



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

PROYECTO DE TITULACIÓN

CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

**“Determinación del efecto de tres fitorreguladores para estimular el enraizamiento
en esquejes de *Eucalyptus spp*”**

Bermeo Vanegas, Darwin Daniel y Castillo Troya, Luis Ángel

Ing. For. Lenin Patricio Jiménez P. MSc.

Santo Domingo de los Tsáchilas 13 de marzo del 2024

Reporte de verificación de contenido



Tesis_Bermeo-Castillo este si 2.0 Final...

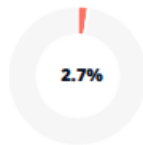
Scan details

Scan time:
March 13th, 2024 at 20:24 UTC

Total Pages:
69

Total Words:
17066

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
Identical	2.3%	401
Minor Changes	0.1%	24
Paraphrased	0.2%	42
Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
● Human text



Firmado electrónicamente por:
**LENIN PATRICIO
JIMENEZ POZO**

.....
Ing. For. Lenin Patricio Jiménez P. MSc.

C.C: 0400725347



**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA**

CERTIFICACIÓN

Certifico que el trabajo de integración curricular: “**Determinación del efecto de tres fitorreguladores para estimular el enraizamiento en esquejes de *Eucalyptus spp***” fue realizado por **Bermeo Vanegas, Darwin Daniel y Castillo Troya, Luis Ángel**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 13 de marzo del 2024

Firma



Firmado electrónicamente por:
**LENIN PATRICIO
JIMENEZ POZO**

.....
Ing. For. Lenin Patricio Jiménez P. MSc.

C.C: 0400725347



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Nosotros, **Bermeo Vanegas, Darwin Daniel y Castillo Troya Luis Ángel**, con cédulas de ciudadanía n° 2351086802 y 1725721854, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: “**Determinación del efecto de tres fitorreguladores para estimular el enraizamiento en esquejes de *Eucalyptus spp***” es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas

Santo Domingo de los Tsáchilas, 13 de marzo del 2024.

Firmas:

Bermeo Vanegas, Darwin Daniel

C.C.: 2351086802

Castillo Troya, Luis Ángel

C.C.: 1725721854



DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AGROPECUARIA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Nosotros **Bermeo Vanegas, Darwin Daniel y Castillo Troya Luis Angel**, con cédulas de ciudadanía n° 2351086802 y 1725721854, autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Determinación del efecto de tres fitorreguladores para estimular el enraizamiento en esquejes de *Eucalyptus spp*”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Santo Domingo de los Tsáchilas, 13 de marzo del 2024

Firmas:

.....
Bermeo Vanegas, Darwin Daniel

C.C: 2351086802

.....
Castillo Troya, Luis Angel

C.C: 1725721854

Dedicatoria

Me complace expresar mi profundo agradecimiento a Dios, dedicando este logro, así como todos mis éxitos, a mi amada familia.

Especialmente, deseo rendir homenaje a mi querida abuelita Lidia Ayala, cuya confianza y apoyo inquebrantables fueron fundamentales para culminar mi carrera académica.

Extendiendo mi gratitud y reconocimiento a Daniela Moreta y a su familia, quienes han sido figuras sumamente especiales e influyentes en mi vida durante estos últimos años, su apoyo incondicional, ha superado mis expectativas, desempeñando un papel crucial en la realización de las metas que ambos nos hemos planeado. Daniela, te agradezco sinceramente por escucharme, orientarme, aconsejarme y respaldarme en los momentos más críticos. Tu amor y admiración perduran en mi corazón eternamente.

En última instancia, mi agradecimiento se extiende a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE y a todos los docentes de la carrera, quienes no solo han sido mis educadores, sino también mis amigos y mentores. Su compromiso y sabiduría compartida durante mi formación académica han dejado una impronta duradera, siendo estos recuerdos fundamentales para mi desarrollo profesional.

Darwin D. Bermeo V.

Dedicatoria

Agradezco primeramente a Dios por darme las fuerzas y ganas de salir adelante y enseñarme que siempre hay una solución para cada problema. Dedico mi trabajo con todo mi corazón a mi madre MARÍA BERTHA TROYA ALVERCA, que en vida me enseñó a nunca rendirme, sus enseñanzas y bendiciones desde el cielo, siguen guiándome día a día. Este logro es en su honor, porque fue gracias a su amor y dedicación incondicional, a pesar de todas las dificultades que se presentaron en el camino, logré superarlas y cumplir la promesa que le hice.

Luis A. Castillo T.

Agradecimiento

Agradezco a mi familia, amigos, docentes y profesionales por su contribución a mi desarrollo académico. Reconozco la invaluable orientación del Dr. Santiago Ulloa, la Dra. Sungey Sánchez, los Ingenieros Edison Romero y Xavier Desiderio, así como el apoyo fundamental del Ingeniero Patricio Jiménez, mi tutor, cuya guía fue esencial para la realización de este trabajo.

Deseo expresar mi profundo agradecimiento a mi mejor amigo, Ing. Bruno Vaca, así como a mis queridos amigos Nohelia Moreira, Stephanya Castillo y Jhon Toala; también, quiero reconocer el valioso apoyo a la empresa NOVOPAN y el respaldo de mis compañeros tesisistas, que ha sido una constante fuente de inspiración y un ejemplo a seguir.

Un reconocimiento especial para mi compañero de tesis, Luis Ángel, cuyo apoyo fue constante no solo durante el proceso de elaboración del ensayo de campo, sino a lo largo de toda mi carrera.

Agradezco a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE por permitirme convertirme en profesional y al equipo docente por su contribución decisiva a la realización de este sueño académico.

Darwin D. Bermeo V.

Agradecimiento

Agradezco a todos los docentes que me guiaron durante toda mi carrera universitaria, por su arduo trabajo, ya que gracias a sus conocimientos y sus experiencias son de gran importancia, gracias a eso se han abierto muchas puertas y oportunidades laborales, agradezco a mi tutor de tesis Ing. Patricio Jiménez, quien me ha orientado mucho en la parte forestal, lo cual es un fundamento muy importante a nivel mundial, también agradezco a varios profesionales que me apoyaron en la realización de este ensayo, con sus consejos y experiencias.

Agradezco a la EMPRESA NOVOPAN. S.A. a mis compañeros de tesis, quienes estuvieron constantemente trabajando conmigo, apoyándome arduamente tanto en la parte académica como en Integración Curricular, espero siempre mantengan esa mística de compañerismo y sigan adelante y triunfen en la vida.

A la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, sede Santo Domingo, quien me abrió las puertas y me dio la oportunidad de seguir creciendo como persona y en mi formación profesional.

Luis A. Castillo T.

Índice de contenido

Dedicatoria.....	I
Agradecimiento.....	II
Resumen	1
Abstract.....	2
Introducción y estado del arte	3
Objetivos:.....	5
Objetivo General:.....	5
Objetivo Específicos:	5
Marco teórico/Marco Conceptual	6
Propagación forestal vegetativa	6
Qué condiciones climáticas afectan al enraizamiento	7
Cómo llevar a cabo un buen enraizamiento	7
Por qué se forman callos en las raíces de las plantas.....	7
Cómo puede afectar las condiciones climáticas en el enraizamiento de las plantas	8
Porque existe variedades de eucalipto que si son resistentes al cambio climático.....	9
Tiene algo que ver las fases lunares al momento de realizar esquejes en plantas de eucalipto	10
Cuál sería el mejor método de propagación de eucalipto.....	11
Cómo podemos determinar si un esqueje de eucalipto es bueno	12
Cómo podemos prevenir enfermedades en estacas	13
Cuáles son los efectos de calefacción que tiene el eucalipto	14

En qué tipo de suelo se puede sembrar el eucalipto	15
Qué tan profunda crece la raíz del eucalipto	15
Cómo podemos determinar la capacidad de enraizamiento de eucalipto.....	16
De qué manera se podría mejorar el cultivo de eucalipto.....	17
Macronutrientes	18
Papel del fósforo en el crecimiento radical.....	19
Papel del calcio en el crecimiento radical.....	20
Papel del Nitrógeno en el crecimiento radical	21
Papel del Potasio en el crecimiento radical.....	22
Micronutrientes	23
Hierro	23
Zinc	24
Manganeso.....	25
Boro.....	25
Magnesio.....	26
Cobre	27
Molibdeno.....	28
Otros componentes	29
Ácidos Húmicos.....	29
Ácidos Fúlvicos.....	30
Aminoácidos libres	31

Ácido Indol Butírico (AIB).....	32
Concentraciones de Auxina.....	33
Fitorreguladores Comerciales para el desarrollo radicular en estacas.	34
Turbo Root	34
Phyllum Max R	35
Vitalex	36
Metodología	37
Ubicación política.....	37
Ubicación geográfica	37
Parámetros climáticos.....	38
Materiales de Evaluación de Campo.....	39
Materiales de Evaluación en Campo.....	40
Materiales de Evaluación en Oficina	40
Diseño Experimental.....	41
Factores a Probar.....	41
Fitorreguladores a utilizar	41
Tipo de Diseño	41
Características de las Unidades Experimentales	42
Distribución Geográfica espacial del ensayo.....	42
Análisis de Varianza	43
Modelo Lineal	43

Coeficiente de Variación.....	43
Análisis Funcional.....	43
5.8. Análisis Económico.....	44
Variables por Evaluar	44
Longitud Radicular.....	44
Peso Radicular	44
Diámetro a la Altura del Cuello	45
Altura de la Planta	45
Porcentaje de Mortalidad.....	45
Resultados.....	46
Análisis de costos	54
Conclusiones	55
Recomendaciones	56
Referencias bibliográficas	57

Índice de tablas

Tabla 1 Función de los elementos nutricionales.	29
Tabla 2 Ubicación del sitio de investigación.....	37
Tabla 3 Parámetros climáticos, provincia Los Ríos, parroquia Patricia Pilar, sector Los Ángeles.....	38
Tabla 4 Recursos y materiales empleados en el proceso de propagación clonal a lo largo de la fase de vivero.....	39
Tabla 5 Recursos y herramientas empleados en la evaluación de las plantas producidas.....	40
Tabla 6 Materiales y softwares utilizados en el análisis de datos.....	40
Tabla 7 Descripción de los tratamientos a evaluar los Fitorreguladores comerciales en estacas de (<i>Eucalyptus urograndis</i>).	41
Tabla 8 Repeticiones para cada tratamiento, generando un conjunto total de 16 unidades experimentales. A continuación, se detallan las características de cada una de ellas.....	42
Tabla 9 Esquema del análisis de varianza.....	43
Tabla 10 Propiedades químicas de los fitorreguladores utilizados durante el ensayo.....	46
Tabla 11 Precios de los fitorreguladores aplicados a un día de producción por jornal.	54

Índice de figuras

Figura 1	Disponibilidad de nutrientes según el pH.....	28
Figura 2	Mapa de la ubicación geográfica del sitio donde se realizó la investigación.	37
Figura 3	Diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.....	42
Figura 4	Cantidad de plantas vivas desde el día de siembra hasta el día de trasplante	48
Figura 5	Longitud radicular desde el día cero hasta el día 66.....	49
Figura 6	Número de hojas por planta con relación a los días	50
Figura 7	Diámetro del tallo y su relación con el enraizamiento de esquejes desde el día 0 al día 66.....	51
Figura 8	Altura de la planta y su influencia en la producción de raíces.....	52

Resumen

La investigación se centró en el manejo de la propagación del eucalipto en la zona tropical, específicamente en la variedad Urograndis en la Provincia de Los Ríos. Se evaluó el efecto de tres fitorreguladores (AIB, Turbo Root, Phyllum Max R, Vitalex) en la etapa inicial de enraizamiento. El ensayo se llevó a cabo en el sector Los Ángeles, dentro de las instalaciones de Novopan S.A., con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones. La aplicación de los productos se realizó en un clon específico de Urograndis (La157) mediante dos vías: vía drench para T2-T4 y vía inmersión para T1-T3. La dosis utilizada fue de 5 cc por litro de agua. Se emplearon 1120 esquejes de 5 cm de longitud, con 3 hojas cada uno, recolectados de plantas madres coetáneas. Los parámetros medidos para cada tratamiento fueron altura de la planta, longitud radicular, diámetro del tallo, número de hojas y número de plantas vivas hasta el trasplante a campo. El tratamiento 2 (Turbo Root) destacó significativamente, siendo altamente efectivo en la etapa de enraizamiento inicial. Este fitorregulador, con una concentración importante de ácidos húmicos y micronutrientes, demostró una relación costo/beneficio rentable, siendo el único con este perfil en el estudio. Los resultados se analizaron mediante un test de Tukey con un 95% de confiabilidad, confirmando la eficacia del tratamiento 2 y sugiriendo su preferencia para mejorar el crecimiento radicular y la supervivencia en la fase de trasplante a campo.

Palabras claves: eucalipto, fitorreguladores, enraizamiento, urograndis, Turbo Root.

Abstract

The research focused on the management of eucalyptus propagation in the tropical zone, specifically on the Urograndis variety in the Province of Los Ríos. The effect of three phyto-regulators (AIB, Turbo Root, Phyllum Max R, Vitalex) in the initial rooting stage was evaluated. The trial was carried out in the Los Angeles sector, within the Novopan S.A. facilities, with four treatments and four replicates. The products were applied to a specific clone of Urograndis (La157) in two ways: via drench for T2-T4 and via immersion for T1-T3. The dose used was 5 cc per liter of water. A total of 1120 cuttings of 5 cm in length, with 3 leaves each, collected from coeval mother plants, were used. The parameters measured for each treatment were plant height, root length, stem diameter, number of leaves and number of plants alive until transplanting to the field. Treatment 2 (Turbo Root) stood out significantly, being highly effective in the initial rooting stage. This phyto-regulator, with a significant concentration of humic acids and micronutrients, demonstrated a cost/benefit ratio, being the only one with this profile in the study. The results were analyzed using a Tukey test with 95% reliability, confirming the efficacy of treatment 2 and suggesting its preference for improving root growth and survival in the field transplanting stage.

Keywords: eucalyptus, phyto-regulators, rooting, urograndis, Turbo Root.

Introducción y estado del arte

La reproducción asexual en el ámbito forestal es una de las técnicas más utilizadas a nivel nacional, debido al corto tiempo de producción, esta técnica no resulta efectiva al 100%, para ello se propone el siguiente trabajo con el fin de disminuir a tasa de mortalidad. La falta de un protocolo estandarizado y eficiente para mejorar el enraizamiento de *Eucalyptus urograndis* representa una problemática significativa en la industria forestal, ya que impacta directamente en la calidad y cantidad de plántulas disponibles para la reforestación y otros fines. La Universidad de la Fuerzas Armadas – ESPE, Carrera de Ingeniería Agropecuaria de Santo Domingo, es consciente que en la actualidad los cultivo forestales son uno de los recursos que mayores ingresos de divisas ha generado en el país, lo que amerita para lograr mayores producciones realizar investigación, experimentación y transferencia de tecnología en cultivos forestales con especies de interés económico y ecológico, como es el Eucalipto, este estudio se enfocaría en investigar la eficacia de diferentes fitorreguladores y hormonas de enraizamiento en el proceso de propagación de *Eucalyptus urograndis* a través de esquejes (Lopez, 2005).

Estado del arte

Según Mesén (1998), el ácido indol butírico (AIB) se configura como una auxina de síntesis que comparte similitudes químicas con el ácido indol-acético (AIA). Además, se ha constatado que, en la mayoría de las especies, el AIB exhibe una eficacia superior en comparación con otras auxinas, consolidándose como la sustancia más ampliamente empleada para fomentar el enraizamiento (Mesén et al., 2005). Mesén et al. (2005) mencionan que las auxinas pueden administrarse mediante diversos procedimientos; no obstante, los métodos preponderantes comprenden la aplicación en forma de polvo amalgamado con talco neutro, la inmersión rápida en soluciones concentradas, el remojo en soluciones acuosas diluidas y, de manera exclusiva para propósitos experimentales, como fue el caso de Muños (2018), que utilizó esta hormona (AIB) para el enraizamiento de esquejes en *Eucalyptus urograndis* en la

investigación "Evaluación de la eficiencia del ácido indolbutírico (AIB) en el enraizamiento de mini estacas de *Eucalyptus urophylla* x *grandis* (*Eucalipto urograndis*), cantón Buena Fe, provincia Los Ríos".

