UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA FORESTAL Y AMBIENTAL

Evaluación de la influencia de diferentes concentraciones del biol en las características morfológicas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero, Chota, Cajamarca

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO FORESTAL Y AMBIENTAL

AUTOR

Bach. José Cristhian Cieza Carranza

ASESOR

Dr. Jim Jairo Villena Velásquez

CHOTA – PERÚ

Agosto, 2026

Universidad Nacional Autónoma de Chota

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

"Año de la Esperanza y el Fortalecimiento de la Democracia"

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Dr. Jim Jairo Villena Velásquez, en calidad de asesor, **hace constar** que la tesis de investigación Titulada **"Evaluación de la influencia de diferentes concentraciones del biol en las características morfológicas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero, Chota, Cajamarca"**; ejecutado por la Bachiller **José Cristhian Cieza Carranza** de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal y Ambiental, **asesorado por el Dr. Jim Jairo Villena Velásquez (Asesor)**; presenta un **ÍNDICE DE SIMILITUD DEL 3 %,** sin incluir bibliografía; por lo tanto, cumple con el criterio de evaluación de originalidad establecidoen el REGLAMENTO DE GRADOS Y TÍTULOS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE CHOTA aprobado mediante **RESOLUCIÓN DE COMISIÓN ORGANIZADORA N°770-2025-UNACH.**

Se expide la presente, a petición de la parte interesada para los fines que estime conveniente.

Chota, 2 de noviembre de 2026.

Atentamente

Dr. Jim Jairo Villena Velásquez
Unidad de Investigaciónde EPIFA - UNACH

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE INFORME FINAL DE TESIS

REG. N° 055-2026-FCA

El jurado evaluador designado con RESOLUCIÓN DE COORDINACIÓN N.° 079-2026-FCA/UNACH:

Nombres y apellidos	Cargo
Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito	Presidente
M. Sc. Jimmy Alberto Diaz Estrada	Secretario
Dr. Alejandro Seminario Cunya	Vocal

De la tesis titulada:

Evaluación de la influencia de diferentes concentraciones del Biol en las características morfológicas de *Alnus acuminata* Kunth. en condiciones de vivero, Chota, Cajamarca

Que ha sustentado el(los) Bachiller (es):

Nombres y apellidos	DNI
José Cristhian Cieza Carranza	

Para obtener el título profesional de:

Ingeniero Forestal y Ambiental

Acuerdan por:

X	Unanimidad		Mayoría

X	Aprobar		Desaprobar

Otorgando la calificación de:

X	Aprobado	
		Excelente
		Bueno
X		**Regular**

X	Desaprobado

Colpa Matara 04 de agosto de 2026

Dra. Yuli Anabel Chávez Juanito
Presidente

M. Sc. Jimmy Alberto Diaz Estrada
Secretario

Dr. Alejandro Seminario Cunya
Vocal

Dr. Jim Jairo Villena Velásquez
Asesor

Dedicatoria

A mis padres, ***Melanio Cieza y Lucía Carranza****, verdaderos pilares de mi vida. Este logro es el fruto de sus sacrificios, de los valores que me inculcaron y de las enseñanzas que me han acompañado siempre. Esta dedicatoria es apenas un gesto frente a la inmensidad de mi gratitud y mi admiración hacia ustedes; honrarlos con este trabajo es uno de mis mayores orgullos.*

A mis hermanos, por comprender mis ausencias sin reproches y compartir mis logros con alegría. En ustedes encontré siempre apoyo, compañía y afecto sincero. Esta dedicatoria también les pertenece, porque está hecha de amor, gratitud y el lazo indestructible que nos une como familia.

Agradecimientos

A Dios, por ser guía constante en mi camino, por darme fortaleza ante las dificultades y recordarme que la fe también se escribe con esfuerzo y perseverancia.

Mi más profundo agradecimiento a mis padres, ***Melanio Cieza y Lucía Carranza****, por ser el ejemplo constante de esfuerzo, perseverancia y valores. Gracias por su apoyo incondicional en cada etapa de mi vida, por sus sacrificios y por haberme formado con principios que hoy guían mi camino. Me siento profundamente agradecido y bendecido de ser su hijo, y es un honor poder retribuirles con este logro que también les pertenece.*

A mis hermanos:

Por su apoyo constante y por estar siempre a mi lado. Gracias por cada risa compartida y por su comprensión durante los momentos más exigentes de este proceso.

A mi asesor de tesis:

Dr. Jim J. Villena Velásquez. Agradezco sinceramente su tiempo, sus sabias recomendaciones y por inspirarme a alcanzar un nivel de rigor académico que no creí posible.

A todos los que, de manera directa o indirecta, contribuyeron a la realización de este trabajo, mi más sincero agradecimiento.

Índice de contenidos

CAPITULO I. 12

INTRODUCCIÓN 12

CAPITULO II. 17

MARCO TEÓRICO 17

2.1. Antecedentes 17

2.1.1. Internacionales 17

2.1.2. Nacionales 17

2.1.3. Locales 19

2.2. Bases teórico – científicas 20

2.2.1. Fertilizantes orgánicos 20

2.2.2. Los bioestimulantes 21

2.2.3. Ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos y químicos 21

2.2.4. Biol 22

2.2.5. Mecanismo de la fertilización foliar 22

2.2.6. Composición química del biol 23

2.2.7. Digestión anaerobia 24

2.2.8. Diseño del biodigestor 25

2.2.9. Factores que influyen en la digestión anaerobia 26

2.2.10. "Aliso" Alnus acuminata 27

2.3. Marco conceptual 28

2.3.1. Biodigestor 28

2.3.2. Efluente 29

2.3.3. Biosol 29

2.3.4. Biofertilizante 29

2.3.5. Fertilizante químico 29

2.3.6. Biol 29

2.3.7. Residuos orgánicos 29

2.3.8. Materia orgánica 30

2.3.9. Ácidos orgánicos 30

2.3.10. Sustancias húmicas 30

2.4. Hipótesis 30

2.5. Operacionalización de variables 31
2.5.1. Variable independiente 31
2.5.2. Variable dependiente 31
CAPÍTULO III. 32

MARCO METODOLÓGICO 32

3.1. Tipo y nivel de investigación 32
3.2. Diseño de la investigación 32
3.3. Métodos de investigación 33
3.4. Población, muestra y muestreo 40
3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos 40
3.6. Materiales e insumos: 40
3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos 41
3.8. Aspectos éticos 42
CAPÍTULO IV. 43

RESULTADOS Y DISCUSIÓN 43

4.1. Descripción de resultados 43
4.2. Contrastación de hipótesis 47
4.3. Discusión de resultados 62
CAPÍTULO V 67

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 67

5.1. Conclusiones 67
5.2. Recomendaciones 68
CAPÍTULO VI 69

REFERENCIAS 69

Índice de tablas

Tabla 1. *Ventajas y desventajas del fertilizante orgánico y químico……..21*

Tabla 2. *Composición química de bioles de origen porcino, gallinaza y bovino……..23*

Tabla 3. *Indicadores de calidad del biol……...……24*

Tabla 4. *Operacionalización de variables……31*

Tabla 5. *Prueba de Kruskal-Wallis……..42*

Tabla 6. *Análisis de varianza y prueba F para un experimento completamente al azar (DCA)……42*

Tabla 7. *Resultados de las concentraciones de nutrientes del análisis de biol……..43*

Tabla 8. *Promedios de los resultados de la medición de las variables en las repeticiones del tratamiento con biol al* 5%, 10%, 15%, y 20%. ……*44*

Tabla 9. *Resultados de medición en laboratorio para variables e índices de calidad de planta de Alnus acuminata por tratamiento……46*

Tabla 10. *Test de supuestos de normalidad para el control de crecimiento……47*

Tabla 11. *Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el desarrollo vertical en las diferentes evaluaciones ……48*

Tabla 12. *Comparaciones múltiples entre tratamientos para el desarrollo vertical mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm ……49*

Tabla 13. *Valores promedio del desarrollo vertical y comparación múltiple de tratamientos según la prueba de Dunn con ajuste de Holm……49*

Tabla 14. *Prueba de Kruskal-Wallis por medición para el diámetro de cuello ……51*

Tabla 15. *Comparaciones múltiples entre tratamientos para el diámetro de cuello mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm ……53*

Tabla 16. *Valores promedio del diámetro de cuello por tratamiento en las evaluaciones con diferencias estadísticas significativas ……53*

Tabla 17. *Prueba de Kruskal-Wallis por medición para el número de hojas ……55*

Tabla 18. *Comparaciones múltiples entre tratamientos para número de hojas mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm ……57*

Tabla 19. *Valores promedio del diámetro de cuello por tratamiento en las evaluaciones con diferencias estadísticas significativas ……57*

Tabla 20. *Prueba de normalidad de varianzas, índice de calidad de planta ……59*

Tabla 21. *Análisis de varianza para el Índice de Robustez……59*

Tabla 22. *Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Índice de Robustez ……60*

Tabla 23. *Análisis de varianza para el Índice de Calidad de Dickson……60*

Tabla 24. *Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Índice de calidad de Dickson..61*

Tabla 25. *Prueba de Kruskal-Wallis por medición para el Índice de Lignificación……61*

Tabla 26. *Datos de campo de las variables altura, diámetro de cuello y número de hojas….86*

Índice de figuras

Figura 1. *Croquis de la investigación……33*

Figura 2. *Esquema metodológico de la investigación……38*

Figura 3. *Ubicación del vivero……39*

Figura 4. *Comportamiento longitudinal del desarrollo vertical según concentración de biol.50*

Figura 5. *Comportamiento longitudinal del diámetro de cuello según concentración de biol.54*

Figura 6. *Comportamiento longitudinal del número de hojas según concentración de biol…58*

Figura 7. *Distribución de los niveles del índice de lignificación según los diferentes grupos de tratamiento ……62*

Figura 8. *Preparación de insumos para la elaboración del biol……82*

Figura 9. *Preparación del biol……82*

Figura 10. *Preparación de soluciones de bio al 5%, 10%, 15% y 20%.....83*

Figura 11. *Aplicación del biol a los tratamientos……83*

Figura 12. R*ecolección de datos de campo……84*

Figura 13. *Resultados del análisis de calidad de biol……85*

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de distintas concentraciones de biol en las características morfológicas del *Alnus acuminata* en condiciones de vivero, la investigación se desarrolló en base a la problemática del uso de fertilizantes químicos y la limitada nutrición en la propagación de especies nativas. Para el desarrollo de la investigación se utilizó un diseño completamente al azar (DCA), con una metodología que consta de cuatro tratamientos con biol al 5%, 10%, 15% y 20% más un testigo, en la primera etapa se elaboró el biol y se analizó su concentración de nutrientes, mostrando una relación C/N de 11,60 el cual indica una buena calidad de biofertilizante. Posteriormente se aplicaron los tratamientos y se evaluaron los índices de calidad de planta, mostrando resultados favorables para T4, T3 y T2. Finalmente, se concluye que los resultados del análisis no paramétrico mostraron diferencias significativas para los índices de robustez y Dickson respecto al tratamiento testigo. Estos resultados muestran que los tratamientos con biol influyen positivamente en las características morfológicas de *Alnus acuminata*, contribuyendo al desarrollo sostenible y manejo responsable de los residuos orgánicos.

Palabras clave: biol, tratamiento, *Alnus acuminata,* características morfológicas, índice de calidad.

Abstract

This research aimed to evaluate the influence of different concentrations of biofertilizer on the morphological characteristics of *Alnus acuminata* under nursery conditions. The research was developed based on the problem of chemical fertilizer use and limited nutrition in the propagation of native species. A completely randomized design (CRD) was used, with a methodology consisting of four treatments with biofertilizer at 5%, 10%, 15%, and 20% concentrations, plus a control. In the first stage, the biofertilizer was prepared and its nutrient concentration was analyzed, showing a C/N ratio of 11.60 which indicates good biofertilizer quality. Subsequently, the treatments were applied, and plant quality indices were evaluated, showing favorable results for T4, T3 and T2. Finally, the results of the non-parametric analysis showed significant differences in the robustness and Dickson indices compared to the control treatment. These results show that biofertilizer treatments positively influence the morphological characteristics of *Alnus acuminata*, contributing to the sustainable development and responsible management of organic waste.

Keywords: biofertilizer, treatment, *Alnus acuminata*, morphological characteristics, quality index.

