <https://agap.org.ph/2019-agap-convention-seminar/>.
- Agrios, G. (2004). *Plant Pathology*. 5th edition, Department of Plant, University of Florida. ELSEVIER Academic Press. <https://www.elsevier.com/books/plant-pathology/agrios/978-0-08-047378-9>.
- AIANER. (2013). Como realizar la propagación del cultivo arándanos. Noticia de la Asociación de Ingenieros Agrónomos del Nordeste de Entre Ríos, Argentina. [https://www.aianer.com.ar/noticias/1374\\_como-realizar-la-propagacion-del-cultivo-arandanos.html](https://www.aianer.com.ar/noticias/1374_como-realizar-la-propagacion-del-cultivo-arandanos.html)
- Ajquejay, W. (2018). *Evaluación de variedades de arándano Vaccinium ashei en aldea Paneyá, San José Poaquil*. [Tesis de grado Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesisjrkd/2018/06/14/Ajquejay-Walter.pdf>
- Aldana, R. y Aguilera M. (2003). *Procedimientos y Cálculos Básicos Útiles en la Operación de Viveros que Producen en Contenedor*. Comisión Nacional Forestal de México. <https://bibliotecadigital.infor.cl/handle/20.500.12220/17398?show=full>
- Apaza, W. (2022). *Estrategias para un adecuado manejo de la roya en arándanos*. Redagrícola. <https://redagricola.com/estrategias-para-un-adecuado-manejo-de-la-roya-en-arandanos/>
- Bartel, B., LeClere, S., Magidin, M. y Zolman, B. (2001). *Inputs to the Active Indole- 3-Acetic Acid Pool: De Novo Synthesis, Conjugate Hydrolysis, and Indole-3-Butyric Acid B-Oxidation*. Journal Of Plant Growth Regulation 20: 198–216. <https://link.springer.com/article/10.1007/s003440010025>
- Bertosa, B., Kojic-Prodic, B., Wade, R. y Tomic, S. (2008). *Mechanism of Auxin Interaction*

- with Auxin Binding Protein (ABP1): A Molecular Dynamics Simulation Study.*  
Biophysical Journal 94(1): 27-37.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2134879/>
- Bhalerao, R., Eklöf, J., Ljung, K., Marchant, A., Bennett, M. y Sandberg, G. (2002). *Shoot-Derived Auxin is Essential for Early Lateral Root Emergence in Arabidopsis Seedlings.* Plant Journal 29(3): 325 – 332. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11844109/>
- Blilou, I., Xu, J., Wildwater, M., Willemsen, V., Paponov, I., Friml, J., Heidstra, R., Aida, M., Palme, K. y Scheres, B. (2005). *The Pin Auxin Efflux Facilitator Network Controls Growth and Patterning in Arabidopsis Roots.* Nature 433: 39-44.  
<https://www.nature.com/articles/nature03184>
- Cano, E. (2018). *Efecto de aplicación de diferentes dosis de Agrocimax plus (citoquinina), sobre el rendimiento de fruta en Arándano (Vaccinium corimbosum L.) variedad Biloxi en la provincia de Huaylas-Ancash.* [Tesis de pregrado Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Repositorio Institucional.
- Carhuaricra C. (2012). *El Cultivo de Arándano Vaccinium Sp. y sus Principales Características.* [Monografía de grado Facultad De Ingeniería Agraria, Industrias Alimentarias y Ambiental, Universidad Nacional José Faustino Sánchez Carrión, Huacho. Repositorio Institucional.  
<https://cdn.blueberriesconsulting.com/2016/10/elcultivodelarandano.pdf>
- Cisternas, E. (2013). Manual de Arándano. *Insectos plaga de importancia económica asociados al arándano.* Editores Undurraga Díaz y Vargas Schuldes, del Boletín del Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro Regional de Investigación Quimalapu, Chillán Chile, N° 263 pp. 91-106.
- Cisternas, E. y France, A. (2009). *Manual de campo de plagas, enfermedades y desordenes fisiológicos del arándano en Chile.* Instituto de Investigaciones Agropecuarias, Centro