La investigación identificó la L.A-10, con el T4, obteniendo un porcentaje de supervivencia del 100%; sin embargo, también se observó un alto porcentaje de mortalidad en los cultivos de E-71J:T1 y E-71J:T2. A diferencia de esta nueva investigación, se utilizaron tres fitorreguladores del mercado, lo que podría modificar el uso de este tipo de hormonas. La variedad evaluada presentó callos con el tiempo, los cuales no enraízan. Esta situación es común en estas prácticas debido a que no todas las especies tienen la misma dosificación y no se desarrollan como deberían. En este caso, uno de los fitorreguladores utilizados, a diferencia de la hormona AIB, mostró una alta tasa de supervivencia, superando el 89,64% de las muestras evaluadas, en comparación con la hormona AIB, que tuvo una supervivencia del 61,43% y no presentó un buen desarrollo radicular, esto se debe a que los macro y micro nutrientes que posee el Turbo Root, ayudaron a que este tuviera un mejor desarrollo radicular en menos tiempo a comparación de otras investigaciones que tuvieron resultados desde el día 17, como fue el caso de Muños (2018) que la aplicación del del ácido indolbutírico (AIB) por lo que recomienda aplicar 500 ppm de AIB para la propagación vegetativo, lo cual no fue el caso del *Eucalyptus urograndis* del clon La 150 que este al tener una dosificación un poco alta en vez de presentar crecimiento radicular, este comenzaron a brotar callos radiculares lo cual impedía su crecimiento óptimo de los esquejes a diferencia del fitorregulador llamado, Turbo Root, que evidenció el crecimiento de pelos radiculares en los primeros 7 días, lo cual fue un buen inicio para el desarrollo radicular. Otros productos como Phyllum Max R y Vitalex también mostraron un buen desarrollo radicular sin problemas de callos con el tiempo.

Objetivos:**Objetivo General:**

Evaluar el efecto de cuatro fitorreguladores para estimular el enraizamiento en esquejes de *Eucalyptus spp*

Objetivo Específicos:

Evaluar de manera sistemática la eficacia de las dosis y métodos de aplicación de fitorreguladores en esquejes, empleando las pautas recomendadas por las casas comerciales, con el fin de optimizar el proceso de enraizamiento en esquejes de *Eucalyptus urograndis*.

Establecer condiciones de enraizamiento en ambientes de propagación vegetativa que proporcionen condiciones óptimas para asegurar un desarrollo óptimo de los esquejes de *Eucalyptus urograndis*.

Establecer la relación costo/beneficio de los enraizadores y su efectividad sobre el clon aplicado.

Marco teórico/Marco Conceptual

Propagación forestal

En las primeras etapas de la civilización humana, existía la necesidad de madera. A medida que crecía la población humana, también crecía la necesidad de madera como combustible y para la construcción; Sin embargo, los bosques naturales “Durante mucho tiempo nos suministraron la madera necesaria para tales fines”. En diferentes bosques primarios, por lo que hay que buscar nuevas alternativas, la silvicultura clonal es el uso masivo de genotipos superiores, a través de plantas obtenidas mediante enraizamiento de esquejes (esquejes, esquejes) o de plantas obtenidas mediante técnicas de “*cultivo in vitro*”, por ejemplo, medios de cultivo de órganos o callos o utilizando plantas derivadas de embrión encapsulado.

El punto de partida es la selección masiva del fenotipo, que sirve para la evaluación del genotipo, lo que lleva a la necesidad de realizar en productos de edad avanzada que hayan alcanzado al menos la mitad de artículos que contienen propágulos. Este fenómeno se llama envejecimiento implica la ausencia o, en su caso, presencia muy reducida (generalmente inhibidas por los tejidos circundantes) células con la capacidad (Gutierrez & Chung, 2007).

La silvicultura clonal es el uso masivo de genotipos destacados a través de plantas obtenidas mediante enraizamiento de esquejes (esquejes, esquejes) o de plantas obtenidas mediante métodos de "cultivo in vitro" para medio de cultivo para órganos o callos o utilizando plantas obtenidas de embriones encapsulados. El punto de partida es la selección masiva del fenotipo, que sirve para la evaluación del genotipo, lo que lleva a la necesidad de realizar en productos de edad avanzada que hayan alcanzado al menos la mitad su rotación. Aquí surgen algunas desventajas debido al estado de madurez.

Artículos que contienen propágulos. Este fenómeno se llama envejecimiento implica la ausencia o, en su caso, presencia muy reducida (generalmente inhibidas por los tejidos circundantes) células con la capacidad organogénica. La forestación clonal aplicada a algunas

especies reducirá áreas forestales asignadas para la producción o, si es necesario, aumentar producción destacando la misma superficie dependiendo del beneficio genético lograda. Incluso se predijo que desaparecería. jardines de semillas en su concepto actual, que serán reemplazados "jardines utilizados para mejoramiento genético" más pequeños en los que cada clon los seleccionados estarán representados sólo por dos o tres ramas (Gutierrez & Chung, 2007).

Qué condiciones climáticas afectan al enraizamiento

La clave para la producción clonal es lograr un alto porcentaje de raíces de plantas. Esto depende en gran medida de la especie con la que esté trabajando, así como del manejo y control de las condiciones en la cámara de raíces, los factores ambientales que influyen en el enraizamiento de esquejes incluyen la temperatura del sustrato esto afirma que el uso de cámaras de raíces calentadas puede mejorar la rizo génesis, es por eso que las cámaras de raíces generalmente se ubican debajo de los invernaderos, ya que alcanzan una temperatura más alta que el ambiente exterior creando un efecto invernadero la necesidad de calentar las cámaras de las raíces es más evidente, sin embargo, no está claro cuándo encender el calentador provocaría un aumento significativo en el crecimiento de las raíces (Santos, 2017).

Cómo llevar a cabo un buen enraizamiento

Se afirma que la reducción de la luz natural a un 40% y la irrigación dentro del propagador que mantenga una humedad relativa entre 90 y 100% esto constituye una condición ideal para el enraizamiento de estacas de eucalipto (Quintanilla, 2009).

Por qué se forman callos en las raíces de las plantas

Los callos en las raíces de las plantas son el resultado de la respuesta de la planta a un daño o estrés físico. Cuando las raíces de una planta experimentan fricción, compresión o algún otro tipo de daño, pueden desarrollar tejido cicatricial en forma de callo para protegerse y reparar el área afectada. Estos callos ayudan a sellar heridas y fortalecer la estructura de la raíz,

permitiendo que la planta continúe absorbiendo agua y nutrientes del suelo. Además, los callos pueden formarse en respuesta a la presencia de patógenos o condiciones ambientales adversas, como suelos compactados o exceso de humedad. En general, los callos son una respuesta natural de las plantas para protegerse y adaptarse a su entorno (Lallana, 2023).

Cómo puede afectar las condiciones climáticas en el enraizamiento de las plantas

Las condiciones climáticas pueden afectar el enraizamiento de las plantas de varias formas:

Las temperaturas extremas, ya sea frías o calientes, pueden tener un impacto negativo en el proceso de enraizamiento. Las condiciones óptimas para el enraizamiento varían dependiendo de la especie de planta, pero en general, temperaturas moderadas favorecen un enraizamiento más rápido y saludable.

La humedad del suelo desempeña un papel crucial en el proceso de enraizamiento. La escasez de agua puede dificultar que las raíces absorban la humedad necesaria para crecer adecuadamente, mientras que un exceso de humedad puede ocasionar la pudrición de las raíces. Es fundamental mantener un equilibrio adecuado de humedad en el suelo para lograr un enraizamiento exitoso.

Además, tanto la cantidad como la calidad de la luz solar pueden influir significativamente en el proceso de enraizamiento. La luz solar proporciona la energía necesaria para que las plantas realicen la fotosíntesis y produzcan los carbohidratos necesarios para el crecimiento de las raíces. Sin embargo, demasiada luz solar directa puede aumentar la pérdida de agua a través de la transpiración y provocar estrés en las plantas, lo que puede afectar negativamente el enraizamiento.

Viento: El viento puede provocar una mayor transpiración en las plantas, lo que puede resultar en una pérdida excesiva de agua y estrés hídrico. Además, el viento fuerte puede dañar las raíces en desarrollo, dificultando su crecimiento y enraizamiento.

Precipitación y drenaje: Las lluvias intensas pueden compactar el suelo y dificultar el desarrollo de las raíces, así como también pueden causar encharcamientos que llevan a la asfixia de las raíces por falta de oxígeno. Por otro lado, la falta de precipitación puede resultar en sequedad del suelo, lo que dificulta que las raíces absorban agua y nutrientes.

En resumen, las condiciones climáticas pueden afectar significativamente el proceso de enraizamiento de las plantas al influir en la disponibilidad de agua, temperatura, luz y otros factores ambientales clave para el crecimiento de las raíces. Principio del formulario (Orozco, Ayala, & Aramendiz, 2012).

Porque existe variedades de eucalipto que si son resistentes al cambio climático

Las variedades de eucalipto que muestran resistencia al cambio climático han sido seleccionadas a través de procesos de mejoramiento genético y selección natural. Estas variedades pueden mostrar características que les permiten adaptarse y tolerar mejores condiciones climáticas adversas, como sequías, temperaturas extremas o suelos pobres. Algunos factores que contribuyen a la resistencia al cambio climático en las variedades de eucalipto incluyen:

Tolerancia a la sequía: Algunas variedades de eucalipto han desarrollado mecanismos para conservar agua en períodos de sequía, como raíces más profundas que pueden acceder a fuentes de agua subterránea o sistemas de raíces más eficientes en la absorción de agua.

Resistencia a enfermedades y plagas: Algunas variedades de eucalipto han sido seleccionadas por su resistencia natural a enfermedades y plagas que pueden aumentar durante períodos de estrés climático.

Adaptabilidad a suelos pobres: Algunas variedades de eucalipto pueden crecer en suelos con poca fertilidad o pobres en nutrientes, lo que les permite sobrevivir en áreas donde otros árboles no podrían prosperar debido a las condiciones del suelo.

Flexibilidad en el crecimiento: Algunas variedades de eucalipto pueden tener tasas de crecimiento más rápidas o una capacidad de regeneración más fuerte, lo que les permite recuperarse más rápidamente de eventos climáticos extremos, como incendios forestales.

Mayor eficiencia en el uso del agua y los nutrientes: Algunas variedades de eucalipto pueden tener adaptaciones fisiológicas que les permiten utilizar de manera más eficiente el agua y los nutrientes disponibles en el suelo, lo que les confiere una ventaja competitiva en condiciones climáticas cambiantes.

En resumen, las variedades de eucalipto que son resistentes al cambio climático han evolucionado o han sido seleccionadas por sus características genéticas que les permiten adaptarse y sobrevivir en condiciones climáticas adversas. Estas variedades son importantes para la silvicultura sostenible y la conservación de los bosques en un mundo en constante cambio climático (Velasquez & GAibor, 2011).

Tiene algo que ver las fases lunares al momento de realizar esquejes en plantas de eucalipto

Hay algunas teorías y prácticas populares que sugieren que las fases lunares pueden influir en el éxito de ciertas actividades de jardinería, como la siembra, la poda y la propagación de plantas. En cuanto a la propagación de plantas mediante esquejes, algunas personas creen que las fases lunares pueden influir en el enraizamiento de los esquejes.

Según esta creencia, se dice que las fases de la luna, especialmente la fase creciente, son más propicias para el enraizamiento de esquejes. Se argumenta que, durante la fase creciente de la luna, la energía de la planta se dirige hacia las raíces, lo que favorece un enraizamiento más rápido y exitoso.

Sin embargo, la evidencia científica sobre la influencia de las fases lunares en el enraizamiento de esquejes es limitada y en su mayoría anecdótica. La mayoría de los estudios

científicos sobre propagación de plantas se centran en factores como la temperatura, la humedad, el sustrato y las hormonas de enraizamiento, en lugar de las fases lunares.

En resumen, mientras que algunas personas pueden optar por seguir las fases lunares al realizar esquejes de plantas de eucalipto u otras especies, no hay evidencia científica sólida que respalde esta práctica. Lo más importante sigue siendo proporcionar las condiciones óptimas de temperatura, humedad, luz y sustrato para favorecer el enraizamiento de los esquejes, independientemente de la fase lunar (Tardío & Manuel, 2022).

Cuál sería el mejor método de propagación de eucalipto

El método más comúnmente utilizado para la propagación de eucaliptos es a través de esquejes. Sin embargo, dependiendo de las circunstancias y los recursos disponibles, otros métodos también pueden ser efectivos. Aquí te presento algunos de los métodos de propagación de eucalipto:

Propagación por esquejes: Este es el método más utilizado para propagar eucaliptos. Implica cortar un trozo de un brote joven y sano de una planta madre y plantarlo en un sustrato adecuado para enraizar. Los esquejes se pueden tomar de brotes tiernos o de ramas semileñosas. Es importante utilizar hormonas de enraizamiento para aumentar las posibilidades de éxito. Los esquejes pueden enraizar en sustratos como arena, perlita, vermiculita o una mezcla de turba y perlita.

Producción en base a semillas: Algunas variedades de eucalipto tienen la capacidad de reproducirse a partir de semillas. Sin embargo, este método puede resultar más lento y menos predecible que la reproducción por esquejes, ya que las semillas pueden tener una baja tasa de germinación y las nuevas plantas pueden presentar variaciones en sus características genéticas. Por lo general, las semillas de eucalipto requieren un proceso de estratificación para romper su período de dormancia antes de ser sembradas en un sustrato adecuado.

Reproducción por injertos: Este procedimiento implica unir un brote proveniente de una variedad deseada (llamada "injerto") a un portainjerto compatible con la planta de eucalipto. Comúnmente, el injerto se realiza en plántulas jóvenes de eucalipto. Esta técnica puede resultar beneficiosa para propagar variedades seleccionadas específicamente por ciertas características deseables, como resistencia a enfermedades o crecimiento acelerado.

Propagación por acodo: En este procedimiento, se flexiona y se entierra parcialmente en el suelo una rama inferior de la planta madre, asegurándola con estacas. Con el tiempo las ramas comenzarán a germinar sus raíces propias.

La selección del método más adecuado para la propagación dependerá de diversos aspectos, como la disponibilidad de material vegetal, los recursos disponibles, la velocidad de propagación deseada y las características genéticas específicas de la planta que se pretende propagar (Hernandez, 2020).

Cómo podemos determinar si un esqueje de eucalipto es bueno

Para determinar si un esqueje de eucalipto es de buena calidad, es necesario analizar distintas características físicas y saludables del mismo. A continuación, se presentan algunos puntos a tener en cuenta al elegir un esqueje de eucalipto de calidad:

Salud del esqueje madre: El esqueje debe ser cortado de una planta madre fuerte y saludable. Busca por ramas jóvenes y delicadas, sin enfermedades, plagas o daños evidentes.

Tamaño y estado del esqueje: Selecciona esquejes que midan entre 10 y 20 centímetros de largo. Los esquejes deben ser jóvenes, ni muy blandos ni muy leñosos. Por lo general, los esquejes semi leñosos son los más apropiados para enraizar.

Follaje y yemas: Busca esquejes que tengan hojas en buen estado y que no muestren señales de daños o enfermedades. Las yemas en la base del esqueje son importantes para el enraizamiento, así que asegúrate de que estén presentes y parezcan sanas y vigorosas.

Corte limpio: El corte en la base del esqueje debe ser limpio y hecho con una herramienta afilada para evitar daños en el tejido y facilitar el enraizamiento.