CAPITULO I.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años se distinguen diversos problemas ambientales en el mundo; la pérdida de la cobertura vegetal es la más preocupante, este problema está relacionado principalmente con actividades antrópicas como la agricultura, sobrepastoreo y actividades industriales. En el Perú se vienen ejecutando diversos programas de reforestación impulsados por instituciones públicas y privadas, sin embargo, en regiones como Cajamarca, específicamente en la provincia de Chota el desconocimiento en la propagación de especies forestales es preocupante, debido a que mayormente se producen especies exóticas como el "pino" y "eucalipto", ignorando el efecto negativo que estas causan a los ecosistemas naturales ya que son especies de rápido crecimiento. Por otra parte, se distinguen problemas en la nutrición de plantones, en referencia a la utilización de productos químicos y sus altos costos.

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia de diferentes concentraciones de biol en las características morfológicas de plántulas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero. Esta investigación busca encontrar respaldo científico a fin de presentar el biol como un insumo sostenible para la producción de plantones.

Por lo mencionado con la presente investigación se hace énfasis en la producción de plantones de *A. acuminata* con fertilización foliar orgánica, por sus beneficios a los ecosistemas puesto que mejora la calidad de suelos a través de la fijación de nitrógeno y mejora la estructura del suelo, además del uso de su madera. Por tal motivo, se evaluaron los índices de calidad de planta como el índice de robustez, índice de calidad de Dickson y las variables morfológicas de control de crecimiento como la altura, diámetro de cuello y número de hojas. En este sentido, se planteó la hipótesis H_1. La concentración del biol influye de manera significativa en las características morfológicas de *A. acuminata* en condiciones de vivero y H_0. La concentración

del biol no influye de manera significativa en las características morfológicas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero.

1.1. Planteamiento del problema

La subsistencia de los seres vivos en el planeta depende directamente de la riqueza natural de esta (Soto, 2019). Sin embargo, en los últimos años el incremento de la población mundial ha traído consigo la escasez de recursos naturales, principalmente ocasionada por la depredación antrópica del medio biótico y abiótico; es por lo que, actualmente se aprecia el esfuerzo de los gobiernos en la conservación de los ecosistemas terrestres y acuáticos (Tal, 2025). La búsqueda constante de maximizar el rendimiento de los cultivos ha impulsado el uso de fertilizantes químicos, sin embargo, estos degradan el suelo al reducir retención de agua, fertilidad, aumentar acidez, y dañar la microflora natural del suelo, además; desequilibran el contenido de nutrientes y causan grave contaminación ambiental (Nosheen et al., 2021). Por lo que es vital cambiar el enfoque a la producción de métodos seguros y respetuosos con el medio ambiente para la producción sostenible de cultivos (Allouzi et al., 2022).

En Perú, se promueven diversos esfuerzos en reforestación, sin embargo, en la mayoría de los casos no se realizan teniendo en cuenta las características de la especie y por ende sus repercusiones hacia los ecosistemas. Diversos factores como pérdida de nutrientes del suelo, sequías y erosión contribuyen, limitando la conciencia y acción colectiva en la conservación de la cobertura vegetal (Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA], 2019). La reforestación en Perú es una opción para la conservación ambiental, sin embargo, muchos programas han utilizado especies exóticas como el “pino” y “eucalipto”, priorizando aspectos económicos sobre el impacto ambiental y el desplazamiento de especies autóctonas en gran parte del país (Guariguata et al., 2017; Ramos, 2023). La región Cajamarca, disfruta de una posición geográfica favorable que sustenta una rica variedad de especies forestales autóctonas, entre las cuales destaca el “aliso” *Alnus acuminata*. Este árbol se encuentra dentro de un grupo

selecto con la capacidad de fijar nitrógeno (N) al suelo, sumado a su rápido crecimiento y demandas moderadas de nutrientes. Estas cualidades hacen que la especie sea una elección ideal para la restauración y conservación de suelos en la región (Pacheco & Quisbert, 2016; Ukozehasi et al., 2024).

Localmente, la provincia de Chota no es ajena a la problemática de la pérdida de la cobertura vegetal endémica; pues diversos factores como el sobrepastoreo, agricultura y sobrepoblación han sido las causas que agravan la problemática. Asimismo, en la producción de plantones en vivero incurren diversas preocupaciones como es el caso de la adecuada nutrición para el desarrollo integral de las especies a propagar (Pacheco & Quisbert, 2016; Ukozehasi et al., 2024), por lo que se utilizan diversos insumos inorgánicos como son los foliares químicos. Es por ende que es importante la producción de insumos nutricionales orgánicos como el biol para incrementar la eficiencia de los viveros en la producción de plantones.

El aliso se encuentra distribuido en casi toda la provincia de Chota, distinguiéndose las variantes ‘roja’ y ‘blanca’; su importancia en la conservación de suelos, anteceden al presente estudio por lo que se sustenta como base para la propagación sostenible de especies endémicas, específicamente en la evaluación de las características morfológicas de *A. acuminata* utilizando biol orgánico en diferentes concentraciones.

1.2. Formulación del problema

¿Cuál es la influencia de diferentes dosis de biol en las características morfológicas de las plántulas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero?

1.3. Justificación

Ambientalmente el estudio se sustenta como base para la propagación de especies nativas como el *A. acuminata;* debido a su gran importancia en cuanto a la fijación de nitrógeno en el suelo, lo cual supone una alternativa para mejorar las características de suelos degradados y la conservación de estos. Además, mediante la elaboración de biol, el proyecto es amigable con el medio ambiente, pues para la elaboración de este se emplean principalmente residuos y subproductos, los cuales se biodegradan y se convierten en un producto de valor agregado.

La investigación también supone un impacto positivo y directo a la economía de los productores de plantones forestales, esto debido a que se brindó la alternativa de producción con el uso biol; teóricamente, el estudio es de relevancia global debido a que los resultados obtenidos mediante la ejecución del presente proyecto se consolidaron como antecedentes para futuros estudios relacionados con la propagación de especies nativas y producción de abonos orgánicos. Asimismo, el presente proyecto tuvo relevancia institucional en la UNACH debido a que impulsa la investigación científica y alimenta el repositorio institucional, proporcionando de esta manera una herramienta más para el desarrollo profesional de los estudiantes.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo general

Evaluar la influencia de diferentes concentraciones de biol en las características morfológicas de plántulas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero.

1.4.2. Objetivos específicos

- Analizar la concentración de NPK del biol producido.
- Evaluar el efecto del biol en el desarrollo vertical de plántulas de *A. acuminata* en un entorno de vivero.
- Analizar la respuesta del diámetro de cuello de raíz de *A. acuminata* ante distintas concentraciones de biol.
- Cuantificar la biomasa total y distribución de biomasa en raíces y partes aéreas de *A. acuminata* en función de variaciones de concentración de biol.
- Determinar el índice de robustez de *A. acuminata* en los diferentes tratamientos.
- Determinar el índice de calidad de Dickson.

CAPITULO II.

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Internacionales

En el contexto internacional en los últimos años se han reportado múltiples trabajos sobre biofertilizantes y han revelado su capacidad para proporcionar los nutrientes necesarios al cultivo en cantidades suficientes que resultaron en la mejora del rendimiento de los cultivos (Mahanty et al., 2017).

Cauja (2022) evaluó la germinación de semillas de *A. acuminata* en tres sustratos y dos procesos pregerminativos en el vivero Riobamba, Ecuador. Se midió variables como porcentaje de germinación en tres etapas (20, 40 y 60 días) y desarrollo vegetativo (altura, diámetro del cuello, hojas verdaderas a los 60 días). Se usó la prueba de Tukey para el análisis y, los resultados destacaron tratamientos de germinación: 46,66% a los 20 días, T3= 70% a los 40 días y T4= 60% a los 40 días, mientras que a los 60 días no existió más semillas germinadas.

2.1.2. Nacionales

Vargas (2018) realizó el estudio propagación del *A. acuminata* a nivel de vivero, con el uso de sustratos en Vilcabamba Grau - Apurímac, el tipo de investigación fue de tipo aplicativo porque se ha propagado aliso por medio de semilla y de nivel experimental, porque la variable independiente se manipuló y las variables dependientes fueron observadas, medidas; y cuantificadas. El diseño de la investigación es Diseño de bloques completos al azar, comprendidas de tres bloques (DBCA) y 12 unidades de estudio, cada unidad comprende 80 repeticiones, obteniéndose como resultado un promedio de 15 hojas verdaderas, concluye que la propagación por brinzal es el mejor método de propagación de aliso.

Tito (2019) evaluó la producción *A. acuminata* en diferentes sustratos en vivero Andahuaylas, se instalaron tres tratamientos: T1= 50% de tierra negra, 33,33% de arena y 16,7% de compost. T2= 33,33% de tierra negra, 50% de arena y 16,7% de compost y T3= 16,7% de tierra negra, 33,33% de arena y 50% de compost. Determinaron que el porcentaje de germinación de *A. acuminata* con el T3, obtuvo un promedio de 48,33% de plantones germinadas, seguido de T1 con 45,67% y el T2 con 42,33%.

Julon (2016) evaluó la concentración óptima de biol para fertilizar *Cedrelinga catenaeformis* Ducke, *Guazuma crinita* Mart y *Swietenia macrophylla* King en vivero. Se aplicaron dosis (0%, 25%, 50% y 100%) cada 15 días durante cinco meses. Empleando un Diseño Completamente al Azar (DCA), se midieron variables como altura, hojas, diámetro del tallo, área foliar, peso del tallo y hojas, peso de raíz y tamaño de raíz. Determinó que la dosis óptima de biol para el crecimiento en tubetes de 118 mm es 44,68% para *C. catenaeformis* 37,93% para *G.crinita* y 34,60% para *S. macrophylla.*

Martinez (2018) evaluó el efecto de tres dosis biol en la fase de vivero del cultivo de cacao *Theobroma cacao* L. en la Junta Vecinal de Pampa Yurac, Distrito y Provincia de Padre Abad (Ucayali). Seleccionó 600 plantones de *T. cacao*. Las evaluaciones fueron realizadas a los 15, 30, 45, 60, y 75 días; el autor concluye que la aplicación de biol al 7,5%, generó mejores promedios de altura de planta, diámetro de tallo, longitud de tallo, número de hojas, longitud de hoja y ancho de hoja, siendo el tratamiento testigo el que presentó los más bajos promedios de desarrollo vegetativo.

Zevallos (2018) evaluó el efecto de biol y ácidos húmicos en la propagación sexual de "paulownia" *Paulownia tomentosa* Thunb bajo condiciones de invernadero en la ciudad de Arequipa. Evaluó el efecto de biol al 50% y ácidos húmicos al 5% y su combinación. El experimento se compuso por16 tratamientos, cada uno con tres repeticiones, Con un número

total de 960 plántulas en estudio. Dentro de los resultados obtenidos a los 15 días, aplicando biol y ácidos húmicos, el T11 (biol y ácidos húmicos) logró mayor porcentaje de emergencia (10,07%), mayor porcentaje de plantas logradas (7,33%). A los 30 días T11 nuevamente logró mayor porcentaje de emergencia (3,51%) y tiempo de emergencia de 11.67 días.

Mamilovich (2018) evaluó el efecto del biol y estiércol de ovino en las propiedades del suelo y crecimiento del "cacao" *Theobroma cacao* L. en el vivero forestal de la Facultad de R.N.R. –Universidad Nacional Agraria de la Selva, el objetivo principal de conocer si hay efecto del biol y estiércol de ovino en las propiedades del suelo y en el crecimiento de los plantones de cacao CCN-5, evaluó cada 15 días durante seis meses. Determinó que el mejor resultado obtuvo el tratamiento 4 (Suelo agrícola más biol 1,5 L), lo cual indica que las dosis agregadas al suelo es la mejor opción para la producción de plantones de Cacao CCN-51.

Jaulis et al. (2020) evaluaron el efecto de la combinación de abonos orgánicos en la Churufer y Churubiol para la producción de plantas de café en la localidad de Chirinos – Cajamarca, la investigación tuvo un diseño (DBCA) con 16 tratamientos. Aplicaron los tratamientos con la combinación de abonos orgánicos vía foliar y radicular durante 120 días obteniendo que los abonos incrementan el desarrollo de las plantas de café de manera significativa.

2.1.3. Locales

A nivel de distrito y provincia de Chota no se han desarrollado investigaciones en la cual analicen el efecto de los abonos orgánicos como el biol en las características morfológicas de plantones de *Alnus acuminata*, lo que realza aún más la importancia de la presente investigación.

