



UNIVERSIDAD ECOTEC
FACULTAD DE INGENIERIAS, ARQUITECTURA Y CIENCIAS DE LA NATURALEZA
CARRERA DE INGENIERÍA AGRONÓMICA

TITULO DE TRABAJO
ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE L-GLUTAMINA EN EL DESARROLLO
VEGETATIVO DEL CULTIVO DE ARÁNDANOS MICROPROPAGADOS IN VITRO EN
DAULE, 2024

LINEA DE INVESTIGACIÓN
GESTIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS AGRICOLAS

MODALIDAD DE TITULACIÓN
TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CARRERA
INGENIERÍA AGRÓNOMA

TITULO A OBTENER
INGENIERO AGRÓNOMO

AUTOR
ARROBO ASANZA MICHELLE ALEJANDRA

TUTOR
ROSAS HERNANDEZ JOSÉ IBRAHIN

SAMBORONDÓN – ECUADOR

2024



Agradecimiento

Le agradezco profundamente a mi mamá Viviana, que es la mujer más maravillosa de la tierra, me ha apoyado en todas las etapas de mi vida y nunca me ha dejado sola. Gracias a mis hermanas Natalia y Soledad, y a mi sobrino Ethan que han sido mi apoyo y risas. Gracias a mi padre Freddy que me ha impulsado a seguir adelante y siempre me ha brindado su amor. Gracias a Jorge, mi compañero de vida, que ha sido mi mayor pilar durante este proceso y me inspira con su amor, fuerza y paz, le agradezco a él y a mi angelito que viene en camino. Muchas gracias a todas las personas maravillosas que he conocido en la universidad, especialmente a Lisseth y Dayana que me han brindado su ayuda y momentos inolvidables.

ANEXO No. 9

**PROCESO DE TITULACIÓN
CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

Samborondón, 06 de agosto de 2024

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza

Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE L-GLUTAMINA EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE ARÁNDANOS MICROPROPAGADOS IN VITRO EN DAULE, 2024., fue revisado, siendo su contenido original en su totalidad, así como el cumplimiento de los requerimientos establecidos en la guía para su elaboración, por lo que se autoriza al estudiante ARROBO ASANZA MICHELLE ALEJANDRA, para que proceda con la presentación oral del mismo.

Atentamente,



**José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)**



ANEXO No. 12

CERTIFICADO DE APROBACIÓN DEL TUTOR PARA LA PRESENTACIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CON INCORPORACIÓN DE LAS OBSERVACIONES DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Samborondón, 12 de agosto de 2024

Magíster

Erika Ascencio Jordán

Unidad Académica: Facultad de Ingenierías, Arquitectura y Ciencias de la Naturaleza
Universidad Tecnológica ECOTEC

De mis consideraciones:

Por medio de la presente comunico a usted que el trabajo de titulación TITULADO: : ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE L-GLUTAMINA EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE ARÁNDANOS MICROPROPAGADOS IN VITRO EN DAULE, 2024; fue revisado y se deja constancia que el estudiante acogió e incorporó todas las observaciones realizadas por los miembros del tribunal de sustentación por lo que se autoriza a: **ARROBO ASANZA MICHELLE ALEJANDRA**, para que proceda a la presentación del trabajo de titulación para la revisión de los miembros del tribunal de sustentación y posterior sustentación.

Atentamente,

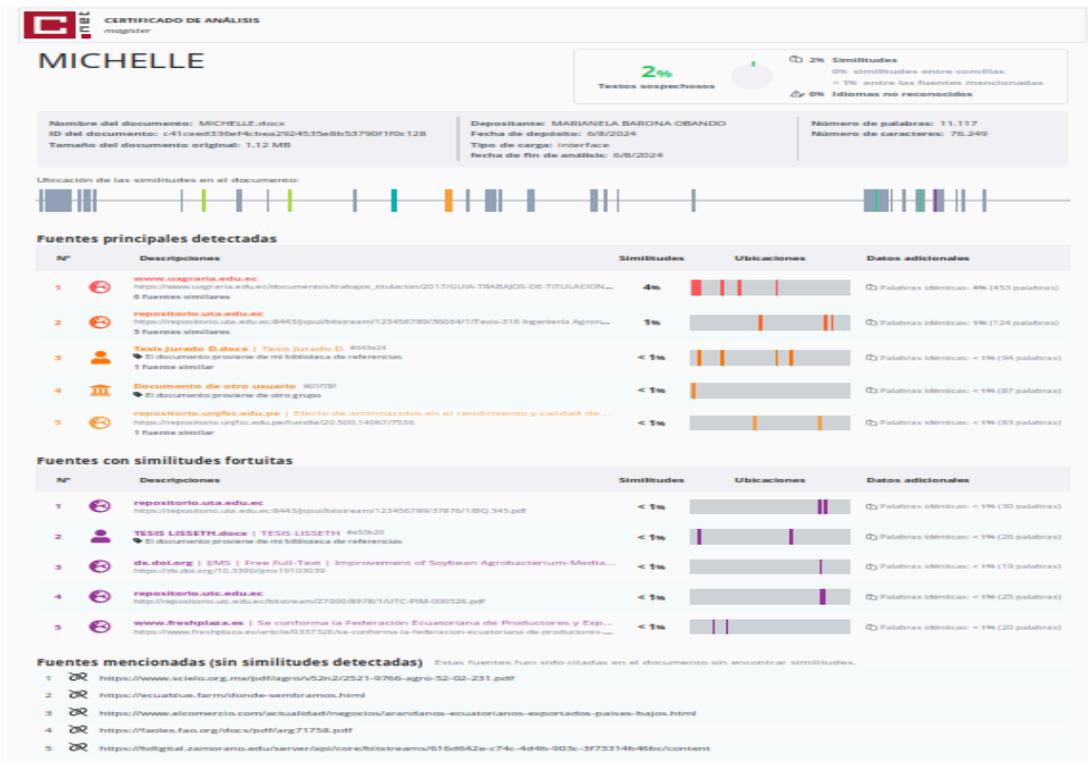


José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)

ANEXO No. 10

PROCESO DE TITULACIÓN CERTIFICADO DEL PORCENTAJE DE COINCIDENCIAS DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Habiendo sido revisado el trabajo de titulación TITULADO: ANÁLISIS DE LA INFLUENCIA DE L-GLUTAMINA EN EL DESARROLLO VEGETATIVO DEL CULTIVO DE ARÁNDANOS MICROPROPAGADOS IN VITRO EN DAULE, 2024., elaborado por ARROBO ASANZA MICHELLE ALEJANDRA, fue remitido al sistema de coincidencias en todo su contenido el mismo que presentó un porcentaje del (2%) mismo que cumple con el valor aceptado para su presentación que es inferior o igual al 10% sobre el total de hojas del documento. Adicional se adjunta print de pantalla de dicho resultado.



Atentamente,



Firmado digitalmente por
**JOSE IBRAHIM
HERNANDEZ ROSAS**

José Hernández Rosas, PhD.
Tutor(a)



Resumen

Este trabajo se centra en investigar el impacto de la aplicación de L-Glutamina en el desarrollo vegetativo de arándanos micropropagados *in vitro*. La metodología propuesta implica cultivar *in vitro* segmentos nodales de arándano, aplicando diferentes dosis de L-Glutamina y evaluando su influencia en el enraizamiento y desarrollo de entrenudos. Se fundamenta en la importancia de la L-Glutamina en la síntesis de proteínas y otros compuestos cruciales para el crecimiento de las plantas. Los objetivos generales y específicos delimitan la evaluación de la dosis más efectiva para el desarrollo caulinar y radicular, así como el análisis de la calidad de las plantas después de la aplicación de L-Glutamina en el medio de cultivo. Destaca la importancia de mejorar la calidad y productividad del cultivo en un contexto de competencia internacional, sugiriendo que la L-Glutamina podría acelerar el desarrollo vegetativo y reducir los costos de producción.

Palabras clave: aminoácidos, cultivo *in vitro*, enraizamiento, *Vaccinium corymbosum*, vástago.

Abstract

This assignment is centered in the investigation on the application of L-Glutamine in the vegetative development of *in vitro* micropropagated blueberries. The methodology proposed involves cultivating nodal segments of blueberries *in vitro*, applying different doses of L-Glutamine and evaluating its influence with rooting and internode development. It is based on the importance of L-Glutamine in the synthesis of proteins and other crucial compounds for the development of plants. The general and specific objectives outline the evaluation of the most effective dose for cauline and root development, as well as the analysis of the quality of the plants after the application of L-Glutamine in the medium of the crop. Highlights the importance of improving the quality and productivity of the crop in an international competition context, suggesting that L-Glutamine could accelerate the vegetative development and reduce the production costs.

Keywords: amino acid, *in vitro* culture, stem, rooting, *Vaccinium corymbosum*.

Índice general

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN	3
Dedicatoria	4
Agradecimiento	5
Índice de tablas	9
Índice de figuras	10
Resumen	11
Abstract	12
1. Introducción	13
1.1 Antecedentes del problema	13
1.2 Planteamiento y formulación del problema	13
1.2.1 Planteamiento del problema	13
1.2.2 Formulación del problema	13
1.3 Justificación de la investigación	13
1.4 Objetivo general	13
1.5 Objetivos específicos	14
2. Marco teórico	15
2.1 Estado del arte	15
2.2 Bases teóricas	15
3. Materiales y métodos	16
3.1 Delimitación de la investigación	16
3.1.1 Espacio: Lugar donde se ejecutará el desarrollo del trabajo de titulación	16
3.1.2 Tiempo: Período de tiempo que tomará el desarrollo del trabajo de titulación	16

3.1.3 Población: Sujetos que serán encuestados y/o medidos. A quién va a ir	16
3.2 Enfoque de la investigación	16
3.1.1 Tipo de investigación	16
3.1.2 Diseño de investigación	16
3.3 Metodología	16
3.3.1 Variables	16
3.3.1.1 Variable independiente	17
3.3.1.2 Variable dependiente	17
3.3.2 Hipótesis	17
3.3.3 Diseño experimental	17
3.3.4 Recursos	17
3.3.5 Métodos y técnicas	17
3.3.5.1 <i>Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su</i>	18
3.3.6 Análisis estadístico	18
3.4 Cronograma de actividades	18
4. Resultados	19
4.1 (Transcribir aquí el primer objetivo específico sin el verbo en infinitivo)	19
4.2 (Transcribir aquí el segundo objetivo específico sin el verbo en infinitivo)	19
4.3 (Transcribir aquí el tercer objetivo específico sin el verbo en infinitivo)	19

	7
5. Discusión	21
6. Conclusiones	22
7. Recomendaciones	23
Referencias	24
Anexos	25
Anexo 1. Información complementaria	26
Anexo 2. Listado de verbos	31

Índice de tablas

Tabla 1. Mediciones al primer mes	20
Tabla 2. Mediciones al 4to mes	20
Tabla 3. Mediciones al primer mes	31
Tabla 4. Mediciones al cuarto mes	32
Tabla 5. Análisis Anova del Crecimiento de las Raíces al 4to mes	32
Tabla 6. Crecimiento de las Raíces al 4to mes	32
Tabla 7. Grados de Libertad	32
Tabla 8. Entrenudos G1 vs Entrenudos	32
Tabla 9. Raíces G1 vs Raíces G2	32

Índice de figuras

Figura 1. Medición de Entrenudos 1er mes	18
Figura 2. Mediciones Entrenudos 4 meses	19
Figura 3. Medición Raíces 1er mes	19
Figura 4. Medición Raíces 4 mes	19
Figura 5. Entrenudos G1 vs Entrenudos G2	19
Figura 6. Raíces G1 vs Raíces G2s	19
Figura 7. Representación de objetivos específicos	19
Figura 8. Representación de objetivos específicos	19
Figura 9. Representación de objetivos específicos	19

1. Introducción

En la última década, el cultivo de arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) ha emergido como una industria agrícola prometedora en Ecuador. Este pequeño fruto, cargado de nutrientes y propiedades saludables, ha captado la atención de agricultores, investigadores y empresarios por igual. Su rápida expansión y aceptación en los mercados internacionales han transformado el panorama agrícola, generando un interés creciente para entender los diversos aspectos de su producción y comercialización.

Ecuador, con su clima diverso y condiciones geográficas únicas, se ha convertido en terreno fértil para el cultivo del arándano. Este fenómeno ha impulsado la investigación científica y la innovación tecnológica en la agricultura, transformando a Ecuador en un actor clave en la producción mundial de arándanos. Aspectos como las prácticas de cultivo, la genética de las plantas, los métodos de propagación, se convierten en áreas críticas de estudio (Zapién & Esteves, 2021).

La micropropagación *in vitro*, una técnica revolucionaria en la ciencia agrícola y biotecnología vegetal, ha transformado radicalmente la forma en que las plantas son cultivadas y propagadas a nivel mundial. Esta técnica avanzada permite la producción masiva de plantas a partir de pequeños segmentos de tejido vegetal, superando las limitaciones de la propagación convencional y brindando oportunidades sin precedentes para la multiplicación rápida y eficiente de especies valiosas (Cañal, M., Rodríguez, R., Fernández, B., Sánchez, R. & Majada, J., 2001).