Número de hojas: Es recomendable que el esqueje tenga al menos algunas hojas en la parte superior para permitir la fotosíntesis y la producción de energía durante el enraizamiento. Sin embargo, demasiadas hojas pueden aumentar la pérdida de agua por transpiración, así que busca un equilibrio adecuado.

Hormonas de enraizamiento: Si es posible, aplica una hormona de enraizamiento en la base del esqueje para promover el desarrollo de raíces.

Firmeza y color del tallo: El tallo del esqueje debe ser firme y tener un color verde saludable. Evita los esquejes con signos de marchitez, decoloración o daño.

Al seleccionar esquejes de eucalipto, es importante seguir estos criterios para aumentar las posibilidades de éxito en el enraizamiento y el establecimiento de nuevas plantas (Gutierrez & Chung, 2007).

Cómo podemos prevenir enfermedades en estacas

Para prevenir enfermedades que pueden afectar a las estacas de eucalipto durante el proceso de enraizamiento, es importante seguir prácticas de manejo adecuadas y mantener un entorno favorable para el desarrollo de las raíces. Aquí tienes algunas medidas preventivas que puedes tomar:

Selección de material vegetal sano: Utiliza esquejes provenientes de plantas madre sanas y libres de enfermedades. Evita tomar esquejes de plantas que muestren signos de enfermedades, estrés o daños.

Higiene y desinfección: Utiliza herramientas de corte limpias y desinfectadas al tomar esquejes. Esto ayuda a evitar que las enfermedades se propaguen de una planta a otra.

Sustrato estéril: Utilice un medio estéril para plantar los esquejes. De esta manera se disminuye el riesgo de contaminación por microorganismos que puedan estar presentes en la tierra.

Buena ventilación: Asegúrate de permitir que haya una buena circulación de aire alrededor de las estacas para disminuir la humedad y evitar el crecimiento de hongos y bacterias. Evita amontonar los esquejes y deja suficiente espacio entre ellos.

Control de la humedad: Es importante mantener el nivel adecuado de humedad en la tierra. Evita que el suelo se encharque, ya que esto puede propiciar la aparición de enfermedades en las raíces. Riega con moderación y asegúrate de que la tierra tenga un buen sistema de drenaje.

Evitar el estrés hídrico: Proporciona un riego adecuado para evitar el estrés hídrico en las estacas. El estrés hídrico puede debilitar las plantas y hacerlas más susceptibles a enfermedades.

Monitoreo constante: Inspecciona regularmente las estacas enraizadas para detectar signos de enfermedades, como manchas, deformaciones, marchitez o pudrición. Si notas algún síntoma preocupante, actúa rápidamente para tratar la enfermedad y evitar su propagación.

Aplicación de fungicidas o bactericidas: En casos donde exista un alto riesgo de enfermedades, puedes aplicar productos fitosanitarios preventivos para proteger las estacas de eucalipto contra enfermedades fúngicas o bacterianas.

Al seguir estas prácticas preventivas, puedes reducir significativamente el riesgo de enfermedades que afectan a las estacas de eucalipto durante el proceso de enraizamiento (Santos, 2017).

Cuáles son los efectos de calefacción que tiene el eucalipto

El sistema de producción clonal fue adoptado gracias a un sinnúmero de ventajas que posee, entre ellas: la producción a gran escala y la conservación del genotipo deseado. Para ello

los viveros debieron modificar su estructura y forma de reproducción de esquejes. Los cambios más notorios fueron la creación de jardines clonales para la producción del material vegetativo y la implementación de cámaras de enraizamiento bajo invernáculos, donde las estacas permanecen hasta enraizar. son algunos, varios factores, pero destacamos material vegetativo que esté familiarizado con el ambiente. De los demás de su entorno (Santos, 2017).

En qué tipo de suelo se puede sembrar el eucalipto

El eucalipto puede crecer en una amplia variedad de suelos, pero prefiere suelos bien drenados y fértiles. Se adapta especialmente bien a suelos arenosos o francos, pero también puede crecer en suelos arcillosos. Sin embargo, es importante evitar suelos muy pesados y mal drenados, ya que esto puede causar problemas de encharcamiento y afectar el crecimiento de los árboles.

Además del tipo de suelo, el pH del suelo también es importante para el cultivo exitoso del eucalipto. La mayoría de las especies de eucalipto prefieren suelos ligeramente ácidos a neutros, con un rango de pH entre 5,5 y 7,0.

En resumen, el eucalipto puede crecer en una amplia gama de suelos, pero prospera mejor en suelos bien drenados, fértiles y ligeramente ácidos (Graciano & Juan, 2003).

Qué tan profunda crece la raíz del eucalipto

Las raíces del eucalipto pueden crecer profundamente en el suelo, especialmente en busca de agua. La profundidad de las raíces puede variar dependiendo de factores como la especie específica de eucalipto, las condiciones del suelo, el clima y el suministro de agua disponible.

En general, se estima que las raíces del eucalipto pueden alcanzar profundidades de hasta 2 a 3 metros en condiciones favorables. Sin embargo, algunas especies de eucalipto han demostrado tener raíces que pueden alcanzar incluso profundidades mayores en busca de agua, especialmente en áreas donde el suelo es seco o el suministro de agua es limitado.

Es importante tener en cuenta que el eucalipto tiene un sistema de raíces vigoroso y extenso, lo que puede influir en su capacidad para competir con otras plantas por agua y nutrientes en el suelo. Además, las raíces del eucalipto pueden influir en la estructura del suelo y en la disponibilidad de agua para otras plantas y cultivos cercanos (Gutierrez & Chung, 2007).

Cómo podemos determinar la capacidad de enraizamiento de eucalipto

Determinar la capacidad de enraizamiento del eucalipto implica evaluar varios factores que pueden influir en el éxito del enraizamiento de los esquejes o plántulas de eucalipto. Aquí hay algunas formas de determinar la capacidad de enraizamiento del eucalipto:

Pruebas de enraizamiento en vivero: Se pueden realizar pruebas en un vivero utilizando esquejes o estacas de eucalipto para evaluar su capacidad de enraizamiento en diferentes condiciones de suelo, temperatura, humedad y tratamiento de hormonas de enraizamiento.

Observación del sistema radicular: Durante el crecimiento de las plántulas de eucalipto en el vivero o en el campo, se puede observar y evaluar el desarrollo del sistema radicular. Un sistema radicular bien desarrollado indica una buena capacidad de enraizamiento.

Análisis del suelo: La calidad del suelo, incluida la textura, estructura, contenido de nutrientes y pH, puede influir en la capacidad de enraizamiento del eucalipto. Realizar análisis de suelo puede proporcionar información sobre las condiciones óptimas para el crecimiento de las raíces.

Investigación de la especie específica: Cada especie de eucalipto puede tener diferentes requisitos de enraizamiento y tolerancia a condiciones específicas del suelo y el clima. Investigar la literatura científica o consultar con expertos en silvicultura puede brindar información sobre la habilidad de enraizamiento de una especie particular de eucalipto.

Pruebas de campo: Realizar pruebas experimentales plantando plántulas de eucalipto en distintos lugares y condiciones puede ser útil para evaluar su capacidad de enraizamiento en entornos reales.

En síntesis, la capacidad de enraizamiento del eucalipto se puede determinar mediante pruebas realizadas en vivero, observación detallada del sistema radicular, análisis del suelo, investigación específica sobre la especie y pruebas prácticas. La combinación de estos métodos puede ofrecer una comprensión más profunda sobre la capacidad de enraizamiento del eucalipto en diferentes escenarios (Francisco, 1998).

De qué manera se podría mejorar el cultivo de eucalipto

El mejoramiento del cultivo de eucalipto puede lograrse de diversas formas con el fin de aumentar la productividad, la calidad de la madera y la sostenibilidad ambiental. Aquí se presentan algunas estrategias para optimizar el cultivo de eucalipto:

Elección adecuada de especies y clones: Optar por las especies y clones más idóneos de eucalipto según las condiciones específicas del terreno, como el clima, el tipo de suelo y el nivel de precipitaciones, puede favorecer la adaptación y el rendimiento de los cultivos.

Manejo del suelo: El empleo de técnicas de cuidado del suelo, como la aplicación de fertilizantes apropiados, la mejora de la calidad del suelo, el control de la erosión y la preservación del nivel de humedad, puede favorecer las condiciones óptimas para el desarrollo saludable del eucalipto.

Control de malezas, plagas y enfermedades: La aplicación de tácticas para gestionar plagas y enfermedades, junto con el manejo de malezas, puede disminuir las pérdidas de producción y promover la salud de los cultivos de eucalipto.

Riego y drenaje adecuados: En lugares donde la disponibilidad de agua es escasa o irregular, puede ser necesario realizar riegos adicionales para asegurar un crecimiento óptimo

de los eucaliptos. Asimismo, una adecuada gestión del drenaje puede prevenir la acumulación de agua y favorecer el desarrollo de las raíces.

Poda y manejo silvicultural: La poda selectiva y el cuidado apropiado de los bosques pueden contribuir a mejorar la calidad de la madera, fomentar el crecimiento de troncos rectos y disminuir la competencia entre los árboles cercanos.

Reforestación y conservación de la biodiversidad: La aplicación de estrategias de reforestación sustentable y protección de la diversidad biológica puede potenciar la resistencia de los bosques de eucalipto y fomentar el bienestar del entorno natural en su totalidad.

Investigación y desarrollo: Seguir explorando y creando nuevas especies de eucalipto, junto con métodos de cultivo innovadores, podría contribuir a mejorar de forma continua la productividad y la sostenibilidad de los cultivos.

Al aplicar de forma integral y adaptable estas estrategias, es posible mejorar de manera significativa el cultivo del eucalipto para cumplir con las demandas económicas y ambientales a largo plazo. (Lopez, 2005).

Macronutrientes

La capacidad del suelo para nutrir las plantas que crecen en él está directamente relacionada con la cantidad de nutrientes presentes en el suelo. (Reynaldo Solis L., 2012) La práctica de la agricultura agota estos nutrientes, ya que son absorbidos por las plantas durante su crecimiento (Luz Adriana Giraldo C., 2018). Por esta razón, es esencial aplicar fertilizantes al suelo para restituir los nutrientes que han sido extraídos.

Los nutrientes suelen ser clasificados en macro y micronutrientes, considerando los requisitos específicos de cada planta y su presencia en ellas (Mendoza, 2020). No se debe subestimar la importancia de los micronutrientes, a pesar de requerir cantidades menores, ya que son cruciales para el desarrollo adecuado de las plantas. A menudo, se presta más atención a los macronutrientes NPK (nitrógeno, fósforo y potasio), lo que puede resultar en deficiencias

significativas, daños en las plantas y un desarrollo deficiente. Por esta razón, los micronutrientes también se conocen como oligoelementos, ya que, aunque se necesiten en cantidades pequeñas, son esenciales para el crecimiento de las plantas (Santos, 2014).

Papel del fósforo en el crecimiento radical

El fósforo desempeña funciones cruciales en la transferencia de energía, el mantenimiento de las membranas celulares y como un componente esencial en la información genética, teniendo un impacto directo en el rendimiento y la salud de los árboles (Luz Adriana Giraldo C., 2018).

Durante los períodos de emergencia y crecimiento de raíces, brotes y flores, se experimenta una alta demanda de fósforo. Es fundamental que, en esta fase, la disponibilidad no se convierta en un factor limitante, ya que esto podría resultar en un crecimiento más lento (Mendoza, 2020).

Aunque en ocasiones se considere que el fósforo tiene escasa relevancia en suelos con niveles elevados, es común que este se encuentre fijado e inaccesible en esa forma. Por tanto, los suministros a través de fertilización, incluyendo aplicaciones foliares, son esenciales y conducen a mejoras tanto en la calidad como en la producción de frutos (Bernardes, 2014).

Dado que el fósforo desempeña un papel crucial en el enraizamiento, es una práctica estándar aplicar fósforo en la zona de las raíces al establecer nuevas huertas. Las aplicaciones foliares complementan las reservas del suelo y garantizan que se cumplan las necesidades inmediatas de frutos y crecimiento del árbol (García, 2022).

El fósforo desempeña un papel vital en el metabolismo energético de la planta al formar parte de moléculas como AMP, ADP y ATP (Reynaldo Solis L., 2012). Además, es un componente esencial de los ácidos nucleicos ADN y ARN, participando en procesos como la fotosíntesis, la respiración y la síntesis de almidón (García, 2022). También se encuentra en otros

compuestos, como el ácido fítico, que es crucial para la germinación de semillas y el desarrollo de la raíz (Neto, 2019).

La falta de fósforo afecta negativamente el desarrollo, ya que reduce significativamente la producción de proteínas y la síntesis de almidón, celulosa y sacarosa (Marcussi, 2015) Un efecto destacado de la deficiencia de fósforo es la disminución en la expansión celular, lo que puede llevar al enanismo de las plantas (Bernardes, 2014).

El fósforo se concentra en mayor proporción en las hojas jóvenes, flores y semillas en desarrollo (Mendoza, 2020). La deficiencia de este elemento en plantas provoca un desarrollo insuficiente de las flores, los brotes se desarrollan lentamente y las hojas más viejas se enrollan hacia abajo (Neto, 2019).

Papel del calcio en el crecimiento radical

El calcio (Ca^{2+}) es un elemento crucial debido a su participación en la estabilidad de la membrana plasmática y la integridad celular, siendo un componente esencial de la lámina media de la pared celular en forma de pectatos de calcio (Neto, 2019). Estos pectatos proporcionan consistencia y cierto grado de rigidez a la pared celular, preservando simultáneamente la estructura de las membranas celulares al regular su permeabilidad (Santos, 2014). La presencia de pectatos de calcio en las paredes celulares actúa como una defensa contra el ataque de hongos. Además, desempeña un papel vital en el crecimiento del tubo polínico (Bernardes, 2014).

La falta de este elemento esencial impide el desarrollo normal de la planta, afectando los tejidos meristemáticos tanto en la parte aérea como en la raíz debido a una división celular incompleta. Esto conlleva al desarrollo de hojas y raíces nuevas con deformaciones (Junior, 2021).

En las plantas, la deficiencia de calcio resulta en un tallo curvado hacia abajo antes de la floración, la carencia se refleja en las hojas más jóvenes, presentando una deformación en

forma de garra. Estos síntomas por la falta de calcio ocasionan raíces quebradizas y deformaciones en hojas (Pôrto, 2017).

Es esencial destacar que el calcio se moviliza a través del xilema en la planta, y su deficiencia puede ser inducida por condiciones climáticas desfavorables para la corriente transpiratoria, lo cual está vinculado con los mecanismos de absorción de este nutriente mediante la intercepción radical y el flujo de masas (Bernardes, 2014). Otro aspecto a considerar es el antagonismo entre el calcio y el magnesio. Una deficiencia de calcio puede aumentar la absorción de magnesio, generando síntomas de fitotoxicidad (Luz Adriana Giraldo C., 2018). En sentido contrario, niveles elevados de calcio regulan la absorción de potasio, evitando un consumo excesivo de este elemento (Reynaldo Solis L., 2012).

Papel del Nitrógeno en el crecimiento radical

Las plantas absorben el nitrógeno principalmente a través de las raíces, ya sea en forma de nitrato (NO_3^-) o amonio (NH_4^+) (Alcántara-Nazario, 2023). La absorción de este elemento está influenciada por diversos factores, como la especie y el tipo de planta, la intensidad lumínica, la presencia de nitrógeno en el entorno y la cantidad almacenada en las vacuolas (Lima, 2021).

En sistemas de fertirriego, se suministra nitrógeno en forma predominante de NO_3^- y en menor proporción de NH_4^+ , manteniendo así la estabilidad del pH en el sistema (Pôrto, 2017). Se recomienda mantener una proporción de nitrógeno amoniacal entre el 15% y el 20% del nitrógeno total en términos generales (Santos, 2014).

El nitrógeno desempeña una función crucial en el incremento de la masa seca, estimulando el desarrollo del tallo, el crecimiento del follaje y contribuyendo a la formación de frutos y granos (Reynaldo Solis L., 2012). Sin embargo, un exceso de nitrógeno puede resultar en un crecimiento excesivo del follaje, un desarrollo insuficiente del sistema radical y un retraso en la formación de flores y frutos (Farias, 2019).