2.2. Bases teórico – científicas

2.2.1. Fertilizantes orgánicos

El uso de fertilizantes químicos provoca impactos negativos sobre las características físicas, químicas y microbiológicas del suelo, ya que en su composición tienen metales pesados tales como: Hg, As, Cd, Pb, Ni y Cu, los cuales se acumulan en el suelo y son absorbidos por las plantas (Savci, 2012), de manera similar, este tipo de fertilizantes también contaminan las fuentes de agua (Chew et al., 2019). Es por ello que, en la actualidad, se ha enfocado el interés en el uso de fertilizantes orgánicos, los cuales aumentan la fertilidad o capacidad productiva del suelo, sin provocar efectos adversos y garantizando la conservación de los ecosistemas (Bhardwaj et al., 2014; Silva et al., 2016).

Los fertilizantes orgánicos se obtienen a partir de la descomposición natural de residuos orgánicos que pueden ser de origen vegetal (residuos de alimentos) o animal (estiércol) (Chew et al., 2019). Existen fertilizantes orgánicos sólidos tales como: el estiércol, compost y vermicompost; y fertilizantes orgánicos líquidos, por ejemplo, el biol (Chew et al., 2019; Hartz et al., 2010; Siura & Dávila, 2008). El contenido de nitrógeno en el fertilizante ya sea en forma líquida o sólida es de aproximadamente 1% (Panjaitan et al., 2023). Los fertilizantes orgánicos líquidos contienen macronutrientes, microorganismos, auxinas, citoquininas y ácidos orgánicos que favorecen el crecimiento de las plantas (Phibunwatthanawong & Riddech, 2019). La ventaja que posee frente a los fertilizantes orgánicos sólidos es que pueden rociarse con facilidad mediante sistemas de riego y pulverización (Hartz et al., 2010; Khalilzadeh et al., 2012). Por otro lado, a diferencia de los fertilizantes químicos se puede aplicar repetidas veces y aunque sea de manera frecuente no provoca efectos adversos en el suelo ni en las plantas (Panjaitan et al., 2023).

2.2.2. Los bioestimulantes

Los bioestimulantes se producen a partir de la descomposición de desechos de alimentos o subproductos agroindustriales, los cuales contienen sustancias bioactivas y/o microorganismos que al ser aplicados sobre las plantas o la rizosfera estimulan el crecimiento y productividad favoreciendo la absorción y asimilación de nutrientes y la tolerancia al estrés abiótico (Franzoni et al., 2022).

2.2.3. Ventajas y desventajas de los fertilizantes orgánicos y químicos

En la tabla 1 se muestran las ventajas y desventajas del fertilizante orgánico y químico según (Chen, 2006; Chew et al., 2019).

Tabla 1
Ventajas y desventajas del fertilizante orgánico y químico

Tipo de fertilizante	Ventajas	Desventajas
Fertilizante orgánico	- Suministro y movilización adecuada de los nutrientes en el suelo. - Brinda las condiciones adecuadas para el crecimiento de microorganismos benéficos. - Mejora la estructura del suelo para el crecimiento óptimo de las raíces. - Reduce las enfermedades en las plantas. - Aumenta la capacidad de intercambio catiónico. - Favorece la humedad en el suelo. - Mejora la fertilidad del suelo. - Son económicos, no contaminan y sus materias primas son de fuentes renovables.	- El contenido de nutrientes es bajo en comparación con los fertilizantes químicos. - La tasa de suministro de nutrientes es baja por lo que podría haber deficiencia de micro y macronutrientes. - La aplicación extensiva y el uso a largo plazo puede provocar la acumulación de sales y metales pesados en el suelo.
Fertilizante químico	- Los nutrientes son fácilmente absorbidos por las plantas - La eficiencia en el suministro de nutrientes es inmediata. - Costo menor a los fertilizantes orgánicos. - El contenido de nutrientes es elevado, aunque solo se utilice una pequeña parte para el óptimo crecimiento de las plantas.	- El exceso de nitrógeno provoca el ablandamiento de los tejidos favoreciendo las plagas y enfermedades. - Pérdida de la estructura del suelo. - Acidificación o alcalinización del suelo. - Extinción de microorganismos benéficos. - Contaminación de recursos hídricos por lixiviación de los fertilizantes.

2.2.4. Biol

El biol es un fertilizante orgánico líquido que se obtiene a partir de la digestión anaerobia de plantas y estiércol (Siura & Dávila, 2008). Cabe resaltar que el biol contiene elementos esenciales como el nitrógeno, fósforo, potasio y calcio, así como fitohormonas como las auxinas, giberelinas, ácido indol acético y otras sustancias que favorecen el crecimiento de las plantas (Ubalua, 2007; Gil et al., 2022), de manera similar potencia el intercambio catiónico en el suelo favoreciendo la disponibilidad de nutrientes (Cano et al., 2016).

La aplicación del biol se puede realizar sobre el suelo o follaje de las plantas a distintas dosis (Siura & Dávila, 2008), sin embargo, es recomendable aplicar en el follaje ya que, la eficiencia en la absorción de nutrientes es más alta al aplicarlo en las hojas que en el suelo, por ejemplo, los micronutrientes son entre 6 – 20 veces más útiles para las plantas al aplicarlo sobre sus hojas que sobre el suelo (Arif et al., 2006; Zhang et al., 2010).

2.2.5. Mecanismo de la fertilización foliar

Las plantas pueden absorber los nutrientes ya sea mediante la aplicación al suelo o al follaje para lograr su máximo rendimiento en calidad y cantidad, aunque la aplicación al suelo es la más común y eficaz, y requiere grandes cantidades, la fertilización foliar resulta más económica y más eficaz en determinadas circunstancias (Fageria et al., 2009). En ese sentido, es importante conocer los mecanismos de absorción de nutrientes aplicados vía folia. Una vez que el fertilizante foliar es aplicado sobre las hojas de las plantas, los nutrientes deben penetrar en el citoplasma de la célula dentro de la hoja, para lo cual existen dos posibles vías de penetración: la cutícula externa y las estomas, no obstante, la absorción de nutrientes a través de la cutícula externa es la más aceptada, aunque los solutos pueden entrar indirectamente a través de las estomas (Oosterhuis, 2009). Las membranas cuticulares son permeables tanto a iones inorgánicos y orgánicos, así como a moléculas no disociadas, sin embargo, la penetración de

iones está determinada por el tipo de carga, la adsorbibilidad y el radio del ion (Fageria et al., 2009).

2.2.6. Composición química del biol

La composición química del biol va a depender del tipo de materia orgánica y biodigestor y de las condicionantes ambientales (Jara et al., 2021). En la tabla 2 se muestran la composición química de biol de origen porcino, bovino y de gallinaza y en la tabla 3 se presenta las características químicas del biol e indicadores de calidad respectivamente.

Tabla 2

Composición química de bioles de origen porcino, gallinaza y bovino

Composición	**Biol de porcino** (Sánchez et al., 2022)	**Biol de gallinaza** (Carhuancho et al., 2012)	**Biol de bovino** (Siura & Dávila, 2008)
pH	7,89	5,08	8,2
Macronutrientes			
N total (mg L^{-1})	1876	1813	980
P total (mg L^{-1})	71,20	164,76	121
K total (mg L^{-1})	1940	2500	6760
Ca Total (mg L^{-1})	104,80	2534	220,4
Mg total (mg L^{-1})	27,60	460	53,4
Na total (mg L^{-1})	3400	392	542
Micronutrientes			
Fe total (mg L^{-1})	0,16	101	-
Cu total (mg L^{-1})	2,28	0,82	-
Zn total (mg L^{-1})	1,36	3,92	-
Mn total (mg L^{-1})	14,08	10,7	-
B total (mg L^{-1})	5,20	5,72	-

Tabla 3
Indicadores de calidad del biol

Indicador	Valores
pH	5,5 - 7
N (mg L^{-1})	> 700
P (mg L^{-1})	> 170
K (mg L^{-1})	> 1300
Ca (mg L^{-1})	> 1800

Fuente: Tomado de (Sánchez et al., 2022)

2.2.7. Digestión anaerobia

La digestión anaerobia es un proceso natural en el que los consorcios de microorganismos degradan la materia orgánica en condiciones anóxicas, este proceso se lleva a cabo en cuatro fases: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis (Lohani & Havukainen, 2018).

- **Hidrólisis:** en esta fase las bacterias hidrolíticas anaerobias transforman los polímeros complejos (proteínas, carbohidratos y lípidos) en polímeros solubles (aminoácidos, azucares simples, ácidos grasos de cadena larga), mediante enzimas hidrolíticas como la proteasa, celulasa y lipasa que son excretadas por estos microorganismos (Castellano et al., 2018; Ostrem et al., 2004). Por otra parte, si la temperatura es baja puede afectar el proceso de digestión (Lew et al., 2011), asimismo, el producto de esta fase viene a ser el sustrato de las bacterias acidogénicas que tienen lugar en la siguiente etapa (Lohani & Havukainen, 2018).

- Acidogénesis: en esta fase las bacterias acidogénicas anaerobias facultativas y acidogénicas anaerobias obligatorias transforman los productos de la hidrólisis tales como los aminoácidos, azucares simples y lípidos que son relativamente solubles se transforman en compuestos orgánicos más pequeños, principalmente ácidos grasos volátiles, como el acetato y ácidos orgánicos (ácido propiónico, butírico, acético, láctico, fórmico y valérico) así como alcoholes, hidrógeno, dióxido de carbono y amoniaco (Zeeman et al., 1997; Ostrem et al., 2004; Laiq et al., 2019).Los productos de la acidogénesis como el hidrógeno, el dióxido de carbono y el ácido

acético serán utilizados directamente por los microorganismos metanogénicos en última etapa de la digestión anaerobia (Lohani & Havukainen, 2018).

- Acetogénesis: en esta fase los ácidos grasos de cadena corta tales como: ácido propiónico, butírico, láctico, fórmico y valérico incluido el acetato se transforman en ácido acético, hidrógeno y dióxido de carbono por dos tipos de bacterias acetogénicas mediante diferentes mecanismos (Lohani & Havukainen, 2018; Laiq et al., 2019). Las bacterias homoacetogénicas son aquellas que producen ácido acético a partir del hidrógeno y dióxido de carbono, mientras que las bacterias metanogénicas hidrogenotróficas son aquellas que utilizan el hidrogeno para la producción de metano disminuyendo la presión del hidrógeno manteniendo un equilibrio dentro del biodigestor, ya que si la presión de H_2 aumenta ya no habrá actividad de las bacterias formadoras de ácido acético, en consecuencia, se reducirá la producción de ácido acético (Laiq et al., 2019).

- Metanogénesis: La metanogénesis acetoclástica es la última fase de la digestión anaerobia donde tienen lugar las bacterias arqueas metanogénicas, las cuales se clasifican en dos principales grupos: metanógenos acetoclásticos y metanógenos hidrogenotróficos (Laiq et al., 2019). El primer grupo utiliza como sustrato el ácido acético y lo transforma en metano y dióxido de carbono mientras que el segundo grupo utiliza como sustrato el dióxido de carbono e hidrogeno para producir metano y agua (Cavinato, 2011; Parawira, 2012; Laiq et al., 2019).

2.2.8. Diseño del biodigestor

Existen tres tipos de digestores: digestores discontinuos, son los más simples, los cuales se llenan de materia prima y se deja el tiempo necesario (tiempo de retención hidráulica) y finalmente se vacía el producto; digestores continuos que consisten en un digestor que recibe alimentación continua de materia prima y por último los digestores de alimentación continua de dos o más etapas, donde las etapas de la digestión anaerobia (hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis) se efectúan por separado (Ward et al., 2008).

2.2.9. Factores que influyen en la digestión anaerobia

- **pH:** el rango de pH óptimo para el proceso de digestión anaerobia es de 6,8 – 7,2 (Ward et al., 2008). La metanogénesis acetoclástica es la fase más susceptible a pH bajo, ya que si el pH es menor a 6,5 la actividad de las bacterias se inhibe. El rango óptimo es de 6,5 – 8,0; pH superior a 8 es tóxico para la mayoría de microorganismos anaerobios, lo que conlleva al fracaso del proceso de digestión anaerobia (Boe. 2006; Van Lier et al., 2008; Lohani & Havukainen, 2018).