El medio de cultivo en la micropropagación vegetal suministra nutrientes y hormonas esenciales para el crecimiento, desarrollo y multiplicación celular de las plantas en un ambiente de laboratorio controlado. Esto facilita la producción eficiente de plantas genéticamente idénticas a partir de una pequeña muestra de tejido vegetal (Dallos, M., Gonzáles, T., Campos, H., Guillot, G., Cogua, J., 2009).



Los L-aminoácidos, componentes esenciales de las proteínas vegetales, tienen un papel único en el metabolismo de las plantas. Pueden aplicarse en cualquier etapa del desarrollo de la planta, ya que influyen en varios procesos fisiológicos, como la absorción de nitrógeno (Castillo, 2022).

1.1 Antecedentes del problema

El arándano (*Vaccinium corymbosum* L.) se ha adaptado a varios ambientes; además, ha sido identificado como un super alimento. Jiménez y Abdelnour (2013) en su investigación identifican el valor nutricional de algunas especies de arándano. Tienen un alto contenido de fibra, minerales, vitaminas y antioxidantes, los cuales reducen la glucosa y son antiinflamatorios, convirtiéndose en un fruto con valor medicinal y nutricional.

Para lograr la sostenibilidad duradera y a largo plazo, la agricultura debe satisfacer las demandas de las generaciones actuales y futuras, garantizando al mismo tiempo la rentabilidad, el equilibrio ecológico y la justicia social y económica (FAO, 2014).

Se ha reportado que, en 2015, Ecuador realizó los primeros ensayos y experimentaciones con el arándano, y en 2016 fue cultivada para comenzar la producción del mismo, luego de esto, los emprendedores investigaron el comercio, rentabilidad y estrategias de producción. Tuvo espacio en el mercado local y generó interés en más productores, por ende, se unieron a la siembra del nuevo cultivo (El Comercio, 2021; Serrano, 2023).

En 2022, FEPEXA y el MAG organizaron un taller dirigido a productores, exportadores, técnicos y especialistas del mencionado cultivo, expusieron temas de desarrollo de mecanismos para la expansión del área de siembra, costos de producción y herramientas nutricionales. Actualmente, existen aproximadamente 50 hectáreas sembradas en las provincias: Azuay, Cotopaxi, Carchi, El Oro, Imbabura, Loja, Manabí, Pichincha, Santa Elena y Tungurahua (Vinuesa, 2023).

El costo principal en la producción de arándanos está vinculado un 70% con las necesidades nutricionales. Esta especie sintetiza aminoácidos de forma endógena, lo que implica un gasto energético; es esencial suministrárselos desde fuentes externas para que conserve energía y sea usada en otras funciones fisiológicas.

Forma parte de las especies nativas de Norte América; convirtiéndose en el oro azul perfecto para ser cultivada y exportada en varios países alrededor del mundo como: Estados Unidos, Canadá, Polonia, Países Bajos, España, México. En el hemisferio sur se introdujo en 1980, en países como: Chile, Argentina, Perú. El último país mencionado ha incrementado índices de producción y exportación. En América Latina se debe comenzar a cultivar y comercializar el arándano, ya que es una buena oportunidad para alcanzar mercados internacionales (Gordó, 2011; Coronel, 2023).

Dado el creciente interés de la población por esta fruta, se anticipa la necesidad de establecer una producción sostenible para garantizar su disponibilidad en el futuro. Se han estudiado métodos de producción sostenibles a nivel mundial y en constante aumento, por este motivo, los agricultores requieren desarrollar cultivos más beneficiosos para el ser humano y para el medio ambiente (Senger, Osorio, Olbricht, Shaw, Denoyes, 2022).

Córdova, Caraguay y Zamora (2023) mencionan que Ecuador posee muchas oportunidades para ser una fuente de inversión agroexportadora, tal como las tendencias de los consumidores extranjeros, los cuales requieren de productos con mayor valor nutricional, el arándano es uno de ellos.

Por lo tanto, Ecuador comienza su camino hacia la inserción en el mercado internacional del arándano, un cultivo que está ganando relevancia debido a sus propiedades medicinales y nutricionales. Esto es viable gracias a la presencia de tierras fértiles, un clima favorable y una mano de obra calificada; factores que permiten la producción de frutos con un alto potencial competitivo (Ministerio de



agricultura, 2022).

En 2015, Ecuador inició los primeros ensayos con el cultivo de arándanos, importando 25 plantas desde Estados Unidos con el objetivo de multiplicarlas en laboratorios locales, logrando alcanzar 500 plantas. Se estableció el primer lote comercial en Guayllabamba en un terreno de 500 m², y en 2016, la producción comenzó a ser comercializada bajo la marca Ecuarandano, sorprendiendo al mercado local. Aunque la producción inicial fue modesta, la demanda y el interés crecieron rápidamente, lo que permitió la expansión a 2,2 hectáreas, alcanzando 40.000 plantas y logrando que los arándanos estuvieran disponibles en varios puntos de venta en todo el país (Forbes, 2024; Portalfrutícola, 2021).

En el país se han formado asociaciones como la Federación Ecuatoriana de Productores y Exportadores de Arándano (Fepexa), donde el productor Diego Garzón fue pionero. En 2021, la producción se elevó a 750 t, siendo exportada a 40 países, comenzando el ingreso al mercado internacional.

Diario elcomercio (2022) informó una exportación de 5 t producidas en el cantón Zapotillo, Loja; enviado el 25 de septiembre por la empresa Hortifrut a Países bajos.

En 2022, FEPEXA y el MAG organizaron un taller dirigido a productores, exportadores, técnicos y especialistas del mencionado cultivo, expusieron temas de desarrollo de mecanismos para la expansión del área de siembra, costos de producción y herramientas nutricionales. Actualmente, existen aproximadamente 50 hectáreas sembradas en las provincias: Azuay, Cotopaxi, Carchi, El Oro, Imbabura, Loja, Manabí, Pichincha, Santa Elena y Tungurahua (Vinueza, 2023).

El arándano tiene menores requerimientos de nutrientes que la colectividad de los cultivos y prospera en suelos ácidos pH de (4.5 - 5.5) con excedencia limitada de nutrientes esenciales como fósforo (P), potasio (K), calcio (Ca) y magnesio (Mg). Exento secuestro, a doler de la extensión de la industria para vivir con carente o ningún mantillo, es inevitable un buen plan de fertilización para el

activo incremento de la altura y la creación de fruto de entrada clase. El nitrógeno es el ilustre nutriente atento al arándano y se requiere cada año. A disconformidad de la generalidad de los cultivos, el arándano adquiere esencialmente el diseño de amonio (NH_4) de N hacia NO_3 N, obligado a la disminución rápida del abono reductasa en las raíces y las hojas. Las plantas tienen un ruín fondo de N, el incremento de los brotes es insuficiente y las hojas se tornan de un lujurioso blanquecino o leonado cloróticas y a menudo desarrollan una tinta bermejo. Otros nutrientes que a menudo se aplican al arándano incluyen P, K, Ca, Mg, azufre básico (S), hierro (Fe), boro (B), cobre (Cu) y zinc (Zn), entre otros (Bryla, Strik, 2014).

Existe la importancia de nuevas fuentes de propagación, luego de que países vecinos comenzaron a necesitar más plántulas de arándano, ya que más agricultores se unían a este cultivo. Las plantas provenientes de micropropagación *in vitro* fueron las más demandadas por su comprobada calidad y homogeneidad en campo (Lerma, García, Fandiño, & Díaz, 2019).

El arándano puede ser un cultivo desafiante, ya que es sensible al estrés hídrico y salino, lo que puede afectar negativamente su crecimiento y producción. El arándano, una especie arbustiva de naturaleza leñosa, presenta una elevada sensibilidad a diversos factores, como el pH del suelo, el estrés hídrico, la presencia de patógenos, las variaciones de temperatura, y, de manera particular, a las técnicas utilizadas en el cultivo de tejidos (Colinas, Salgado, Sánchez, & Volke, 2018; Chicaiza, 2021).

La micropropagación *in vitro* es una técnica usada para producir masivamente plántulas, a partir de órganos o tejidos, controlando temperatura, humedad, horas luz, asepsia y medio de cultivo. De hecho, la producción masiva es influenciada por el alcance de investigaciones en fuentes de propagación. A través de ensayos existentes, se comprueba que genera beneficios en varios aspectos de la planta, tal como: altura, número de hojas, brotes, etc. Para potenciar el cultivo de



(*Vaccinium corymbosum* L.) en el país, se necesita apoyar las investigaciones y experimentos (Ramos, 2012; Guerrero, 2021; Cayo & Peralta, 2021).

Se conoce que los L-aminoácidos son componentes de las proteínas que las plantas utilizan y únicos con actividad en su metabolismo. Pueden ser aplicados en cualquier etapa de la planta, ya que ejercen influencia en diversos procesos fisiológicos. Potencian el enraizamiento, crecimiento, floración, cuajado y desarrollo del fruto, aumentan la resistencia de la planta ante situaciones de estrés, facilitan la absorción de nutrientes, es precursor fundamental para la síntesis de diversos aminoácidos esenciales, mejoran la fotosíntesis, regulan la apertura estomática y estimulan la división celular (Jardin, 2015; Yang, 2015).

La L-glutamina es un aminoácido requeridos por el cultivo de arándanos, ya que desempeña un papel crucial al intervenir en el proceso de absorción de nitrógeno; en los tejidos vegetales, prácticamente todo el nitrógeno es asimilado mediante una reacción catalizada por la glutamina sintetasa, convirtiéndolo en glutamato y sintetizando aminos esenciales para el crecimiento y desarrollo vegetal. L-Glutamina facilita la síntesis de otros compuestos aminoácidos esenciales, adaptándose según las necesidades del momento, de manera que exhibe efectos en la reproducción vegetal y se involucra activamente en los mecanismos de resistencia frente a diversos tipos de estrés, contribuyendo así a la robustez y vitalidad de las plantas en condiciones adversas (Neval, 2017; Reyes, Arzate, & Piña, 2018).

En esta investigación, se cultivarán *in vitro* segmentos nodales del arándano azul, aplicando diferentes dosis de L-Glutamina en el medio de cultivo para analizar su influencia sobre el enraizamiento y el desarrollo de entrenudos de las plantas.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El fruto final del cultivo del arándano ofrece múltiples beneficios para el consumidor, pero dentro de sus requerimientos nutricionales, se encuentra que, así como produce aminoácidos, también los requiere. La aplicación de L-Glutamina puede favorecer al desarrollo vegetativo, incluso disminuirá los costos de producción.

Los aminoácidos están involucrados en los mecanismos moleculares de las plantas, son esenciales para prácticamente todos los aspectos de la biología, desde su estructura y función celular hasta su capacidad para crecer y adaptarse a diferentes condiciones ambientales, esto puede abrir nuevas vías para mejorar la productividad de los cultivos y desarrollar estrategias agrícolas más eficientes y sostenibles.

1.2.2 Formulación del problema

¿Cómo influye la aplicación de L-Glutamina en el desarrollo vegetativo del cultivo de arándano micropropagado *in vitro*?

1.3 Justificación de la investigación

El aumento de las plantaciones de arándano a nivel nacional ocasiona que los productores actuales y los nuevos requieran de la adquisición de más plantas de esta especie. En general, las plántulas micropropagadas *in vitro* son las más demandadas, ya que, comparándola con otros tipos de propagación, son más eficientes para este cultivo, sin embargo, existe una dificultad en las plantas leñosas, aquellas poseen una lenta capacidad regenerativa. La investigación y experimento busca una manera de que este proceso sea desarrollado en el menor tiempo posible.

Esta técnica permite obtener nuevos individuos con la misma composición genética a partir de una planta madre elegida, sin depender de la época del año; propagación vegetativa rápida y a una gran escala; favorece la formación de la clorofila; aumenta la actividad de la glutamina sintetasa, lo que provoca una



mayor producción de frutos; ausencia de enfermedades por el buen control de la sanidad; crecimiento más tupido, mayor emergencia lateral; mayor número de yemas florales, por ende, mayor cantidad de producción de frutos.

La L-glutamina es un aminoácido importante para las plantas. Es posible que la aplicación de esta molécula orgánica en el medio de cultivo impacte en el desarrollo vegetativo de las plantas *in vitro* al proporcionar nitrógeno, el cual es un elemento crucial para la síntesis de proteínas y otros compuestos necesarios para el crecimiento.

1.4 Objetivo general

Evaluar el efecto de la aplicación de L-Glutamina en el medio de cultivo *in vitro* sobre el desarrollo de entrenudos y el enraizamiento de esquejes de arándano.

1.5 Objetivos específicos

Estimar la dosis de L-Glutamina más efectiva para el desarrollo caulinar de los esquejes de arándanos.