La deficiencia de nitrógeno provoca clorosis en las hojas inferiores, y en casos más severos, estas hojas caen prematuramente, extendiéndose la clorosis por toda la planta (Farias, 2019). En condiciones de invernadero, se ha notado que, durante la etapa de propagación, el nitrógeno en tallos y hojas disminuye debido a su translocación para la formación de raíces (Marcussi, 2015). Posteriormente, después del trasplante, la acumulación de nitrógeno está relacionada con la acumulación de masa seca, y en la fase de floración, se observa una disminución del nitrógeno en las hojas y un aumento en las flores (Schneider, 2022).

Papel del Potasio en el crecimiento radical

El potasio, en forma de catión univalente (K^+), es absorbido en grandes cantidades por las plantas, junto con el nitrógeno (Alcántara-Nazario, 2023). La absorción predominante de potasio depende de la difusión del elemento y se ve afectada por otros factores, como altos contenidos de calcio y magnesio, que disminuyen su absorción (Junior, 2021). Este mineral es abundante en el citoplasma y desempeña un papel crucial en el metabolismo de carbohidratos y proteínas. Además, contribuye a la regulación de la apertura estomatal, influyendo en la absorción de CO_2 y controlando la transpiración (S. Bianco, 2018). También mejora la velocidad de reacción de más de 50 enzimas y, en algunos casos, aumenta la afinidad por el sustrato (Lima, 2021). Entre las enzimas afectadas por el potasio se encuentra el piruvato quinasa, esencial en la respiración y el metabolismo de carbohidratos (Neto, 2019).

En plantas con deficiencia de potasio, se observa una disminución en los niveles de almidón y un aumento de compuestos nitrogenados solubles (S. Bianco, 2018). Esta deficiencia afecta el desarrollo de la planta, dando como resultados entrenudos cortos, tallos débiles y una producción de granos y frutos comprometida (Bernardes, 2014). En los frutos, la presencia de potasio garantiza un contenido adecuado de azúcares, ácidos y aroma (Gabriel, 2018). La falta de potasio en los frutos reduce la acidez, aumenta la respiración y, por ende, provoca deterioro (Maia, 2018).

Micronutrientes

Hierro

Las formas predominantes de hierro en el suelo y en soluciones nutritivas son los quelatos de Fe^{3+} y de Fe^{2+} (Schneider, 2022). No obstante, la forma catiónica Fe^{2+} es la que se absorbe de manera significativa por las raíces, mientras que el hierro en forma de Fe^{3+} requiere ser reducido en la superficie de las raíces antes de ser transportado al citoplasma (E. P. Barone, 2018). Este elemento desempeña un papel crucial en el desarrollo de los cloroplastos, así como en la síntesis de ferredoxina y clorofila (Lima, 2021). La ferredoxina participa en diversos procesos metabólicos como la fotosíntesis y la reducción del nitrógeno. En condiciones de crecimiento controlado, aproximadamente el 80% del hierro se localiza en los cloroplastos de las hojas de rápido desarrollo, subrayando su importancia en la fotosíntesis (Schneider, 2022).

La deficiencia de hierro puede ser causada por varias razones: 1) desequilibrios con otros elementos, como el exceso de fósforo y altos niveles de bicarbonato; 2) en pH alcalino, ya que el hierro forma compuestos insolubles que no están disponibles para las plantas (Paiva, 2021). En suelos ácidos, la presencia de aluminio soluble puede ser más predominante, restringiendo la absorción de hierro (S. Bianco, 2018).

La deficiencia de hierro se caracteriza por una clorosis intervenal pronunciada en las plantas (Santos, 2014). Dado que el hierro tiene una movilidad limitada dentro de la planta, los síntomas de deficiencia aparecen primero en las hojas jóvenes en la parte superior (Schneider, 2022). Las plantas de rosa son particularmente sensibles a la deficiencia de hierro, que puede ser inducida por un exceso de nitratos en la rizosfera, resultando en clorosis que puede llegar a ser severa (Neto, 2019).

En sistemas de riego, el hierro puede causar obstrucciones en los sistemas por goteo (E. P. Barone, 2018). Cuando el agua proviene de pozos profundos ricos en este mineral, al llegar a la superficie, forma $\text{Fe}(\text{OH})_3$, que se precipita y se vuelve insoluble (Souza, 2017). Estos

precipitados se forman gradualmente, por lo que es aconsejable tomar medidas correctivas para evitar daños en el sistema (Gabriel, 2018).

Zinc

El zinc se incorpora a la planta en forma de catión divalente (Zn^{2+}) o mediante quelatos, ya sea por la vía de las raíces o a través de aplicaciones foliares (Souza, 2017). Su transporte se realiza principalmente a través del xilema y presenta una movilidad relativamente limitada dentro de la planta (Bernardes, 2014). El zinc desempeña un papel esencial como componente de la enzima anhidrasa carbónica, la cual cataliza la formación de ácido carbónico a partir de CO_2 y agua, ubicándose tanto en los cloroplastos como en el citoplasma (Gabriel, 2018). Además, el zinc es esencial para el mantenimiento de las biomembranas, donde forma complejos con grupos fosfolípidos y sulfhídricos, protegiendo las membranas lipídicas y las proteínas de posibles daños oxidativos, resultando en un aumento de la permeabilidad de las membranas en casos de deficiencia (Maia, 2018). Asimismo, el zinc es un componente crucial del aminoácido aromático triptófano, precursor de las auxinas (S. Bianco, 2018).

Los síntomas de deficiencia de zinc suelen iniciarse en las hojas jóvenes, manifestándose en un amarillamiento progresivo y una reducción en el tamaño de las mismas (Silva Rosemeire Helena da, 2021). En el caso de las rosas, la escasez de este nutriente conlleva a la muerte de los puntos de crecimiento, dando lugar al desarrollo de brotes laterales y una apariencia de roseta en el crecimiento vegetativo (Santos, 2014).

La disponibilidad de zinc tiende a aumentar con la disminución del pH y en presencia de sulfato, pero se reduce en suelos con pH alcalino (Mendoza, 2020). La interacción con otros elementos como cobre, hierro, manganeso y suelos con elevada disponibilidad de fósforo puede disminuir la absorción de zinc (Pôrto, 2017).

Manganeso

La absorción principal de manganeso ocurre en forma de catión manganoso (Mn^{2+}), si bien en el suelo también puede encontrarse en otras formas como Mn^{3+} o Mn^{4+} en óxidos insolubles y quelatos (Fernandes, 2020). La solubilidad óptima de manganeso se da en suelos ácidos y en condiciones de encharcamiento, disminuyendo en suelos alcalinos o ácidos con elevado contenido de materia orgánica (García, 2022). Su función vital en el proceso fotosintético radica en su participación, junto con el cloro, en la fotólisis del agua, y su presencia en el fotosistema II contribuye a la fotofosforilación, la reducción del CO_2 , y la reducción del nitrito y sulfato (Lima, 2021). Se ha propuesto que también podría ser un componente estructural de los ribosomas, lo que implica que su escasez podría resultar en una disminución significativa de la tasa fotosintética (E. P. Barone, 2018).

Aunque la deficiencia de manganeso es poco común, es esencial señalar que este elemento tiene una movilidad limitada dentro de la planta, mostrando síntomas primero en las hojas jóvenes (Junior, 2021). La presentación de deficiencia varía entre monocotiledóneas y dicotiledóneas, manifestándose como puntos de color gris verdoso en las primeras y puntos amarillos en las hojas jóvenes en las segundas (Maia, 2018). En etapas avanzadas, solo las nervaduras y las áreas adyacentes permanecen verdes. Factores como la presencia de carbonatos y niveles elevados de fósforo disminuyen la disponibilidad de manganeso, y un desequilibrio en favor de elementos como hierro, cobre y zinc reduce la absorción de este micronutriente por parte de la planta (Mendoza, 2020).

Boro

La asimilación del boro por parte de la planta ocurre predominantemente en forma de anión H_2BO_3 , posiblemente a través de un proceso de difusión pasiva mediante la formación de enlaces β -cis-diol con azúcares u otros componentes polihidroxílicos (Santos, 2014). Su transporte principal se lleva a cabo a través del xilema, lo que sugiere que su distribución en las

plantas se encuentra mayormente influenciada por la transpiración, dado que es un elemento con movilidad limitada (Maia, 2018). Aunque no se comprende completamente el papel específico del boro en la nutrición de las plantas, se reconoce que su deficiencia impacta la elongación de las raíces y la síntesis de ADN (Paiva, 2021). Además, la carencia de boro conlleva a la acumulación de fenoles, los cuales, al activarse mediante la exposición a la luz, generan radicales superóxidos que pueden causar daños en las membranas (Marlene A. Gobbi, 2020).

Los signos de escasez de boro se manifiestan en las yemas más jóvenes, las cuales experimentan decoloración y, en casos extremos, pueden llegar a morir, dando lugar a un crecimiento de brotes con entrenudos cortos que asemejan una formación en roseta (E. P. Barone, 2018). En estructuras de almacenamiento, como las raíces, la insuficiencia de boro puede provocar necrosis en las áreas de crecimiento, dando lugar a la sintomatología denominada "corazón negro" (Souza, 2017). Aunque el número total de semillas no se ve afectado, su viabilidad disminuye. A pesar de la baja movilidad del boro, en plantas se ha registrado su redistribución desde las hojas hacia las flores en formación (Schneider, 2022).

Magnesio

El magnesio, en forma de catión divalente (Mg^{2+}), es asimilado por las plantas, y su captación puede ser influenciada por relaciones elevadas de Ca/Mg, lo que conlleva a una absorción reducida de magnesio por parte de las plantas (Souza, 2017). La insuficiencia de magnesio puede agravarse con dosis elevadas de potasio. Este elemento desempeña funciones esenciales en la planta, ya que actúa como el núcleo central en la molécula de clorofila y participa en procesos clave como la síntesis de proteínas, el metabolismo del fósforo, la respiración y la activación de diversos sistemas enzimáticos, incluida la fructosa 1,6 difosfatasa, que regula la síntesis de almidón (Alcántara-Nazario, 2023).

La carencia de magnesio se manifiesta mediante la clorosis inicial de las hojas inferiores, extendiéndose gradualmente a toda la planta si la deficiencia persiste (Santo, 2021). Se requieren niveles elevados de magnesio para un crecimiento óptimo, aunque estos valores son menores en comparación con los de potasio y calcio (Gabriel, 2018).

Cobre

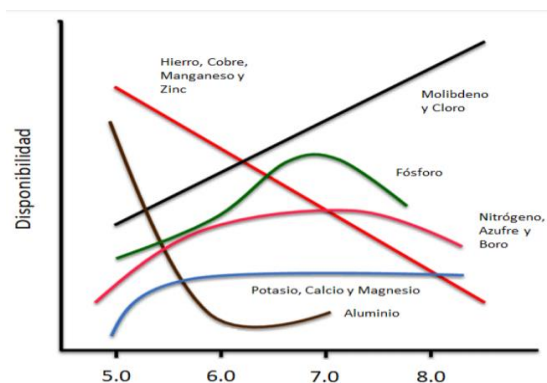
El cobre, presente como catión divalente (Cu^{2+}), desempeña un papel esencial junto con el hierro y el manganeso en la síntesis de la clorofila. (Gonçalves, 2019). Su suministro en la solución fertilizante se realiza en forma de quelatos (Schneider, 2022). Este micronutriente participa en diversas enzimas, siendo destacadas la plastocianina, que facilita la transferencia de electrones en el fotosistema, la citocromo oxidasa, involucrada en el transporte de electrones en las mitocondrias, y las polifenol oxidasas, que contribuyen a la biosíntesis de lignina, alcaloides y la formación de sustancias melanóticas con propiedades fitoalexinas (Ferreira, 2018).

En condiciones de deficiencia de cobre, la actividad enzimática disminuye drásticamente, con la acumulación correspondiente de fenoles y la reducción en la formación de sustancias melanóticas (Ferreira, 2018). En plantas con carencia de cobre, se observa marchitamiento en las hojas jóvenes debido a problemas en el transporte del agua, derivados de una lignificación insuficiente en las células del xilema (Junior, 2021). Dada su importancia en la fotosíntesis, la falta de cobre resulta en tasas fotosintéticas bajas y, consecuentemente, niveles reducidos de carbohidratos (Marcussi, 2015). Los síntomas de deficiencia de cobre incluyen hojas deformes, necrosis marginal y deformidad de las hojas (Junior, 2021).

Es crucial tener en cuenta que muchas especies vegetales prosperan en un rango de pH entre 5 y 7, y a pH básico, el cobre tiende a precipitarse en forma de hidróxidos insolubles, volviéndose inaccesible para las plantas (Bernardes, 2014).

Figura 1

Disponibilidad de nutrientes según el pH



Nota: Fuente Simone Raposo Cotta, 2016

Molibdeno

El molibdeno, es un micronutriente esencial, se absorbe en forma de oxianión molibdato (MoO_4) (Ferreira, 2018). La absorción radicular puede verse afectada por la presencia del ión SO_4 , ya que los mecanismos que regulan la absorción de SO_4 también influyen en la eliminación de MoO_4 (Marlene A. Gobbi, 2020). Su papel crítico radica en ser un componente esencial de enzimas relacionadas con la fijación biológica de nitrógeno y la reducción de nitrato a amonio, específicamente, la nitrogenasa y el nitrato reductasa, respectivamente (E. P. Barone, 2018). Por ende, las deficiencias de molibdeno están estrechamente vinculadas al metabolismo del nitrógeno (Lima, 2021).

La falta de molibdeno se manifiesta con la sintomatología distintiva conocida como "cola de látigo", caracterizada por el desarrollo de la nervadura central con una reducida área foliar (Pôrto, 2017). La deficiencia de este elemento puede presentarse en suelos ácidos que contengan óxidos de hierro y aluminio, ya que estos componentes tienden a adsorber el molibdeno (Mendoza, 2020). La disponibilidad de molibdeno aumenta en condiciones de pH elevado y en presencia de fósforo. Además, la presencia de magnesio favorece la absorción de molibdeno por parte de la planta (Pôrto, 2017).

Otros componentes

Ácidos Húmicos

Los micronutrientes contenidos en los ácidos húmicos desempeñan un papel fundamental en el desarrollo radicular de las plantas:

Tabla 1

Función de los elementos nutricionales.

Nutrientes	Función
Boro (B)	Facilita la división celular y el crecimiento de las puntas de las raíces.
Cobre (Cu)	Participa en la síntesis de lignina, un componente crucial para la estructura de las paredes celulares de las raíces.
Hierro (Fe)	Es esencial para la fotosíntesis y la respiración celular, procesos vitales en el crecimiento de las raíces.
Manganeso (Mn)	Contribuye a la absorción de agua y nutrientes por las raíces.
Molibdeno (Mo)	Contribuye a la absorción de agua y nutrientes por las raíces.
Zinc (Zn)	Favorece la síntesis de auxinas, hormonas vegetales que regulan el crecimiento de las raíces.

Nota: Fuente (Marcussi, 2015).

Además, los ácidos húmicos mejoran la absorción de agua y nutrientes al aumentar la capacidad de intercambio catiónico (CIC) del suelo, facilitando la retención de nutrientes y su absorción por las raíces. Estimulan la actividad microbiana al servir como fuente de alimento para microorganismos beneficiosos del suelo, promoviendo así la salud del suelo y el crecimiento de las plantas. Asimismo, contribuyen a mejorar la estructura del suelo al favorecer la agregación, aumentando la porosidad y la permeabilidad, lo que facilita un mejor desarrollo radicular (Schnitzer, 2011).