- **Temperatura:** la digestión anaerobia se puede llevar a cabo en un amplio rango de temperaturas psicrófilas (10 – 20 °C), mesófilas (25 – 40 °C) y termófilas (45 – 60 °C) (Khalid et al., 2011; Mathew et al., 2015). La temperatura influye sobre las características físicas y químicas del sustrato y por ende sobre los procesos biológicos que ocurren dentro del digestor (Lohani & Havukainen, 2018). Las temperaturas altas tienen ciertas ventajas tales como: aumento del producto soluble hidrolizado, reduce el tiempo de retención hidráulica del reactor, favorece las propiedades físico-químicas del sustrato soluble y desactiva o mata los microorganismos patógenos (Van Lier et al., 1996; Ding et al., 2014). Sin embargo, las temperaturas termófilas pueden tener efectos adversos, por ejemplo, puede incrementar la fracción de amoníaco libre (NH3) provocando la inhibición de los microorganismos (Lohani & Havukainen, 2018). Por lo tanto, es recomendable las temperaturas mesófilas, ya que garantiza un proceso más estable con una mayor diversidad de microorganismos, pero el tiempo de retención es más largo (Ostrem et al., 2004).

- **Relación C:N:** los microorganismos responsables de la digestión anaerobia necesitan macronutrientes y micronutrientes para que sus poblaciones sean las óptimas y puedan realizar sus funciones metabólicas de manera eficiente, por ejemplo, el nitrógeno es esencial para la síntesis de proteínas y aminoácidos, además da origen al amoniaco el cual tiene efecto tampón, es decir evita la acidificación del medio (Lohani & Havukainen, 2018). Por tal razón, se

recomienda que la relación C: N debe ser de 20 – 30:1 para que el crecimiento de los microorganismos sea adecuado, ya que, los microorganismos consumen el carbono entre 25 – 30 veces más rápido que el nitrógeno (Chatterjee & Mazumder, 2019; Laiq et al., 2019). Por tanto, si la relación de C:N es baja puede ocasionar una excesiva producción de amoniaco, en consecuencia, aumenta el pH inhibiendo la actividad de los microorganismos, por el contrario, si la relación C:N es alta provoca la acidificación del medio lo que conlleva al fracaso del proceso (Drennan & DiStefano, 2014; Chatterjee & Mazumder, 2019).

- **Tiempo de retención:** se refiere al tiempo que los líquidos quedan retenidos en el digestor. La digestión anaerobia en temperaturas mesófilas se puede lograr en un plazo de 15 a 30 días, sin embargo, si el tiempo de retención hidráulica es menor a 15 días puede provocar la inhibición de las actividades de los microorganismos, en consecuencia, el fracaso del proceso (Mao et al., 2015; Bi et al., 2020).

2.2.10. "Aliso" Alnus acuminata

Descripción botánica, clasificación taxonómica

Según el Sistema Global de Información sobre Biodiversidad:

Reino: Plantae

Filo: Tracheophyta

Clase: Magnoliopsida

Orden: Fagales

Familia: Betulaceae

Género: Alnus Mill

Especie: *Alnus acuminata*

Alnus acuminata “aliso andino” es un árbol nativo de América del Centro y América del Sur, y su distribución se extiende desde el sur de México hasta el Noroeste de Argentina (Mao et al., 2015; Bi et al., 2020). En el caso específico del Perú y Ecuador su distribución predomina en altitudes de entre 1500 y 3400 msnm en zonas montañosas con precipitaciones anuales entre 350 mm y mayores 3000 mm y temperaturas anuales que oscilan entre 4 – 27 °C (Weng et al., 2004). Esta especie se caracteriza por presentar hojas ovoideas y resinosas, con flores masculinas alargadas de hasta 7 cm de largo; por otro lado, las flores femeninas tienen forma de piña, pueden medir 3 cm de largo por 1,5 de ancho. Los árboles alcanzan alturas de hasta 20 metros, presenta follaje perenne y caducifolia en zonas secas (semicaducifolia), esta especia presenta un desarrollo óptimo en suelos ácidos con buen drenaje y franco arenosos, su madera es liviana, utilizado mayormente en artesanías, mueblería y leña (Weng et al., 2004).

Importancia de la producción de la especie

El *A. acuminata* es importante para la protección y recuperación de cuencas hidrográficas, recuperación de suelos degradados ya que controla la erosión y para la implantación de sistemas agroforestales y silvopastoriles (Briceño, 2002; Wicaksono et al., 2017) es una de las pocas especies arbóreas que tienen la capacidad de realizar simbiosis con hongos ectomicorrícicos, micorrícicos arbusculares y endofíticos de raíz y con bacterias fijadoras de nitrógeno (Wicaksono et al., 2017; Lazo & Móstiga, 2021).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Biodigestor

E**s** un recipiente cerrado, hermético y permeable denominado reactor en donde se vierten la materia orgánica de origen animal (estiércol) o vegetal (residuos vegetales excepto cítricos porque acidifican el medio) con cierta cantidad de agua) (Quiroga et al., 2019).

2.3.2. Efluente

Hace referencia a la fracción líquida que se obtiene una vez culminado el proceso de digestión anaerobia, es decir, el biol (Ubalua, 2007).

2.3.3. Biosol

El biosol es la fracción sólida que se obtiene al separar la fracción líquida, este también se utiliza como fertilizante orgánico (Ubalua, 2007).

2.3.4. Biofertilizante

Son aquellos que en su composición tienen microorganismos que aplican beneficios directos o indirectos al crecimiento de la planta mediante diversos mecanismos (Allouzi et al., 2022).

2.3.5. Fertilizante químico

Son aquellos que tienen origen sintético que en su composición tienen elementos esenciales y minerales que favorecen el crecimiento de las plantas (Allouzi et al., 2022).

2.3.6. Biol

Sustancia que se obtienen a partir de la descomposición natural de residuos orgánicos de origen vegetal o animal, por ejemplo, el humus, el compost y los biodigestatos (Allouzi et al., 2022).

2.3.7. Residuos orgánicos

Los residuos orgánicos son una fuente abundante de materia orgánica y en su composición contiene valiosos nutrientes para las plantas, por lo que el reciclado agrícola de estos residuos es una alternativa prometedora que al añadirle valor puede ser utilizado de manera provechosa (Sharma et al., 2019).

2.3.8. Materia orgánica

La materia orgánica es un residuo vegetal o animal que no ha sufrido descomposición, puesto que el tejido y la estructura siguen intactos y son visualmente reconocibles (McCauley et al., 2009).

2.3.9. Ácidos orgánicos

Los ácidos orgánicos suministran iones H^+ al medio y promueven la hidrólisis, así mismo contribuyen a la descomposición de compuestos de K, el cual es un macroelemento para el desarrollo óptimo de las plantas, algunos de ellos son: ácido cítrico, el ácido fórmico, el ácido málico y el ácido oxálico (Allouzi et al., 2022); (Asif et al., 2018; Allouzi et al., 2022).

2.3.10. Sustancias húmicas

Las sustancias húmicas comprenden a los ácidos húmidos y fúlvicos que se forman por la descomposición de la materia orgánica ya sea de origen vegetal o animal por acción del metabolismo de los microorganismos y contribuyen con el crecimiento de las plantas, puesto que estimulan el transporte de oxígeno, aceleran la respiración y promueven la utilización eficiente de nutrientes, asimismo regulan el ciclo de carbono y nitrógeno en el suelo (Canellas et al., 2015; Franzoni et al., 2022).

2.4. Hipótesis

Hi: La concentración del biol influye de manera significativa en las características morfológicas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero.

Ho: La concentración del biol no influye de manera significativa en las características morfológicas de *Alnus acuminata* en condiciones de vivero.

2.5. Operacionalización de variables

2.5.1. Variable independiente

Biol. Solución orgánica producida con fines de dar condiciones óptimas para el desarrollo de plantones, aportando nutrientes (Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social [FONCODES], 2014).

2.5.2. Variable dependiente

Características morfológicas de *Alnus acuminata*: referido al desarrollo de la planta (desarrollo vertical, diámetro de cuello de raíz, índice de robustez, índice de calidad Dickson).

Tabla 4

Operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Unidad de medida
Independiente: biol	El biol es un fertilizante orgánico líquido que se obtiene a partir de la digestión anaerobia de plantas y estiércol.	Dosis	Porcentaje	%
Dependiente: características morfológicas de *Alnus acuminata*	Las características morfológicas son aquellas que hacen referencian a los órganos externos que componen al cuerpo de una planta.	Características morfológicas Calidad de planta	Diámetro de cuello de raíz	mm
			Desarrollo vertical	cm
			Biomasa total	gr
			Índice de la calidad de Dickson	Escala
			Índice de robustez	Cm
			Tamaño de raíz	%
			Índice de lignificación	

CAPÍTULO III.

MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo y nivel de investigación

La investigación fue de tipo cuantitativo de nivel de medición escala, de carácter longitudinal, ya que se recolectaron datos en múltiples puntos de tiempo para evaluar el desarrollo de la planta, así mismo corresponde a un nivel explicativo, puesto que durante la ejecución del proyecto se tomaron datos cuantitativos y descriptivos de la calidad de la planta en crecimiento (Medina *et al*., 2024).

3.2. Diseño de la investigación

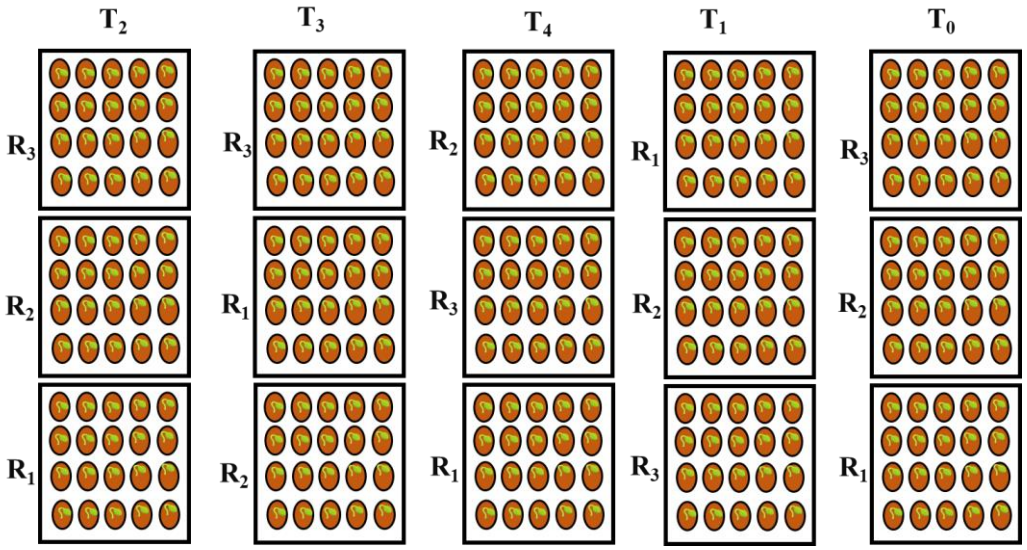
La investigación fue de diseño experimental debido a que se verificó la influencia de la variable independiente en la dependiente, en este caso la influencia del biol a distintas concentraciones en el crecimiento de *A. acuminata* (Medina *et al*., 2024).

Por lo tanto, el experimento se realizó mediante un Diseño Completamente al Azar (DCA) considerando cuatro tratamientos y tres repeticiones y un testigo con 10 unidades experimentales por cada repetición.

En la figura 1 se muestra el croquis del experimento y en la Tabla 4 se presenta el diseño para ejecución de la investigación.

Figura 1

Croquis de la investigación



Nota. T: tratamiento, $T_{0:}$ testigo, R: repetición.

3.3. Métodos de investigación

Para la ejecución del proyecto de tesis se tuvo en cuenta tres etapas:

A. Primera etapa: en esta primera etapa se elaboró el biol orgánico.

Ingredientes.

25 kg de estiércol fresco de ganado vacuno

1,5 kg de azúcar

1,5 litros de suero de leche

2 kg de alfalfa picada

1,5 kg de ceniza

1,5 kg de guano de aves (gallina).

40 g de levadura

1,5 L de chicha de jora

1,5 kg de residuos orgánicos (cascaras de papa y de haba, restos de comida).

