



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE AGROPECUARIA**

**“PROPAGACIÓN VEGETATIVA DE ARÁNDANO (*Vaccinium corymbosum L.*) CON  
DIFERENTE MATERIAL VEGETAL, ENRAIZANTES Y SUSTRATOS BAJO  
INVERNADERO”**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera Agropecuaria

AUTORA: SAMIRA IVETTE ABALCO ABALCO

TUTORA: ING. GINA PAOLA TAFUR RECALDE

Quito - Ecuador

2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN**

Yo, Samira Ivette Abalco Abalco con documento de identificación N° 1729211639 manifiesto que:

Soy la autora y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Cayambe, 01 de agosto del año 2023

Atentamente,



---

Samira Ivette Abalco Abalco

1729211639

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Samira Ivette Abalco Abalco con documento de identificación No. 1729211639, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo experimental: “Propagación vegetativa de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) con diferente material vegetal, enraizantes y sustratos bajo invernadero”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniera Agropecuaria, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Cayambe, 01 de agosto del año 2023

Atentamente,



-----  
Samira Ivette Abalco Abalco

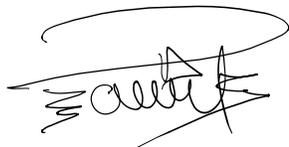
1729211639

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Gina Paola Tafur Recalde con documento de identificación N° 1002072047, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: “Propagación vegetativa de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) con diferente material vegetal, enraizantes y sustratos bajo invernadero”, realizado por Samira Ivette Abalco Abalco con documento de identificación N° 1729211639, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Cayambe, 01 de agosto del año 2023

Atentamente,



-----

Ing. Gina Paola Tafur Recalde M.Sc.

1002072047

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, quiero dar gracias a Dios por permitirme vivir experiencias en las cuales he pasado momentos difíciles y momentos felices a lo largo de todo el proceso de la universidad, sin embargo, a pesar de tener obstáculos a lo largo del camino mis padres fueron el motor fundamental que me inspiraban a seguir cumpliendo nuevas metas, es por eso que este logro se los dedico a ellos y no me queda más que decir un gracias Dios por darme unos padres maravillosos.

Agradezco a la Ing. Gina Tafur por su tiempo, paciencia y sabiduría que me brindó a lo largo del proyecto.

También quiero agradecer en general a todas las personas que me supieron brindar su apoyo durante este trayecto en vida.

Samira A.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	ix
ABSTRACT .....	x
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Preguntas de investigación .....	3
1.2 Objetivos.....	3
1.2.1 Objetivo General .....	3
1.2.2 Objetivos Específicos.....	4
2. MARCO CONCEPTUAL .....	5
2.1 Importancia del arándano ( <i>Vaccinium</i> ).....	5
2.2 Taxonomía.....	5
2.3 Morfología del arándano .....	6
2.4 Requerimientos edafoclimáticos.....	7
2.5 Propagación del arándano.....	7
2.6 Fuentes naturales de enraizante .....	8
2.6.1 Sábila ( <i>Aloe vera</i> ).....	8
2.6.2 Sauce ( <i>Salix erythroflexuosa</i> ).....	8
2.6.3 Hormonas y modo de acción.....	8
2.7 Sustratos.....	13

2.7.1	Humus .....	13
2.7.2	Turba .....	14
2.8	Influencia de las hormonas en el enraizamiento.....	14
2.9	Influencia de la posición de estacas en el enraizamiento .....	15
2.10	Formación de raíces adventicias.....	15
2.10.1	Factores que influyen en la formación de raíces adventicias .....	15
2.10.2	Relación entre callo y raíces adventicias.....	17
3.	MATERIALES Y MÉTODOS .....	18
3.1	Materiales .....	18
3.2	Metodología.....	18
3.2.1	Descripción del tipo de investigación .....	19
3.2.2	Selección del material vegetal.....	20
3.2.3	Preparación de los enraizantes naturales .....	20
3.2.4	Aplicación de la hormona sintética en la estaca.....	21
3.2.5	Siembra de estacas .....	21
3.2.6	Posterior a la siembra .....	22
3.2.7	Unidad experimental y parcela neta .....	22
3.2.8	Evaluación de las variables .....	23
3.2.9	Porcentaje de enraizamiento.....	23
3.2.10	Longitud de raíz .....	23

3.2.11	Tamaño de brotes .....	23
3.2.12	Peso de materia seca de raíces.....	24
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	25
4.1	Longitud de brote.....	25
4.2	Longitud de raíz.....	27
4.3	Porcentaje de enraizamiento.....	29
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	32
6.	BIBLIOGRAFÍA .....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Clasificación taxonómica del arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	5
Tabla 2.	Factores en estudio y tratamientos en la propagación vegetativa de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.) con diferente material vegetal, enraizantes y sustratos bajo invernadero. ....	19
Tabla 3.	Prueba de Tukey al 5% para interacciones en la variable longitud de brote en estacas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	25
Tabla 4.	Prueba de Tukey al 5% para la interacción en la variable longitud de raíz en estacas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	27
Tabla 5.	Prueba de Tukey al 5% para interacciones en la variable porcentaje de enraizamiento en estacas de arándano ( <i>Vaccinium corymbosum</i> L.).....	29

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 ubicacion del proyecto para la propagación vegetativa de arándano ( <i>Vaccinium</i> <i>Corymbosum</i> L.) Con diferente material vegetal, enraizantes y sustratos bajo invernadero .....	22
---	----

## RESUMEN

En la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, a una altitud de 2800 msnm, se desarrolló la presente investigación, con la finalidad de evaluar el efecto de la posición de estacas, fuentes de enraizantes y sustratos en la propagación vegetativa de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*). Para ello se utilizó estacas horizontales y verticales de arándano de 2 años de edad de la variedad Biloxi, 3 fuentes de enraizantes a base de sábila (*Aloe vera*), sauce (*Salix erythroflexuosa*) y hormonagro (ANA) y 2 sustratos (turba rubia y humus). La longitud de las estacas verticales fue de 25 cm y de 6 cm para las horizontales con mínimo 3-4 yemas. En cuanto a la preparación de los enraizantes, para el caso de la sábila, se retiró el gel y se colocó en agua en una relación 1:1, para el sauce se hirvió 1L de agua por 20min y se adicionó 200 gramos de ramas jóvenes, se tapó y se lo dejó reposar por 2 días. A continuación, se introdujo las estacas en estos enraizantes por 24 horas, mientras que la hormona ANA se colocó el día de la instalación del ensayo. Para esta investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2x3x2 con tres repeticiones, en donde se midió tres variables (longitud de brote, porcentaje de enraizamiento y longitud de raíz). El análisis estadístico mostró como mejor tratamiento al t7 (estaca vertical, *aloe vera*, turba) en todas las variables, aunque en general la posición vertical de las estacas con todos los enraizantes y la turba como sustrato dio el mejor resultado. Cabe mencionar que los 60 días en que se planificó evaluar las variables no fue tiempo suficiente, ya que recién iniciaba la emisión de raíces.