Ácidos Fúlvicos

Los ácidos fúlvicos representan una amalgama de ácidos orgánicos débiles alifáticos y aromáticos que se disuelven fácilmente en el agua, abarcando todo el rango de niveles de pH, desde ácidos hasta neutros y alcalinos (Farias E. P., 2016). Su composición y estructura son altamente variables, con una masa molecular (1000-10,000) inferior a la de los ácidos húmicos (AH) y un contenido de oxígeno duplicado (Pegoraro, 2021). Gracias a sus moléculas relativamente pequeñas, los ácidos fúlvicos tienen la capacidad de penetrar sin dificultad en las raíces, tallos y hojas de las plantas, proporcionando microelementos beneficiosos (H. N. S. Mendonza, 2021). La aplicación de fertilizantes en aerosol, que contienen ácidos fúlvicos en forma de quelatos con microelementos, puede resultar efectiva en ciertas etapas del crecimiento de las plantas para aumentar la productividad (Gonçalves, 2019). En el tratamiento foliar, estos ácidos facilitan el transporte de microelementos a las zonas metabólicas de las células, siendo compatibles y no fitotóxicos en concentraciones relativamente bajas (Pegoraro, 2021).

A pesar de que algunos investigadores consideran los ácidos fúlvicos como la parte más crucial de la materia orgánica del suelo, su alta solubilidad en agua plantea dudas sobre su prolongada existencia en entornos naturales, incluso en aguas subterráneas (M. A. K. Alcântara, 2021). Además, se ha determinado que las enzimas relacionadas con el intercambio de carbohidratos, nitrógeno y fósforo están estrechamente asociadas a los ácidos húmicos, liberándose del suelo junto con ellos mientras mantienen su actividad (Farias S. G., 2019). Específicamente, la mayoría de las enzimas hidrolíticas están vinculadas a los ácidos húmicos, lo que resulta en una mayor actividad de la invertasa, ureasa y proteasa en comparación con los ácidos fúlvicos (M. A. K. Alcântara, 2021).

Recientemente, D. Orlov presentó un estudio que sugiere abordar este problema desde una nueva perspectiva. Llegó a la conclusión de que los ácidos fúlvicos no existen como una fracción independiente en objetos naturales como el suelo, el carbón y la turba, que son fuentes

de ácidos húmicos (Ramos, 2023). Según su investigación, los ácidos fúlvicos que identificamos como parte de las sustancias húmicas se forman en la solución como resultado de procedimientos analíticos que provocan la hidrólisis parcial de las moléculas de alto peso molecular de los ácidos húmicos (Ramos, 2023).

Casi todos los datos experimentales respaldan la idea de que los ácidos fúlvicos surgen solo después de la hidrólisis alcalina o ácida de la materia orgánica de los objetos investigados en general, y los ácidos húmicos en particular (Farias E. P., 2016). Por lo tanto, la determinación analítica del contenido de ácidos fúlvicos solo muestra un grado de ácidos húmicos naturales hidrolizados, independientemente del objeto de su obtención (Gabriel, 2018).

Investigaciones adicionales de O.S. Yakimenko y F.V. Ulankina llegaron a la conclusión de que la formación de ácidos fúlvicos no puede excluir la influencia de la hidrólisis de ácidos húmicos durante la extracción alcalina. En resumen, el papel de los ácidos fúlvicos solo puede considerarse en casos específicos, como el uso de productos húmicos obtenidos mediante el tratamiento de lignito o turba con agentes alcalinos, ya que solo después de dicho tratamiento se forma la mezcla de humatos y compuestos fúlvicos de metales alcalinos (Ramos, 2023).

Aminoácidos libres

La porción más elemental de la composición de las proteínas se encuentra en los aminoácidos libres, que constituyen la unidad mínima y fundamental (Claudia E. Toledo-Perdomo, 2023). Estos aminoácidos, caracterizados por su bajo peso molecular, se combinan entre sí para formar péptidos, que, a su vez, poseen un peso molecular superior (Patricio A Camus, 2019). Al continuar con el proceso de síntesis proteica, los péptidos se agrupan y generan polipéptidos, que representan cadenas extensas de aminoácidos con un considerable aumento en su peso molecular. Al finalizar este proceso, los polipéptidos se fusionan para originar las proteínas, estructuras de mayor tamaño y peso molecular, desempeñando diversas funciones según su tipo (Claudia E. Toledo-Perdomo, 2023).

Es bien conocido que, a medida que los nutrientes posean un menor peso molecular, la planta los absorbe de manera más sencilla y eficiente (Araujo, 2020). En este sentido, los aminoácidos libres surgen como la opción más idónea para su aplicación en la agricultura. Dada su dimensión y peso molecular, la planta puede absorber fácilmente los aminoácidos libres, utilizándolos posteriormente en la síntesis proteica (Chan Sol Park, 2019). En contraste, los péptidos, polipéptidos y proteínas no se absorben eficientemente debido a su tamaño y peso molecular, limitando la eficacia de su aplicación (E. P. Barone, 2018).

Los aminoácidos desempeñan un papel crítico en etapas cruciales del desarrollo del cultivo y durante situaciones de estrés abiótico (Chan Sol Park, 2019). La aplicación de aminoácidos en los cultivos conlleva un ahorro considerable de energía en su producción, lo cual se traduce en un mayor vigor de la planta y una mejor tolerancia a situaciones de estrés (Scull-Rodríguez, 2017). Además de este ahorro energético, la aplicación de aminoácidos libres acelera la respuesta de los cultivos al estrés abiótico, reduciendo las pérdidas en rendimiento causadas por condiciones estresantes y mejorando la calidad del cultivo de manera significativa. Las respuestas visibles, como el vigor y la adaptación mejorada a condiciones climáticas adversas, son rápidamente evidentes tras la aplicación de aminoácidos en los cultivos (Chan Sol Park, 2019).

Ácido Indol Butírico (AIB)

En el cultivo in vitro de tejidos vegetales, se recurre al ácido indolbutírico y otras auxinas con el propósito de iniciar el desarrollo de raíces mediante un procedimiento denominado micropropagación (Ramos M. L., 2017). Esta técnica de propagación asexual se fundamenta en la capacidad órgano genética de las células vegetales, cultivando células aisladas, fragmentos de meristemas de yemas, ápices vegetativos o micro estaquillas en sustratos específicos in vitro (Oliveira, 2019). Los fragmentos de plantas utilizados en este procedimiento son conocidos como explantos. El ácido indolbutírico, junto con otras auxinas, se emplea para inducir la formación de

masas de células no diferenciadas llamadas callos (Zuffellato, 2021). Este desarrollo de callos suele ser el primer paso en el proceso de micropropagación, ya que, al exponer las células del callo a ciertas hormonas con características de auxinas, estas pueden ser estimuladas para formar otros tejidos, como las raíces (Ramos M. L., 2017).

El ácido indolbutírico es comúnmente utilizado para favorecer el enraizamiento de estacas. Un estudio en *Camellia sinensis* evaluó el efecto de tres auxinas diferentes: ácido indolbutírico, ácido indolacético y ácido 1-naftalenacético, en la formación de raíces. Según los investigadores, el ácido indolbutírico demostró un rendimiento superior en la formación de raíces en comparación con las otras auxinas (Koehler, 2017). Este hallazgo coincide con resultados de otros estudios, consolidando al ácido indolbutírico como la auxina más ampliamente utilizada para la formación de raíces, gracias a su mayor potencia en comparación con el ácido indolacético y otras auxinas sintéticas (Koehler, 2017).

En el caso de *Jatropha curcas*, se observa una mejora en la calidad del enraizamiento de las estacas con la adición de ácido indolbutírico en el medio de cultivo. Este efecto se refleja en aspectos como la longitud de las raíces, el número de raíces, el porcentaje de estacas enraizadas y el peso seco de las raíces. Aunque no siempre el impacto en el enraizamiento resulta estadísticamente significativo, se evidencia una tendencia positiva (Koehler, 2017).

Concentraciones de Auxina

La determinación de la concentración óptima de auxina revela una variabilidad dependiente de factores como la clase utilizada, la especie objeto de propagación, el tipo de material vegetativo, el método y sistema de aplicación, entre otros aspectos. Este ajuste específico se llevará a cabo mediante una prueba preliminar que evalúe un amplio rango de concentraciones, guiada por un diseño experimental adecuado, en concordancia con las indicaciones de (Mesén, 2005)

En el contexto de la propagación mediante estacas, se observa una respuesta típica a las dosis de auxina. Se aprecia un incremento gradual en la cantidad y calidad de raíces formadas con cada aumento en la concentración de auxina, hasta alcanzar un punto máximo. Posteriormente, se inicia un descenso en la respuesta debido a problemas de toxicidad. En situaciones de dosis insuficientes, la formación de raíces puede ser escasa o limitada a la generación de callos sin el desarrollo correspondiente de raíces. En contraste, dosis óptimas pueden resultar en fenómenos como el amarillamiento y la caída prematura de las hojas de la estaca, necrosis en la base de la misma o incluso necrosis total. Además, es posible observar una inhibición del crecimiento de los brotes, incluso después de que la estaca ha logrado enraizar, según lo señalado por (Mesén et al, 2005)

Fitorreguladores Comerciales para el desarrollo radicular en estacas.

Turbo Root

El producto Turbo Root representa una solución de amplio espectro que impulsa un enraizamiento óptimo, mejorando simultáneamente la estructura del suelo. La armoniosa combinación de sus componentes desempeña el papel de un destacado agente promotor del enraizamiento, facilitando la asimilación eficiente de nutrientes y estimulando un metabolismo vegetal óptimo para alcanzar un potencial de producción elevado. Su aplicación conlleva la mejora de las propiedades físicas (estructurales), químicas (mayor disponibilidad de nutrientes) y biológicas del suelo (aumento de la flora microbiana), generando una serie de beneficios interrelacionados (Tradecorp, 2022).

Este innovador producto promueve activamente el desarrollo de las raíces y la formación de pelos absorbentes, contribuyendo a la mejora de la germinación y enraizamiento tanto de plantas sembradas como trasplantadas. Además, optimiza la utilización de fertilizantes al potenciar las características químicas del suelo, mejorando la capacidad de intercambio catiónico, la disponibilidad de nutrientes y la absorción radicular.

Entre las ventajas destacadas se encuentra la estimulación del crecimiento durante las fases iniciales y críticas del cultivo, como el trasplante y el período de crecimiento activo de plantas jóvenes, así como durante la maduración. Turbo Root exhibe un eficaz efecto anti-estrés en condiciones climáticas adversas, como sequías o estrés térmico, mientras favorece la recuperación de tejidos dañados (Tradecorp, 2022).

La sinergia de sus componentes se traduce en una mejora significativa de la eficacia de los recursos disponibles para los cultivos, como fertilizantes, nutrientes y agua, al aumentar la disponibilidad del fósforo y facilitar la absorción de otros nutrientes esenciales como nitrógeno, potasio, hierro, manganeso, entre otros. Asimismo, la acción de aminoácidos libres predominantes en su aminograma potencia la absorción y translocación de micronutrientes en la planta, consolidando Turbo Root como una solución integral para el mejoramiento del rendimiento agrícola (Tradecorp, 2022).

Phyllum Max R

El producto Phyllum Max R emerge como una solución integral que potencia el metabolismo vegetal, armonizando sus funciones fisiológicas con una meticulosa eficacia. Su acción se traduce en un robustecimiento del desarrollo vegetal, focalizándose especialmente en las áreas subterráneas mediante un estímulo discernido al crecimiento radicular. Al facilitar la penetración y promover la formación de raíces secundarias, este producto se erige como un catalizador del florecimiento de las plantas (Edifarm, 2018).

Este compuesto no solo se limita a favorecer el desarrollo inicial, sino que exhibe una notable capacidad para optimizar las siembras o plantaciones tardías, mejorando sustancialmente su progresión. Su característica más destacada reside en su capacidad para fortalecer la resistencia de los cultivos ante condiciones adversas, como periodos de sequía, al potenciar la asimilación eficiente de agua, macro y micronutrientes (Edifarm, 2018).

La fórmula exclusiva de Phyllum Max R se compone de un selecto conjunto de ingredientes activos, entre los cuales destacan el extracto de algas, hormonas vegetales, vitaminas, carbohidratos, nitrógeno (N), fósforo (P₂O₅), potasio (K₂O), y microelementos. Esta amalgama de componentes, cuidadosamente equilibrada, opera en una sinergia única para ofrecer resultados excepcionales en el estímulo del crecimiento y la salud de las plantas (Edifarm, 2018).

Vitalex

Vitalex, es un fertilizante foliar y radicular de naturaleza orgánica, se distingue por su composición enriquecedora que incorpora de manera natural extractos de algas marinas y pescado hidrolizado, proporcionando una gama completa de elementos esenciales tanto mayores como menores para el desarrollo óptimo de los cultivos. La fórmula única de Vitalex se erige como un catalizador eficaz para el crecimiento y la salud de las plantas (Edifarm, 2016).

El extracto de algas marinas en Vitalex despliega, de manera natural, citoquininas, auxinas, betaínas y oligosacáridos, cuya acción sinérgica se traduce en un aumento significativo del contenido de clorofila y una mejora palpable en la capacidad fotosintética de los cultivos. Las citoquininas, al estimular la síntesis de proteínas y facilitar la división celular, se combinan con las auxinas, que regulan la dominancia apical, y las betaínas, compuestos que contribuyen al equilibrio hídrico y estimulan procesos cruciales en la planta. Por último, los oligosacáridos presentes en la fórmula exhiben propiedades que fomentan el crecimiento vegetal (Edifarm, 2016).

La interacción positiva entre estos elementos en Vitalex promueve la madurez plena de los frutos, fortalece el desarrollo radicular y confiere una mayor resistencia ante situaciones de estrés en los cultivos. Este producto se revela como una herramienta indispensable para potenciar la vitalidad y la productividad de las plantas de manera sostenible y natural (Edifarm, 2016).

Metodología

Ubicación política

Tabla 2

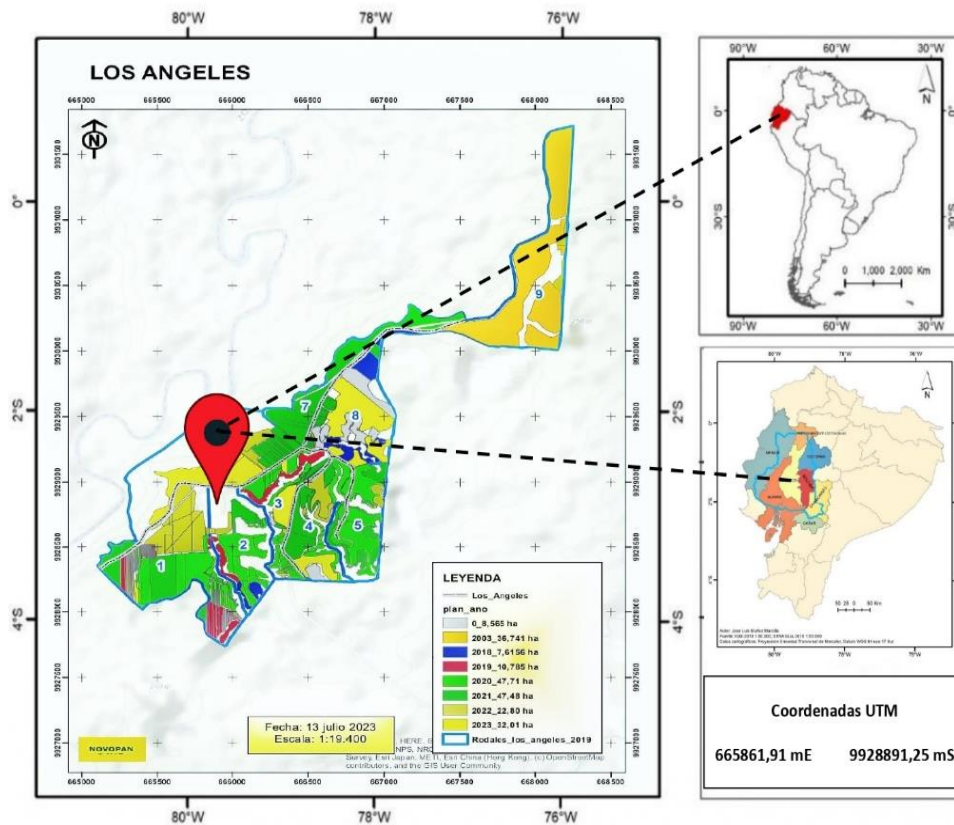
Ubicación del sitio de investigación.