60 L de agua.

Materiales o equipos:

- Cilindro de plástico de 200L con tapa hermética
- Equipos de protección personal (mascarilla, guantes casco, mameluco).
- Balanza electrónica
- Tubo PVC ½”
- Regla de madera
- Depósitos de plástico (jarra, balde).
- Botella descartable

Preparación:

a) Activar la levadura:

En un recipiente pequeño se mezclaron 40 g de levadura con un litro de agua tibia y una cucharada de azúcar. Posteriormente se dejó reposar aproximadamente 10-15 min.

b) Preparar el recipiente:

Se utilizó un tanque color azul con tapa hermética de capacidad de 200 L, lo cual se llenó la tercera parte con agua no potable para evitar la presencia de cloro.

c) Incorporar los ingredientes:

Se agregó los insumos en el siguiente orden; 60 L de agua, 25 kg de estiércol fresco de ganado vacuno, 1,5 kg de azúcar, 1,5 L de suero de leche, 2 kg de alfalfa fresca picada, 1,5 kg

de ceniza, 1,5 kg de guano de gallina, botella de 1,5 L de chicha de jora, 1,5 kg de residuos orgánicos (cáscaras de papa y de haba, restos de comida), 40 g de levadura.

d) Mezclar:

Se realizó la mezcla de los ingredientes con una vara de madera por un tiempo aproximado de 5 minutos, con la finalidad de que, todos los ingredientes se integren uniformemente.

e) Dejar fermentar:

Se realizó el tapado del recipiente, posteriormente se instaló un dispositivo para la expulsión de gases generados durante la fermentación, el cual constó de un tubo de PVC hacia una botella de 1,5 L contenido de agua para evitar el ingreso de oxígeno. Posteriormente se dejó reposar el biol para que fermente aproximadamente por un tiempo de 60 días.

f) Filtrado y almacenado:

Después de la fermentación, se realizó el retiro de restos sólidos a través del colado, posteriormente se procedió a almacenar la sustancia en envases plásticos bien cerrados, en un lugar fresco y sin exposición directa al sol.

B. Segunda etapa: en esta segunda etapa se procedió a la aplicación del biol vía foliar por pulverización según la matriz del diseño experimental (ver Tabla 5). Asimismo, el intervalo de aplicación de biol fue de 10 días por un periodo de cinco meses consecutivos. Se llevó el control de su desarrollo en los días de aplicación como se señala a continuación:

Las diluciones del biol para los tratamientos se realizaron al 5%, 10%, 15%, y 20% distribuyendo los volúmenes en recipientes de 20L (Figura 6 en anexos) de la siguiente manera:

T0: testigo

T1: 5%= 1L (biol) + 19L (agua)

T2: 10%= 2L (biol) + 18L (agua)

T3: 15%= 3L (biol) + 17L (agua)

T4: 20%= 4L (biol) + 16L (agua)

Desarrollo vertical. Para medir el desarrollo vertical se utilizó una regla.

Diámetro de cuello de raíz. Para su medición se utilizó un vernier, cuidadosamente sin lastimar la corteza del tallo en desarrollo.

Índice de robustez (IR). Se calculó con la siguiente fórmula:

$$IR = \frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro de cuello de raíz (mm)}} \quad \text{..... (01)}$$

Índice de Calidad Dickson. Se calculó con la siguiente fórmula:

$$\text{Índice de calidad de Dickson (ICD)} = \frac{\text{Peso seco total (g)}}{\frac{\text{Altura (cm)}}{\text{Diámetro (mm)}} + \frac{\text{Peso seco parte aérea (g)}}{\text{Peso seco raíz (g)}}} \quad \text{.....(02)}$$

Peso seco total. Hace referencia al peso en gramos **(g)** de la planta de aliso medido en laboratorio, posterior al proceso de secado en estufa, se calculó sumando el peso seco radicular, más el peso seco de la parte aérea.

Altura. Hace referencia al desarrollo vertical en centímetros **(cm)** alcanzado por la planta en desarrollo.

Peso seco parte aérea. Referente al valor en gramos **(g)** obtenido en laboratorio luego de realizar el secado en estufa y pesado de la parte aérea de la planta de aliso, el cual está compuesto de las hojas y el tallo.

Peso seco de la raíz. Se realizó lavando la parte radicular de la planta para evitar trazas de sustrato, luego se procedió al proceso de secado en la estufa y se calculó el peso en (gr) en una balanza analítica.

C. Tercera etapa: procesamiento y presentación de los datos recolectados.

En la figura 2 se muestra el esquema metodológico de la investigación el cual contempla la producción del biol, el proceso germinativo y la evaluación de los indicadores para determinar en qué medida el biol influye en el desarrollo de las plantas de *A. acuminata.*

Figura 2
Esquema metodológico de la investigación

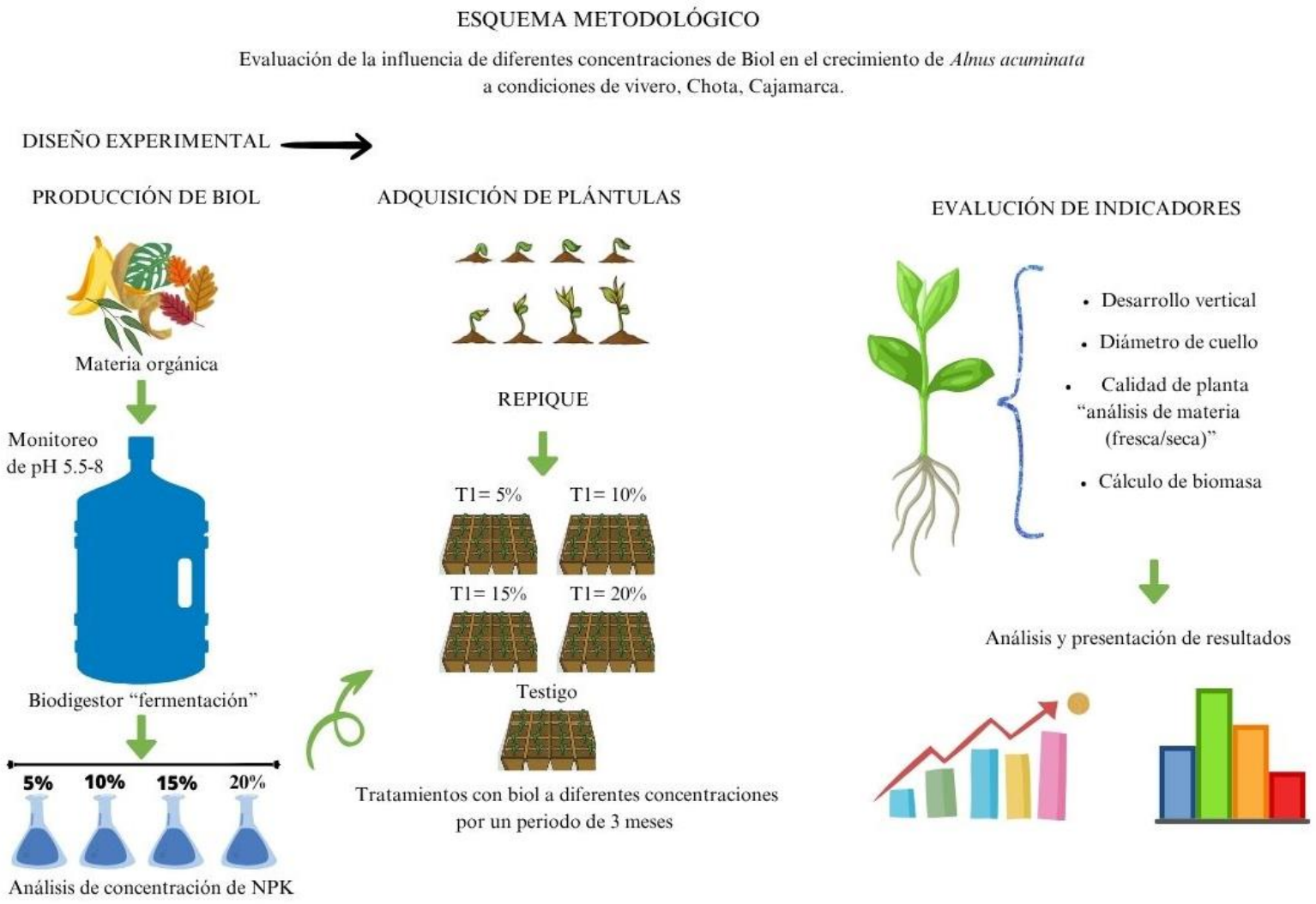
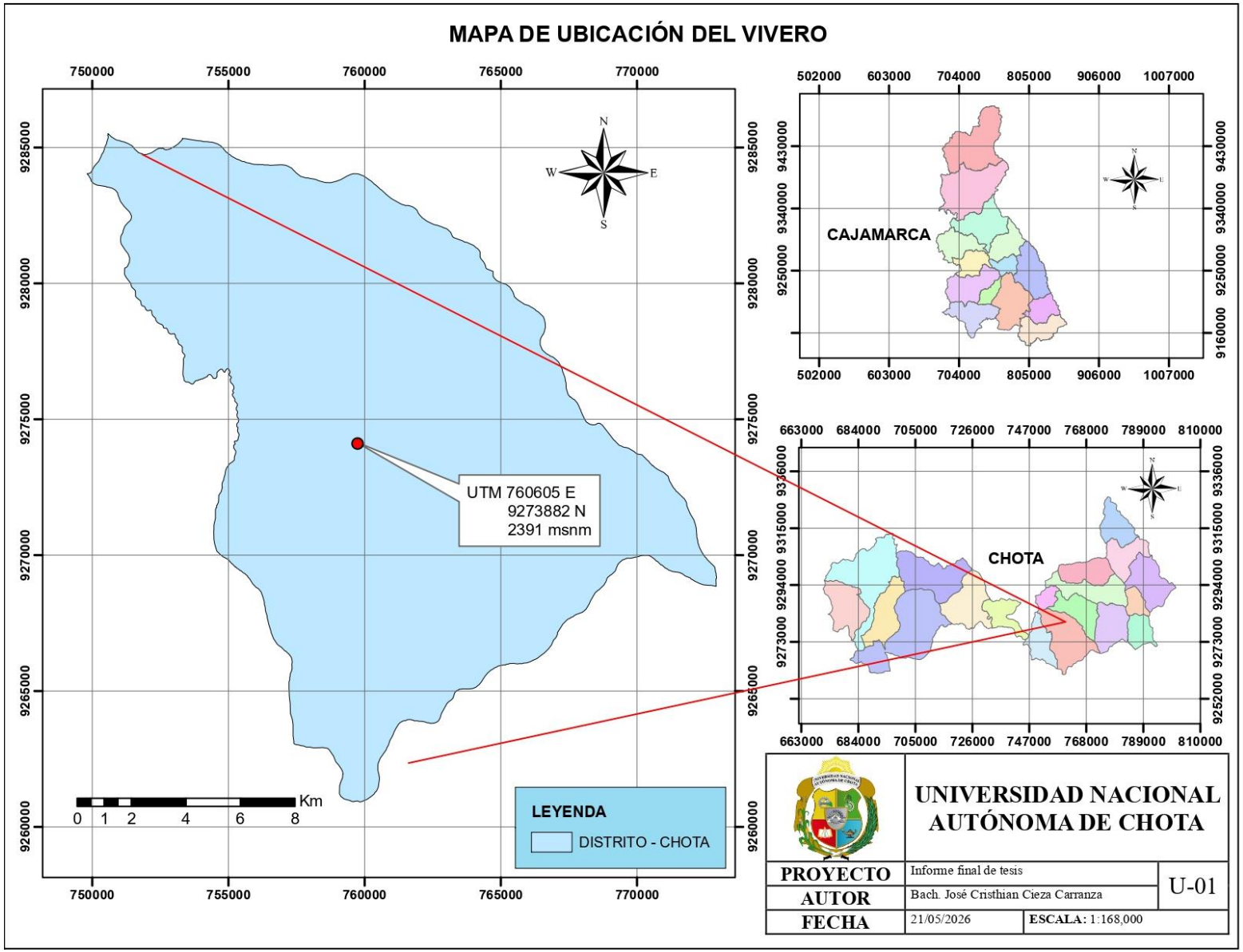


Figura 3

Ubicación del vivero



3.4. Población, muestra y muestreo

- **Población:** integrado por todos los individuos de la especie *Alnus acuminata en el área de estudio*
- **Muestra:** corresponde a los 300 plantones de *Alnus acuminata* de los cuatro tratamientos y testigo.
- **Muestreo:** se realizó el tipo de muestreo al azar.

3.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

3.5.1. Técnicas de recolección de datos

Durante la recolección de datos se llevó el registro del crecimiento del *Alnus acuminata* durante todo el periodo de evaluación (ver anexo 26).