**Palabras clave:** arándano, enraizamiento, sustrato, estaca, hormonas.

## ABSTRACT

In the Pichincha province, Cayambe canton, at an altitude of 2800 masl, the present investigation was carried out, with the purpose of verifying the effect of the position of cuttings, rooting sources and substrates on the vegetative propagation of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.). For this, horizontal and vertical cuttings of 2-year-old blueberry of the Biloxi variety, 3 sources of rooting agents based on aloe vera (*Aloe vera*), willow (*Salix erythroflexuosa*) and hormone (ANA) and 2 substrates (blonde peat and humus). The length of the vertical cuttings was 25 cm and 6 cm for the horizontal ones with a minimum of 3-4 buds. Regarding the preparation of the rooting agents, in the case of the aloe vera, the gel was separated and placed in water in a 1:1 ratio, for the willow, 1L of water was boiled for 20min and 200 grams of young branches were added. , covered and left to rest for 2 days. Next, the cuttings were placed in these rooting agents for 24 hours, while the ANA hormone was placed on the day of the trial installation. For this research, a completely randomized design (DCA) was improved with a 2x3x2 factorial arrangement with three repetitions, where three variables were measured (shoot length, rooting percentage and root length). Statistical analysis showed that t7 (vertical cutting, aloe vera, peat) was the best treatment in all variables, although in general the vertical position of the cuttings with all the rooting agents and peat as a substrate gave the best result. It is worth mentioning that the 60 days in which it was planned to evaluate the variables was not enough time, since the emission of roots had just begun.

**Keywords:** blueberry, rooting, substrate, stake, hormones.

## 1. INTRODUCCIÓN

El arándano (*Vaccinium corymbosum L.*) (Ericaceae), es una fruta que posee un alto valor nutritivo brindando varias propiedades para el cuidado de la salud gracias a su contenido de antocianinas, compuestos fenólicos y flavonoides (Tejada-Alvarado et al., 2022), que ayudan a disminuir la presión arterial, control de sobre peso, también ayuda a prevenir la aparición de enfermedades cardiovasculares (Madera et al., 2019), y al control de la diabetes (Stote et al., 2020). Gracias a los beneficios que ofrece se ha convertido en una fruta de gran demanda a nivel mundial (Gallegos-Cedillo et al., 2018), es así que en 2022 a cargo de la empresa Hortifrut-Ecuador la provincia de Loja exportó 5 toneladas de arándano con destino a Estados Unidos por vía marítima, convirtiendo a Ecuador en un país exportador de este producto. En el país se está cultivando esta fruta en el Carchi, Imbabura, Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Azuay y Loja ayudando a generar empleo y también la reactivación del país (Ministerio de Agricultura y Ganadería, 2022), y las superficies van en aumento.

Para la instalación de cultivos, se está importando las plántulas y muy poco se está propagando a nivel nacional mediante cultivo in vitro. La adquisición de plantas mediante cultivo de tejidos vegetales ha sido una técnica con muchas ventajas en la reproducción de plántulas de arándano obteniendo una alta tasa de propagación, calidad y eficiencia (Zhou et al., 2023). Sin embargo, su manejo que exige de un laboratorio vuelve al productor en un dependiente de la compra de plántulas, de ahí la necesidad de buscar alternativas en otros métodos de propagación como el uso de estacas (Castro-Garibay et al., 2019).

Normalmente para enraizar estacas se utilizan hormonas como IBA (ácido indolbutírico) y ANA (ácido naftalenacético) así como sustratos que se encuentran de venta en el mercado, sin

embargo, tener opciones alternativas a estos insumos facilitaría la propagación lo cual, además de ser amigable con el medio ambiente, serán de fácil obtención para el productor.

La tendencia actual en la producción agropecuaria es el uso de insumos locales y amigables con el ambiente, en este contexto se desea propagar arándanos mediante estacas con el uso de fuentes naturales de enraizantes y un sustrato local.

Al respecto, existen estudios donde se ha investigado el papel que cumplen las fuentes naturales de enraizantes como la sábila (*Aloe vera*), la canela (*Cinnamomum verum*) y la miel de abeja (*Apis mellífera*), en comparación con una hormona sintética como el ANA (ácido naftalenacético) en el enraizamiento de esquejes de madera dura de higo (*Ficus carica L.*) dando como resultado que el uso de dichas fuentes naturales de enraizantes y el ANA tuvieron un efecto similar (Khalid & Ahmed, 2022). También se ha utilizado como enraizante natural el té de sauce (*Salix erythroflexuosa*) demostrando efectos positivos en el enraizamiento de *Chionanthus retusus* (Arenae et al., 1997).

Ecuador gracias a su gran biodiversidad vegetal tiene plantas con importantes propiedades que ayudan a promover y estimular el crecimiento vegetativo (Hamouda y otros, 2012) como es el caso de la sábila (*Aloe vera*). Es por eso que se desea aprovechar esta biodiversidad como fuentes naturales de enraizamiento locales, es decir, que estén al alcance del productor lo cual igual ayudaría a la reducción de los costos de producción.

Por otro lado, la especie vegetal arándano crece en suelos o sustratos ácidos, mostrando un crecimiento óptimo a un pH entre 4.5 y 5.5 (Kingston et al., 2017). Por lo que se debe tomar en cuenta esta característica en sus procesos de propagación al momento de seleccionar el sustrato ya que si el pH es mayor a 6.0 la planta presentará síntomas de deficiencia de hierro, afectando la síntesis de clorofila que conducirá a la mortalidad de la planta y limitará su proceso comercial (Jiang et al., 2019; Darnell y Cruz-Huerta, 2011; Haynes y Swift, 1986). Estudios realizados con

sustratos a base de turba y fibra de coco sugieren buenos resultados para la propagación de arándano por su retención de agua y altos niveles en porosidad y bajos niveles en densidad ayudando al desarrollo de las raíces (Olmos-Ruiz et al., 2023). Sin embargo, existen también materiales locales como el humus de lombriz, que también es un excelente sustrato utilizado en viveros por su gran retención de humedad y porosidad, características propicias para propagar estacas.

En base a lo expuesto, con la presente investigación se desea evaluar el efecto de insumos locales en la propagación de arándano, para ofrecer al productor una alternativa a la propagación in vitro, al uso de enraizantes sintéticos y al uso de insumos comerciales.

### **Preguntas de investigación**

¿Tienen la sábila y el sauce un efecto positivo en la propagación de estacas de arándanos?

¿Es el humus un sustrato adecuado para la propagación de arándanos?

¿La posición vertical y horizontal de la estaca funciona bien para la propagación de arándanos?

### **Objetivos**

#### **1.1.1 Objetivo General**

Evaluar el efecto de la posición de estacas, fuentes de enraizantes y sustratos para la propagación vegetativa de arándano (*Vaccinium corymbosum L.*).

### 1.1.2 Objetivos Específicos

Identificar el material vegetal como estacas horizontales y verticales más adecuado para la multiplicación de arándano.

Comparar la eficiencia de 2 fuentes naturales de enraizamiento como la sábila (*Aloe vera*) y sauce (*Salix erythroflexuosa*) frente al enraizante sintético (ANA) para la propagación de arándano.

Establecer el mejor sustrato entre la turba rubia y humus para la propagación de arándano.