Evaluar la dosis de L-Glutamina más efectiva para el desarrollo caulinar y radicular de los esquejes de arándanos.

Comparar la calidad de las plantas *in vitro* después de la aplicación de L-Glutamina en el medio de cultivo

2. Marco teórico

2.1 Estado del arte

En esta sección, se citarán los resultados utilizados en las investigaciones científicas realizadas en los últimos cinco años, como respuesta o solución al problema planteado.

Tetsumura (2008) aporta que el sistema de propagación más eficaz para nuevos cultivares de arándanos es la micropropagación, ya que producen una gran cantidad de plantas en menos tiempo. El estudio se realizó en Japón con el apoyo de la Universidad Tokai, donde se comparó el medio Murashige y Skoog (MS), una mezcla de partes iguales de MS (MW) y el medio de una planta leñosa (WPM) para la proliferación de brotes *in vitro* y enraizamiento de cuatro cultivares de arándanos.

La micropropogación *in vitro* es una técnica de multiplicación reconocido por ser muy eficiente. A través de estudios realizados en Eslovaquia, se concluyó que el factor importante es el medio del cultivo, se menciona que estos medios son de carácter nutritivos y que influyen en la multiplicación y el crecimiento de los arándanos de arbusto alto Berkeley, Bluecro' y Goldrtaube. Hay diferentes medios de cultivo, entre ellos el Murashige y Skoog (MS), el cual no se puede utilizar para los arándanos debido a la baja multiplicación y su alta incidencia de necrosis de brotes. Por otra parte, la baja concentración de ácido indol-3-butírico (IBA) agregada en un medio Anderson's Rhododendron (AN) suplementado con zeatina aumenta la eficiencia de multiplicación de brotes de arándanos highbush *in vitro*, siendo beneficioso para la propagación a gran escala de plantas de alta calidad. (Ruzic, Vujovic, Libiakova, Cerovic, & Gajdosova, 2012)

En China, se realizó un ensayo en el área de laboratorio donde se adicionó la enzima L-asparagina y el aminoácido L-glutamina en el medio de cultivo, luego se



plantó la soja *in vitro*. La presencia de estas sustancias produjo una mejora en la frecuencia de inducción de brotes y la tasa de elongación de la planta. La enzima y el aminoácido desempeñaron un papel importante en la mitigación de las respuestas de defensa de las plantas al atenuar el nivel de expresión de GmPR (Guanosina Monofosfato Reductasa). Se menciona que la mejora en la frecuencia de la inducción de los brotes se debió a la atenuación en la expresión de GmPR y a la supresión de la respuesta de defensa de la planta. El transgén puede transmitirse con éxito a la generación T1 (Chen y otros, 2018)

Partiendo de la glutamina, el glutamato es un aminoácido que tiene un papel central en el metabolismo del nitrógeno de las plantas. García, Cánovas, & Ávila, (2018) afirman en la reunión XIV Nacional del metabolismo de nitrógeno en España, que las plantas sintetizan glutamato a partir de amonio por la actividad combinada de las enzimas glutamina sintetasa (GS) y glutamato sintasa (GOGAT). En plantas, hay dos formas de glutamato sintasa que difieren en sus donadores de electrones, NADH-GOGAT y Fd-GOGAT. Entonces el glutamato puede ser sintetizado y metabolizado por diferentes vías. Hay evidencia que la planta es capaz de mantener la concentración soluble dentro de un límite, el mecanismo por el cual esto ocurre implica una serie de enzimas presentes en diferentes compartimentos celulares, en particular glutamato sintasa (GS) y glutamato deshidrogenasa (GDH). Demuestran que el glutamato está ligado a un receptor de tipo GLR específico. El efecto del L-glutamato produce respuestas de adaptación de la raíz, mejora la capacidad de la planta para competir por materia orgánica.

En un experimento realizado en Irán se estudió el impacto de la aplicación foliar de aminoácidos en la eficiencia agrícola de fertilizantes nitrogenados, así como en el rendimiento y la calidad de la cebada, se utilizaron cuatro productos orgánicos: “Aminol Forte, Humi Forte, Kadostim y Fesnotren”. Se llevaron a cabo diferentes tratamientos, incluyendo un control sin aspersión foliar y otros con

aspersión foliar en diversas etapas del crecimiento de la cebada. Los resultados revelaron que el uso de estos fertilizantes aumentó significativamente el rendimiento de grano y redujo el número de espigas por metro cuadrado en comparación con el tratamiento control. El peso de 1,000 semillas aumentó en diferentes proporciones en los tratamientos con aspersión foliar. La eficiencia agrícola del nitrógeno también experimentó un aumento sustancial en los tratamientos con aminoácidos, junto con un incremento en la cantidad de proteína cruda y la concentración de potasio en las semillas. Además, la aplicación de la mezcla de aminoácidos afectó la composición de aminoácidos en las semillas (Hosni & Reza, 2015).

Lino (2007) en un estudio realizado en Brasil, verificó que cada variedad de plátano responde de manera diferente dependiendo a la concentración de glutamina añadida al medio de cultivo. Al pasar 90 días de cultivo *in vitro* de flores inmaduras de los cultivares Grand Nain y *Malus domestica*, sólo se observó la formación de callos amarillentos, independiente de la concentración de glutamina. A pesar de la baja frecuencia de embriones somáticos inducidos en cultivares de plátanos estudiados, se aislaron los embriones formados en cada variedad e inoculado en el medio para establecer la suspensión celular. Estos resultados muestran que cada variedad responde de manera diferente a concentración determinada de glutamina añadida al medio de cultivo para inducir embriogénesis somática.

Peña (2019) En México, se administraron Thidiazuron, ácido giberélico, glutámico y triptófano a las ramas laterales que habían sido podadas, así como un incremento significativo en el número de flores e inflorescencias en las ramas. Como resultado, se observó un mayor número de frutos y de gran tamaño. En consecuencia, este tratamiento condujo a un aumento general en el rendimiento de la planta.

En México, Ramírez (2021) aplicó externamente ácido glutámico al tomate



(*Solanum lycopersicum* L.). Este procedimiento resultó en un aumento del contenido relativo de clorofila en las hojas, así como en mejoras en el rendimiento y la calidad de los frutos. La aplicación se realizó mediante aspersión foliar, con tres tratamientos distintos que variaban en la dosis. Se observó que el contenido relativo de clorofila en las plantas aumentó con la aplicación de 12 g de L-1 de ácido glutámico. Al utilizar una concentración de 6.0 g, se registró un incremento en el diámetro ecuatorial del fruto, así como en el rendimiento y el peso fresco del mismo. Por otro lado, con 1.5 g, se notó un aumento en el pH del fruto hasta 5.3%.

Caballero (2023) presento en su investigación realizada en Perú en el cultivo de la sandía (*Citrullus lanatus*), la utilización de 5 aminoácidos de diferentes firmas comerciales, los tratamientos en estudio fueron, Albamin, Proamin, Fitoamin, Aminax, Purenerg; los dos últimos poseen ácido glutámico la dosis recomendada fue 0,4 y 0,5/l en 200 litros de agua, se aplicó en aspersión foliar a los 07, 15, 30, 45 días después del trasplante. La aplicación vía foliar del aminoácido Purenerg favoreció a la planta incrementar su rendimiento en 10%.

Pérez (2023) comprobó el efecto que produce la aplicación del ácido glutámico y la 6-bencilaminopurina sobre la bioestimulación de las yemas florales, la calidad del fruto y la actividad antioxidante del arándano. Los resultados fueron beneficiosos aumentaron los pigmentos fotosintéticos, los mecanismos de defensa antioxidantes y el número de botones florales, lo que podría resultar en un aumento en el rendimiento. En México fue realizado este estudio, el cual presenta que la aplicación de ambos bioestimulantes podría considerarse como una práctica prometedora para mejorar la producción, en cantidad y calidad de frutos de arándano.

Pesantes (2015) en el cultivo chontaduro (*Bactris gasipaes*) realizó un medio de cultivo para la maduración de pro-embriones, adicionando 1 g/L glutamina. El ensayo fue llevado a cabo en Pedro Vicente Maldonado, Ecuador. Se preparó el

medio de cultivo para cada repetición y se realizó la inducción de callo a partir de hojas jóvenes establecidas a condiciones *in vitro*. Se evaluó el crecimiento y se procedió al ciclo de desarrollo de embriones en el sistema de inmersión temporal. Como respuesta se encontró un alto crecimiento de callo, formación de estructuras globulares u ovoides y coloración transparente blanca o amarilla.

En Ecuador, se elaboró un medio de cultivo semisólido utilizando segmentos nodales de la variedad Biloxi con el fin de realizar su micropropagación *in vitro*. Este proceso se llevó a cabo mediante la organogénesis directa, con el objetivo de preservar la diversidad genética. Toapanta (2022) logró mejorar la calidad nutricional y la capacidad de adaptación de los cultivos a condiciones adversas, como temperaturas extremas, salinidad del suelo y sequías, que podrían afectar negativamente la obtención de productos de alta calidad.

Toapanta (2022) estableció segmentos nodales de arándano en el medio de cultivo WPM. En relación al factor influencia de la consistencia del medio se logró observar que no existieron diferencias estadísticas significativas entre los explantes establecidos en el medio semisólido (con Phytigel al 2%) y el medio sin agente gelificante (líquido). Con este resultado se constató que la procedencia del explante influye en el establecimiento *in vitro* de la variedad Biloxi siendo los explantes de invernadero y de condiciones controladas obtuvieron 100% en su establecimiento a diferencia de los explantes de origen *in vitro* que presentaron oxidación y bajo porcentaje de establecimiento.

En otro estudio realizado, Cayo (2021) en la provincia de Tungurahua, Ecuador, se seleccionó una planta madre con características de resistencia a patógenos y buena producción. Se recolectaron explantes de la parte inferior de la planta, que luego fueron llevados al laboratorio. Los resultados fueron variados, indicando que el material (*Vaccinium corymbosum* L.) es adecuado para este tipo de técnica *in vitro*. Se logró una correcta asepsia, con solo un 4% de contaminación. El tratamiento más efectivo para la multiplicación *in vitro* fue el



tratamiento 4, que utilizó el medio de cultivo Woody Plant Medium y Zeatina (WPM+Z), mostrando los mejores resultados en longitud de brote, número de brotes por explante y número de hojas por explante.

Potenciar el desarrollo y calidad de arándano proporcionará mayores ventajas. Por naturaleza, en Ecuador se puede producir arándanos todo el año porque hay poca variación climática; hay una mejor calidad del agua a comparación de otros países latinoamericanos; la radiación, por estar ubicados en la mitad del mundo, hacen que el sabor sea más dulce y que la planta crezca más rápido. Por ende, el producto presenta buen tamaño, firmeza y dulzura. La demanda de consumidores locales sigue creciendo (Vinueza, 2023).

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Origen

El arándano es una planta de origen ancestral. Sus primeras apariciones fueron en Europa, el norte de África, el Cáucaso y Asia septentrional. Norteamérica ostenta el papel predominante como principal productor mundial. Europa, por su parte, aporta aproximadamente un 4%, mientras que los demás continentes tienen una presencia insignificante en términos de producción (García, García, Ciordia, 2013).

En la actualidad, este frutal se encuentra entre los cultivos comerciales más recientemente sometidos a domesticación, y se dispone de una amplia variedad de cepas. Estas variantes son el producto de cruzamientos entre diversas especies dentro de este género, las cuales han sido adaptadas a diferentes condiciones ambientales (Carrillo, 2021).

2.2.2 Taxonomía

Reino: Vegetal

División: Pterophytas

Subdivisión: Angiosperma

Clase: Dicotiledónea

Subclase: Dilleniidae

Orden: Ericales

Familia: Ericaceae

Subfamilia: Vaccinioidea

Tribu: Vaccinieae

Género: *Vaccinium*

Especie: *Vaccinium corymbosum*

2.2.3 Descripción morfológica

Es una baya pequeña de color azul, debido a eso es conocida con el nombre común de arándano azul, mora azul o blueberry. Es una planta perenne con ramificación basitónica y madera leñosa. Al alcanzar la madurez, puede llegar a una altura de hasta tres metros. Sus hojas, que son alternas, presentan márgenes enteros o aserrados. Tienen una forma lanceolada u ovalada y exhiben un tono verde pálido (Mostacero, Rázuri, Gil, 2017).

Los arándanos tienen raíces superficiales y fibrosas que requieren humedad constante, y en condiciones naturales, establecen una relación simbiótica con hongos micorrícicos específicos. Entre las raíces y la parte aérea se encuentra la corona, capaz de emitir brotes. Las yemas vegetativas y fructíferas están distribuidas separadamente a lo largo de las ramas, a diferencia de otros frutales. Las hojas son ovadas a lanceoladas, caducas y adquieren tonalidades rojizas en otoño. Las flores, monoicas, se agrupan en racimos y tienen corola blanca o rosada. Los frutos son bayas casi esféricas, con diámetros de 0.7 a 1.5 cm y colores que varían de azul claro a negro, con una cubierta cerosa que les da un aspecto atractivo, similar al de las ciruelas (Rivadeneria, 2022).