- Regional de Investigación Quilamapu. Boletín 189, p. 127.  
<https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7276>
- Dharmasiri, N., Dharmasiri, S., Weijers, D., Lechner, E., Yamada, M., Hobbie, L., Ehrismann, J., Jürgens, G. y Estelle, M. (2005). *Plant Development is Regulated by a Family of Auxin Receptor F Box Proteins*. *Developmental Cell* 9(1):109-119.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S153458070500184X>
- Esmon, C., Pedmale, U. y Liscum, E. (2005). *Plant Tropisms: Providing the Power of Movement to a Sessile Organism*. *Int. J. Dev. Biol.* 49(5-6): 665-674.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16096973/>
- FAO. (2018). *NIMF 5 Glosario de términos fitosanitarios*. Normas Internacionales para Medidas Fitosanitarias, Secretaría de la Convención Internacional de Protección Fitosanitaria de la FAO.  
[https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2018/07/ISPM\\_05\\_2018\\_Es\\_2018-07-10\\_PostCPM13.pdf](https://www.ippc.int/static/media/files/publication/es/2018/07/ISPM_05_2018_Es_2018-07-10_PostCPM13.pdf).
- Farrar, J., Pryor, B. y Davis, R. (2004). *Alternaria Diseases of Carrot*. *The American Phytopathological Society, Plant Disease* 88(8), 776-784.  
<https://apsjournals.apsnet.org/doi/pdf/10.1094/PDIS.2004.88.8.776>
- Fernández, M., Aguilar, M., Carrique, J., Tortosa, J., García, C., López, M. y Pérez, J. (2014). *Suelo y medio ambiente en invernaderos*. Junta de Andalucía y Unión Europea.  
<https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/Suelo%20y%20medio%20ambiente%20en%20invernaderos%202014.pdf>
- Flores, M. (2018). *Infestación de los principales insectos plaga de Vaccinium sp. var. Biloxi en Chao – Virú, La Libertad*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional. <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/13120>
- Frankenberger, W. y Arshad, M. (2020). *Phytohormones in soil: Microbial production and*

- function*. ResearchGate.  
[https://www.researchgate.net/publication/339087273\\_Phytohormones\\_in\\_Soils\\_Microbial\\_Production\\_and\\_Function](https://www.researchgate.net/publication/339087273_Phytohormones_in_Soils_Microbial_Production_and_Function)
- Friml, J., Vieten, A., Sauer, M., Weijers, D., Schwarz, H., Hamann, T., Offringa, R. y Jürgens, G. (2003). *Efflux-Dependent Auxin Gradients Establish the Apical-Basal Axis of Arabidopsis*. *Nature* 426: 147–153. <https://www.nature.com/articles/nature02085>
- Fundación Chile. (1997). *Chile: Berries para el 2000*, Departamento Agroindustrial de la Fundación Chile, pp. 53-133.  
<https://bibliotecadigital.ciren.cl/bitstream/handle/20.500.13082/24155/Chile%20Berries%20para%20el%202000.pdf?sequence=2&isAllowed=y>
- Geldner, N., Friml, J., Stierhof, Y., Jürgens, G. y Palme, K. (2001). *Auxin Transport Inhibitors Block Pin1 Cycling and Vesicle Trafficking*. *Nature* 413: 425–428.  
<https://www.nature.com/articles/35096571>
- Gómez, J. (2023). *Los desafíos modernos de la agroexportación de arándanos en el Perú*. Conexión ESAN. <https://www.esan.edu.pe/conexion-esan/los-desafios-modernos-de-la-agroexportacion-de-arandanos-en-el-peru>
- Gutiérrez, H. y De La Vara, R. (2008). *Análisis y Diseño de Experimentos*. Segunda Edición, Mc Graw Hill Interamericana pp. 102-109 y 465-467.
- Hager, A. (2003). *Role of the plasma membrane H<sup>+</sup>-ATPase in auxin-induced elongation growth: historical and new aspects*. *Journal of Plant Research*, 116(6): 483-505.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12937999/>
- Hernández, K. (2021). *Caracterización morfológica y patogénica de Lasidiopodia theobromae en Vaccinium corymbosum L., Trujillo, La Libertad*. [Tesis de grado Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio Institucional.  
[https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT\\_d4e679d59784a08646bbac7b8bf](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_d4e679d59784a08646bbac7b8bf)