## 2. MARCO CONCEPTUAL

### Importancia del arándano (*Vaccinium*)

Esta fruta gracias a sus propiedades nutracéuticas y su alto contenido de antocianinas (Castro-Garibay et al., 2019), ayuda a la salud de las personas a prevenir enfermedades como la presión arterial, enfermedades cardiovasculares e incluso a controlar la diabetes etc, (Yang et al., 2022), es por eso que en los últimos años la demanda de arándano ha aumentado y sigue aumentando por los beneficios antes mencionados.

### Taxonomía

El arándano es una fruta del género *Vaccinium*, familia Ericácea, existiendo más de 30 especies de este género; pero solamente un pequeño grupo son de importancia económica para el mercado como son: *Cyanococcus*, *Oxycoccus*, *Vitis-Idaea*, *Myrtillus* y *corymbosum* (Toapanta, 2021).

**Tabla 1.** Clasificación taxonómica del arándano (*Vaccinium corymbosum* L.)

Reino	Plantae
División	Magnoliophyta
Clase	Magnoliopsida
Orden	Ericales
Familia	Ericaceae
Sub familia	Vaccinioideae

Tribu	Vaccinieae
Género	<i>Vaccinium</i>
Especie	<i>V.corymbosum L.</i>

Fuente: Tomado de (Toapanta, 2021)

### **Morfología del arándano**

*Vaccinium* es un arbusto perenne de madera leñosa, que puede alcanzar tres metros de altura en su madurez; sus raíces son finas y fibrosas distribuyéndose superficialmente, esta planta no cuenta con pelos radiculares ya que las raíces jóvenes se encargan de la absorción (Buzeta, 1997). *Hymenoscyphus ericae* o *Pezizella ericae* son hongos simbióticos asociados a las raíces (Muñoz, 1988), los cuales le ayudan con la captación de los nutrientes, y a proteger a la planta de elementos tóxicos como el aluminio (Retamales y Hancock, 2011).

Sus hojas son alternas con un margen aserrado entre 1 a 8 cm de largo y presentan una forma ovalada y su color es verde pálido (Gordó, 2011).

Sus flores son axilares, abriéndose en racimos o solitarias, la corola de la flor es esférica y de color verde, y tiene estigmas prominentes. Los ovarios están unidos al cáliz tienen entre 5 y 4 celdas, cada una de las cuales contiene uno o más óvulos. Además, la flor tiene entre 8-10 estambres insertados en la base de la corola (Gordó, 2011).

El fruto es una baya en forma esférica que mide entre 1.5 a 0.7 cm de diámetro, su color depende de la variedad como negro, azul o morado cubriéndole una secreción cerosa (Muñoz, 1988), en cuanto a su sabor es muy particular entre dulce y ligeramente ácido haciendo de esta una fruta deliciosa y con grandes propiedades para la salud.

### **Requerimientos edafoclimáticos**

El cultivo de arándano se adapta a zonas con precipitaciones medias anuales entre 900 y 1300mm, temperaturas de 7 y 33 °C (Ormazábal et al., 2020); requiere de un suelo que vaya desde arenoso, franco arenoso, con buena aireación, alto contenido de materia orgánica, y un pH ácido entre 4 y 5.5 (Llambí et al. 2012, Ormazábal et al. 2020).

Este cultivo requiere un determinado número de horas-frío, es decir temperaturas inferiores a 7°C para salir de su periodo de latencia lo cual dependerá mucho de la variedad. Para un correcto desarrollo de arándano requiere de un rango óptimo de temperaturas que oscila entre 16-25°centigrados, también puede llegar a tolerar temperaturas de hasta -30°C aunque temperaturas de 28-30°C acompañadas de vientos secos, provocan daños en el fruto como el arrugamiento y quemadura. Sin embargo, durante la floración las temperaturas que son inferiores a -5°C provocan daños en los frutos, es por eso que las heladas durante la formación del fruto resultan muy perjudiciales (InfoAgro, s.f.).

### **Propagación del arándano**

La propagación del arándano se realiza mediante semilla, injertos, estacas y propagación in vitro. En cuanto a las estacas, existen algunos factores que pueden afectar su capacidad de enraizamiento, entre ellos el tipo de sustrato, reguladores de crecimiento exógenos y endógenos, nutrición y también la condición fisiológica de la planta madre, como el tipo de estaca, época de enraizamiento y las condiciones climáticas (Castro-Garibay et al., 2019). Al respecto, Chicaiza, (2014) menciona que se debe seleccionar material vegetal de plantas que hayan presentado un excelente rendimiento en producción y el estado sanitario en excelentes condiciones.

## **Fuentes naturales de enraizante**

### ***2.1.1 Sábila (Aloe vera)***

La sábila (*Aloe vera*) posee una fuente aproximada de setenta y cinco ingredientes biológicamente activos, entre ellos el ácido salicílico, minerales, azúcar, vitaminas, saponinas, ligninas y aminoácidos, ayudando a promover la preservación y proliferación celular (Dagneet al., 2000). El *aloe vera* como la mayoría de plantas contiene hormonas como auxinas ayudando a estimular el crecimiento de las raíces.

### ***2.1.2 Sauce (Salix erythroflexuosa)***

Los esquejes de sauce (*Salix erythroflexuosa*) contienen sustancia de enraizamiento natural IBA y ácido salicílico Knapke, (2018). La presencia de ácido salicílico bioquímico vegetal natural en la corteza del sauce contiene propiedades ayudando al incremento del crecimiento y antisenescencia (Raskin, 1995). El ácido salicílico revierte el cierre de estomas y la abscisión de la hoja inducido por ABA (ácido abscísico); también aumenta el crecimiento de la altura de la planta y estimula la iniciación de raíces (Malamy y Klessig, 1992).

### ***2.1.3 Hormonas y modo de acción***

#### Auxinas

Fueron las primeras hormonas de crecimiento que se descubrieron, y junto con las citoquininas difieren de las demás hormonas porque son esenciales para la viabilidad de las plantas. Estas fitohormonas actúan como reguladoras del crecimiento y desarrollo de las plantas. Su función se relaciona con los factores que estimulan el crecimiento vegetal, específicamente la división y la elongación celular. Se especializan en distintos procesos a nivel vegetal, como son la elongación y formación de los tallos, aumento de la dominancia apical, iniciación radical, formación de raíces adventicias en hojas y tallos cortados y desarrollo del fruto (Taiz & Zeiger, 2006). Se encuentran en toda la planta, pero normalmente en los tejidos de rápido crecimiento y división como los meristemas apicales de los tallos, hojas jóvenes, frutos en desarrollo y semillas y fluyen hacia las hojas y raíces incentivando su crecimiento (Contreras, 2013).

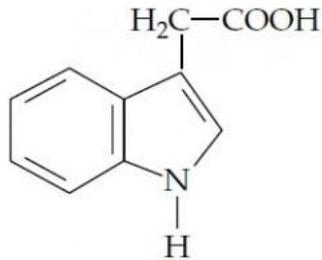
La síntesis de la auxina ácido 3-indolacético (AIA) que es la más común, abundante y fisiológicamente más importante en los vegetales se realiza mediante una vía dependiente e independiente del triptófano (L-Triptofano), pero la principal ruta de síntesis es la del ácido indol 3-pirúvico (IPA) (Dai, 2013).