País	Provincia	Cantón	Parroquia	Empresa
Ecuador	Los Ríos	Buena Fe	Patricia Pilar	Novopan Sa, hda Los Ángeles

Ubicación geográfica

Figura 2

Mapa de la ubicación geográfica del sitio donde se realizó la investigación.



Parámetros climáticos

Tabla 3

Parámetros climáticos, provincia Los Ríos, parroquia Patricia Pilar, sector Los Ángeles.

Parámetros Climáticos	Resultado
Zona de vida Holdrings	bh-T
Precipitación media anual	2476 mm
MSNM	139
Temperatura promedio	22.6 °C
Humedad relativa	88%
Variación de la precipitación época seca y húmeda	706 mm

Nota. Fuente: (Climate.org, 2021).

Materiales de Evaluación de Campo

Tabla 4

Recursos y materiales empleados en el proceso de propagación clonal a lo largo de la fase de vivero.

Materia para los Sustratos	
Insumos	Cantidad
Bandejas	16
Tubetes x Bandejas	70
Tubetes Totales	1120
Gavetas	2
Carretilla	1
Paletas de Ensayo	16
Etiquetas	16
Materiales de propagación	
Varetas (Clones /esquejes)	1120
Agua	A voluntad
Sustratos	De la Empresa
Bomba de 4L	3
AIB (Hormona Enraizante)	3%
Turbo Root	5ml/L
Phyllum Max R	5ml/L
Vitalex	5ml/L
Implementación de medidas preventivas para el control de hongos e insectos	
Propiconazole	1
Bomba de 4L	1

Materiales de Evaluación en Campo

Tabla 5

Recursos y herramientas empleados en la evaluación de las plantas producidas.

Material / Equipo	Cantidad
Balanza gramera	1
Cinta métrica	1
Calibrador o pie de rey	1
Cartulina	4
Probeta	1
Regla	1
Libreta de apuntes	2
Lapiceros	2

Materiales de Evaluación en Oficina

Tabla 6

Materiales y softwares utilizados en el análisis de datos.

Equipos	Cantidad
Computadoras	2
Calculadoras	2
Libreta	2
Excel	-
Arcgis	-
Infostat	-
Word	-

Diseño Experimental

Factores a Probar

Se utilizó un diseño unifactorial, centrándose exclusivamente en la prueba de los fitorreguladores como el único factor evaluado.

Fitorreguladores a utilizar

Tabla 7

Descripción de los tratamientos a evaluar los Fitorreguladores comerciales en estacas de (Eucalyptus urograndis).

Tratamientos	Producto	Dosis	Aplicaciones	Frecuencia
T1	AIB	3%	-	-
T2	Turbo Root	5ml/L	3	15 días
T3	Phyllum Max R	5ml/L	3	15 días
T4	Vitalex	5ml/L	3	15 días

Tipo de Diseño

En este proyecto de integración curricular, se implementó un diseño completamente al azar (DCA) que contó con la inclusión de cuatro tratamientos y se replicó en cuatro ocasiones para garantizar la validez y confiabilidad de los resultados obtenidos.

Características de las Unidades Experimentales

Tabla 8

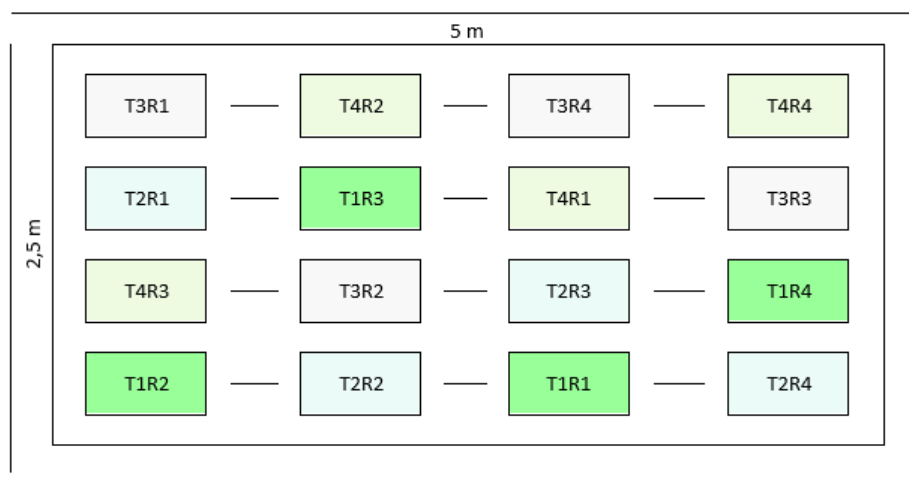
Repeticiones para cada tratamiento, generando un conjunto total de 16 unidades experimentales. A continuación, se detallan las características de cada una de ellas.

Numero de Tratamientos	16
Área de las unidades experimentales	0,23 m ²
Largo	58 cm
Ancho	38 cm
Forma de la unidad experimental	rectangular
Área total del ensayo	12,5 m ²
Largo	5m
Ancho	2,5 m

Distribución Geográfica espacial del ensayo

Figura 3

Diseño completamente al azar con cuatro tratamientos y cuatro repeticiones.



Análisis de Varianza

Tabla 9

Esquema del análisis de varianza.

Fuentes de variación	Grados de libertad	
Tratamientos	t-1	3
Error experimental	t (r-1)	12
Total	t*r-1	15

Modelo Lineal

Ecuación 1

Modelo lineal del análisis estadístico

$$Y_{ij} = U + t_{ij} + E_{ij}$$

Coefficiente de Variación

Ecuación 2

El coeficiente de variación se empleó como medida para evaluar la confiabilidad y homogeneidad de los datos.

$$cv = \frac{Sx}{|\bar{x}|}$$

Donde:

X: Variable sobre la cual se calculó la varianza

Sx: Desviación estándar

\bar{x} : Media del conjunto de observaciones

Análisis Funcional

Se aplicó la prueba de Tukey al 5% de nivel de significancia para realizar comparaciones de medias durante las distintas evaluaciones llevadas a cabo.

Ecuación 3

Test de Tukey

$$W = q \times \sqrt{\frac{CME}{r}}$$

Análisis Económico

Se llevó a cabo un análisis costo-beneficio de los sustratos utilizados en la producción de las plantas.

Variables por Evaluar

Para la evaluación de la producción y el crecimiento inicial de las plantas de eucalipto, se analizaron cuatro variables que se describen a continuación.

Longitud Radicular

Después de un período de 21 días, que constituye la duración durante la cual las estacas se encontraron en la casa de vegetación en proceso de enraizamiento, se llevó a cabo la primera evaluación. En este procedimiento, se seleccionaron al azar cuatro plantas por cada unidad experimental. Estas plantas fueron sumergidas en agua con el propósito de eliminar los residuos de sustratos adheridos a las raíces. Posteriormente, se midió la longitud radicular en centímetros utilizando una cinta métrica. Las mediciones subsiguientes se llevaron a cabo en intervalos de 15 días después de la primera evaluación.

Peso Radicular

De manera análoga a la medición inicial de la longitud radicular a los 21 días, se procedió a evaluar el peso de las raíces en intervalos de 15 días a partir de ese momento. La masa de cada raíz fue determinada mediante el empleo de una balanza analítica.

Diámetro a la Altura del Cuello

Para el diámetro, se llevó a cabo una recolección inicial de datos al momento de la cosecha de las estacas y posteriormente a los 21 días, utilizando un pie de rey. De manera similar a las dos variables previas, una vez que las plantas fueron trasladadas desde la casa de vegetación a la zona de aclimatación, se realizaron mediciones quincenales. En este procedimiento, el calibrador o pie de rey se posicionó en la transición entre la parte radicular y la parte aérea de la planta, obteniéndose los datos en milímetros.

Altura de la Planta

De manera análoga al procedimiento seguido para el diámetro, se registró la altura de las plantas utilizando una cinta métrica durante la cosecha de estacas y nuevamente a los 21 días subsiguientes. Las mediciones sucesivas se llevaron a cabo en intervalos de 15 días.

Porcentaje de Mortalidad

Se determinó el porcentaje de plantas fallecidas al día 21 durante la fase de invernadero, mientras que la mortalidad en la fase de aclimatación se evaluó en la última recolección de datos mediante la aplicación de la siguiente ecuación:

Ecuación 4

Tasa de mortalidad

$$Tm = \frac{Pm}{PT} \times 100$$

Donde:

Pm: Número de plantas muertas

PT: Número de plantas inicialmente propagada.

Resultados

Tabla 10

Propiedades químicas de los fitorreguladores utilizados durante el ensayo.

Nutrientes principales

Producto	Nitrógeno (N)	Fósforo (P)	Potasio (K)
Turbo Root	2.65%	2.82%	4.66%
Phyllum			
Max R	0.23%	13%	3.60%
Vitalex	8%	8%	8%

Micronutrientes

Producto	Hierro (Fe)	Zinc (Zc)	Manganeso (Mn)	Boro (B)	Magnesio (Mg)	Cobre (Cu)	Molibdeno (Mo)
Turbo Root	0.0171%	0.05%	0.10%	-	-	-	0.05%
Phyllum							
Max R	0.010%	0.004%	-	0.004%	0.07%	-	-
Vitalex	0,055%	0,045%	0,016%	0,015%	0,054%	0,06%	0,012%

Producto	Ácidos húmicos	Ácidos fúlvicos	Aminoácidos libres	Materia orgánica	Proteínas	Azúcares
Turbo Root	5.76%	1.44%	3.54%	-	-	-
Phyllum						
Max R	-	-	-	-	-	-
Vitalex	-	-	-	4,5%	1,5%	0,12%

Se puede observar en la tabla 1 de forma detallada los micronutrientes y macronutrientes que fueron aplicados en cada tratamiento, en el caso de Turbo Root existe un balance muy uniforme en la cantidad de micronutrientes, a diferencia de los dos fitorreguladores (Vitalex y Phyllum Max R) donde la cantidad de micronutrientes, es muy baja, aparte de esto cabe mencionar el alto contenido de ácidos húmicos de Turbo Root lo cual pueden tener varios efectos beneficiosos en el enraizamiento de los esquejes al estimular el crecimiento radicular, aumentar la absorción de nutrientes, mejorar la estructura del suelo y estimular la actividad microbiana. Su

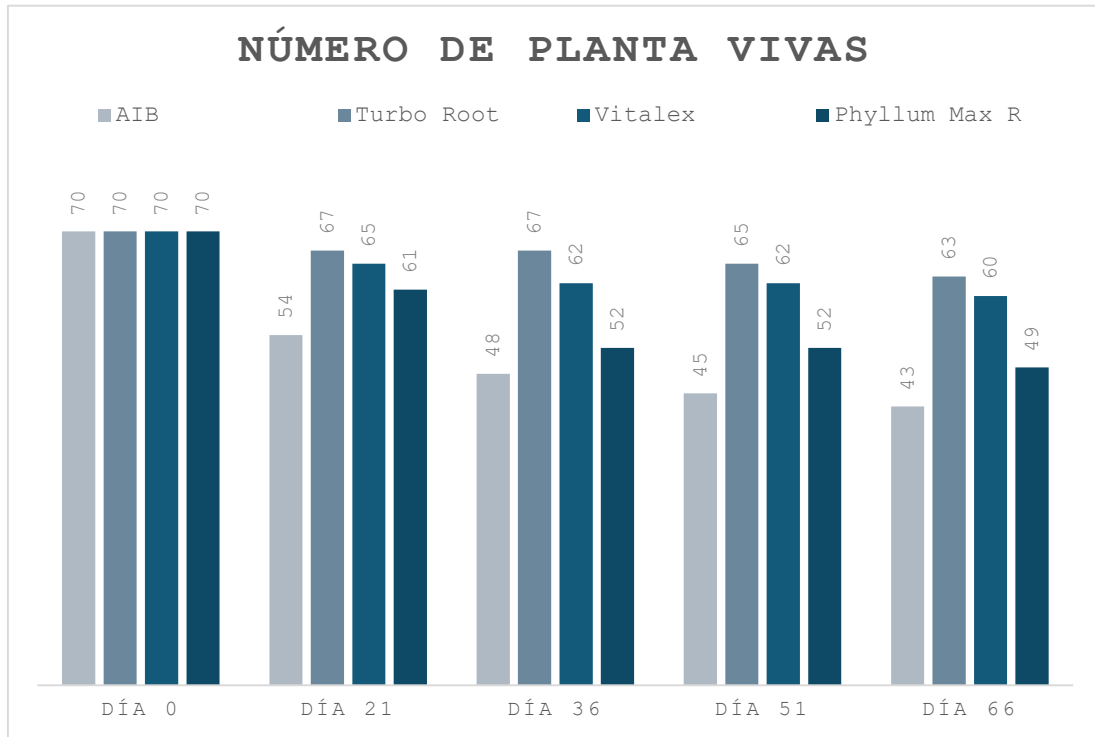
aplicación puede ser una práctica útil para mejorar el éxito del enraizamiento de los esquejes, especialmente en condiciones de suelo pobre o degradado, coincidiendo con los resultados obtenidos, (Casas, 2022), menciona en su investigación que los micronutrientes juegan un papel fundamental en el enraizamiento de esquejes, aunque su predominio podría ser menos significativo que el de los macronutrientes. Sin embargo, incluso en esta forma son fundamentales para diversos procesos metabólicos y fisiológicos que ocurren durante la formación de las raíces.

Según (Gutierrez & Chung, 2007) menciona que el hierro es importante para la formación de clorofila y para diversos procesos metabólicos en las plantas. Una deficiencia de hierro puede dañar negativamente la función de la planta en la fotosíntesis y la generación de carbohidratos, que paralelamente puede minimizar la función de los esquejes en las raíces en desarrollo, el zinc es esencial para la síntesis de auxinas, hormonas vegetales que favorecen el enraizamiento. La deficiencia del mismo puede inhibir la formación adecuada de raíces en esquejes, en el caso del cobre es fundamental para la actividad de algunas enzimas relacionadas en la formación de lignina y otras moléculas estructurales relevantes para el desarrollo de las raíces, una deficiencia de cobre puede dañar la fuerza y el desarrollo de las raíces en los esqueje, el manganeso es necesario para diversos procesos metabólicos., incluyendo la síntesis de clorofila y la activación de enzimas antioxidantes.

Una deficiencia de manganeso puede influir en la salud general de la planta y en su capacidad para enraizar correctamente, el boro es fundamental para la separación y el alargamiento de las células, procesos que son relevantes para el desarrollo de las raíces. Una deficiencia de boro puede provocar un crecimiento deficiente de las raíces de los esquejes.