La mayoría de las variedades de arándanos tienen hojas que caen en invierno y cambian de color de verde a amarillo, rojo o violeta, dependiendo de la variedad y de la cantidad de horas de frío acumuladas. En inviernos fríos, todas las hojas pueden caer. Sin embargo, en las nuevas variedades que requieren menos horas



de frío, las hojas pueden permanecer durante el invierno, lo que permite un manejo continuo y verde del cultivo.

2.2.4 Micropropagación *in vitro*

Es un conjunto de técnicas que implican la generación de múltiples ejemplares a partir de pequeñas porciones de tejido de una planta madre, resultando en plantas homogéneas producidas en grandes cantidades, libres de patógenos y disponible en cualquier estación del año. Esta metodología posibilita una tasa de reproducción superior a la de los métodos de cultivo convencionales (Ramos, 2012).

2.2.5 Medios de cultivo

Una vez definido el objetivo para la micropropagación *in vitro*, se elige el medio de cultivo de acuerdo a la planta.

Murashige y Skoog

Woody Plant Medium

Zeatina

2.2.6 Requisitos y propiedades físicas y químicas

Las condiciones del fruto deben de presentar un buen desarrollo y tamaño de fruto, libre de agentes patógenos y lesiones, libre de malos olores, estado de madurez apropiado que lo determina el color visible en el exterior del fruto (No se admiten coloraciones verdosas y consistencia firme, intactas/enteras, grado BRIX (7° Bx.), cera en la superficie (90%), vida útil de 35 días, exentas de cualquier daño.

En el medio donde se cultiva, se inicia la selección y preparación de los medios de cultivo, teniendo en cuenta los requerimientos nutricionales específicos de la especie. Estos medios se preparan previamente antes de la obtención y recolección de los tallos, se sellan con papel aluminio y se esterilizan en autoclave y libras de presión durante 20 minutos. Posteriormente, se almacenan en el refrigerador hasta el momento de la siembra. Luego se descontamina los

utensilios de laboratorio y los implementos de seguridad. Se gestiona el material vegetal recolectado en campo para su posterior siembra y se procede con la incubación de los segmentos inoculados (Bernal et al., 2020).

Los arándanos tienen un papel protector contra enfermedades cerebrovasculares y cardiovasculares debido a sus polifenoles, especialmente las antocianinas. Estos compuestos mejoran la salud cardiovascular al reducir la presión arterial, mejorar el metabolismo de los lípidos y proteger contra la formación de placas en las arterias. También reducen el estrés oxidativo y la inflamación en el endotelio, resisten el daño isquémico del corazón y disminuyen la rigidez arterial y la activación plaquetaria. Para obtener beneficios óptimos, se recomienda incorporar diariamente 20-30 g de arándanos liofilizados en polvo o 300-350 g de arándanos frescos (conteniendo aproximadamente 350 mg de antocianinas) en la dieta. Esta inclusión no solo protege contra enfermedades cardiovasculares, sino que también mejora la salud y prolonga la vida al reducir riesgos y complicaciones asociadas. Todos los datos del estudio están disponibles en el artículo publicado y pueden obtenerse del autor correspondiente mediante solicitud razonable (Onuh et al, 2023).

Los arándanos se destacan por sus beneficios para la salud. Se estudió el extracto crudo de *Vaccinium corymbosum* en modelos antiinflamatorios y antinociceptivos. El extracto, administrado en diferentes dosis, redujo significativamente el edema en pruebas con histamina y carragenina. Además, mostró una fuerte inhibición de la actividad de la MPO en el ensayo de mieloperoxidasa. Aunque no fue efectivo en el ensayo del tejido granulomatoso, sí demostró actividad en la prueba de constricción abdominal. En resumen, el extracto crudo de arándano podría ser beneficioso para tratar trastornos inflamatorios y dolorosos (Torri, 2007).

3. Materiales y métodos

3.1 Delimitación de la investigación

El proyecto presente se realizará en el área de laboratorio de Biotecnología. Vegetal Agroparis, ubicado en la ciudad de Guayaquil, Parroquia Pascuales, las coordenadas geográficas del laboratorio son las siguientes: Latitud 2°03'58.9" S y Longitud 79°55'02.2" W.



Figura 1. Ubicación del ensayo
Fuente: Google Earth
Arrobo, 2023

3.1.1 Espacio

Este experimento tendrá una duración de cuatro meses del 2024, desarrollados en el área de laboratorio junto a la recolección de datos y su análisis.

3.1.2 Tiempo:

Este experimento tendrá una duración de cuatro meses del 2024, desarrollados en el área de laboratorio junto a la recolección de datos y su análisis.

3.1.3 Población:

BIOBERRIES (2019) es un grupo empresarial perteneciente a la compañía BIOBERRIES GENETIC & NURSERY C.A., establecido en la provincia de Manabí. En la actualidad posee una plantación de 10 ha de arándano con los más altos estándares de calidad, y de última tecnología ubicada en la ciudad de Portoviejo.

EcuaBlue es una organización que trabaja en la reproducción de plántulas a partir de tejidos vegetales de arándano cultivados *in vitro*. Su objetivo es motivar a más agricultores se unan a esta especie. En vista de que su prioridad es abastecer el mercado local, al igual que crear puestos de trabajo, se verían beneficiados por experimentos exitosos que aumenten la producción o mejoren el desarrollo de este cultivo (EcuaBlue, 2020).

Agrocalidad (2022) indica que hay 50 ha dirigidas totalmente al cultivo de arándano ubicado en Loja. Debido a los ingresos obtenidos, existen aproximadamente 300 familias zapotillanas que ocupan un puesto laboral en la empresa Hortifrut.

En Ecuador existen varias empresas productoras de arándano, para las cuales los resultados de esta investigación podrían ser de interés. La Federación Ecuatoriana de Productores y Exportadores de Arándano (FEPEXA) es una organización que representa a los productores y exportadores de arándanos del Ecuador. Cuenta con más de 23 socios, tiene participación en el mercado internacional (FEPEXA, 2021).

Además de la formación de microempresas biotecnológicas, también existe la posibilidad de ganancias a través de comercialización de insumos agrícolas, empresas procesadoras de frutas, mermeladas, otros productos, y la cadena de distribución del mercado de arándano.

La agroindustria del arándano en Ecuador, liderada por FEPEXA, Agrocalidad y BIOBERRIES, destaca por su presencia internacional. En Loja, 50 hectáreas de



arándano bajo Hortifrut ofrecen empleo a 300 familias, mientras que BIOBERRIES en Manabí, con 10 hectáreas, mantiene altos estándares de calidad. EcuabBlue, centrada en la reproducción *in vitro*, busca aumentar la producción y empleo local.

3.2 Enfoque de la investigación

3.1.1 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicado de laboratorio. El nivel de conocimiento de la investigación es explicativo porque se pretende establecer las causas y consecuencias de lo que se requiere analizar durante el experimento.

3.1.2 Diseño de investigación

Se aplicará el Diseño Completamente al Azar (DCA) a esta investigación, se evaluará cuatro tratamientos que representarán las diferentes dosificaciones a aplicar, cada uno conformado por tres repeticiones y diez plantas cada repetición, dependiendo de las diferentes respuestas ante la aplicación de dosis, se podrá aplicar la prueba de medias dependiendo del resultado de las dosis aplicadas.

3.3 Metodología

3.3.1 Variables

Según el tipo de investigación, se incluyen las variables.

3.3.1.1 Variable independiente

Aplicación de diferentes dosis de L-glutamina.

3.3.1.2 Variable dependiente

Longitud de raíces por explante

Longitud de entrenudos por explante

Número de brotes por explante

Número de hojas por brote.

3.3.2 Hipótesis

El análisis de la influencia de L-glutamina en el desarrollo de los segmentos

nodales de *Vaccinium corymbosum* L., micropropagado *in vitro*, se observará un impacto positivo en el crecimiento de raíces y entrenudos. Se espera que la aplicación del aminoácido L-glutamina proporcione condiciones óptimas que favorezcan el desarrollo morfológico, promoviendo así un aumento significativo en la longitud y número de raíces, así como en la longitud de los entrenudos de las plántulas de arándano. Esta hipótesis se basa en la capacidad conocida de la L-glutamina para actuar como un promotor del crecimiento vegetal, y se espera que los resultados respalden la idea de que su aplicación puede mejorar el rendimiento y la calidad del cultivo de arándano.

3.3.3 Diseño experimental

Según la investigación, indicar el diseño experimental a implementar.

Tabla 1. Tratamiento de ensayo

No.	Tratamientos	Descripción	Dosis	Frecuencia de Aplicación (Días)
Testigo	L-Glutamina	Aminoácido	0 g L-Glu	0
1	L-Glutamina	Aminoácido	0.5 g L-Glu	0
2	L-Glutamina	Aminoácido	1 g L-Glu	0
3	L-Glutamina	Aminoácido	1.5 g L-Glu	0

Arrobo, 2023

Se utilizará un Diseño Completamente al Azar con cuatro tratamientos (T0, T1, T2, T3), realizando tres repeticiones por tratamiento, cada tratamiento tendrá 10 plantas. Para el análisis de los datos se realizará un análisis de varianza y luego se podrá determinar el método de medias a aplicar.

En esta investigación se tiene un diseño experimental de un solo factor con tres dosificaciones diferentes de un aminoácido, es posible utilizar análisis estadísticos descriptivos como inferenciales. Se puede aplicar un ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de las dosis y si las presenta, se realiza pruebas post hoc, como ejemplo puede ser la de Tukey, para identificar qué dosificaciones específicas muestran variabilidad entre sí.

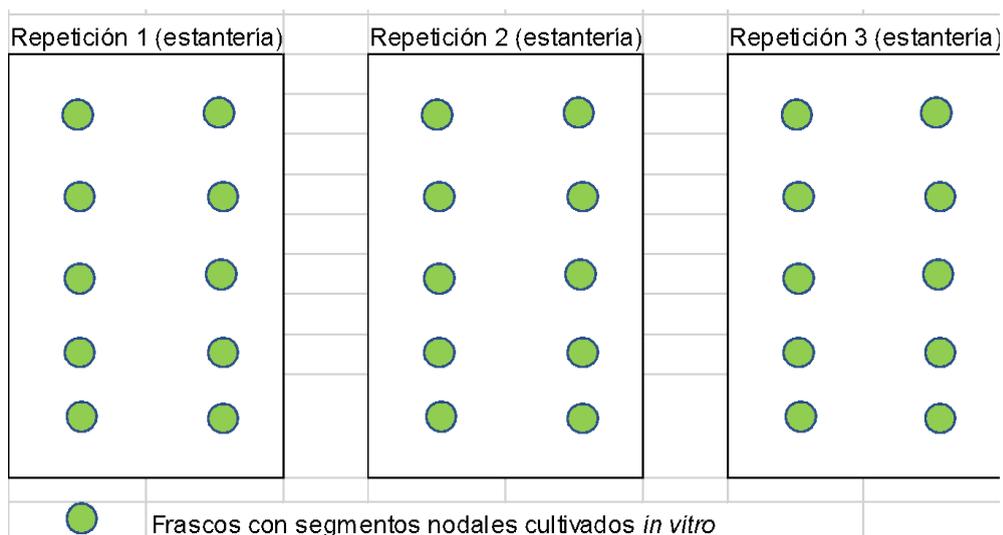


Figura 2. Diseño de estanterías en el laboratorio

Arrobo, 2024

3.3.4 Recursos

Plantas madre de arándanos (*Vaccinium corymbosum* L.) de la variedad Biloxi

Frascos Gerber

Papel Aluminio

Reactivos químicamente puros

Espátula

Vidriería Pyrex de variada volumetría

Pipeta

Vernier

Balanza Analítica

Destilador de agua

Autoclave

Estufa

pH neutro

Agitador Magnético

Refrigeradora

Estanterías o perchas con piso de vidrio

Aire acondicionado

Cámara de flujo laminar

Tabla 2. Presupuesto del ensayo

Material	Unidad	Cantidad	Costo unitario	Costo total
Obtención de explantes	u	10	\$ 1,50	\$ 15,00
Tubos de ensayos	u	5	\$ 18,00	\$ 90,00
Glutamina	g	250	\$ 150,00	\$ 150,00
Mano de obra	u	1	\$ 70,00	\$ 70,00
Medio de cultivo	L	-	-	\$ -
Transporte	-	24	\$ 5,00	\$ 120,00
Cuaderno	-	1	\$ 1,00	\$ 1,00
Lápices	u	8	\$ 0,15	\$ 1,20
Alquiler de laboratorio	-	1	\$ 300,00	\$ 300,00
Total de gastos				\$ 747,20

Arrobo, 2024

3.3.5 Métodos y técnicas

El método propuesto para esta investigación experimental, implica la realización de un ensayo de laboratorio. En este ensayo, se busca determinar la dosis óptima de L-glutamina en el medio de cultivo.