- Hou, G., Kramer, V., Wang, Y., Chen, R., Perbal, G., Gilroy, S. y Blancaflor, E. (2004). *The Promotion of Gravitropism in Arabidopsis Roots Upon Actin Disruption is Coupled with the Extended Alkalinization of the Columella Cytoplasm and a Persistent Lateral Auxin Gradient*. *Plant Journal* 39(1): 113–125. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15200646/>
- INIA. (2010). *Selección de sustratos locales y confinamiento de raíces para potenciar la productividad de variedades híbridas de arándanos en condiciones de aridez*. Instituto de Investigaciones Agropecuarias de Chile. [https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf\\_000010.pdf](https://cdn.blueberriesconsulting.com/2015/07/pdf_000010.pdf)
- INEI. (2021). *Producción de arándano creció 23% en octubre de 2021*. Nota de Prensa 193. Oficina Técnica de Difusión del INEI. <https://m.inei.gob.pe/prensa/noticias/produccion-de-arandano-crecio-230-en-octubre-de-2021-13259/>
- International Blueberry Organization - IBO. (2018). *Chile debates the future of the blueberry*. Reporte en línea descargable. <https://www.internationalblueberry.org/2018/08/27/chile-debates-the-future-of-the-blueberry/>
- Jasinski, M., Ducos, E. Martinoia, E. y Boutry, M. (2003). *The ATP-binding-cassette transporters: structure, function and gene family comparison between rice and Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 131(3), (2003), 1169–1177. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12644668/>
- Jenik, P. y Barton, M. (2005). *Surge and Destroy: The Role of Auxin in Plant Embryogenesis*. *Development* 132(16): 3577-3585. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16077088/>
- Jordan, M. y Casaretto, J. (2006). *Fisiología Vegetal. Hormonas y Reguladores del Crecimiento: Auxinas, Giberelinas y Citocininas*. Ediciones Universidad de la Serena.



- <https://exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Auxinasgiberelinasycitocininas.pdf>
- Kramer, E. (2015). *Auxin metabolism rates and implications for plant development*. Front Plant Sci 6 p. 150. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4362085/>
- Larrain, P., Salas, C. y Graña, F. (2007). *Plagas dl arándano y generalidades del manejo*. Agricultura limpia 16 del INIA de Calimbo, Chile. <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6372/NR34772.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Ljung, K. (2013). Auxin metabolism and homeostasis during plant development. Development, Cambridge England. 140(5): 943–950. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23404103/>
- Ljung, K., Hull, A., Kowalczyk, M., Marchant, A., Celenza, J., Cohen, J. y Sandberg, G. (2002). *Biosynthesis, Conjugation, Catabolism and Homeostasis of Indole- 3-Acetic Acid in Arabidopsis Thaliana*. Plant Molecular Biology 50(2): 309–332. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12175022/>
- Lucero, D. (2013). *Enraizamiento de esquejes para la producción de plantas de café variedad robusta Coffea canephora*. Facultad de Ingeniería Agronómica, Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/4736/1/Tesis-50%20%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-CD%20168.pdf>
- Ludwig-Müller, J. y Cohen, J. (2002). *Identification And Quantification of Three Active Auxins in Different Tissues of Tropaeolum Majus*. Physiologia Plantarum 115(2): 320–329. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/12060252/>
- MacMillan, J. (2004). *History of Gibberellin Personal Reflection*. Regulation of Plant Growth & Development 39(2):260-266. [https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscrp/39/2/39\\_KJ00003255918/\\_pdf/-char/ja](https://www.jstage.jst.go.jp/article/jscrp/39/2/39_KJ00003255918/_pdf/-char/ja)
- Martínez, M. (2016). *Evaluación de enraizadores en la producción de café*. [Tesis de grado Universidad Rafael Landívar]. <https://docplayer.es/59738971-Universidad-rafael->



landivar-facultad-de-ciencias-ambientales-y-agricolas-licenciatura-en-ciencias-agricolas-con-enfasis-en-riegos.html