La concentración de AIA y ácido jasmónico en niveles endógenos adecuados para las primeras etapas de desarrollo de raíces adventicias está dada por genes GH3 (Gutierrez, 2012). Una vez formadas las raíces adventicias, los niveles endógenos de auxinas disminuyen, de ahí que no se debe aplicar auxinas en un estado avanzado de formación de raíces, pues suele tener un efecto inhibitorio (de Klerk, 1999).

Debido a la estructura sencilla del AIA, la industria sintetizó auxinas y actualmente existen varios tipos:

Ácido indolacético (AIA)

Fitohormona de origen natural, es la hormona que se encuentra en mayor cantidad en los tejidos de la planta. Se sintetiza en los tejidos jóvenes, en las hojas, meristemos y yemas terminales



Ácido indolacético

#### Ácido indolbutírico (AIB)

Fitohormona de origen natural de amplio espectro. Contribuye con el desarrollo de raíces en hortalizas y plantas ornamentales y frutales y su uso permite obtener frutos de mayor tamaño.

#### Ácido Naftalenacético (ANA)

Fitohormona sintética ampliamente usada en agricultura. Se emplea para inducir el crecimiento de raíces adventicias en esquejes, reducir la caída de los frutos y estimular la floración.

#### Ácido Diclorofenoxiacético (2,4-D)

Producto de origen sintético hormonal empleado como herbicida sistémico. Se utiliza principalmente para controlar malezas de hoja ancha.

#### Ácido 2, 4, 5- Triclorofenoxiacético (2, 4, 5-T)

Fitohormona de origen sintético usado como plaguicida. Actualmente, su empleo está restringido debido a sus efectos letales para el medio ambiente, plantas, animales y el humano (Lifeder, 2022).

### Giberelinas

Esta hormona se especializa en distintos procesos a nivel vegetal como son: elongación de hojas jóvenes, floración y raíces, alargamiento de los segmentos nodales, induce a la germinación de semillas, incrementa el desarrollo de tejidos de manera constante, esencial en la fertilidad de plantas femeninas y masculinas.

Entre los principales puntos de acción a nivel celular se encuentra: Ayuda a la estimulación (elongación) celular en respuesta a condiciones de oscuridad o luz, promotor del crecimiento embrionario y se produce de manera endógena durante la etapa de germinación y desarrollo apical

Las giberelinas son diterpenoides, que generalmente se sintetizan en los lugares mismos de acción. En los plastidios se da la formación del ent-Kaurene, este se dirige al retículo endoplasmático y ahí es transformado en giberelina (GA12) (Alcantara Cortes et al., 2019).

### Citoquininas

Junto con las auxinas, son importantes en la formación de raíces adventicias (Della Rovere F. F., 2013). Los niveles endógenos de esta hormona, descienden durante las fases iniciales de la formación radicular, alcanzando su máxima concentración en las fases de emergencia y crecimiento macroscópico de los primordios (Della Rovere F. F., 2016). Existe información que la aplicación de citoquininas inhibe la formación de raíces adventicias (de Klerk, 1999). Esta hormona se especializa en distintos procesos a nivel vegetal como son: Activar la senescencia de hojas,

estimula el desarrollo fotomorfogénico vegetal, induce en la elongación de raíces y también ayuda a estimular brotes axilares.

Entre los principales puntos de acción a nivel celular se encuentran: producción alta de división celular y proliferación, inicia la proliferación de tejidos vegetales madre.

La citoquinas son derivadas de adeninas con sustituyentes aromáticos, se biosintetizan a partir de AMP (adenosin monofosfato cíclico) y se clasifican como isoprenoides (Borjas-Ventura et al., 2020).

Además de las respuestas individuales inducidas por auxinas y citoquininas, también interactúan para regular algunos procesos del desarrollo radicular (Muraro, 2011).

### Ácido abscísico

Esta hormona se especializa en distintos procesos a nivel vegetal como son: Estimula la maduración de las semillas, regulador de la transpiración celular, puede inhibir procesos de germinación vegetal, induce a la senescencia vegetal y floración.

Entre los principales puntos de acción a nivel celular se encuentran: la producción de tejidos zigoto. Fácil acceso en la membrana celular vegetal, sintetizando en los tejidos jóvenes.

- Precursor orgánico

Isopentil Pirofosfato

Carotenoides

### Etileno

Esta hormona se especializa en distintos procesos a nivel vegetal como son: regulación de la maduración y senescencia vegetal, en la maduración las hojas e inicio de los frutos y floración.

Entre los principales puntos de acción a nivel celular se encuentran: capaz de producirse mediante cualquier órgano de la planta, potencializa el modo de acción de las citoquininas, auxinas y ácido abscísico, inhibe la acción del ácido giberélico e induce la degradación o ruptura en pigmentos de las hojas (Borjas-Ventura et al., 2020).

La síntesis del etileno es desarrollada en 3 pasos como se muestra a continuación: En primer lugar, la metionina se convierte en SAM (S-adenosyl-L-methionine), luego SAM es transformado en ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) mediante la ayuda de la enzima ACC sintasa (ACS), en el ciclo de Yang. Después, la ACC (1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid) es transformado en etileno con la ayuda de la enzima ACC oxidasa (Borjas-Ventura et al., 2020).

## **Sustratos**

El sustrato es un factor importante al momento de realizar el enraizamiento de las estacas, el cual debe proporcionar todas las características deseables.

### **2.1.4 Humus**

La lombriz roja (*Eisenia foetida*) consume residuos orgánicos que al transformarse son aprovechados como abono. Estos desechos orgánicos dados por la lombriz se les conoce como Humus que es el mayor estado de descomposición de la materia orgánica siendo así un abono de excelente calidad (León, 2010). Este sustrato tiene un pH neutro dependiendo del material utilizado.

### **2.1.5 Turba**

Las turbas son materiales de origen vegetal, poseen propiedades físicas y químicas esto dependerá de las variables en función de su origen que se clasifican en 2 grupos: turbas rubias y negras. La turba rubia presenta mayor contenido de materia orgánica y están menos descompuestas en cambio la turba negra está más mineralizada teniendo un menor contenido de materia orgánica (Clavijo, 2008).

En los cultivos sin suelo, el uso de turba rubia es más utilizado ya que tienen un buen nivel de retención de agua y aireación. La inestabilidad de su estructura y su alta capacidad de intercambio catiónico interfiere en la nutrición vegetal, la turba rubia presenta un pH que oscila entre 3-4 (Domínguez et al., 2017).

### **Influencia de las hormonas en el enraizamiento**

En la actualidad existen distintos tipos de insumos que ayudan a mejorar el crecimiento y el desarrollo de las plantas (Borjas-Ventura et al., 2020).

Las plantas para un correcto desarrollo y crecimiento requieren de hormonas o fitohormonas, los cuales ayudan a controlar actividades metabólicas en función de garantizar el proceso de homeostasis intracelular-extracelular. Se debe tener en cuenta que cada hormona de acuerdo a su estructura química realizará diferentes interacciones para cumplir con sus funciones. Existen muchas hormonas, entre ellas las Auxinas, Etileno, citoquininas, giberelinas, ácido abscísico, ácido salicílico, poliaminas, ácido jasmónico, brasinoesteroides, y estrigolactonas siendo las 5 primeras denominadas hormonas clásicas (Borjas-Ventura et al., 2020).