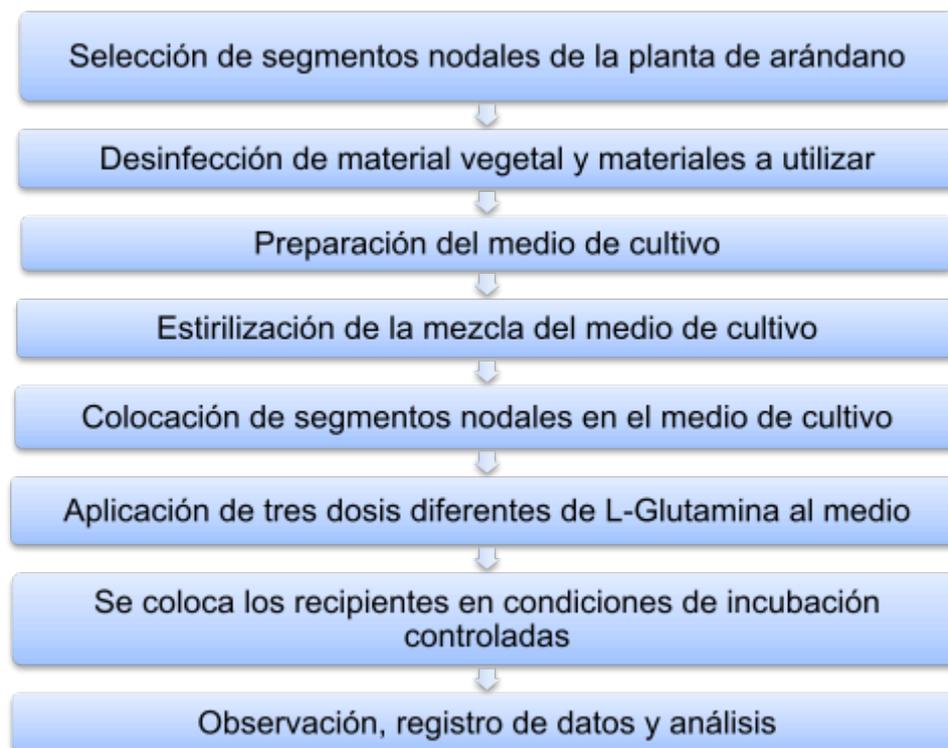
La técnica seleccionada es un experimento de laboratorio, donde se recopilará información sobre las variables relacionadas con la morfología de las plántulas de arándano.

Se tomará segmentos nodales provenientes del tallo de plantas de arándano, que luego se cultivarán en un medio preparado con concentraciones hormonales.

Se aplicarán tres dosis diferentes de L-Glutamina al medio de cultivo de treinta frascos que contendrán treinta segmentos nodales del arándano.

Se evaluará crecimiento de entrenudos y de las raíces que produzcan los segmentos mencionados, y se procederá a analizar los datos para la realización de tablas y gráficos. Como último paso, se presentará los rendimientos de las variables dependientes como consecuencia de la variable independiente.

3.3.5.1 Diagrama de flujo de las actividades experimentales a realizar durante su trabajo de titulación



3.3.6 Análisis estadístico

En esta investigación, como se tiene un diseño experimental de un solo factor con tres dosificaciones diferentes de un aminoácido, es posible utilizar análisis estadísticos descriptivos como inferenciales. Se puede aplicar un ANOVA para determinar si hay diferencias significativas entre las medias de las dosis y si las presenta, se realiza pruebas post hoc, como ejemplo puede ser la de Tukey, para identificar qué dosificaciones específicas muestran variabilidad entre sí.

4. Resultados

4.1 Dosis de L-Glutamina más efectiva para el desarrollo caulinar de los esquejes de arándanos.

Para el presente estudio se emplearon 3 dosis de L-Glutamina. El grupo A fue Testigo no se empleó L-Glutamina, al grupo B se le administró una dosis de 0.5 mg, el grupo C recibió una dosis de 1.0 mg y el grupo D tuvo una dosis de 1.5 mg.

Las mediciones se realizaron en centímetros (cm). En la tabla 1 se puede observar el primer grupo Testigo, el cual tuvo una media de 1.205, el Grupo 2 obtuvo una media de 1.456, el Grupo 3 de 1.272 y el Grupo 4 una media de 1.156. A su vez, el Grupo Testigo tuvo una varianza de 0.058, el Grupo 2 obtuvo una varianza de 0.012, el Grupo 3 de 0.028 y el Grupo 4 una varianza de 0.010.

Del mismo modo, el Grupo Testigo tuvo una desviación estándar de 0.242, el Grupo 2 obtuvo una desviación estándar de 0.110, el Grupo 3 de 0.169 y el Grupo 4 una desviación estándar de 0.103. Lo que nos indica que hay un grado bajo de dispersión de los datos con respecto a la media; por lo que podemos concluir que el Grupo número, que recibió una dosis de 0.5 mg de L-Glutamina fue el que en el primer mes obtuvo un mejor desarrollo en sus entrenudos.

Transcurrido un mes posterior al inicio de la investigación, se realizó la primera medición, obteniendo los siguientes resultados:

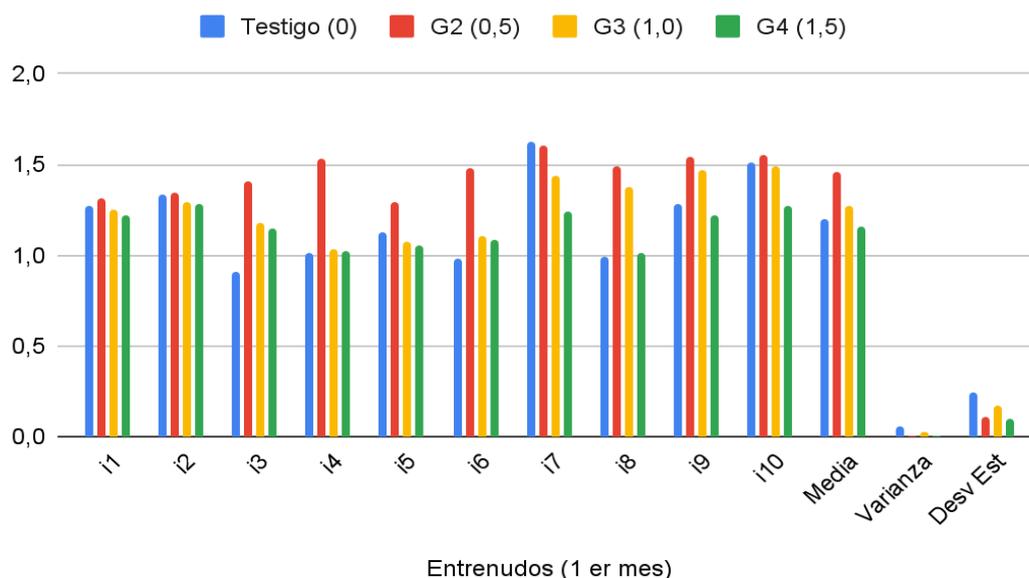


Figura 1. Medición de Entrenados 1er mes
Arrobo, 2024

Luego de 4 meses se realizó una nueva medición en donde se obtuvieron los resultados presentes en la tabla 2.

El primer grupo, grupo Testigo, tuvo una media de 3.92, el Grupo 2 obtuvo una media de 4.094, el Grupo 3 de 3.621 y el Grupo 4 una media de 3.397. A su vez, el Grupo Testigo tuvo una Varianza de 0.182, el Grupo 2 obtuvo una Varianza de 0.193, el Grupo 3 de 0.066 y el Grupo 4 una Varianza de 0.026. Del mismo modo, el Grupo Testigo tuvo una Desviación Estándar de 0.427, el Grupo 2 obtuvo una Desviación Estándar de 0.440, el Grupo 3 de 0.257 y el Grupo 4 una Desviación Estándar de 0.161. Lo que nos indica que hay un grado bajo de dispersión de los datos con respecto a la media; por lo que podemos concluir que el Grupo número, que recibió una dosis de 0.5 mg de L-Glutamina fue el que en el cuarto mes obtuvo un mejor desarrollo en sus entrenados.

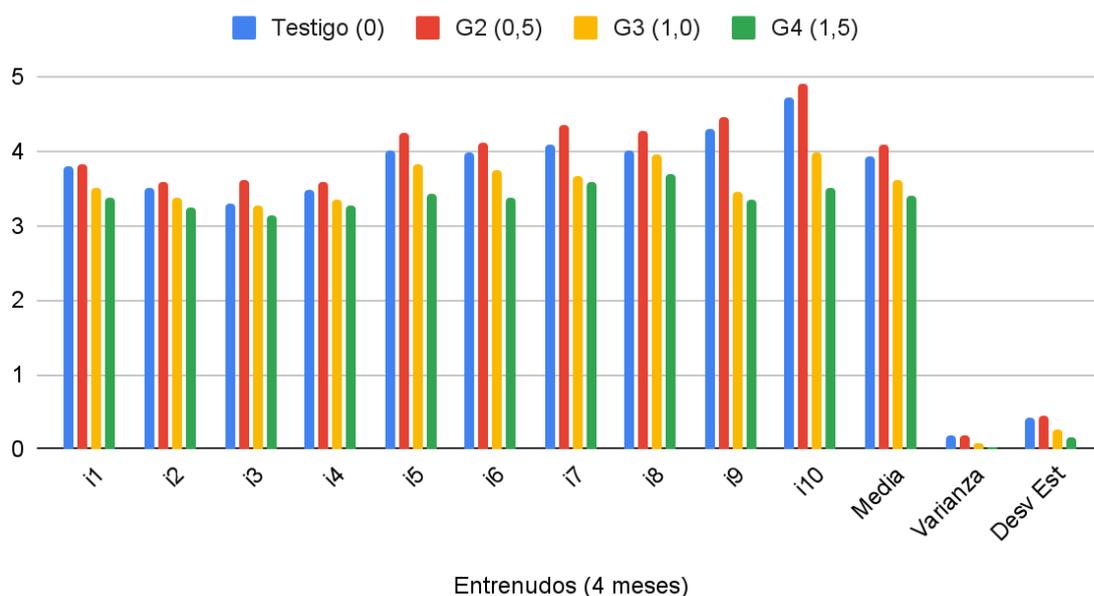


Figura 2. Mediciones Entrenados 4 meses
Arrobo, 2024

4.2 Dosis de L-Glutamina más efectiva para el desarrollo radicular de los esquejes de arándanos.

Para el presente estudio se emplearon 3 dosis de L-Glutamina. El grupo A fue Testigo no se empleó L-Glutamina, al grupo B se le administró una dosis de 0.5 mg, el grupo C recibió una dosis de 1.0 mg y el grupo D tuvo una dosis de 1.5 mg.

Transcurrido un mes posterior al inicio de la investigación, se realizó la primera medición, obteniendo los resultados presentes en la tabla 3.

Las mediciones se realizaron en centímetros (cm). El primer grupo Testigo, tuvo una media de 2.3, el Grupo 2 obtuvo una media de 3.5, el Grupo 3 de 2.3 y el Grupo 4 una media de 1.6. A su vez, el Grupo Testigo tuvo una Varianza de 0.233, el Grupo 2 obtuvo una Varianza de 0.277, el Grupo 3 de 0.233 y el Grupo 4 una Varianza de 0.266. Del mismo modo, el Grupo Testigo tuvo una Desviación Estándar de 0.483, el Grupo 2 obtuvo una Desviación Estándar de 0.527, el Grupo 3 de 0.483 y el Grupo 4 una Desviación Estándar de 0.516. Lo que nos indica que hay un grado bajo de dispersión de los datos con respecto a la media; por lo que podemos concluir que el Grupo número, que recibió una dosis de 0.5 mg de L-Glutamina fue el que en el primer mes obtuvo un mejor desarrollo en sus raíces.