Figura 4

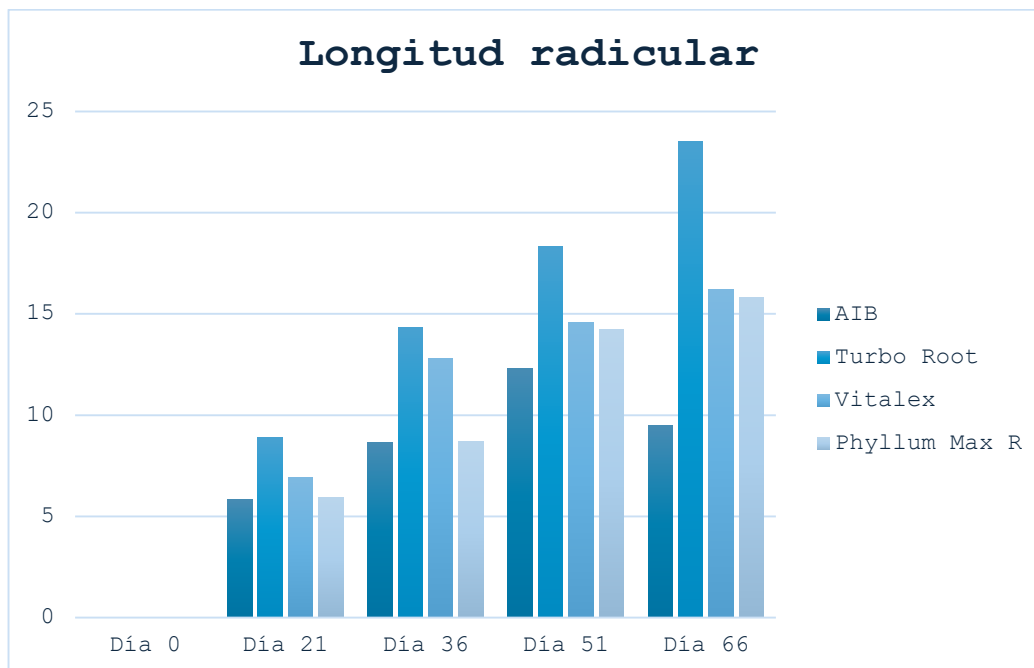
Cantidad de plantas vivas desde el día de siembra hasta el día de trasplante



Según menciona (Hernandez, 2020) es importante seleccionar esquejes de plantas maduras y saludables para maximizar las posibilidades de supervivencia, las plantas más vigorosas suelen producir esquejes con mayor capacidad para enraizar y sobrevivir, lo cual concuerda con el ensayo realizado, un factor fundamental al momento de la siembra de esquejes es el tipo de fitorregulador que se va aplicar, lo cual podemos observar en la figura 1, el Fitorregulador Turbo Root fue el más destacado, ya que la mortalidad fue mínima en el clon que se utilizó, se observó que la mortalidad bajó considerablemente.

Figura 5

Longitud radicular desde el día cero hasta el día 66.

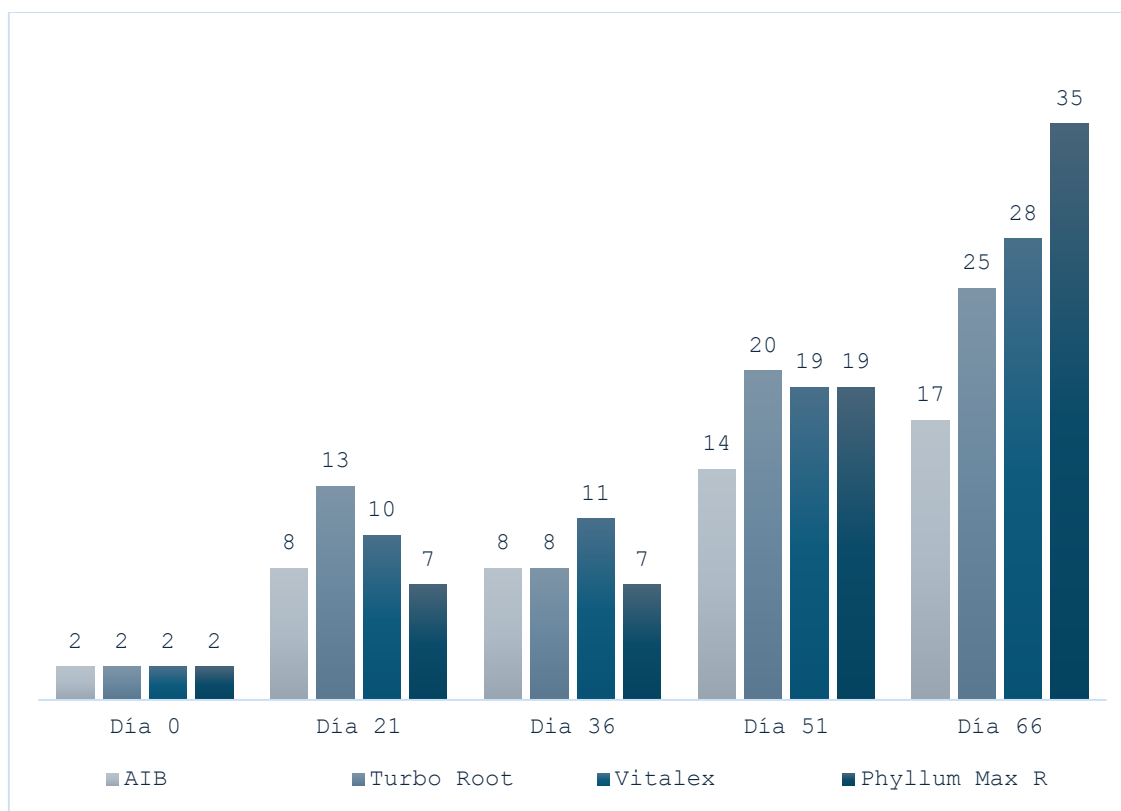


Según (Gutierrez & Chung, 2007), nos menciona que varias plantas poseen una natural capacidad de desarrollar raíces más largas a partir de esquejes que otros, como ejemplo varias especies de plantas forestales pueden desarrollar sistemas de raíces más extensos que otras, la función de enraizamiento cambia entre diferentes especies de plantas, varias especies tienen mayor capacidad para formar raíces a partir de esquejes que otros, existen factores que pueden afectar el enraizamiento cuando se realiza fuera de invernadero, las cuales pueden ser condiciones ambientales, como la temperatura., humedad, la luz y la calidad del suelo pueden influir en la longitud y el desarrollo de las raíces en los esquejes, en condiciones óptimas, como suelo húmedo, calidad tienden a promover un mayor crecimiento de las raíces, según lo mencionado en el ensayo se puede corroborar ya que dentro de invernadero se puede observar las longitudes en cada tratamiento visiblemente son diferentes, para los datos fueron tomadas plantas al azar, después de haber realizado la clasificación se puede analizar que el enraizante Turbo Root obtuvo las mayores longitudes radiculares empezando desde el día 21 hasta el día

66 que fue el trasplante a la fase de campo, realizando el análisis estadístico (Prueba de Tukey) con una fiabilidad del 95%, se corrobora que existe diferencia estadística significativa, se llega a la conclusión de que el tratamiento 2 se destaca ante el resto.

Figura 6

Número de hojas por planta con relación a los días

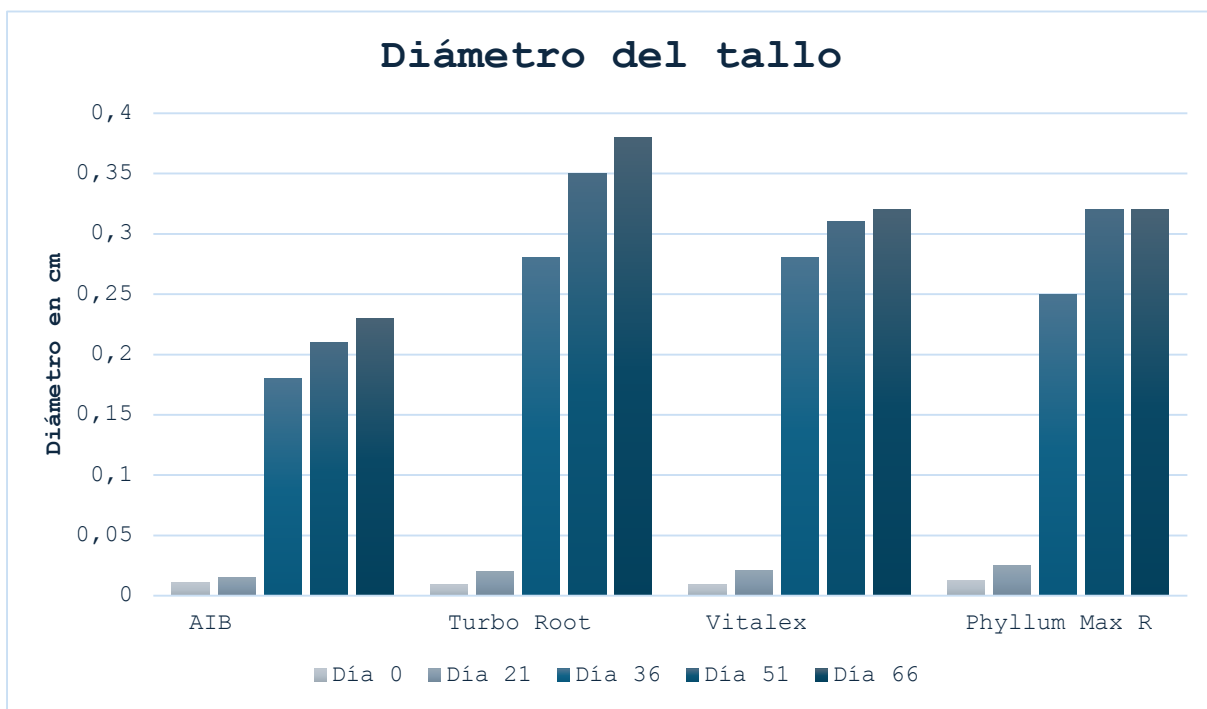


Como se observa en la figura 3, el tratamiento (Phyllum Max R) obtuvo el mayor número de hojas con un total de 35, comparando con el nivel de enraizamiento obtenido se puede destacar que la cantidad de hojas producidas por las plantas no influyen directamente al proceso de enraizamiento, un mayor número de hojas puede aumentar la tasa de transpiración, lo que paralelamente puede aumentar la demanda de agua del esqueje y minimizar sus reservas, lo que puede perjudicar negativamente el enraizamiento si no se proporciona un correcto suministro de agua, se puede recalcar que las hojas son los órganos dedicados a la fotosíntesis, proceso mediante el cual las plantas generan carbohidratos. Según menciona (Lopez, 2005) durante todo

el proceso de enraizamiento, los esquejes aprovechan las reservas de carbohidratos para desarrollar nuevas raíces, un mayor número de hojas puede aumentar la función fotosintética del esqueje, que en paralelo que va a consumir más energía y puede afectar directamente al desarrollo radicular, ya que, las hojas también siguen implicadas en el proceso de transpiración, por donde las plantas pierden agua. como vapor a través de las estomas, durante todo el enraizamiento, los esquejes necesitan mantener el agua para evitar la desecación lo cual detiene en un porcentaje mínimo el desarrollo radicular.

Figura 7

Diámetro del tallo y su relación con el enraizamiento de esquejes desde el día 0 al día 66.

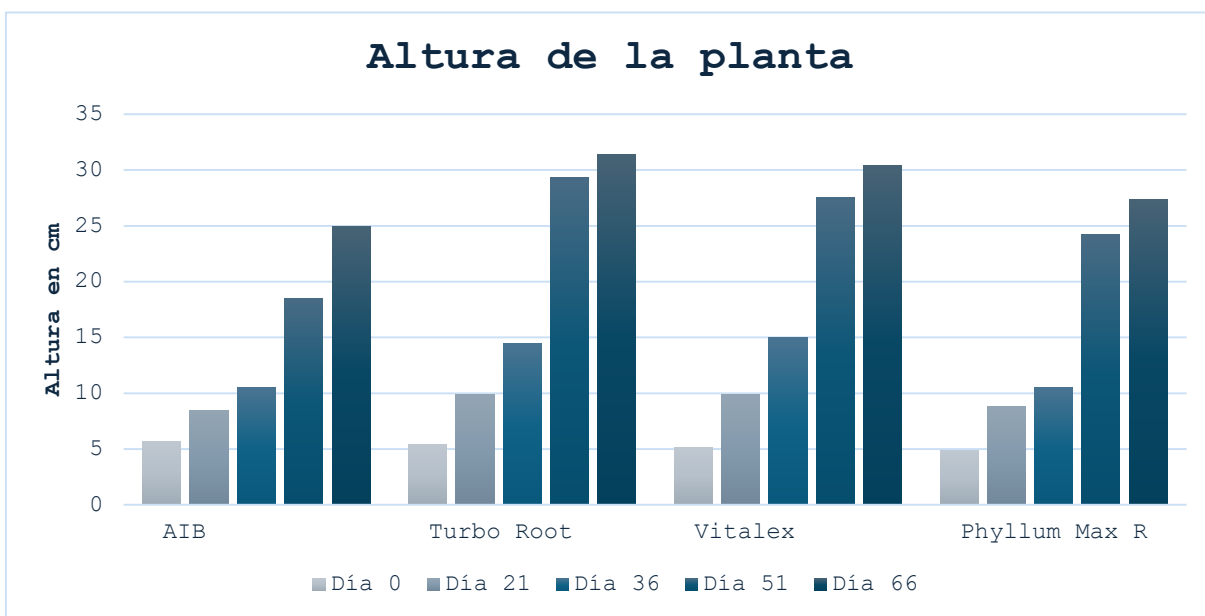


Se puede observar en la figura 4, que el desarrollo radicular da partir del día 21 depende directamente del grosor de los esquejes, lo cual los fitorreguladores utilizados en cada tratamiento aportaron en un porcentaje significativo, de los cuales se puede observar que se destacó Turbo Root, una vez realizada la prueba de Tukey, se llegó a la conclusión que existe diferencia significativa entre los tratamientos, el tratamiento dos (Turbo Root) se diferencia ante

los demás tratamientos refiriéndose al diámetro del tallo, lo cual se reflejó directamente en el enraizamiento, según nos menciona (Orozco, Ayala, & Aramendiz, 2012) los esquejes más gruesos generalmente tienen una mayor cantidad de tejido vascular, lo que puede significar una mayor reserva de carbohidratos. Estas reservas pueden ser importantes para el desarrollo de nuevas raíces, ya que proporcionan la energía necesaria para el crecimiento inicial antes de que las raíces puedan establecer una fuente independiente de nutrientes, un esqueje más grueso puede tener una mayor área de superficie, lo que potencialmente significa más sitios disponibles para el enraizamiento. Sin embargo, un esqueje más grueso también puede significar un mayor volumen de tejido que necesita ser alimentado por el agua y los nutrientes absorbidos por las raíces en desarrollo, lo cual se realizó dentro de invernadero. Esto puede ser ventajoso en condiciones de cultivo donde hay fluctuaciones en la disponibilidad de agua, en el ensayo se utilizó esquejes similares, con una medida inicial de 0,005 mm, para corroborar si los insumos aplicados tienen influencia directa al enraizamiento.

Figura 8

Altura de la planta y su influencia en la producción de raíces.



Se puede observar en la figura 5, que la capacidad de enraizamiento inicial depende de la altura del esqueje recolectado, lo más recomendable es que la altura sea menor a 5 cm, ya que va a necesitar menos nutrientes y menor cantidad de agua en su etapa inicial, lo cual se verá directamente relacionado con el enraizamiento a partir de la tercera o cuarta semana, como se observa se destacaron dos tratamientos T2 (Turbo Root) y T4 (Vitalex), si existe mucha diferencia estadística con referencia a la altura de la planta y su capacidad de enraizamiento, lo cual se comprobó con un test de Tukey con un porcentaje de fiabilidad del 95%, caso contrario si se recolecta esquejes de mayor altura puede afectar la salud y el vigor de la planta madre, lo que a su vez puede influir en la capacidad de los esquejes para enraizar, las plantas más maduras suelen tener sistemas de raíces más desarrollados y pueden tener una mayor capacidad para producir esquejes que enraízan exitosamente.

Sin embargo, (Lallana, 2023) nos menciona que es importante tener en cuenta que esquejes tomados de plantas muy maduras pueden tener una lignificación excesiva, lo que puede dificultar el enraizamiento, las plantas más altas y vigorosas pueden tener una mayor cantidad de reservas de nutrientes y energía, lo que puede ser beneficioso para el enraizamiento de los esquejes.

Sin embargo, es importante equilibrar esto con la posibilidad de que las plantas muy vigorosas produzcan esquejes con un crecimiento excesivo que pueda dificultar el enraizamiento, las plantas más altas suelen tener entrenudos más largos, lo que significa que los esquejes tomados de estas plantas pueden tener una mayor distancia entre los nudos. Esto puede ser beneficioso ya que proporciona más espacio para el desarrollo de nuevas raíces, pero también puede significar que los esquejes tienen menos nudos para formar raíces, lo que puede reducir la tasa de enraizamiento, la altura de la planta madre también puede influir en su exposición a las condiciones de cultivo, como la luz, la temperatura y la humedad.