- Mitchell, J. y Livingston, G. (1973). *Métodos para el estudio de hormonas vegetales y sustancias reguladoras del crecimiento*. Editorial Trillas. México. 166 p.
- Montejo, M. (2020). *Evaluación del efecto de sustratos y enraizadores en la propagación vegetativa de la pitahaya; Jacaltenango, Huehuetenango*. [Tesis de grado, Facultad de Ciencias Ambientales y Agrícolas, Universidad Rafael Landívar]. <http://recursosbiblio.url.edu.gt/tesiseortiz/2021/06/14/Montejo-Marvin.pdf>
- OPP-PACC. (2007). *Arándanos Plan de Refuerzo de la Competitividad (PRC)*. Programa de Competitividad de Conglomerados y Cadenas Productivas de Uruguay.
- Pallardy, S. (2008). *Physiology of woody plants*. Third edition. School of Natural Resources University of Missouri Columbia. Academic Press is an imprint of Elsevier <https://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2019/02/Pallardy-2008.pdf>
- Palma, M., Blanco, M. y Guillén, C. (2019). Las cochinillas harinosas Hemiptera: Pseudococcidae y su impacto en el cultivo de Musáceas. Universidad de Costa Rica. Repositorio Institucional. <https://kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/79808>
- Paponov, I., Teale, W., Trebar, M., Blilou, I. y Palme, K. (2005). *The Pin Auxin Efflux Facilitators: Evolutionary and Functional Perspectives*. Trends In Plant Science 10(4): 170-177. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15817418/>
- Park, J., Lee, Y., Martinoia, E. y Geisler, M. (1995). *Plant hormone transporters: what we know and what we would like to know*. BMC Biology 15(93). <https://bmcbiol.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12915-017-0443-x>
- Patrón, J. y Pineda, J. (2010). *Sustratos orgánicos: Elaboración, manejo y principales usos*. Primer curso nacional de sustratos, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo. <https://docplayer.es/12207155-Sustratos-organicos-elaboracion-manejo->

y-principales-usos.html

- Pérez, C. (2023). *Los movimientos en los rankings TOP 10 de la industria del arándano*. Blue berries Magazine Consulting. <https://blueberriesconsulting.com/los-movimientos-en-rankings-top-10-de-la-industria-del-arandano/>
- Pfluger, J. y Zambryski, P. (2004). *The Role of Seuss in Auxin Response and Floral Organ Patterning*. *Development* 131(19): 4697–4707. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15358669/>
- Pollmann, S., Neu, D. y Weiler, E. (2003). *Molecular Cloning and Characterization of an Amidase from Arabidopsis Thaliana Capable of Converting Indole-3-Acetamide into the Plant Growth Hormone, Indole-3-Acetic Acid*. *Phytochemistry* 62(3) pp. 293–300. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0031942202005630>
- Quesada, G. y Méndez, C. (2005). *Análisis fisicoquímico de materias primas y sustratos de uso potencial en almácigos de hortalizas*. *Revista de Agricultura Tropical* vol. 35(12). Universidad de Costa Rica. <https://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/78540>
- Quispe, A. (2019). *Auxinas y Citoquinina en la Micro Propagación de Arándano Vaccinium corymbosum L. de las Variedades Biloxi y Misty en Arequipa*. [Tesis de pregrado, Universidad Nacional San Agustín de Arequipa]. Repositorio Institucional.
- Rampey, R., LeClere, S., Kowalczyk, M., Ljung, K., Sandberg G. y Bartel, B. (2004). *A Family Of Auxin-Conjugate Hydrolases That Contributes To Free Indole-3-Acetic Acid Levels During Arabidopsis Germination*. *Plant Physiology* 135(2): 978–988. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC514132/>
- Rashotte, A., Poupart, J., Waddell, C. y Muday, G. (2003). *Transport Of The Two Natural Auxins, Indole-3-Butyric Acid And Indole-3-Acetic Acid, In Arabidopsis*. *Plant Physiology* 133(2): 761–772. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/14526119/>
- Rebolledo, C. (2013). *Manual de Arándano. Establecimiento del Arándano*. Editores Undurraga