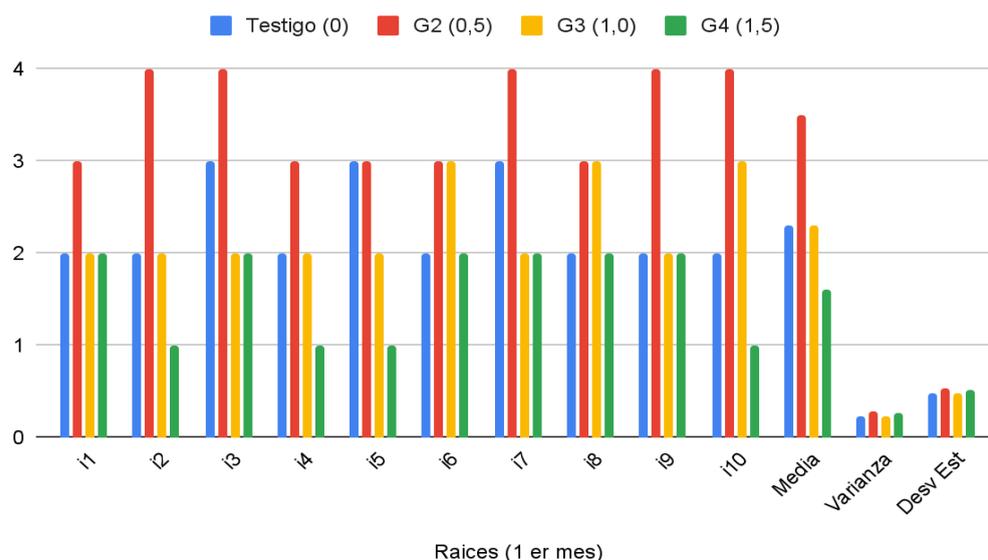


Figura 3. Medición Raíces 1er mes
Arrobo, 2024

Luego de 4 meses se realizó una nueva medición en donde se obtuvieron los resultados presentes en la tabla 4.

Las mediciones se realizaron en centímetros (cm). El primer grupo, grupo Testigo, tuvo una media de 2.3, el Grupo 2 obtuvo una media de 3.5, el Grupo 3 de 2.3 y el Grupo 4 una media de 1.6. A su vez, el Grupo Testigo tuvo una Varianza de 0.233, el Grupo 2 obtuvo una Varianza de 0.277, el Grupo 3 de 0.233 y el Grupo 4 una Varianza de 0.266. Del mismo modo, el Grupo Testigo tuvo una Desviación Estándar de 0.483, el Grupo 2 obtuvo una Desviación Estándar de 0.527, el Grupo 3 de 0.483 y el Grupo 4 una Desviación Estándar de 0.516. Lo que nos indica que hay un grado bajo de dispersión de los datos con respecto a la media; por lo que podemos concluir que el Grupo número, que recibió una dosis de 0.5 mg de L-Glutamina fue el que en el cuarto mes obtuvo un mejor desarrollo en sus raíces.

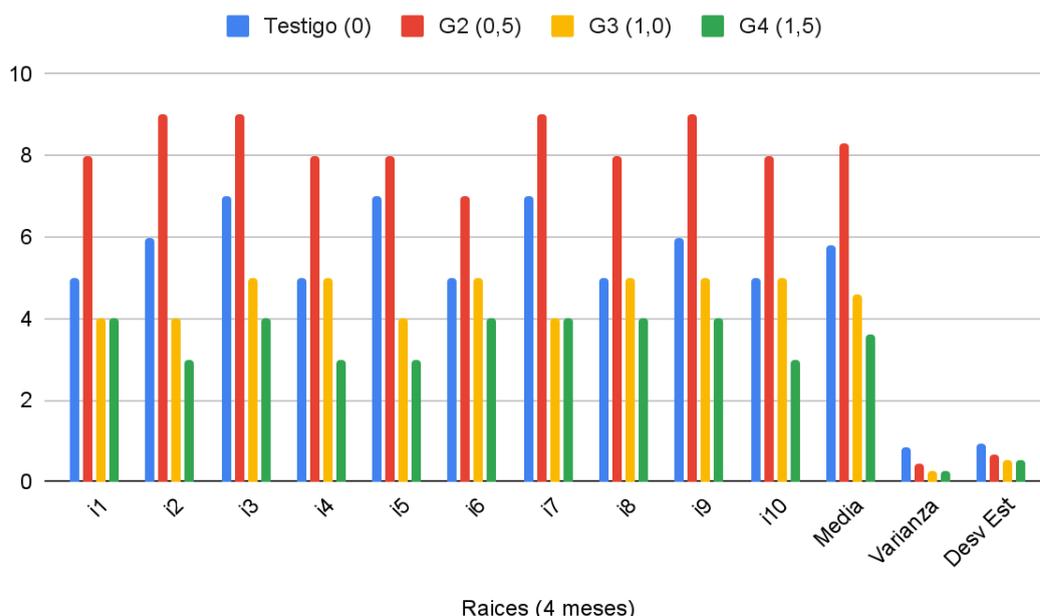


Figura 4. Medición Raíces 4 meses.
Arrobo, 2024

4.3 Calidad de las plantas *in vitro* después de la aplicación de L-Glutamina en el medio de cultivo.

De acuerdo a los resultados obtenidos en las Tablas 1, 2, 3 y 4, se concluyó que las plantas que recibieron la dosis de 0.5mg de L-Glutamina tuvieron un ligero crecimiento superior a la media.

Al realizar una comparativa de los resultados de los Entrenados del Grupo 1 versus los Entrenados del Grupo 2 al cuarto mes, obtuvimos los resultados presentes en la tabla 8.

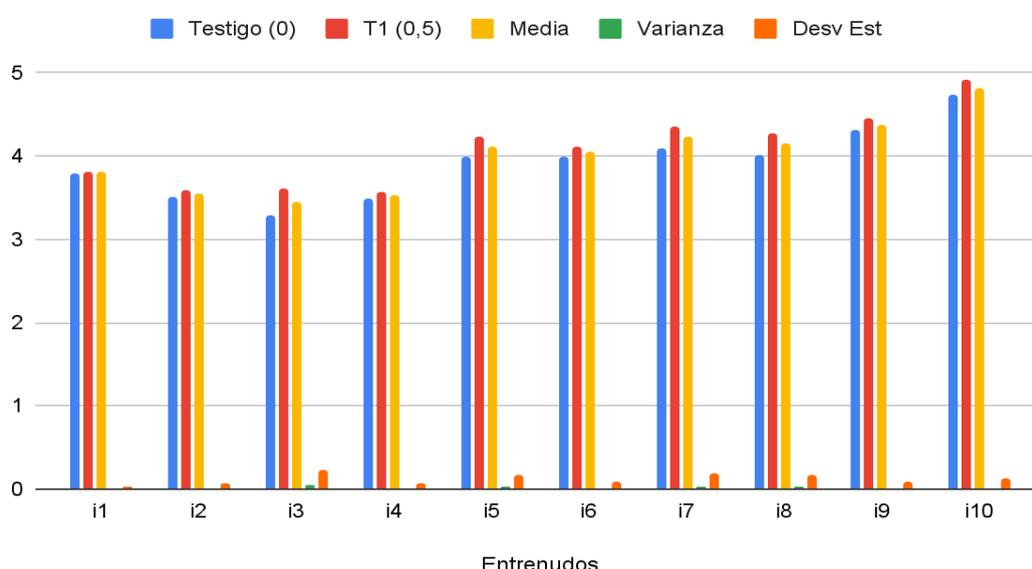


Figura 5. Entrenados G1 vs Entrenados G2
Arrobo, 2024

Al realizar una comparativa de los resultados de las Raíces del Grupo 1 versus las Raíces del Grupo 2 al cuarto mes, obtuvimos los resultados presentes en la tabla 9.

Por medio de la Tabla 9 podemos observar que existen ligeras diferencias significativas, en donde predomina una varianza de 0.0. A su vez, la desviación estándar nos indica que no hay una dispersión de datos significativa.

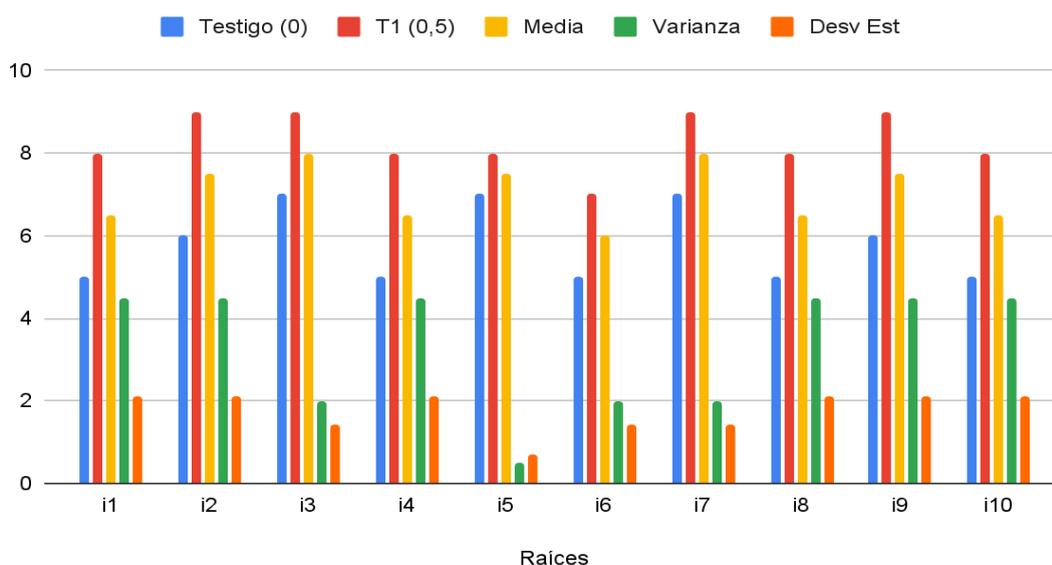


Figura 6. Raíces G1 vs Raíces G2
Arrobo, 2024

5. Discusión

En este estudio se evaluó la influencia de la L-glutamina en el desarrollo vegetativo del cultivo de arándanos micropropagados *in vitro*. Los resultados obtenidos indicaron que la aplicación de L-glutamina tiene un efecto significativo en diversas variables dependientes como la longitud de raíces, la longitud de entrenudos.

La adición de L-glutamina en el medio de cultivo mostró un incremento notable en la longitud de las raíces de los explantes. Este resultado coincide con lo reportado por Jiménez y Abdelnour (2018), quienes destacaron que los L-aminoácidos, como la L-glutamina, son fundamentales en el metabolismo vegetal y facilitan la absorción de nutrientes y el enraizamiento. Este efecto puede



atribuirse a la capacidad de la L-glutamina para actuar como un precursor en la síntesis de otros aminoácidos esenciales, lo cual es crucial para el crecimiento radicular (Neval, 2017).

En relación con la longitud de los entrenudos, los explantes tratados con L-glutamina mostraron un crecimiento más uniforme y vigoroso. Este hallazgo es consistente con lo observado por Reyes Arzate y Piña (2018), quienes señalaron que la L-glutamina no solo mejora la absorción de nitrógeno, sino que también juega un papel en la síntesis de compuestos necesarios para la elongación celular. Este proceso es vital para el desarrollo adecuado de los entrenudos, que son cruciales para la estructura y soporte de la planta.

El número de brotes por explante también se vio beneficiado por la adición de L-glutamina. Según Chicaiza (2021), la L-glutamina tiene un efecto promotor sobre la división celular, lo que resulta en un aumento en el número de brotes. Este resultado subraya la importancia de los aminoácidos en la propagación vegetativa y su potencial para mejorar la productividad de los cultivos mediante técnicas de micropropagación *in vitro*.

Finalmente, el número de hojas por brote incrementó con la aplicación de L-glutamina, lo cual está alineado con los estudios de Cepeda (2023), quienes destacaron que los aminoácidos son esenciales para la fotosíntesis y el crecimiento de las hojas. La L-glutamina, en particular, ayuda en la síntesis de clorofila y otros compuestos fotosintéticos, mejorando así la eficiencia fotosintética y el crecimiento foliar.

6. Conclusiones

Los resultados obtenidos en esta investigación sugieren que la L-glutamina es un suplemento válido en el medio de cultivo *in vitro* para el desarrollo vegetativo del arándano. Los efectos positivos observados en la longitud de raíces y longitud de entrenudos indican que la L-glutamina no solo mejora la absorción de nutrientes, sino que también potencia mínimamente varios procesos fisiológicos



cruciales para el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Al evaluar tanto el desarrollo caulinar como el radicular, se encontró que una dosis de 0.5 g/L de L-glutamina resultó ser la más efectiva. Los resultados sugieren que esta dosis optimiza la absorción de nutrientes y la síntesis de compuestos necesarios para el crecimiento caulinar, lo que coincide con estudios previos que destacan la importancia de la L-glutamina en la elongación celular y la división celular en plantas. La longitud de raíces por explante fue mayor en este tratamiento, lo que sugiere una mejora en la capacidad de absorción de nutrientes y agua, fundamentales para el crecimiento integral de la planta. Estos resultados apoyan la hipótesis de que la L-glutamina actúa como un potenciador del crecimiento tanto caulinar como radicular.

La comparación de la calidad de las plantas *in vitro* reveló que las plántulas tratadas con L-glutamina presentaron una mejor calidad general en comparación con las que no recibieron este tratamiento. Las plantas mostraron una mayor homogeneidad en su crecimiento, con entrenudos más largos, brotes más numerosos y un sistema radicular más robusto. Además, las hojas eran más numerosas y de un verde más intenso, indicando una mejor fotosíntesis y salud general de la planta. Estos hallazgos destacan la eficacia de la L-glutamina no solo en promover el crecimiento vegetativo, sino también en mejorar la calidad morfológica de las plantas, lo cual es crucial para su supervivencia y productividad en condiciones *ex vitro*.