Análisis de costos

Tabla 11

Precios de los fitorreguladores aplicados a un día de producción por jornal.

Producto	Precio/ Unidad	Precio/ Bandeja	Cantidad/ día	N° Plantas	Total
Turbo Root	\$11,60	\$0.058	1 litro	28.000	\$11,60
Phyllum Max R	\$16,00	\$0.08	1 litro	28.000	\$16.00
Vitalex	\$14,00	\$0.07	1 litro	28.000	\$14.00

La bandeja de Turbo Root demostró el menor costo de producción, alcanzando únicamente 0.058 centavos por cada 140 plantas. Le siguen en orden el Vitalex, con un costo de 0.07 centavos, y el Phyllum Max R, que presenta el costo más elevado, alcanzando los 0.08 centavos por bandeja.

Conclusiones

Se verificó que al momento enraizar plantas de eucalipto de la variedad Urograndis, la aplicación del fitorregulador Turbo Root puede asegurar totalmente el éxito del enraizamiento de los esquejes, especialmente en condiciones subóptimas o en variedades que pueden ser más difíciles de propagar, debido a las hormonas de enraizamiento presentes en el mismo pueden ayudar a estimular el desarrollo de las raíces en esquejes, de igual forma puede aumentar la tasa de enraizamiento y mejorar la calidad de las plantas las cuales van directamente a trasplante en fase de campo.

La altura de la planta efectos negativo al momento del enraizamiento inicial, caso contrario al elegir los esquejes más pequeños y delgados para la propagación influye de una forma directa, lo más relevante es tener en cuenta la calidad del material vegetal, como la existencia de nudos y la ausencia de patologías o enfermedades, así como correctas prácticas operativas durante todo el proceso de enraizamiento para optimizar las condiciones. Para la nutrición y asegurar el desarrollo radicular y de las plantas.

Basándose en los resultados se llegó a la conclusión de que los esquejes de menor diámetro tienden a enraizar más rápido que los de mayor diámetro, esto se debe a que los esquejes más delgados tienen menos tejido que necesita alimentación y pueden desarrollar raíces más rápidamente para mantener el equilibrio de agua y nutrientes, a diferencia de esquejes con mayor diámetro pueden ser más tolerantes al estrés hídrico debido a su mayor capacidad de retención de agua. Sin embargo, si se maneja incorrectamente, esto puede hacer que los esquejes se vuelvan más susceptibles a la pudrición o a problemas de enfermedades.

En relación de costos/beneficios, se opta por la aplicación de Turbo Root, ya que se obtiene resultados más notorios, para evitar el gasto innecesario de dinero se optó por fitorreguladores que mantienen un precio similar en el mercado, El principal beneficio de usar Turbo Root es su capacidad para aumentar la tasa de enraizamiento de los esquejes, lo que da

como resultado la obtención de más plantas vivas a nivel de campo un mayor éxito de enraizamiento puede aumentar la productividad de los programas de propagación de plantas, lo que resulta en plantas más grandes, mayor número de plantas producidas y mayores ingresos.

Recomendaciones

Se puede combinar el uso de enraizadores con sustratos adecuados, con el fin maximizar las posibilidades de éxito en el enraizamiento de esquejes, estos proporcionan un ambiente favorable para el desarrollo de las raíces al brindar soporte estructural, retener suficiente humedad y permitir una aireación adecuada.

La calidad del agua es un factor importante a la hora de enraizar esquejes, porque el agua utilizada puede afectar directamente la salud y el desarrollo de la planta, los factores principales que se puede controlar son, el pH del agua ya que es un factor es importante porque puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas, también el agua utilizada debe estar libre de contaminantes que puedan dañar las plantas, esto incluye metales pesados, y contaminantes biológicos, como patógenos y bacterias que pueden causar enfermedades en las plantas, controlar también los niveles altos de sal en el agua pueden ser perjudiciales para las plantas porque pueden causar estrés hídrico y afectar la absorción de agua y nutrientes.

Referencias bibliográficas

Alcántara-Nazario, Á. O. (2023). Efecto de la Relación Nitrato: Amonio en *Solanum nigrescens* Mart. & Gal. *Terra Latinoamericana*, 1-12.

Araujo, L. H. (2020). Contenido de los nutrientes básicos en *Catolaccus grandis* Burks criados sobre larvas del picudo del algodón. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1701 – 1707.

Bernardes, A. (2014). CRECIMIENTO, ACUMULACIÓN DE MACRONUTRIENTES Y PRODUCCIÓN DE MELÓN CANTALOUPO Y AMARILLO. *Caatinga*, 72-82.

Chan Sol Park, S. I. (2019). Prediction of basal endogenous losses of amino acids based on body weight and feed intake in pigs fed nitrogen-free diets. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias*, 186 – 192.

Claudia E. Toledo-Perdomo, M. A. (2023). Efecto del nitrógeno y aminoácidos libres en las poblaciones de trips (Insecta: Thysanoptera) en ejote francés (*Phaseolus vulgaris* L.). *La Calera*, 9 – 14.

E. P. Barone, F. A. (2018). APROVEITAMENTO DO LODO DE ESGOTO E DA CASCA DE PALMITO NA PRODUÇÃO DE MUDAS DE *Lantana* câmara. *Revista Brasileira de Engenharia de Biosistemas*, 421-852.

El cobre: importancia y funciones en la planta. (2023, August 30). Metroflor. <https://www.metroflorcolombia.com/el-cobre-importancia-y-funciones-en-la-planta/>

Farias, E. P. (2016). Aporte de carbono solúvel pelo sistema radicular de arroz e sua influência nos teores de substâncias húmicas de um Latossolo Vermelho-Amarelo Input of dissolved carbon and its influence on humic substances content in an Oxisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 875 – 882.

Farias, S. G. (2019). Estresse salino no crescimento inicial e nutrição mineral de gliricídia (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) em solução nutritiva(1) Growth and mineral nutrition of (*Gliricidia sepium* (Jacq.) Kunth ex Steud) seedlings in nutrient solution under sali. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 1499 – 1505.

Fernandes, A. R. (2020). Nutrição mineral de mudas de pupunheira sob diferentes níveis de salinidade. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 1613 – 1619.

Ferreira, G. B. (2018). Exportação de nutrientes minerais por frutos de aceroleira colhidos em diferentes épocas do ano. Revista Brasileira de Fruticultura, 806 – 811.

Francisco, M. (1998). Espaciamento en estacas juveniles de especies forestales. Turrialba: Centro agronómico tropical de investigacion.

Gabriel, S. G. (2018). RESPOSTA DA SOJA (*Glycine max*) À DUAS DIFERENTES FONTES DE POTÁSSIO. UNINGÁ Review, 374-631.

García, L. R. (2022). EVALUACIÓN A ESCALA LABORATORIO DEL SISTEMA “ELECTROCOAGULACIÓN” COMO PROPUESTA PARA LA REMOCIÓN DE NITRÓGENO TOTAL Y FÓSFORO TOTAL EN EL TRATAMIENTO TERCARIO DE AGUAS RESIDUALES DE ORIGEN DOMÉSTICO. Agua, Saneamiento & Ambiente, 32-53.

Gonçalves, E. d. (2019). Nutrição de mudas de angico-vermelho (*Anadenanthera macrocarpa* (Benth.) Brenan) submetidas a doses de N, P, K, Ca E Mg. Revista Árvore, 219 – 228.

Graciano, C., & Juan, G. (2003). Acumulación y distribución de materia seca en *Eucalyptus globulus* (Labill.) plantado en macetas con tres tipos de suelo y fertilizado con fósforo. Buenos Aires: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales, UNLP, La Plata, Argentina.

Gutierrez, B., & Chung, P. (2007). Propagación vegetativa y silvicultural en Eucalipto. Lisboa: Coop. Mejoramiento Genético UACH • CONAF . INFOR.

H. N. S. Mendonza, E. L. (2021). Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 201 – 207.

Hernandez, S. (2020). selección y propagación de árboles plus de eucalipto (*eucalyptus grandis* x *eucalyptus urophylla*) en la reforestadora del sinú. Cordova: Reforestadora del Sinú.

Junior, E. R. (2021). Alterações nos teores nutricionais foliares de bananeira 'prata-anã' adubada com composto orgânico em cinco ciclos de produção. Revista Brasileira de Fruticultura, 692 – 698.

Koehler, H. S. (2017). Micropropagação de *Cabralea canjerana* Micropropagation of *Cabralea canjerana*. Revista Árvore, 43 – 50.

Lima, E. d. (2021). Adubação NK no desenvolvimento e na concentração de macronutrientes no florescimento do feijoeiro Nitrogen and potassium fertilization and the development and macronutrient composition during flowering of common beans. Scientia Agricola, 125 – 129.

Lopez, E. (2005). Desarrollo de una plantación de *Eucalyptus globulus* establecida en primavera con diferentes tratamientos de riego. Valdivia: Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales.

Luz Adriana Giraldo C., H. F. (2018). Efecto de dos enraizadores en tres especies forestales promisorias para la recuperación de suelos. Investigación Agraria y Ambiental, 50-62.

M. A. K. Alcântara, O. A. (2021). Fator de retardamento e coeficiente de dispersão-difusão para o crômio (III) em solos muito intemperizados, influenciados pelo pH, textura e matéria orgânica. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 209 – 216.

Maia, J. T. (2018). Omissão de nutrientes em plantas de pinhão-manso cultivadas em solução nutritiva. *Revista Ceres*, 723 – 731.

Marcussi, F. F. (2015). Uso da fertirrigação e teores de macronutrientes em planta de pimentão *Fertigation application and macronutrients concentrations in plant of bell pepper*. *Engenharia Agrícola*, 642 – 650.

Maria Yumbra Orbes, N. I. (2017). Influencia de diferentes sistemas de cultivo en la calidad del tallo y las características de macronutrientes en *Solidago canadensis*. *Siembra*, 12-24.

Marlene A. Gobbi, A. T. (2020). Effects of the application of sewage sludge and fowl manure on soils of Paraná state in maize plants (*Zea mays* L.) as a macro-nutrients source. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 151 – 157.

Mendoza, J. W. (2020). CRECIMIENTO, ACUMULACIÓN DE MACRONUTRIENTES. *Caatinga*, 72 – 82.

Mesén, F. (1998). Enraizamiento de estacas juveniles de especies forestales: uso de propagadores de sub-irrigación. Turrialba - Costa Rica. Recuperado el 16 de febrero del 2024, de <https://books.google.com.ec/books?hl=es&lr=&id=L9IOAQAIAAJ&oi=fnd&pg=PP7&dq=importancia+de+la+propagacion+vegetativa+de+eucalyptus+urog>

randis&ots=3p7Kxl05_3&sig=ufy6ihZ6AUL16xrBg4t_KVcG8U#v=onepage&q=estac&f=alse

Neto, J. P. (2019). Partição de biomassa seca e nutriente em minicepas de eucalipto influenciada pela adubação NPK. *Ciência Florestal*, 467 – 476.

Oliveira, T. P. (2019). EFEITO DO ÁCIDO INDOL-3-BUTÍRICO (AIB) NO ENRAIZAMENTO DE MINIESTACAS DE IPÊ-ROXO (*Handroanthus heptaphyllus* MATTOS). *Ciência Florestal*, 1043 – 1051.

Orozco, A., Ayala, C., & Aramendiz, H. (2012). Efecto climático sobre la fisiología de las plantas. *U.D.C.A*, 63-76.

Paiva, H. N. (2021). Efeito da aplicação de cádmio sobre o teor de nutrientes em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) . *Ciência Florestal*, 153 – 162.

Patricio A Camus, Y. Y. (2019). Consumption and digestion of animal food by rocky intertidal herbivores: an evaluation of digestive flexibility and omnivory in three grazing species
Consumo y digestión de alimento animal por herbívoros del intermareal rocoso: evaluación de flexibilidad . *Latin American Journal of Aquatic Research*, 191 – 197.

Pegoraro, R. F. (2021). Estoques de carbono e nitrogênio nas frações da matéria orgânica em argissolo sob eucalipto e pastagem. *Ciência Florestal*, 261 – 273.

Pôrto, D. R. (2017). Acúmulo de macronutrientes pela cultivar de cebola "Superex" estabelecida por semeadura direta Evaluating macronutrients accumulated in onion plants of the 'Superex' cultivar in direct seeding system. *Ciência Rural*, 949 – 955.

Quintanilla, R. (2009). Enraizamiento de eucalipto camaldulensis. San Salvador: Facultad de ciencias agronómicas UES.

Ramos, D. D. (2023). Stocks of carbon, total nitrogen and humic substances in soil under different cropping systems
Estoque de carbono e nitrogênio totais nas substâncias húmicas do solo sob diferentes sistemas de manejo. *Semina: Ciências Agrárias*, 2129 – 2228.

Ramos, M. L. (2017). Seleção de matrizes e clones de mangabeira para o cultivo in vitro Selection of parents and clones of mangabeira for in vitro cultivation. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 431 – 435.

Reynaldo Solis L., J. O. (2012). Propagación in vitro de Carica papaya var. PTM-331 a partir de meristemas apicales In vitro propagation of Carica papaya var. PTM-331 from apical meristem. *Revista Peruana de Biología*, 343 – 347.

S. Bianco, L. C. (2018). Crescimento e nutrição mineral de *Sida rhombifolia*. *Planta Daninha*, 311 – 317.

S. Bianco, L. C. (2020). Growth and mineral nutrition of *Solanum americanum* Crescimento e nutrição mineral de *Solanum americanum*. *Planta Daninha*, 293 – 299.

Santo, A. P. (2021). EFEITO DA COBERTURA DO SOLO SOBRE OS TEORES DE MACRONUTRIENTES NA PARTE AÉREA DO MELOEIRO FERTIRRIGADO. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 430-602.

Santos, F. C. (2014). Descomposição e liberação de macronutrientes da palhada de milho e braquiária, sob integração lavoura-pecuária no cerrado baiano. *Ciência do Solo*, 1855-1861.

Santos, V. (2017). Efecto de calefacción en el enraizamiento de estacas de eucalipto grandis. Montevideo: Universidad de la república.

Schneider, T. (2022). AVALIAÇÃO DOS MICRONUTRIENTES NO SISTEMA SERAPILHEIRA-SOLO-PLANTA EM FLORESTA DE *Pinus taeda* EM DECORRÊNCIA DE ADUBAÇÃO E CALAGEM. *Revista do Instituto Florestal*, 143-241.

Scull-Rodríguez, I. (2017). Evaluación de los metabolitos secundarios en la harina de forraje de *Stizolobium aterrimum* (mucuna), para su uso en la alimentación animal. *Pastos y Forrajes*, 302 – 307.

Silva Rosemeire Helena da, R. C. (2021). Influência da cultura anterior e da compactação do solo na absorção de macronutrientes em soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 1269 – 1275.

Souza, F. S. (2017). Desenvolvimento radicular do algodoeiro em resposta à localização do fertilizante Cotton root development as affected by fertilizer placement. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 387 – 392.

Tardío, J., & Manuel, S. (2022). Conocimientos ancestrales relativos con la biodiversidad agrícola. Madrid: Ministerio de agricultura, pezca y alimentación.

Velasquez, M., & GAibor, J. (2011). Guía de cultivos energéticos de latinoamérica. Bolivar: Universitat Politècnica de Valencia.

Wilian Repuello Ruiz (2021) Concentración de minerales a dos profundidades del suelo en cultivos de alfalfa (*Medicago sativa*) en las localidades de Acraquía, Daniel Hernández y Colcabamba de la provincia de Tayacaja-Huancavelica.

Zuffellato, K. C. (2021). Miniestaquia de *Sapium glandulatum* (Vell.) Pax com o uso de ácido indol butírico e ácido naftaleno acético. *Ciência Florestal*, 19-31.