## **Influencia de la posición de estacas en el enraizamiento**

Según Vega (2010), la influencia en la producción de raíces adventicias no depende tanto en la posición en la cual se siembra las estacas, lo que influye para el desarrollo de raíces es la parte del tallo seleccionada, se esta terminal, basal o media, ya que al seleccionar estacas basales se obtendrá un mayor porcentaje de raíces a comparación de las estacas terminales.

## **Formación de raíces adventicias**

La formación de raíces depende de ciertos factores endógenos y también externos lo cuales interactúan de manera compleja generando cambios en el metabolismo y el crecimiento (Gutiérrez, 1995). El desarrollo de raíces adventicias a partir de estacas, se divide en 4 etapas que son de inducción y diferenciación que pertenecen a un grupo celular meristemático es decir es el inicio y el aumento de la división celular, formando primordios iniciales; crecimiento y emergencia de nuevas raíces incluyéndose la ruptura del tejido superficial para que pueda permitir su salida y conexión vascular con tejidos de la estaca (Botti, 1999).

La brotación de yemas en las estacas influye mucho en la propagación asexual, ya que el desarrollo de las hojas ayuda a una mayor producción de síntesis de auxinas, las cuales son fundamentales para el desarrollo y crecimiento de raíces adventicias (Ríos et al., 2022).

### ***2.1.6 Factores que influyen en la formación de raíces adventicias***

Según Hartmann y Kester (1999), los factores que indican en la formación de raíces son:

**Edad:** Los brotes jóvenes y de la parte basal de plantas jóvenes, enraízan con mayor facilidad, ya que, en plantas adultas, se produce un incremento de inhibidores asociados al incremento de compuestos fenólicos.

**Condición fisiológica de la planta madre:** Altas concentraciones de carbohidratos en las estacas influyen en un mejor enraizamiento, lo que está asociado a la firmeza del tallo; es así que, tallos con bajas concentraciones son suaves y flexibles, mientras que los más ricos son firmes y rígidos. Además, un bajo contenido de nitrógeno y elevado de carbohidratos también favorece el enraizamiento, por tanto, es aconsejable usar plantas madres que estén a pleno sol ya que favorece la acumulación de carbohidratos.

**Tipo de estaca:** Existe un efecto opuesto entre la parte vegetativa y floral cuando se trata de enraizar. Normalmente, cuando la planta está en desarrollo vegetativo las estacas de cualquier parte enraízan bien, pero cuando la planta madre empieza a florecer, las estacas difícilmente formarán raíces. Entre la base y ápice de una rama existen marcadas diferencias en la composición química, observándose que el mayor enraizamiento se obtiene de la porción basal. En plantas caducifolias, las mejores respuestas al enraizamiento se tienen con ramas apicales, porque pueden contener mayores concentraciones de sustancias endógenas promotoras del enraizamiento originadas de la yema terminal.

Otro factor a considerar, es la presencia de hojas y yemas, cuyo efecto estimulante en el enraizamiento se debe a la producción de auxinas y de carbohidratos. Al respecto Awad (1993), encontró que al enraizar estacas de *Lomatia ferruginea* (Cav.) R.Br. el número de raíces aumenta significativamente con el incremento de yemas por nudo presentes en la estaca. Sin embargo, en relación a la presencia de hojas en la estaca, se recomienda reducir el área foliar cuando esta es

muy grande, ya que así se reduce la pérdida de humedad y se facilita su plantación (Hartmann y Kester, 1999).

### ***2.1.7 Relación entre callo y raíces adventicias***

Las raíces adventicias se originan a partir de células divididas en la proximidad del floema de los tejidos conductores, los cuales forman un “callo” del que se diferencian después las raíces. Al producir una herida a plantas herbáceas, las células parenquimáticas próximas de la herida se desdiferencian y se vuelven a dividir formando un callo cicatricial, es decir corresponde un conjunto de células parenquimáticas en diferentes estados de lignificación. En la mayor parte de las plantas, la formación del callo y de raíces son independientes entre sí y si ocurre de forma simultánea se deberá a la dependencia de condiciones internas y ambientales similares (Hartmann y Kester , 1988).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

El presente trabajo de investigación se realizó en la provincia de Pichincha, cantón Cayambe, parroquia Juan Montalvo, Barrio Ishigto a una altitud de 2800 msnm.

#### **Materiales**

Material vegetal (estacas)

Enraizantes (*Aloe vera*, sauce y hormonagro)

Sustratos (turba rubia y humus)

Cinta de pH

Tarrinas de 1L

Tijera de podar

Regla graduada

Calibrador digital pie de rey

Atomizador

Papel periódico

Estilete

Esferos

Palillos de madera de 20cm de longitud

#### **Metodología**

### 3.1.1 Descripción del tipo de investigación

Se utilizó un diseño completamente al azar (DCA) con arreglo factorial 2x3x2 con tres repeticiones.

**Tabla 2.** Factores en estudio y tratamientos en la propagación vegetativa de arándano (*Vaccinium corymbosum l.*) con diferente material vegetal, enraizantes y sustratos bajo invernadero.

FACTORES EN ESTUDIO	NIVELES DEL FACTOR EN ESTUDIO	TRATAMIENTOS	DESCRIPCIÓN
MATERIAL VEGETAL	m1 Estacas horizontales	T1: m1e1s1	Estacas horizontales- <i>Aloe vera</i> -Turba rubia
	m2 Estacas verticales	T2: m1e1s2	Estacas horizontales- <i>Aloe vera</i> -Humus
		T3: m1e2s1	Estacas horizontales-Té de Sauce-Turba rubia
ENRAIZANTES	e1 sábila	T4: m1e2s2	Estacas horizontales- Té de sauce-humus
	e2 Sauce	T5: m1e3s1	Estacas horizontales-hormonagro-Turba rubia
	e3 hormonagro	T6: m1e3s2	Estacas horizontales-hormonagro-humus

		T7: m2e1s1	Estacas verticales- <i>Aloe vera</i> -Turba rubia
SUSTRATOS	s1 Turba rubia	T8: m2e1s2	Estacas verticales- <i>Aloe vera</i> - Humus
	s2 Humus	T9: m2e2s1	Estacas verticales-té de sauce- Turba rubia
		T10: m2e2s2	Estacas verticales-té de sauce- humus
		T11: m2e3s1	Estacas verticales-hormonagro- Turba rubia
		T12: m2e3s2	Estacas verticales-hormonagro- humus

### 3.1.2 Selección del material vegetal

Para el ensayo se utilizó plantas de arándano de 2 años de edad, de la variedad Biloxi, de las cuales se cortó tallos de madera semidura de 25 cm de longitud para las estacas verticales y de 6 cm de longitud para las estacas horizontales, con un diámetro de entre 5 y 6 mm para los 2 casos.