7. Recomendaciones

Con base en los resultados obtenidos, se recomienda la inclusión de L-glutamina en el medio de cultivo *in vitro* para el desarrollo vegetativo del arándano, utilizando una dosis de 0.5 g/L. Esta concentración demostró ser efectiva en mejorar la longitud de entrenudos y el número de brotes, lo que sugiere que puede optimizar la absorción de nutrientes y la síntesis de compuestos necesarios para el crecimiento caulinar. Es aconsejable realizar estudios adicionales para determinar si esta dosis sigue siendo óptima en diferentes condiciones ambientales y con distintos genotipos de arándanos.

En la evaluación del desarrollo tanto caulinar como radicular, los resultados indicaron que una dosis de 0.5 g/L de L-glutamina también es la más efectiva para promover el crecimiento integral de los esquejes de arándanos. Esta dosis no solo favoreció la elongación de entrenudos y la formación de brotes, sino que también estimuló el crecimiento de las raíces, sugiriendo una mejora en la capacidad de absorción de nutrientes y agua. Se recomienda la realización de experimentos de campo para corroborar estos efectos en condiciones *ex vitro* y evaluar el impacto a largo plazo en la productividad del cultivo.

En cuanto a la calidad de las plantas *in vitro* después de la aplicación de L-glutamina, los resultados mostraron una mejora significativa en la homogeneidad y vigor de las plantas. Estas plantas presentaron entrenudos más largos, brotes más numerosos y un sistema radicular más robusto, con hojas más numerosas y de un verde más intenso, lo que indica una mejor fotosíntesis y salud general. Se sugiere implementar la L-glutamina en protocolos estándar de micropropagación para mejorar la calidad morfológica de las plantas y su posterior adaptación a condiciones *ex vitro*. Además, se recomienda investigar el efecto de la L-glutamina en combinación con otros suplementos de cultivo para identificar posibles sinergias que puedan potenciar aún más el desarrollo

vegetativo de los arándanos.

Por último, sería pertinente explorar nuevos problemas de investigación, como el impacto de la L-glutamina en otros cultivos de importancia económica, así como su interacción con diferentes tipos de estrés biótico y abiótico.

8. Referencias

- AGROCALIDAD. (23 de Diciembre de 2022). *Arándanos ecuatorianos ya conquistan el mercado de Estados Unidos*. Agrocalidad: <https://www.agrocalidad.gob.ec/arandanos-ecuatorianos-ya-conquistan-el-mercado-de-estados-unidos/#:~:text=El%20cultivo%20de%20este%20rubro,un%20total%20de%20161.500%20kg.>
- Armijos, H., & Gónzales, M. (2021). Estudio de la reproducción in vitro del (*Vaccinium corymbosum* L.) Variedad biloxy, arándano considerando distintos medios de cultivos para su. *Universidad de las Fuerzas Armadas*. Santo Domingo de los Tsáchilas: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25899/1/T-ESPESD-003133.pdf>. Santo Domingo de los Tsáchilas.
- Blueberries. (28 de Diciembre de 2021). *Jorge Retamales: El Tour Mundial del Arándano permitirá comprobar la alta diversidad de zonas de cultivo y prácticas de manejo*. <https://blueberriesconsulting.com/el-tour-mundial-del-arandano-permitira-comprobar-la-alta-diversidad-de-zonas-de-cultivo-y-practicas-de-manejo2/>
- Bryla, D., & Strik, B. (2015). Nutrient Requirements, Leaf Tissue Standards, and New Options for Fertigation of Northern Highbush Blueberry. *HortTechnology*, 25, 464-470. <https://doi.org/https://doi.org/10.21273/HORTTECH.25.4.464>
- Caballero, S. (2023). *Efecto de los aminoácidos en el rendimiento y calidad de sandía (Citrullus lanatus) CV. RIVER SIDE bajo condiciones de costa centra*. <https://repositorio.unjfsc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14067/7536/TESIS%20FINAL%20SALMA%20CABALLERO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Cañal, M., Rodríguez, R., Fernández, B., Sánchez, R., & Majada, J. (2001). Fisiología del cultivo in vitro. *Biotecnología vegetal*, 1, 3-9. <https://doi.org/file:///C:/Users/Vivi/Downloads/59-196-1-PB.pdf>
- Carrillo, M. (2021). Jorge Retamales: El Tour Mundial del Arándano permitirá comprobar la alta diversidad de zonas de cultivo y prácticas de manejo. *Blueberries Consulting*. <https://doi.org/https://blueberriesconsulting.com/el-tour-mundial-del-arandano-permitira-comprobar-la-alta-diversidad-de-zonas-de-cultivo-y-practicas-de-manejo2/>
- Castillo, E. (2022). Importancia de los aminoácidos en la agricultura bajo condiciones.

Universidad Técnica de Babahoyo. Babahoyo:

<http://dspace.utb.edu.ec/handle/49000/11367>.

Cayo, N., & Peralta, E. (2021). *PROPAGACIÓN IN VITRO DEL CULTIVO DE ARÁNDANO (Vaccinium corymbosum L) EN EL CANTÓN CEVALLOS PROVINCIA TUNGURAHUA.*

<http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7298/1/UTC-PIM-000309.pdf>

Cepeda, J. (2023). *Optimización del protocolo de micropropagación in Vitro de arándano (Vaccinium corymbosum L.) var. Biloxi a partir de segmentos nodales.*

<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/37876/1/BQ%20345.pdf>

Chen, L., Cai, Y., Liu, X., Yao, W., Guo, W., Sun, S., Wu, C., Jian, B., Han, T., & Hou, W. (5 de octubre de 2018). Improvement of Soybean Agrobacterium-Mediated Transformation Efficiency by Adding Glutamine and Asparagine into the Culture Media. *International Journal of Molecular Sciences*, 17. <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/ijms19103039>

Chicaiza, A. (2021). *Organogénesis directa en arándano (Vaccinium corymbosum L.).*

<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/f510a587-11fe-4810-a4b2-eb3b75ed5c48/content>

Colinas, M., Salgado, C., Sánchez, P., & Volke, V. (1 de Enero de 2018). *Respuesta agrónomica de arándano (Vaccinium corymbosum L.) al estrés osmótico.* Agrociencia:

<https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v52n2/2521-9766-agro-52-02-231.pdf>

Córdova, E., Caraguay, J., & Zamora, M. (2023). Los superfoods como una estrategia en el comercio sostenible de las exportadoras. *593 Digital Publisher CEIT*, 8(2588-0705), 627-638. <https://doi.org/https://doi.org/10.33386/593dp.2023.3-1.1788>

Coronel, V. (2023). *Análisis del comportamiento de la exportación del arándano ecuatoriano en el período 2018-2022 para determinar su potencial y viabilidad de acceso a nuevos mercados.* Universidad Politécnica Salesiana:

<http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/26239>

Cueva, L. (2024). Protocolo para la propagación in vitro de arándano. Loja: <https://dspace.unl.edu.ec/jspui/handle/123456789/28750>.

Dallos, M., Gonzáles, T., Campos, H., Guillot, G., & Cogua, J. (2009). *Cultivo de Tejidos Vegetales In Vitro.* <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/79882>

EcuabLue. (2020). *BERRIES DEL ECUADOR.* <https://ecuablue.farm/donde-sembramos.html>

- El Comercio. (2021). *El cultivo del arándano se abre campo en el país*. El Comercio:
<https://www.elcomercio.com/actualidad/ecuador/cultivo-arandano-se-abre-campo.html>
- elcomercio. (2022). *Arándanos ecuatorianos fueron exportados a Países Bajos*. elcomercio:
<https://www.elcomercio.com/actualidad/negocios/arandanos-ecuatorianos-exportados-paises-bajos.html>
- FAO. (2007). *SANIDAD VEGETAL*. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Pesca y Alimentos:
<https://faolex.fao.org/docs/pdf/arg71758.pdf>
- FAO. (2014). *Sustainable Food and Agriculture*. <https://www.fao.org/sustainability/en/>
- FEPEXA. (2021). *SOBRE NOSOTROS*. <https://www.fepexa.org.ec/quienes-somos.html>
- García, A., Cánovas, F., & Ávila, C. (2018). *Glutamato sintetasas de coníferas: estructura génica y estudios filogenéticos*.
<https://riuma.uma.es/xmlui/bitstream/handle/10630/15777/Garcia-Gutierrez%20et%20al.%20Metabolismo%20del%20Nitro%CC%81geno.pdf?sequence=3&isAllowed=y>
- Gordó, M. (20 de 10 de 2011). *Guía práctica para el cultivo de Arándanos en la zona norte de la provincia de Buenos*.
<http://lib.rus.uy/Gu%C3%ADa%20pr%C3%A1ctica%20para%20el%20cultivo%20de%20Ar%C3%A1ndanos.pdf>
- Guamán, J. (2021). *Establecimiento de segmentos nodales de Vaccinium corymbosum L. (Var. Emerald), en dos medios de cultivo mediante el manejo de factores del ecosistema in vitro*. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/36532>
- Guerrero, j. (2021). *Micropropagación de arándano azul (Vaccinium corymbosum L.): Revisión de literatura*.
<https://bdigital.zamorano.edu/server/api/core/bitstreams/616d642e-c74c-4d4b-903c-3f73314b46bc/content>
- HEROGRAS ESPECIALES. (2022). *Bioestimulantes: qué son y qué tipos hay*. HEROGRAS ESPECIALES: <https://herograespeciales.com/bioestimulantes-que-son-y-que-tipos-hay/>
- Hosni, A., & Reza, M. (2015). Effect of foliar application of amino acids on nitrogen use efficiency, grain yield and quality of barley. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)*(112), 76-86. <https://doi.org/10.22092/aj.2016.115264>
- Illescas, Y. (2023). *Arándanos, un reto para la Costa*. expreso:

<https://www.expreso.ec/actualidad/economia/arandanos-reto-costa-150264.html>

Jardín, P. (2015). Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation.

Scientia Horticulturae, 196, 3-14. <https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2015.09.021>

Jiménez , V., & Abdelnour, A. (2018). *Protocolo de micropropagación de arándano nativo de*

Costa Rica (Vaccinium consanguineum).

<https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v31n1/0379-3982-tem-31-01-144.pdf>

Landázur, P. (2015). *DESARROLLO DE UN SISTEMA DE INMERSIÓN TEMPORAL PARA LA*

MULTIPLICACIÓN MASIVA DE PLANTAS DE Bactris gasipaes.

<https://dspace.udla.edu.ec/bitstream/33000/4699/1/UDLA-EC-TIB-2015-05.pdf>

Lerma, S., García, D., Fandiño, W., & Díaz, W. (2019). *Propagación in vitro de arándano*

(Vaccinium corymbosum L.) a partir de yemas axilares. Sistemas de bibliotecas Portal

de revistas:

<https://revistas.sena.edu.co/index.php/Revsiembracba/article/view/3547/3992>

Lino, M., Souza, L., Serejo, S., Almeida, J., Garcia, D., Oliveira, S., & Ferreira, J. (2017).

Efecto de la glutamina sobre la inducción de embriogénesis somática a partir de inflorescencias.

<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/654265/1/document-6.pdf>

Losada, C. (2021). *Los arándanos: el nuevo producto con potencial de exportación de*

Colombia. Metroflor:

<https://www.metroflorcolombia.com/los-arandanos-el-nuevo-producto-con-potencial-de-exportacion-de-colombia/>

Meristec. (2021). *¿En qué consiste la micropropagación?* Meristec:

<https://meristec.es/meristec/en-que-consiste-la-micropropagacion/>

Ministerio de agricultura. (2022). *Ecuador entra a competir en el mercado internacional de*

arándanos.