3.5.2. Instrumentos para la recolección de datos

3.6. Materiales e insumos:

- Estiércol fresco de ganado vacuno
- Azúcar
- Suero de leche
- Alfalfa
- Ceniza
- Guano de gallina.
- Levadura
- Chicha de jora
- Residuos orgánicos (cascaras de papa y de haba, restos de comida).
- Agua

Indumentaria de protección

- Mascarilla

- Mameluco
- Guantes de protección
- Zapatos de protección
- Casco de protección

Equipos

- Cámara fotográfica
- Agenda electrónica
- GPS
- Pulverizadora

3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

La tabulación de los datos se realizó en el software Excel. y, el procesamiento de se ejecutó en el software estadístico Rstudio, SPSS, en el que se realizó las siguientes pruebas:

- Para el control de crecimiento se aplicó la prueba de supuestos del análisis varianza: prueba de normalidad de Lilliefors con adaptación de Kolmogorov-Smirnov para más de 50 datos, los resultados fueron <0.5, por lo que se aplicó un análisis no paramétrico para determinar el nivel de significancia (Kruskal - Wallis), posteriormente se presentaron las comparaciones múltiples.
- Para el índice de calidad de planta se realizó la prueba de supuestos del análisis varianza: prueba de normalidad de varianzas, los resultados fueron mayores a 0,05 (PV > 0,05) para los índices de robustez y Dickson, el índice de lignificación no cumplió con los supuestos de normalidad.

Tabla 5

Prueba de Kruskal-Wallis

Variable/medición	P valor
Medición 1	*0,XXX*
Medición 2	*0,XXX*
Medición 3	*0,XXX*
…	…
Medición N	*0,XXX*

Nota. P<0,005. Los valores con asterisco indican significancia estadística

- Se utilizó el análisis de varianza ANOVA para los índices de robustez y Dickson.

Tabla 6

Análisis de varianza y prueba F para un experimento completamente al azar (DCA)

FV	GL	SC	CM	F
Tratamientos	4	SCTr	CMTr	F calculado
Residuo	10	CMTr	CMR	
Total	14	SCTotal		

Nota. FV: fuentes de variación, GL: grados de libertad, SC: suma de cuadrados, CM: cuadrados medios, SCTr: suma de cuadrados de tratamiento, SCR: suma de cuadrados del residuo, CMTr: cuadrados medios de los tratamientos, CMR: cuadrado medio del residuo, SCTotal: suma de cuadrados totales y F calculado (igual a CMTr/ CMR).

- Posteriormente se aplicó la prueba de Tukey (P<0,05) para conocer las diferencias significativas entre los tratamientos.

-Finalmente de aplicó una aprueba **no paramétrica** para el índice de lignificación.

3.8. Aspectos éticos

En la presente investigación se tuvo en cuenta todos los principios éticos que todo investigador debe tener en cuenta para evitar el plagio, para lo cual las fuentes que han sido consultadas son confiables, asimismo, durante la ejecución del experimento no se puso en peligro la salud e integridad de los seres vivos. Por otra parte, se solicitaron los permisos correspondientes para utilizar los laboratorios de la universidad Nacional Autónoma de Chota.

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Descripción de resultados

La tabla 7 muestra los resultados de las concentraciones de nutrientes del biol elaborado con materia orgánica (Figura 4 y 5). Los resultados de los análisis muestran un biol altamente nutritivo (ver Tabla 7), debido al alto contenido de P, Ca, K, MO y N. Asimismo, se afirma que presenta un nivel nutritivo porque se aprecia una excelente relación carbono/nitrógeno (C/N) (11,60). Estos resultados coinciden con los publicados por Gil et al. (2022) quienes mencionan que una alta concentración de MO, N y P es eficiente para una mineralización y disponibilidad rápida de nutrientes. También encontraron una relación de C/N de 11,60 catalogándolo como un biofertilizante eficiente.

Tabla 7

Resultados de las concentraciones de nutrientes del análisis de biol

Parámetro	Concentración
pH	5,50
Cec (milimhos/cm)	11,32
Materia orgánica (%)	26,60
Nitrógeno (%)	1,33
Fósforo (P_2O_5) (%)	3,96
Potasio (K_2O) (%)	1,25
Calcio (CaO) (%)	2,10
Magnesio (MgO) (%)	0,75
Materia Seca (%)	6,40
Humedad (%)	93,60
Cenizas (%)	9,07
Carbono (%)	15,43
Relación C/N (%)	11,60

4.1.1. Control de crecimiento

En la tabla 8 se muestran los promedios de los resultados de las mediciones de las variables del desarrollo vertical, diámetro de cuello y número de hojas. El T4 muestra mejores resultados en cuanto a desarrollo vertical (56,16 cm) y número de hojas (17), Indicando de esta manera que el biol tiene un efecto positivo en el desarrollo vertical de *A. acuminata*. Según Díaz et al. (2020) al utilizar biol como fertilizante mejora la calidad de planta y su adaptabilidad a las condiciones climáticas. Resultados similares encontraron Gil et al. (2023) para el análisis del biol en el cual encontraron contenidos del 26,6% de MO, 3,96% de P y 1,33% de N y una relación C/N de 11,6.

Tabla 8

Promedios de la medición de las variables en las repeticiones del tratamiento con biol.

Tratamiento	Repetición	Dosis biol (%)	Altura (cm)	Diámetro cuello (mm)	Número de hojas
T0	R1	0	47,20	5,27	14,00
T0	R2	0	51,56	4,50	15,00
T0	R3	0	50,72	5,15	15,00
T1	R1	5	48,10	4,20	15,00
T1	R2	5	47,05	4,15	16,00
T1	R3	5	47,48	4,10	15,00
T2	R1	10	49,16	4,85	16,00
T2	R2	10	47,20	4,24	16,00
T2	R3	10	48,09	4,75	16,00
T3	R1	15	47,54	4,41	16,00
T3	R2	15	46,91	4,15	16,00
T3	R3	15	49,76	4,60	16,00
T4	R1	20	51,44	4,55	16,00
T4	R2	20	54,28	4,40	16,00
T4	R3	20	56,16	4,45	17,00

4.1.2. Índices de calidad de planta.

En la tabla 9 se muestran los resultados de los promedios del índice de calidad de planta (índice de calidad de Dickson, índice de Lignificación, índice de Robustez) de la que se deduce que el

T4, T3 y T2 muestran mejores resultados de calidad de planta. El tratamiento T4 presenta los mejores resultados en cuanto al índice de calidad de Dickson (0,42) y T3 con un índice de lignificación de (31,15), lo que indica una planta con buenas características de robustez, equilibrio y resistencia; por otro lado el T3 presenta mejores resultados en el crecimiento de raíz, recalcando que todos los tratamientos se realizaron con las mismas características del sustrato (16,7% de tierra negra, 33,33% de arena y 50% de compost) este indicador muestra que estas plantas presentan un excelente desarrollo radicular (29,50) lo que favorece una mayor capacidad de absorción de nutrientes. Bernaola et al. (2022) mencionan que el índice de calidad de Dickson es el indicador más completo para evaluar la calidad de planta de vivero, lo que respalda los resultados obtenidos en la presente tabla, puesto que involucra variables como biomasa, altura y diámetro de cuello. Por otra parte, Agualzaca (2021) señala que una alta lignificación está directamente relacionada con la resistencia estructural de la especie, asimismo, menciona que la calidad de raíz es fundamental para la adaptabilidad del individuo en campo definitivo.

Tabla 9

Resultados de medición en laboratorio para variables e índices de calidad de planta de Alnus acuminata por tratamiento

Nº	Altura (cm)	Diámetro de cuello (mm)	Tamaño de raíz (cm)	Peso Fresco aéreo(g)	Peso Fresco radicular (g)	Peso fresco total	Peso seco aéreo	Peso seco radicular	Peso seco total	Índice de robustez	Índice de calidad de Dickson	Índice de lignificación
T0R1	47,20	5,27	26,10	12,40	5,09	17,49	3,03	1,15	4,18	8,96	0,36	23,90
T0R2	51,56	4,50	25,90	11,19	4,83	16,02	3,49	0,98	4,47	11,46	0,30	27,90
T0R3	50,72	5,15	25,10	14,60	5,46	20,06	3,15	0,84	3,99	9,85	0,29	19,89
T1R1	48,10	4,20	27,60	13,02	5,68	18,70	3,66	1,00	4,66	11,45	0,31	24,92
T1R2	47,05	4,15	25,50	10,48	4,16	14,64	2,85	0,87	3,72	11,34	0,25	25,41
T1R3	47,48	4,10	23,15	11,45	3,72	15,17	2,65	0,73	3,38	11,58	0,22	22,28
T2R1	49,16	4,85	32,70	18,21	6,22	24,43	4,91	1,13	6,04	10,14	**0,42**	24,72
T2R2	47,20	4,24	25,90	15,20	6,11	21,31	4,36	1,40	5,76	11,13	0,40	**27,03**
T2R3	48,09	4,75	25,60	15,51	4,31	19,82	3,86	1,29	5,15	10,12	0,39	25,98
T3R1	47,54	4,41	28,70	16,15	4,94	21,09	3,89	0,96	4,85	10,78	0,33	23,00
T3R2	46,91	4,15	24,20	10,48	4,32	14,80	3,70	0,91	4,61	11,30	0,30	**31,15**
T3R3	49,76	4,60	**29,50**	13,86	5,12	18,98	2,61	1,05	3,66	10,82	0,28	19,29
T4R1	51,44	4,55	25,80	15,87	7,11	22,98	4,34	1,53	5,87	11,31	**0,42**	25,54
T4R2	54,28	4,40	26,70	15,04	5,38	20,42	3,90	1,12	5,02	12,34	0,32	24,58
T4R3	56,16	4,45	27,40	13,68	4,62	18,30	4,19	1,09	5,28	12,62	0,32	28,85

4.2. Contrastación de hipótesis

4.2.1. Control de crecimiento

En la tabla 10 se presenta el test de supuesto de normalidad en el que se obtuvieron valores de menores a 0,05, por lo que se afirma que las tres variables no cumplen con los supuestos de normalidad, por lo que se deben realizar análisis estadísticos no paramétricos.

Tabla 10

Test de supuestos de normalidad para el control de crecimiento

Variable	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)
Desarrollo vertical	0,10	2100	0,00
Diámetro de cuello	0,12	2100	0,00
Número de hojas	0,11	2100	0,00

Nota. Corrección de significación de Lilliefors.

A. DESARROLLO VERTICAL

Efecto de las concentraciones de biol y del tiempo sobre el desarrollo vertical

En la Tabla11 se muestran los resultados de la prueba de Kruskal Wallis para el desarrollo vertical de la planta para identificar la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en las 14 evaluaciones consideras en la presente investigación, en la que se presentaron los resultados obtenidos de la prueba de Kruskal-Wallis para las 14 evaluaciones realizadas, donde se observó que no hubo diferencias significativas entre tratamientos durante las primeras cinco evaluaciones ($p > 0,05$). Las primeras diferencias significativas se empezaron a mostrar en la sexta evaluación ($p = 0,024$), manteniéndose en las mediciones 7 ($p = 0,034$) y 8 ($p = 0,01$). Posteriormente, no hubo diferencias significativas en las mediciones 9 y 10 ($p > 0,05$), reapareciendo en la evaluación 11 ($p = 0,04$). Finalmente, en la evaluación 14 también se evidenciaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,03$). En ese contexto, estos resultados indican que el efecto de las concentraciones de biol

sobre el desarrollo vertical no fue constante a lo largo del tiempo, sino que se manifestó en momentos específicos del periodo de evaluación.

Tabla 11

Resultados de la prueba de Kruskal-Wallis para el desarrollo vertical en las diferentes evaluaciones

Evaluación	p-valor
1	0,76
2	0,58
3	0,14
4	0,5
5	0,07
6	0,03*
7	0,03*
8	0,00*
9	0,06
10	0,18
11	0,04*
12	0,35
13	0,18
14	0,03*

Nota. *Significativo al nivel de 5% de probabilidad ($p < 0.05$) según la prueba de Kruskal-Wallis.

Comparaciones múltiples entre tratamientos para el desarrollo vertical

La prueba de Kruskal-Wallis demostró que hubo diferencias significativas en la E6, E7, E8, E11 y E14, por lo tanto, se procedió a realizar las comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm.

En la tabla 12 y 13 se mostraron las comparaciones múltiples de tratamientos sobre la variable desarrollo vertical, según la prueba de Dunn con ajuste de Holm. Se observó que en las evaluaciones E6 y E7 hubo diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T4 ($p = 0,03$) y T1 y T4 ($p = 0,04$). En la E6 el T0 tuvo un valor promedio de 19.04 cm, el cual fue estadísticamente superior al T4 que registró un valor de 15,95 cm, mientras que en la E7 el T1 presentó un promedio de 20,17 cm, superando significativamente al T4, cuyo valor promedio fue de 18,81 cm. De manera similar en la E8 el T0 y T4 fueron estadísticamente diferentes ($p = 0,01$), al igual que el T1 y T4 ($p = 0,045$), donde los tratamientos T0 y T1 alcanzaron valores

promedio de 27,32 cm y 25,92 cm sin diferencias estadísticas entre sí, y ambos fueron estadísticamente superiores al valor promedio obtenido en el T4 (22,06 cm). En contraste en la E11 el T0 y T2 tuvieron diferencias significativas (p = 0,045), donde el T0, con un valor promedio de 41,01 cm, fue estadísticamente superior al T2, que alcanzó un promedio de 35,31 cm. Finalmente, en la última evaluación (E14) el T1 y T4 presentaron diferencias estadísticas (p = 0,04) donde el T4, con valor promedio de 53,96 cm, fue estadísticamente superior al T1 que alcanzó un desarrollo vertical promedio de 47,54 cm. Los resultados obtenidos indicaron que el efecto de las diferentes concentraciones de biol sobre el desarrollo vertical no se manifestó de manera constante.