### 3.1.3 Preparación de los enraizantes naturales

Para la preparación del enraizante a base de sábila (*Aloe vera*), se realizó un corte transversal en la hoja dividiendo en dos partes, con la ayuda de un cuchillo se raspó el gel y se depositó en un balde plástico, se agregó agua destilada (relación 1:1) y se batió hasta obtener una mezcla homogénea. En el balde plástico con el extracto de *Aloe vera* se colocó el material vegetal durante

24 horas. Existen estudios realizados con enraizantes naturales de sábila (*Aloe vera*) y sauce (*Salix erythroflexuosa*) en valeriana (*Valeriana sp*), dando como recomendación dejar el material vegetal en los enraizantes naturales por 24 horas para así obtener plántulas con un buen crecimiento de raíz y mayor desarrollo foliar (Córdova Ruiz, R. E., 2019). Es por eso que se utilizó la misma metodología.

Para la preparación del enraizante a base de sauce (*Salix erythroflexuosa*), se seleccionó ramas jóvenes de 15 cm de longitud, se tomó los tallos a los cuales se realizó cortes de 4 cm de largo hasta que se obtuvo 200 gramos de esqueje de sauce, los cuales se fueron colocando en una olla con un 1L de agua destilada se los hirvió por 20 minutos y se los dejó reposar durante 2 días en un sitio oscuro. Se vertió el té en el balde plástico, sobre este se colocó el material vegetal del arándano donde permaneció durante 24 horas.

#### ***3.1.4 Aplicación de la hormona sintética en la estaca***

Para el enraizante sintético, se vertió 50 gramos de hormonagro en un plato desechable y se puso en contacto con los cortes del material vegetal por 2 segundos.

#### ***3.1.5 Siembra de estacas***

Previo a la siembra, se dio un riego al sustrato hasta capacidad de campo. Para la siembra de las estacas horizontales, se introdujo en el sustrato cubriendo superficialmente la estaca y dejando una yema hacia arriba, mientras que para la siembra de estacas verticales se introdujo la base 3 cm en el sustrato. Cabe mencionar que el humus, se desinfectó mediante calor por 20 min.

### **3.1.6 Posterior a la siembra**

Los riegos se realizaron en función de la necesidad de las estacas, considerando que se mantenga la humedad en los sustratos, mismos que se dieron en horas de la mañana.

También se realizó monitoreo 3 veces a la semana (lunes-miércoles-viernes) para evitar cualquier tipo de inconveniente (plaga-enfermedad) y también evidenciar el crecimiento de las plántulas.

### **3.1.7 Unidad experimental y parcela neta**

La parcela experimental estuvo constituida por 10 estacas, mismas que fueron plantadas en tarrinas de Polipropileno de color gris de 12cm de diámetro superior x 9.5cm en la base y 10.5cm de alto, perforadas en la parte inferior con 4 agujeros de 6mm de diámetro, donde se colocó el sustrato. Tanto los tratamientos como las repeticiones se ubicaron al azar, con un total de unidades experimentales de 360.

**Figura 1.** Ubicación del proyecto para la propagación vegetativa de arándano (*Vaccinium Corymbosum l.*) con diferente material vegetal, enraizantes y sustratos bajo invernadero.



### **3.1.8 Evaluación de las variables**

Las variables medidas en la investigación fueron las siguientes:

#### **3.1.9 Porcentaje de enraizamiento**

A los 60 días de haber iniciado el experimento, se contabilizó el número de plántulas que presentaron raíces, registrando el total de plántulas de la parcela. Los valores se expresaron en porcentaje, aplicando la siguiente fórmula (Córdova, 2019):

$$\% = (\text{Número de estacas enraizadas} / \text{Número total de estacas}) \times 100$$

#### **3.1.10 Longitud de raíz**

De igual manera a los 60 días de haber iniciado el experimento se midió en las estacas tanto horizontales y verticales la longitud de la raíz en centímetros con la ayuda de una regla graduada. La medición se realizó desde el cuello de la raíz hasta el ápice de la raíz más larga.

#### **3.1.11 Tamaño de brotes**

Transcurridos los 60 días de haber iniciado el experimento también se midió en las estacas tanto horizontales y verticales la longitud del brote más robusto en cm con la ayuda de una regla graduada, desde la base del brote hasta el ápice.

### **3.1.12 *Peso de materia seca de raíces***

Esta variable no se evaluó ya que no hubo material suficiente para hacerlo en los tiempos establecidos de evaluación.

Una vez que se recolectó los datos tanto el porcentaje de enraizamiento, longitud de brote y longitud de raíz, se llevaron estos datos a la aplicación “Infostat” para realizar el análisis de las variables evaluadas.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

##### Longitud de brote

**Tabla 3. Prueba de Tukey al 5% para interacciones en la variable longitud de brote en estacas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L).**

Tratamientos	Medias	Rango de significancia	
<b>12/EV/hormonagro/humus(m2e3s2)</b>	1,78	A	
<b>7/EV/aloe vera/turba(m2e1s1)</b>	1,76	A	
<b>9/EV/te sauce/turba (m2e2s1)</b>	1,56	A	
<b>10/EV/te sauce/humus(m2e2s2)</b>	1,48	A	
<b>11/EV/hormonagro/turba(m2e3s1)</b>	1,39	A	B
<b>8/EV/aloe vera/humus(m2e1s2)</b>	0,82	B	
<b>3/EH/te sauce/turba(m1e2s1)</b>	0,00	C	
<b>2/EH/aloe vera/humus(m1e1s2)</b>	0,00	C	
<b>1/EH/aloe vera/turba(m1e1s1)</b>	0,00	C	
<b>6/EH/hormonagro/humus(m1e3s2)</b>	0,00	C	
<b>5/EH/hormonagro/turba(m1e3s1)</b>	0,00	C	
<b>4/EH/te sauce/humus(m1e2s2)</b>	0,00	C	

La prueba de Tukey al 5% (tabla 3) para la interacción (material por enraizantes y sustratos), en la variable longitud de brote, muestra 4 rangos de significancia. Donde los mejores tratamientos ubicados en el rango A son el t12 con un promedio de 1.78 cm, el t7 con 1.76 cm, el t9 con 1,56,

el t10 con 1.48 cm; mientras que los peores tratamientos se encuentran ubicados en el rango C con un promedio de 0,00.

Las estacas al poseer mayor cantidad de yemas incrementan la posibilidad de brotación ya que las sustancias de reserva presente en estas se unen a los nuevos brotes y hojas que se van formando elevando la actividad fotosintética en la producción de auxinas endógenas, por tanto si las estacas se seleccionan sin ninguna yema, no habrá formación de raíces ni aunque se aplique auxinas, ya que las yemas no solo movilizan a las auxinas sino también otros compuestos endógenos los cuales reciben el nombre de cofactores de enraizamiento (Fanego et al., 2009). Además, la brotación en las estacas influye mucho en la propagación asexual, ya que el desarrollo de las hojas ayuda a una mayor producción de síntesis de auxinas, las cuales son fundamentales para el desarrollo y crecimiento de raíces adventicias (Ríos et al., 2022). Por otro lado, con una mayor brotación de yemas, las sustancias de reserva presentes en estas se unen a los nuevos brotes y hojas que se van formando elevando la actividad fotosintética en la producción de auxinas endógenas las cuales estimulan la formación de callos y la diferenciación radical (Fanego et al., 2009). Entonces la selección de estacas con buena cantidad de yemas hinchadas debe haber influido en la buena brotación de las yemas en las estacas verticales. En el caso de las estacas horizontales, la respuesta negativa quizá está relacionada con el tiempo y la humedad.