<https://www.agricultura.gob.ec/ecuador-entra-a-competir-en-el-mercado-internacional-d-e-arandanos/>

Mostacero, J., Rázuri, T., & Gil, A. (2017). Fitogeografía y morfología de los *Vaccinium*

(Ericaceae) “arándanos nativos” del Perú. *INDES Revista de Investigación para el*

Desarrollo Sustentable, 3(1), 43-52. <https://doi.org/10.25127/indes.20153.133>

- Muñoz, P., Serri, H., Dolores, M., Faundez, M., & Palma, P. (2017). *EFFECTO DE DIFERENTES INTENSIDADES DE PODA SOBRE EL RENDIMIENTO Y CALIDAD DE FRUTA EN ARÁNDANO (Vaccinium corymbosum L.) cv. BRIGITTA*.
<https://www.scielo.cl/pdf/chjaasc/v33n3/0719-3890-chjaasc-00706.pdf>
- Navarrete, N., Pita, E., Sánchez, R., Giraldo, S., & Bernal, M. (2020). Actividad in vitro de los extractos etanólicos de Lantana camara L., Petiveria alliacea L. y Lippia dulcis T. frente a bacterias patógenas. *Nova*, 18(33), 53-71. <https://doi.org/10.22490/24629448.3700>
- Neval. (2017). *La importancia de los aminoácidos en la agricultura*.
<https://www.ne-val.com/la-importancia-de-los-aminoacidos-agricultura/>
- Onuh, J., Dawkins, N., & Aluko, R. (2023). Cardiovascular disease protective properties of blueberry polyphenols (*Vaccinium corymbosum*): a concise review. *Food Production, Processing and Nutrition*, 5(1), 27. <https://doi.org/10.1186/s43014-023-00139-y>
- Peña, Y. (2019). *PODA Y BIORREGULADORES EN LA BROTACIÓN, PRODUCCIÓN Y CALIDAD DE FRUTO DE ARÁNDANO 'BILOXI'*.
http://193.122.196.39:8080/xmlui/bitstream/handle/10521/4216/Pena_Rico_YA_MC_RGP_Fruticultura_2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=65
- Pérez, M., & Gonzales, J. (2023). *Efecto del ácido glutámico y la 6-bencilaminopurina sobre la bioestimulación de las yemas florales, la calidad del fruto y la actividad antioxidante del arándano*.
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC10301510/#sec5-plants-12-02363title>
- Pesantes, N. (2015). *Desarrollo de un sistema de inmersión temporal para la multiplicación masiva de plantas de Bactris gasipaes*. <http://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/4699>.
- PortalFruticola. (2021). *Ecuador fomenta el cultivo de arándano con miras a la exportación*.
PortalFruticola:
<https://www.portalfruticola.com/noticias/2021/12/02/ecuador-fomenta-el-cultivo-de-arandano-con-miras-a-la-exportacion/#:~:text=Las%20primeras%20siembras%20de%20ar%C3%A1ndanos,Elena%2C%20Manab%C3%AD%20y%20El%20Oro.>
- Ramírez, M. (2021). *Efecto del ácido glutámico en plantas de tomate (Solanum lycopersicum L.)*.
http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/LITER_CIIDIROAX/512

/Ram%c3%adrez%20Cruz%2c%20M.%20A.%20%282021%29.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ramos, J. (2012). *Avances de la micropropagación in vitro de plantas leñosas.*

<https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/2515/17127974.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Reyes, J., Arzate, A., & Piña, J. (2018). *Fuentes de sacarosa y nitrógeno orgánico influyen en la embriogénesis somática de Agave angustifolia.*

<https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v9n7/2007-0934-remexca-9-07-1508.pdf>

Rivadeneria, M. (2022). Cultivo del arándano. En *Cultivo, poscosecha, procesado y comercio de berries* (págs. 203-2021). <http://hdl.handle.net/20.500.12123/12070>.

https://repositorio.inta.gob.ar/bitstream/handle/20.500.12123/12070/INTA_CREntreRios_EEAConcordia_Rivadeneira_MF_Arandanos_Caracter%c3%adsticas_bot%c3%a1nicas_variedades.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Romainville, M. (2022). *Perú: El principal exportador de arándanos del mundo se enfrenta a retos de sostenibilidad.* Dialogo Chino:

<https://dialogochino.net/es/comercio-y-inversiones-es/60107-peru-el-principal-exportador-de-arandanos-del-mundo-se-enfrenta-a-retos-de-sostenibilidad/>

Ruzic, D., Vujovic, T., Libiakova, G., Cerovic, R., & Gajdosova, A. (2011). *Micropropagación in vitro de arándano de arbusto alto (Vaccinium corymbosum L.).*

<https://content.iospress.com/download/journal-of-berry-research/jbr030?id=journal-of-berry-research%2Fjbr030>

Senger, E., Osorio, S., Olbricht, K., Shaw, P., Denoyes, B., Davik, J., Predieri, S., Karhu, S., Raubach, S., Lippi, N., Hofer, M., Cockerton, H., Pradal, C., Kafkas, E., Litthauer, S.,

Amaya, I., Usadel, B., & Mezzeti, b. (2022). Towards smart and sustainable development of modern berry cultivars in Europe. *Plant Journal*, 111(5), 1238-1251.

<https://doi.org/10.1111/tpj.15876>

Serrano, S. (2023). *Ecuador busca impulsar la producción de arándanos.*

<https://www.tierraymarec.com/ecuador-busca-impulsar-la-produccion-de-arandanos/#:~:text=M%C3%A1s%20de%20%24%204.500%20millones%20movi%C3%B3,estimaciones%20del%20portal%20Blue%20Berries.>

- Tetsumura, T., Matsumoto, Y., Sato, M., Honsho, C., Yamashita, K., Komatsu, H., Sugimoto, Y., & Kunitake, H. (18 de Junio de 2008). *Evaluation of basal media for micropropagation of four highbush blueberry*.
https://www.researchgate.net/profile/Hisato-Kunitake/publication/42599494_buruberino_maikuropuropageshonniokerujibenpeidenozaijiantao/links/575389a808ae02ac127b198e/buruberinomaikuropuropageshonniokerujibenpeidenozaijiantao.pdf.
- Toapanta Caiza, M. (2022). *Establecimiento in vitro de plantas de arándanos variedad Biloxi (Vaccinium corymbosum L.) en el medio WPM*.
<https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/36064/1/Tesis-316%20%20Ingenier%C3%ADa%20Agron%C3%B3mica%20-%20Toapanta%20Caiza%20Marcia%20Viviana.pdf>
- Torri, E., Lemos, M., Caliari, V., Kassuya, C., Bastos, J., & Andrade, S. (2010). Anti-inflammatory and antinociceptive properties of blueberry extract (<i>Vaccinium corymbosum</i>. *Journal of Pharmacy and Pharmacology*, 59(4), 591-569.
<https://doi.org/10.1211/jpp.59.4.0015>
- Vinueza, D. (10 de Abril de 2023). *Arándano, un mercado naciente con grandes oportunidades*. Revista Líderes:
<https://www.revistalideres.ec/lideres/arandano-mercado-ecuador-oportunidades.html>
- Vivar, E. (2024). *Los arándanos de altura que coquetean con Asia, España e Israel*. Forbes:
<https://www.forbes.com.ec/negocios/los-arandanos-altura-coquetean-asia-espana-e-israel-n55296>
- Yang, H., Wei, Z., Duan, Z., Wu, W., Zhan, C., Wu, Y., Lyu, L., & Li, W. (2023). Transcriptomic and metabolomic investigation of the adaptation mechanisms of blueberries to nitrogen deficiency stress. *Scientia Horticulturae*, 321.
<https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2023.112376>
- Zapién, M., & Esteves, E. (Octubre de 2021). *Arándanos: gran potencial para exportación*. MAÍZ&SOYA: <https://www.maizsoya.com/lector.php?id=20200828>

9. Anexos

Tabla 1. Mediciones al primer mes

Entrenudos (4 meses)				
No.	G1 (Testigo)	G2 (0,5)	G3 (1,0)	G4 (1,5)
i1	3,79	3,82	3,51	3,37
i2	3,5	3,59	3,39	3,24
i3	3,29	3,61	3,27	3,15
i4	3,48	3,58	3,36	3,28
i5	4	4,24	3,82	3,42
i6	3,99	4,11	3,75	3,39
i7	4,09	4,36	3,68	3,58
i8	4,02	4,27	3,97	3,69
i9	4,31	4,45	3,47	3,34
i10	4,73	4,91	3,99	3,51
Media	3,92	4,094	3,621	3,397
Varianza	0,182466666 7	0,193715555 6	0,066387777 8	0,026223333 3
Desv Est	0,4271611718	0,440131293 5	0,2576582577	0,1619362014

Se muestran las mediciones de los entrenudos en el primer mes y su variación.
Arrobo, 2024

Tabla 2. Mediciones al 4to mes

Entrenudos (4 meses)				
No.	G1 (Testigo)	G2 (0,5)	G3 (1,0)	G4 (1,5)

i1	3,79	3,82	3,51	3,37
i2	3,5	3,59	3,39	3,24
i3	3,29	3,61	3,27	3,15
i4	3,48	3,58	3,36	3,28
i5	4	4,24	3,82	3,42
i6	3,99	4,11	3,75	3,39
i7	4,09	4,36	3,68	3,58
i8	4,02	4,27	3,97	3,69
i9	4,31	4,45	3,47	3,34
i10	4,73	4,91	3,99	3,51
Media	3,92	4,094	3,621	3,397
Varianza	0,182466666 7	0,193715555 6	0,066387777 8	0,026223333 3
Desv Est	0,4271611718	0,440131293 5	0,2576582577	0,1619362014

Se muestran las mediciones de los entrenados en el cuarto mes y su variación
Arrobo, 2024

Tabla 3. Mediciones al primer mes

Raíces (1 er mes)				
No.	Testigo (0)	G2 (0,5)	G3 (1,0)	T4 (1,5)
i1	2	3	2	2
i2	2	4	2	1
i3	3	4	2	2
i4	2	3	2	1
i5	3	3	2	1
i6	2	3	3	2
i7	3	4	2	2
i8	2	3	3	2
i9	2	4	2	2
i10	2	4	3	1
Media	2,3	3,5	2,3	1,6
Varianza	0,233333333 3	0,277777777 8	0,233333333 3	0,266666666 7
Desv Est	0,483045891 5	0,527046276 7	0,483045891 5	0,516397779 5

Se muestran las mediciones de las raíces en el primer mes y su variación.
Arrobo, 2024

Tabla 4. Mediciones al cuarto mes

Raíces (4 meses)				
No.	Testigo (0)	G2 (0,5)	G3 (1,0)	T4 (1,5)
i1	5	8	4	4
i2	6	9	4	3
i3	7	9	5	4
i4	5	8	5	3
i5	7	8	4	3
i6	5	7	5	4
i7	7	9	4	4
i8	5	8	5	4

i9	6	9	5	4
i10	5	8	5	3
Media	5,8	8,3	4,6	3,6
Varianza	0,8444444444	0,4555555556	0,2666666667	0,2666666667
Desv Est	0,9189365835	0,6749485577	0,5163977795	0,5163977795

Se muestran las mediciones de las raíces en el cuarto mes y su variación.
Arrobo, 2024

Tabla 5. Análisis Anova del Crecimiento de las Raíces al 4to mes

	Suma de cuadrados (SC)	Grados de Libertad (GL)	Media de los cuadrados	Razón F	Prob > F
SC (Factor)	2,2161	3	0,7387	0,9732435964	0,1
SC (Error)	27,3243	36	0,7590083333		
	29,5404	39			

ANOVA
Arrobo, 2024

Tabla 6. Crecimiento de las Raíces al 4to mes

H0 :	Toda la población crece de manera similar
H1 :	La población no crece de manera similar
	0.1 > 0.9732435964 Falso

Se rechaza la Hipótesis Nula
Arrobo, 2024

Tabla 7. Grados de libertad

	Grados de Libertad	Grados de Libertad Calculado	
SC (Factor):	k-1	4-1	3
SC (Error):	N-k	40-4	36
SC (Total):	N-1	40-1	39

T. Student
Arrobo, 2024

Tabla 8. Entrenudos G1 vs Entrenudos G2

No	Entrenudos (4 meses)				
	Testigo (0)	G1 (0,5)	Medi a	Varianza	Desv Est
i1	3,79	3,82	3,805	0,00045	0,02121320344
i2	3,5	3,59	3,545	0,00405	0,06363961031
i3	3,29	3,61	3,45	0,0512	0,22627417
i4	3,48	3,58	3,53	0,005	0,07071067812
i5	4	4,24	4,12	0,0288	0,1697056275
i6	3,99	4,11	4,05	0,0072	0,08485281374
i7	4,09	4,36	4,225	0,03645	0,1909188309
i8	4,02	4,27	4,145	0,03125	0,1767766953
i9	4,31	4,45	4,38	0,0098	0,09899494937
i10	4,73	4,91	4,82	0,0162	0,1272792206

Ligeras diferencias significativas, en donde predomina una varianza de 0.0. A su vez, la desviación estándar nos indica que no hay una dispersión de datos significativa. G1: grupo 1. G2: grupo 2.
Arrobo, 2024

Tabla 9. Raíces G1 vs Raíces G2.

Entrenados (4 meses)					
N	G1	Medi			
o	Testigo (0)	(0,5)	a	Varianza	Desv Est
i1	3,79	3,82	3,805	0,00045	0,02121320344
i2	3,5	3,59	3,545	0,00405	0,06363961031
i3	3,29	3,61	3,45	0,0512	0,22627417
i4	3,48	3,58	3,53	0,005	0,07071067812
i5	4	4,24	4,12	0,0288	0,1697056275
i6	3,99	4,11	4,05	0,0072	0,08485281374
i7	4,09	4,36	4,225	0,03645	0,1909188309
i8	4,02	4,27	4,145	0,03125	0,1767766953
i9	4,31	4,45	4,38	0,0098	0,09899494937
i10	4,73	4,91	4,82	0,0162	0,1272792206

Arrobo, 2024