Tabla 12

Comparaciones múltiples entre tratamientos para el desarrollo vertical mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm

Evaluaciones	Comparación significativa	p-valor
E6	T0 vs T4	0,03
E7	T1 vs T4	0,04
E8	T0 vs T4	0,00
	T1 vs T4	0,01
E11	T0 vs T2	0,01
E14	T1 vs T4	0,04

Tabla 13

Valores promedio del desarrollo vertical y comparación múltiple de tratamientos según la prueba de Dunn con ajuste de Holm

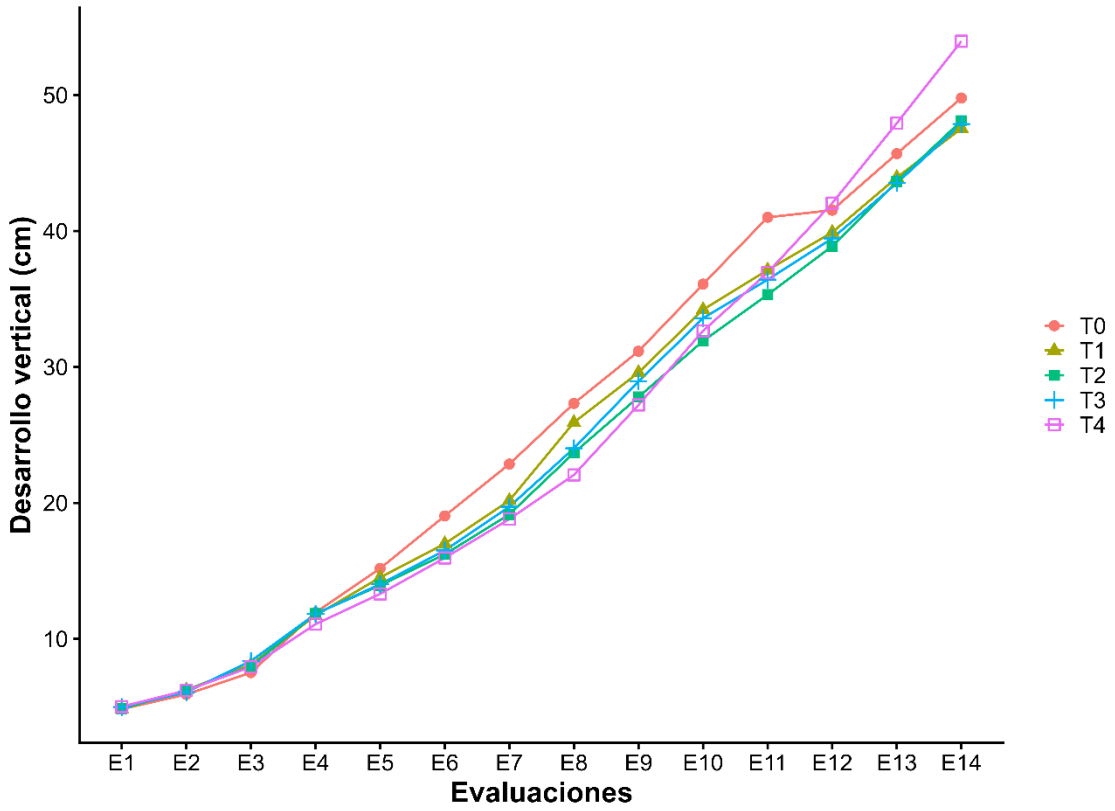
Tratamientos	Medias				
	E6	E7	E8	E11	E14
T0	19,04 a	22,85 ab	27,32 a	41,01 a	49,78 ab
T1	16,99 ab	20,17 a	25,92 a	37,13 ab	47,54 b
T2	16,21 ab	19,15 ab	23,68 ab	35,31 b	48,11 ab
T3	16,50 ab	19,71 ab	24,02 ab	36,42 ab	47,87 ab
T4	15,95 b	18,81 b	22,06 b	36,94 ab	53,96 a

Nota. Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Dunn con ajuste de Holm ($p < 0,05$).

En la Figura 4 se observó que las distintas concentraciones de biol presentaron una tendencia creciente durante el periodo del ensayo, lo que indició que hubo un incremento progresivo en el desarrollo vertical de las plantas.

Figura 4

Comportamiento longitudinal del desarrollo vertical según concentración de biol



B. DIAMETRO DE CUELLO

Efecto de las concentraciones de biol y del tiempo sobre el diámetro de cuello

En la Tabla 14 se muestran los resultados de la prueba de Kruskal Wallis para el diámetro de cuello de la planta para identificar la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en las 14 evaluaciones consideradas en la presente investigación, donde se observó que durante las primeras cuatro evaluaciones hubo diferencias significativas ($p < 0,05$). No obstante, posteriormente las diferencias dejaron de ser significativas hasta la medición 13 ($p > 0,05$). Finalmente, en la evaluación 14 también se observaron diferencias significativas entre tratamientos ($p = 0,01$). Estos resultados indican que el efecto de las concentraciones de biol sobre el diámetro de cuello no fue constante a lo largo del tiempo, sino que se manifestó en momentos específicos del periodo de evaluación.

Tabla 14

Prueba de Kruskal-Wallis por medición para el diámetro de cuello

Medición	p-valor
1	0,01 *
2	0,03 *
3	0,04 *
4	> 0,00*
5	0,37
6	0,11
7	0,14
8	0,12
9	0,18
10	0,132
11	0,08
12	0,12
13	0,06
14	0,004 *

Nota. *Significativo al nivel de 5% de probabilidad ($p < 0,05$) según la prueba de Kruskal-Wallis.

Comparaciones múltiples entre tratamientos para diámetro de cuello

La prueba de Kruskal-Wallis demostró que hubo diferencias significativas en la E1, E2, E3, E4 y E14, por lo tanto, se procedió a realizar las comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm.

En la tabla 15 y 16 se mostraron las comparaciones múltiples de tratamientos sobre la variable diámetro de cuello, según la prueba de Dunn con ajuste de Holm. Se observó que en la E1 hubo diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T3 (p = 0,013) y T3 y T4 (p = 0,02) donde T3, con un promedio de 1,30 mm, fue significativamente superior a los promedios obtenidos en el T0 y T4, los cuales alcanzaron un promedio de 1,08 mm. De manera similar en la E2 el T0 y T3 fueron estadísticamente diferentes (p = 0,01), donde el T0 obtuvo un promedio de 1,38 mm el cual fue significativamente superior que el T3, que alcanzó un valor promedio de 1,35 mm. En contraste en la E3 el T0 y T2 tuvieron diferencias significativas (p = 0,04), donde el T2, con un valor promedio de 2 mm, fue estadísticamente superior al T0, que alcanzó un promedio de 1,75 mm. Asimismo, en la E4 hubo diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T2 (p = 0,01) y T0 y T3 (p = 0,01) donde T2 y T3 alcanzaron valores promedio de 2,33 mm y 2,35 mm, sin diferencias estadísticas entre sí, y ambos fueron estadísticamente superiores al valor promedio obtenido en el T0 (2,05 mm). Finalmente, en la última evaluación (E14) el T0 y T1 presentaron diferencias estadísticas (p = 0,01) donde el T0, con valor promedio de 4,89 mm, fue estadísticamente superior al T1 que alcanzó un desarrollo diámetro de cuello promedio de 4,15 mm. Los resultados obtenidos indicaron que el efecto de las diferentes concentraciones de biol sobre el diámetro de cuello no se manifestó de manera constante.

Tabla 15

Comparaciones múltiples entre tratamientos para el diámetro de cuello mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm

Evaluaciones	Comparación significativa	p-valor
E1	T0 - T3	0,01
	T3 - T4	0,02
E2	T0 - T3	0,01
E3	T0 - T2	0,04
E4	T0 - T2	0,00
	T0 - T3	0,00
E14	T0 - T1	0,00

Tabla 16

Valores promedio del diámetro de cuello por tratamiento en las evaluaciones con diferencias estadísticas significativas

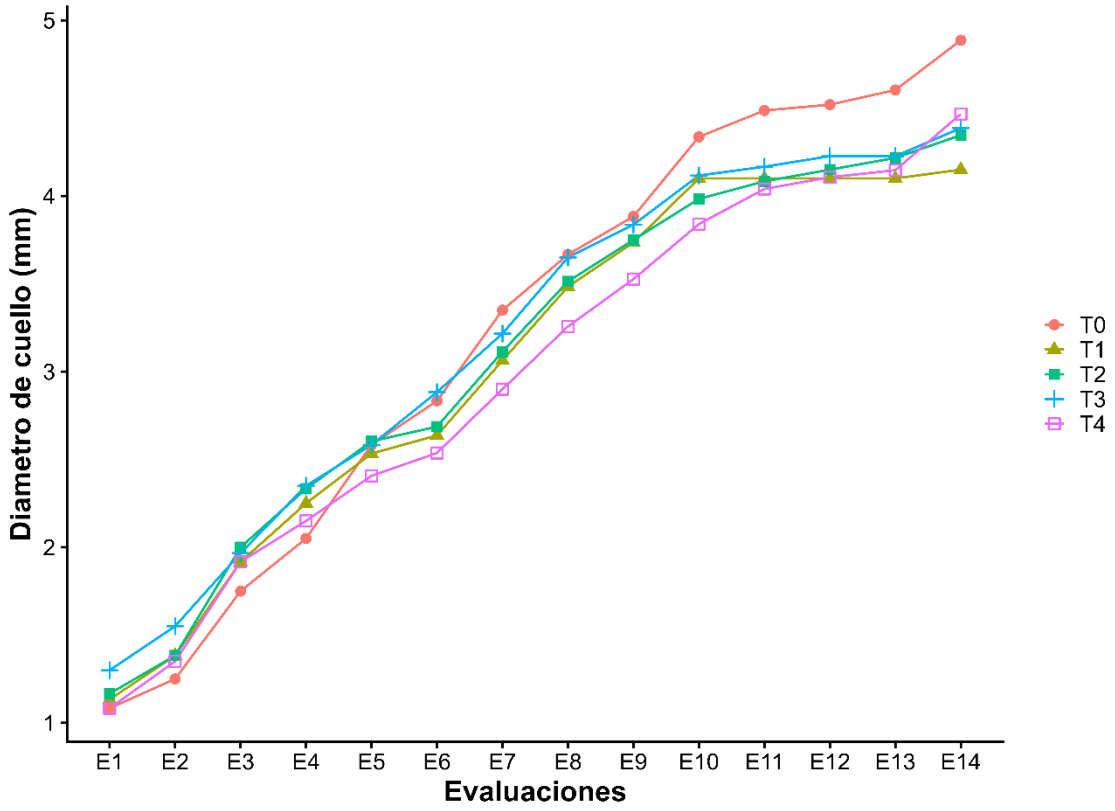
Tratamientos	Medias				
	E1	E2	E3	E4	E14
T0	1,08 b	1,38 a	1,75 b	2,05 b	4,89 a
T1	1,13 ab	1,38 ab	1,92 ab	2,25 ab	4,15 b
T2	1,17 ab	1,55 ab	2,00 a	2,33 a	4,35 ab
T3	1,30 a	1,35 b	1,97 ab	2,35 a	4,39 ab
T4	1,08 b	1,38 ab	1,92 ab	2,15 ab	4,47 ab

Nota. Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Dunn con ajuste de Holm ($p < 0,05$).

En la figura 5 se observó que las distintas concentraciones de biol presentaron una tendencia creciente durante el periodo del ensayo, lo que indició que hubo un incremento progresivo en el diámetro de cuello de las plantas.