## Longitud de raíz

Tabla 4. Prueba de Tukey al 5% para la interacción en la variable longitud de raíz en estacas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L).

Tratamiento	Medias	Rango de significancia
7/EV/ <i>aloe vera</i> /turba(m2e1s1)	0,10	A
9/EV/te sauce/turba (m2e2s1)	0,06	B
11/EV/hormonagro/turba(m2e3s1)	0,05	C
10/EV/te sauce/humus(m2e2s2)	0,04	C
8/EV/ <i>aloe vera</i> /humus(m2e1s2)	0,04	C
12/EV/hormonagro/humus(m2e3s2)	0,03	C
3/EH/te sauce/turba(m1e2s1)	0,00	D
2/EH/ <i>aloe vera</i> /humus(m1e1s2)	0,00	D
1/EH/ <i>aloe vera</i> /turba(m1e1s1)	0,00	D
6/EH/hormonagro/humus(m1e3s2)	0,00	D
5/EH/hormonagro/turba(m1e3s1)	0,00	D
4/EH/te sauce/humus(m1e2s2)	0,00	D

La prueba de Tukey al 5% (tabla 4) para la interacción material por enraizantes y sustratos, muestra 4 rangos de significancia. Donde el mejor tratamiento ubicado en el rango A es el t7 (posición vertical, sábila y turba) con un promedio de 0,1cm para longitud de raíz, mientras en el

último rango se encuentra el t4 (posición horizontal de la estaca, te de sauce y humus) con un promedio de 0,0 ubicándose en el rango D.

Domínguez, (2017) menciona que la calidad y cantidad de plantas a obtener durante la propagación, dependerá entre otras cosas del sustrato, en donde se debe considerar las características físicas y químicas ya que el funcionamiento de raíces dependerá del contenido de agua, aireación, etc.; en este caso la turba rubia es la más utilizada para la propagación de arándanos, ya que tiene un buen nivel de retención de agua y aireación y presenta un pH que oscila entre 3 a 4, características ácidas requeridas por el arándano, de ahí quizá los mejores resultados obtenidos con este sustrato. Por otro lado, para un correcto desarrollo y crecimiento vegetal se requiere de hormonas, las cuales de acuerdo a su estructura química realizarán diferentes interacciones para cumplir con sus funciones, de ellas la más importante para el enraizamiento son las auxinas. En esta línea el mejor tratamiento fue a base de sábila (*Aloe vera*), misma que posee aproximadamente setenta y cinco ingredientes biológicamente activos, que incluyen distintos tipos de ácido salicílico, minerales, azúcar, vitaminas, saponinas, ligninas y aminoácidos ayudando a promover la preservación y proliferación celular (Dagneet al., 2000). Además, el ácido salicílico también estimula la iniciación de raíces (Malamy y Klessig, 1992), quizá por todos estos beneficios del aloe vera se obtuvo este mejor resultado con este tratamiento.

Cabe resaltar que el sauce (*Salix erythroflexuosa*) interactuando con la turba y la estaca en posición vertical, también dio un buen resultado ubicándose en el rango B, quizá se debe a que igualmente esta planta contiene sustancias que favorecen el enraizamiento tales como el IBA y el ácido salicílico (Knapke, 2018), presente en la corteza (Raskin, 1995).

Según Vega (2010), la influencia en la producción de raíces adventicias no depende en gran medida de la posición en la cual se siembra las estacas, lo que influye para el desarrollo de raíz es la parte del tallo seleccionada ya sea terminal, basal o media, siendo las estacas basales con las que se obtendrá un mayor porcentaje de raíces en comparación de las demás. Si bien las estacas verticales tuvieron mejor respuesta, apenas iniciaba la formación de raíces, en cambio las estacas horizontales no necesariamente fueron peores quizá solo necesitaron más tiempo para enraizar en la turba, no así en el humus donde hubo mortalidad.

### Porcentaje de enraizamiento

**Tabla 5. Prueba de Tukey al 5% para interacciones en la variable porcentaje de enraizamiento en estacas de arándano (*Vaccinium corymbosum* L).**

Tratamientos	Medias	Rango de significancia		
7/EV/aloe vera/turba(m2e1s1)	46,67	A		
9/EV/te sauce/turba (m2e2s1)	40,00	A	B	
11/EV/hormonagro/turba(m2e3s1)	36,67	B		C
8/EV/aloe vera/humus(m2e1s2)	33,33	B	C	D
12/EV/hormonagro/humus(m2e3s2)	30,00	C		D
10/EV/te sauce/humus(m2e2s2)	26,67	D		
3/EH/te sauce/turba(m1e2s1)	0,00	E		
2/EH/aloe vera/humus(m1e1s2)	0,00	E		
1/EH/aloe vera/turba(m1e1s1)	0,00	E		

<b>6/EH/hormonagro/humus(m1e3s2)</b>	0,00	E
<b>5/EH/hormonagro/turba(m1e3s1)</b>	0,00	E
<b>4/EH/te sauce/humus(m1e2s2)</b>	0,00	E

La prueba de Tukey al 5% (tabla 5) para la interacción material por enraizantes y sustratos, muestra 7 rangos de significancia, donde el mejor tratamiento ubicado en el rango A es el t7 con 46.67% de enraizamiento, mientras que en el último rango con 0,0% ubicándose en el rango E, se encuentran los tratamientos que interactúan con las estacas horizontales, de manera similar a la variable anterior.

Las raíces adventicias son aquellas que se originan a partir de tejidos no radiculares como los tallos, las cuales pueden formarse en respuesta a factores como una herida. Este efecto es utilizado en la propagación de plantas por estacas, mismo que está influenciado directamente por las auxinas endógenas, teniendo un mejor resultado en el enraizamiento con la aplicación de auxinas exógenas que pueden provenir de plantas o las sintéticas creadas por la industria (Taiz & Zeiger, 2006). Al respecto, los tratamientos que tuvieron hormonas naturales, tuvieron un mínimo mejor resultado, quizá porque precisamente aportaron con auxinas propias de los vegetales.

Al producir una herida a las plantas, las células parenquimáticas próximas de la herida se desdiferencian y se vuelven a dividir formando un callo cicatricial, en la mayor parte de las plantas, la formación del callo y de raíces son independientes entre sí y si ocurre de forma simultánea se deberá a la dependencia de condiciones internas y ambientales similares (Hartmann y Kester, 1988). En esta línea, los tratamientos que presentaron los mejores resultados presentaban formación de callo y la iniciación de raíces, de forma independiente. Por otro lado, en Arabidopsis se han

desarrollado protocolos de análisis de enraizamiento adventicio a partir de explantos de hoja con un medio de cultivo sin hormonas exógenas que favorezcan la producción de raíces adventicias (Chen, 2014). Con estos estudios querían demostrar que existen también otros factores que afectan la formación de raíces, tales como las condiciones lumínicas, la edad del material, contenido de carbohidratos que es influenciado por la temperatura, etc. Esto quizá está relacionado con la respuesta no tan diferente entre los tratamientos con las diferentes hormonas, ya que las estacas tenían sus propias auxinas endógenas, como fuentes de enraizamiento todas tuvieron auxinas exógenas y las mismas condiciones indicadas anteriormente; sin embargo quizá la concentración y tipo de las mismas hace la diferencia.