- Díaz y Vargas Schuldes, Instituto de Investigaciones Agropecuarias, del Centro Regional de Investigación Quimalapu, Chillán Chile, Boletín N° 263 pp. 7-14.  
<https://docplayer.es/17699327-Manual-de-arandanomanual-de-arandano.html>.
- Retamales, J. (2017). *Uso de reguladores de crecimiento en arándanos*. Seminario Internacional Blueberries Consulting 2017 en español, Agricultural Seminaris.  
<https://agriculturalseminars.com/producto/uso-de-reguladores-de-crecimiento-en-arandanos/>
- Rojas, N. (2015). *Principales plagas y enfermedades del arándano en el Perú*. Informativo y plataforma de berries en el Perú. <https://arandanosperu.pe/2015/11/20/principales-plagas-y-enfermedades-en-el-arandano-en-el-peru/>
- Rojas, N. (2020). *Los beneficios de la cascarilla de arroz para el cultivo de arándano*. Informativo y plataforma de negocios de berries en Perú.  
<https://arandanosperu.pe/2020/08/17/los-beneficios-de-la-cascarilla-de-arroz-para-el-cultivo-del-arandano/>
- Shi, JH. y Yang ZB. (2011) *Is ABP1 an auxin receptor yet?*. Oxford Journals Molecular Plant 4(4): 635–640. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3146738/>
- Stepanova, A. y Alonso, J. (2009). *Ethylene signaling and response: where different regulatory modules meet*. Current Opinion in Plant Biology. 12(5), 548-555.  
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19709924/>
- Sundaresan, S., Philosoph-Hadas, S., Riov, J., Belausov, E., Kochanek, B., Tucker, M. y Meir, S. (2015). *Abscission of flowers and floral organs is closely associated with alkalization of the cytosol in abscission zone cells*. Journal of Experimental Botany 66(5): 1355-1368.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4339595/>
- Sutton, R. (1980). *Root system morphogenesis*. New Zealand Journal of Forestry Science 10(1). 264-292.

- Swarup, R., Kargul, J., Marchant, A., Zadik, D., Rahman, A., Mills, R., Yemm, A., May, S., Williams, L., Millner, P., Tsurumi, S., Moore, I., Napier, R., Kerr, I. y Bennett, M. (2004). *Structure-Function Analysis of The Presumptive Arabidopsis Auxin Permease Aux1*. *The Plant Cell* 16(11): 3069-3083. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15486104/>
- Torres, C. (2015). *Manejo integrado de plagas y enfermedades del cultivo de arándano*. Bayer CropScience. <https://cdn.blueberriesconsulting.com/2016/12/manejo-integrado-enfermedades-arandano.pdf>
- Verdugo, R. (2005). *Evaluación técnica y económica de la cascarilla de arroz como sustrato para la producción de almácigos de hortalizas*. [Tesis de grado Universidad de Talca]. Repositorio Institucional.
- Vidal, I. (2012). *Manejo Nutricional del Arándano enfocado a la calidad de fruta*. Facultad de Agronomía, Universidad de Concepción. 102- 333 Pp. <https://es.scribd.com/document/274418895/1-Nutricion-Del-Arandano-Enfocado-a-La-Calidad-de-Fruta-Ivan-Vidal-P>
- Villegas, L. (2021). *Evaluación de Tres Sustratos para el Desarrollo del Cultivo de Arándano Vaccinium corymbosum L., Variedad Biloxi en la Parroquia Montalvo*. [Tesis de pregrado Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio Institucional.
- Wang, Y., Cai, S., Yin, L., Shi, K., Xia, X., y Zhou, Y., (2015). *Tomato HsfA1a plays a critical role in plant drought tolerance by activating ATG genes and inducing autophagy*. *Autophagy*, 11(11), 2033-2047. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4824577/>
- Woodward, A. y Bartel, B. (2005). *Auxin: Regulation, Action and Interaction*. *Annals of Botany* 95(5): 707 - 735. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15749753/>
- Zhao, Y., Hull, A., Gupta, N., Goss, K., Alonso, J., Ecker, J., Normanly, J., Chory, J. y Celenza, J. (2002). *Trp-Dependent Auxin Biosynthesis In Arabidopsis: Involvement Of*

*Cytochrome P450s Cyp79b2 And Cyp79b3*. Genes And Development 16(23) pp. 3100–3112. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC187496/>





## VII. ANEXOS

### Panel Fotográfico



Preparación de sustrato



Experimento instalado



Distribución de las plantas de arándano en el campo experimental, según bloques, tratamientos y repeticiones



Visita de los jurados de tesis



Toma de datos de las plantas de arándano





Evaluación de plantas



Brotamiento en cascarilla de arroz



Brotamiento en cascarilla + coco



Brotamiento en coco





Raíces de arándano en cascarilla



Raíces de cascarilla + coco



Raíces de arándano en coco



Número de órganos en cascarilla



Número de órganos en cascarilla + coco



Número de órganos en coco





Tesista con la visita del asesor de tesis