## 2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los enraizantes naturales a base de sábila (*Aloe vera*) y sauce (*Salix erythroflexuosa*) interactuando con la turba y la estaca en posición vertical tuvieron un efecto positivo en el enraizamiento de arándano, siendo el mejor tratamiento el t7 (estaca vertical, aloe vera y turba), sin embargo, en general las 3 hormonas interactuando con la turba y estaca vertical, estuvieron entre los mejores tratamientos.

La turba rubia, en relación al humus, tuvo mejor efecto en el enraizamiento por ende en la propagación de esta especie vegetal.

Todos los tratamientos con las estacas en posición horizontal, fueron los que tuvieron menor respuesta y de ellos los peores fueron aquellos que interactuaron con el humus.

Se recomienda repetir la investigación, considerando un mayor periodo de tiempo (90 y 120 días), ya que la respuesta negativa de muchos tratamientos pudo deberse a que las estacas necesitaron más tiempo para la emisión de raíces.

### 3. BIBLIOGRAFÍA

- Alcantara Cortes, J. S., Acero Godoy, J., Alcántara Cortés, J. D., & Sánchez Mora, R. M. (2019). Principales reguladores hormonales y sus interacciones en el crecimiento vegetal. *Nova*, 17(32), 109–129. <http://www.scielo.org.co/pdf/nova/v17n32/1794-2470-nova-17-32-109.pdf>
- Borjas-Ventura, R., Julca-Otiniano, A., & Alvarado-Huamán, L. (2020). Las fitohormonas una pieza clave en el desarrollo de la agricultura. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, 8(2), 150–164. <https://doi.org/10.36610/j.jsab.2020.080200150>
- Castro-Garibay, S., Villegas-Monter, A., & Contreras-Maya, R. (2019). Rooting of cuttings in three blueberry cultivars (. *Agroproductividad*, 12(3), 63–68. <https://doi.org/https://doi.org/10.32854/agrop.v0i0.1328>
- Chicaiza, R. (2014). *Sustratos y reguladores de crecimiento para la propagacion por estaca de morochillo o uvilla de árbol (Acnistus arborescens)*. Trabajo de investigación estructurado de manera independiente como requisito para optar el título de ingeniero agrónomo de la universidad técnica de Ambato.
- Córdova, R. (2019). APLICACIÓN DE EXTRACTOS VEGETALES EN LA PROPAGACIÓN ASEXUAL DE ESTACAS DE VALERIANA (*Valeriana sp*). 86.
- Chen, X. Q. (2014). A simple method suitable to study de novo root organogenesis. *Front Plant*, 208.
- Contreras, R. (9 de mayo de 2013). *La guía*. Obtenido de La guía: <https://biologia.laguia2000.com/fisiologia-vegetal/hormonas-vegetales-auxinas>
- Domínguez, E., Leod, C. M., Águila, K., & Ojeda, A. (2017). Cómo utilizar la turba rubia de Sphagnum

en horticultura. *Ministerio de Agricultura, Instituciones Agropecuarias*, 4.

Dai, X. M. (2013). The biochemical mechanism of auxin biosynthesis by an Arabidopsis YUCCA flavin containing monooxygenase. 288.

de Klerk, G. V. (1999). The formation of adventitious roots: concepts, new possibilities. 189-199.

Della Rovere, F. F. (2013). Auxin and cytokinin control formation of the quiescent centre in the adventitious root apex of Arabidopsis. 112.

Della Rovere, F. F. (2016). The quiescent center and the stem cell niche in the adventitious roots of Arabidopsis thaliana.

Gutierrez, L. M. (2012). Auxin controls Arabidopsis adventitious root initiation by regulating jasmonic acid homeostasis. *Plant Cell*.

Fanego, A., Soto, R., & Martínez, S. (2009). Brotación y enraizamiento de estacas procedentes de diferentes secciones de las ramas de Bougainvillea glabra Choisy. *Centro Agrícola*, 36(3), 9–13.

Gordó, M. (2011). Guía práctica para el cultivo de Arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos Aires. 15.

*InfoAgro*. (s.f.). Obtenido de InfoAgro: <https://www.intagri.com/articulos/frutillas/El-Cultivo-de-Ar%C3%A1ndano-o-Blueberry>

Khalid, W. K., & Ahmed, A. A. A. M. (2022). Study of some natural substances in rooting of two fig varieties. *International Journal of Agricultural and Statistics Sciences*, January. <https://doi.org/https://connectjournals.com/03899.2022.18.183>

Ministerio de Agricultura y Ganadería. (27 de septiembre de 2022). *Agricultura*. Obtenido de Agricultura: <https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-entra-a-competir-en-el-mercado->

internacional-de-arandanos/

Muraro, D. B. (2011). The influence of cytokinin auxin cross regulation on cell fate determination in *Arabidopsis thaliana* root development. *Theor Biol* , 283.

Lifeder. (15 de Junio de 2022). Obtenido de Lifeder:  
<https://www.lifeder.com/auxinas/#Tipos%20de%20auxinas>

Olmos-Ruiz, R., Gloria, B., Ortiz-delvasto, N., Garcia-iba, P., & Carvajal, M. (2023). Scientia Horticulturae Substrate composition affects growth and physiological parameters of blueberry. *Scientia Horticulturae*, 308(3). <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111528>

Ríos, M., Rocha, S., Niella, F., Keller, H., & Duarte, E. (2022). Factores que afectan el enraizamiento adventicio y brotación en estacas de *hyptis australis* (Lamiaceae). *Revista Peruana de Biología*, 29(1), 1–8. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.15381/rpb.v29i1.20809>

Tejada-Alvarado, J. J., Meléndez-Mori, J. B., Vilca-Valqui, N. C., Huaman-Huaman, E., Lapid-Culqui, Y. K., Neri, J. C., Prat, M. L., & Oliva, M. (2022). Optimizing factors influencing micropropagation of “Bluecrop” and “Biloxi” blueberries and evaluation of their morpho-physiological characteristics during ex vitro acclimatization. *Journal of Berry Research*, 12(3), 347–364. <https://doi.org/10.3233/JBR-211565>

Toapanta, A. (2021). “ Obtención de un banco de plantas donantes de arándanos ( *Vaccinium corymbosum* L . ) para el establecimiento in vitro de segmentos nodales en medio de cultivo semisólido .”

Taiz, L., & Zeiger, Z. (2006). *Fisiología vegetal*. España: III. Título. IV. Série.

Yang, H., Wu, Y., Zhang, C., Wu, W., Lyu, L., & Li, W. (2022). Growth and physiological characteristics of four blueberry cultivars under different high soil pH treatments. *Environmental and Experimental Botany*, 197(December 2021), 104842. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104842>