Figura 5

Comportamiento longitudinal del diámetro de cuello según concentración de biol



C. NÚMERO DE HOJAS

Efecto de las concentraciones de biol y del tiempo sobre el número de hojas

En la Tabla 17 se muestran los resultados de la prueba de Kruskal Wallis para el número de hojas para identificar la existencia de diferencias significativas entre los diferentes tratamientos en las 14 evaluaciones consideras en la presente investigación, donde se observó que durante las primeras 11 evaluaciones no hubo diferencias significativas ($p > 0,05$). No obstante, a partir de la evaluación 12 se presentaron diferencias altamente significativas ($p < 0,00$) manteniéndose hasta la última evaluación (E 14). Estos resultados indican que el efecto de las diferentes concentraciones de biol sobre el número de hojas de las plantas de *Alnus acuminata* fue más evidente en las últimas evaluaciones consideras en el ensayo.

Tabla 17

Prueba de Kruskal-Wallis por medición para el número de hojas

Medición	p-valor
1	0,48
2	0,93
3	0,38
4	0,50
5	0,23
6	0,68
7	0,61
8	0,94
9	0,81
10	0,15
11	0,05
12	> 0,00*
13	> 0,00*
14	> 0,00*

Nota. *Significativo al nivel de 5% de probabilidad ($p < 0,05$) según la prueba de Kruskal-Wallis.

Comparaciones múltiples entre tratamientos para el número de hojas.

La prueba de Kruskal-Wallis demostró que hubo diferencias significativas en la E12, E13 y E14, por lo tanto, se procedió a realizar las comparaciones múltiples mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm.

En la tabla 18 y 19 se mostraron las comparaciones múltiples de tratamientos sobre la variable número de hojas, según la prueba de Dunn con ajuste de Holm. Se observó que en la E12 hubo diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T2 ($p = 0,01$), T0 y T4 ($p < 0,00$), T1 y T4 ($p = 0,03$) y T3 y T4 ($p = 0,03$). El tratamiento T4 obtuvo el mayor promedio de número de hojas (14,23), siendo estadísticamente superior a los tratamientos T0, T1 y T3, los cuales alcanzaron promedios de 12,87, 13,37 y 13,37 hojas, respectivamente. No obstante, el T2 presentó un valor promedio de 13,97 hojas y no tuvo diferencias significativas con los tratamientos T1, T3 y T4.

De manera similar, en la E13 hubo diferencias significativas entre T0 y T2 ($p < 0,00$), T0 y T4 ($p < 0,001$) y T1 y T4 ($p = 0,01$) donde el T4 alcanzó el mayor promedio de número de hojas (15,13), siendo significativamente superior a los tratamientos T0 y T1, cuyos promedios fueron de 13,37 y 14,07 hojas, respectivamente. Asimismo, el tratamiento T2 (14,93 hojas) fue estadísticamente superior al T0, mientras que los demás tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí.

Finalmente, en la última evaluación, hubo diferencias significativas entre los tratamientos T0 y T2 ($p = 0,01$), T0 y T4 ($p < 0,00$) y T1 y T4 ($p = 0,04$), donde T4 presentó el mayor promedio de número de hojas (16,27), siendo significativamente superior a los tratamientos T0 y T1, los cuales alcanzaron promedios de 14,60 y 15,13 hojas, respectivamente. Asimismo, el tratamiento T2 (16,07 hojas) fue estadísticamente superior al T0, mientras que los demás tratamientos no mostraron diferencias significativas entre sí. Los resultados obtenidos

indicaron que el número de hojas de las plantas de *Alnus acuminata* tuvo una mejor respuesta cuando se utilizaron mayores concentraciones de biol.

Tabla 18

Comparaciones múltiples entre tratamientos para número de hojas mediante la prueba de Dunn con ajuste de Holm

Evaluaciones	Comparación significativa	p-valor
E12	T0 - T2	0,00
	T0 - T4	< 0,00
	T1 - T4	0,03
	T3 - T4	0,03
E13	T0 – T2	< 0,00
	T0 – T4	< 0,00
	T1 – T4	0,01
E14	T0 - T2	0,00
	T0 – T4	< 0,00
	T1 – T4	0,04

Tabla 19

Valores promedio del número de hojas por tratamiento en las evaluaciones con diferencias estadísticas significativas

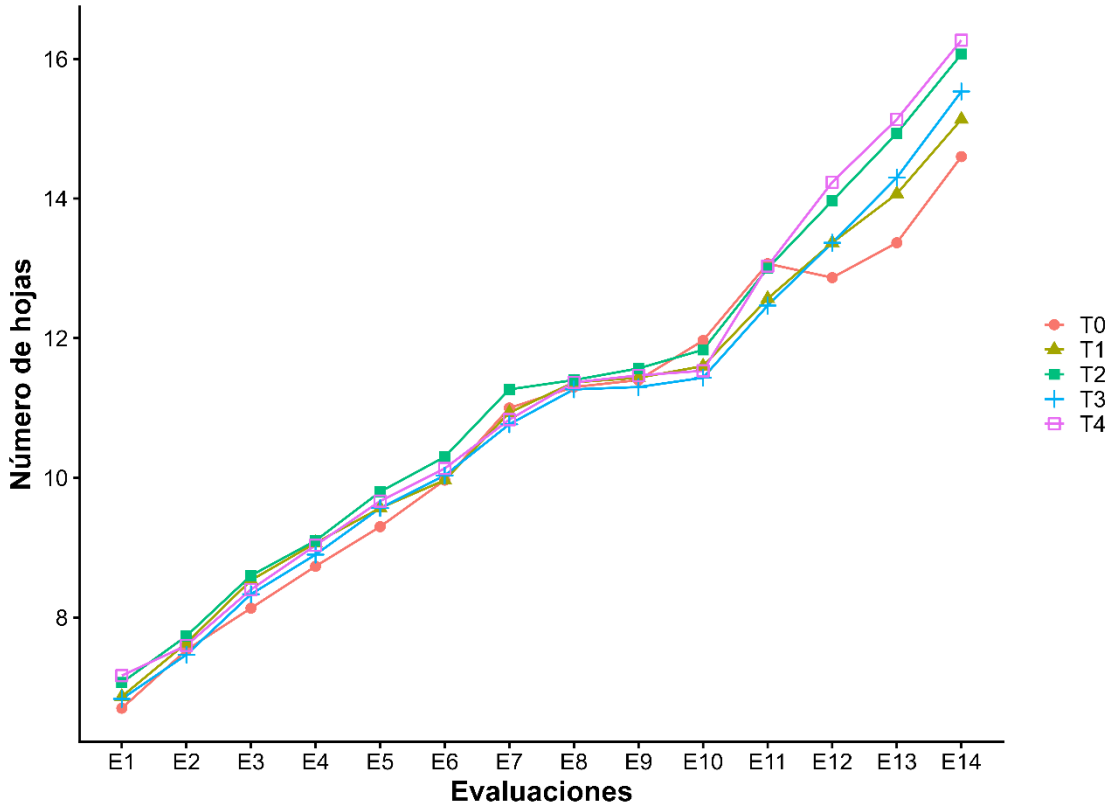
Tratamientos	Medias		
	E12	E13	E14
T0	12,87 c	13,37 c	14,60 c
T1	13,37 bc	14,07 bc	15,13 bc
T2	13,97 ab	14,93 ab	16,07 ab
T3	13,37 bc	14,30 abc	15,53 abc
T4	14,23 a	15,13 a	16,27 a

Nota. Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas según la prueba de Dunn con ajuste de Holm ($p < 0,05$).

En la figura 6 se observó que las distintas concentraciones de biol presentaron una tendencia creciente durante el periodo del ensayo, lo que indició que hubo un incremento progresivo en el número de hojas de las plantas, además se observa la notable diferencia entre el T0 y T4.

Figura 6

Comportamiento longitudinal del número de hojas según concentración de biol



4.2.2. Índice de calidad de planta

Tabla 20

Prueba de normalidad de varianzas, índice de calidad de planta

Variable	Kolmogorov-Smirnov[a]		
	Estadístico	gl	Sig. (p-valor)
Índice de Robustez	0,07	150	0,05
Índice de calidad de Dickson	0,06	150	0,06
Índice de Lignificación	0,14	150	0,00

Nota. Corrección de significación de Lilliefors.

Índice de robustez (IR)

En la Tabla 21 se presentaron los resultados del ANOVA para el Índice de Robustez donde se observó que hubo diferencias significativas entre las diferentes concentraciones de biol ($p < 0,05$). Lo que indicó que al menos un tratamiento produjo un efecto diferente sobre dicha variable. Por lo tanto, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar los tratamientos que tuvieron diferencias significativas entre sus medias.

Tabla 21

Análisis de varianza para el Índice de Robustez

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>Fc
Tratamientos	4	90,69	22,67	5,35	0,00
Error	145	614,31	4,24		
Coeficiente de variación (%)	18,53				

Nota. *Significativo al nivel de 5% de probabilidad ($p < 0,05$)

En la Tabla 22 se presentaron los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey para el Índice de Robustez. Se observó que el T4 tuvo el mayor promedio con 12,18, el cual fue estadísticamente superior al T0 (10,06) y T2 (10,53). Sin embargo, el T3 y T1 mostraron un comportamiento intermedio.

Tabla 22

Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Índice de Robustez

Tratamientos	Medias	
T0	10,06	a
T1	11,75	bc
T2	10,53	ab
T3	11,00	abc
T4	12,18	c

Nota. Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey al 5% ($p < 0.05$) de probabilidad.

Índice de Calidad de Dickson

En la Tabla 23 se presentaron los resultados del ANOVA para el Índice de Calidad de Dickson. Se observó que hubo diferencias significativas rotundas entre las diferentes concentraciones de biol ($p < 0,05$). Lo que indicó que al menos un tratamiento produjo un efecto diferente sobre dicha variable. Por lo tanto, se procedió a realizar la prueba de comparación múltiple de Tukey para identificar los tratamientos que tuvieron diferencias significativas entre sus medias.

Tabla 23

Análisis de varianza para el Índice de Calidad de Dickson

Fuente de variación	GL	SC	CM	FC	Pr>Fc
Tratamientos	4	0,04	0,09	6,532	0,00
Error	145	2,07	0,01		
Coeficiente de variación (%)	37,88				

Nota. *Significativo al nivel de 5% de probabilidad ($p < 0,05$)

En la Tabla 24 se presentaron los resultados de la prueba de comparación múltiple de Tukey para el Índice de Calidad de Dickson. Se observó que el T2 tuvo el mayor promedio con 0,40, el cual fue estadísticamente superior al T0 (0,29), T1 (0,25) y T3 (0,26). Sin embargo, el T2 fue estadísticamente similar a tratamientos T4 los cual alcanzó un valor de 0,34.

Tabla 24

Prueba de comparación múltiple de Tukey para el Índice de calidad de Dickson

Tratamientos	Medias	
T0	0,29	bc
T1	0,25	c
T2	0,40	a
T3	0,29	bc
T4	0,34	ab

***Nota*.** Medias seguidas por letras diferentes dentro de una misma columna indican diferencias significativas, según la prueba de Tukey al 5% ($p < 0,05$) de probabilidad.

Índice de Lignificación

En la tabla 25 se presentan los resultados del análisis Kruskal – Wallis de la que se aprecia un valor p de 0,12 lo que indica que no existen diferencias estadísticamente significativas entre tratamientos, por lo que no es necesario realizar pruebas de comparaciones múltiples.

Tabla 25

Prueba de Kruskal-Wallis por medición para el Índice de Lignificación

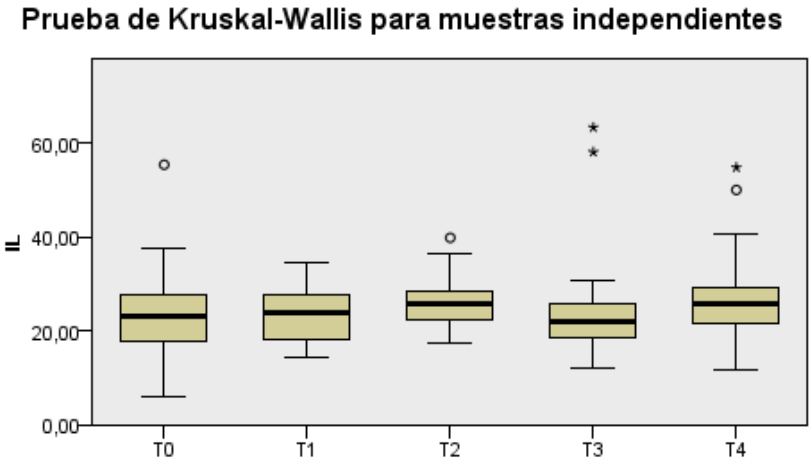
Parámetro	Valor
N total	150
Grados de Libertad (GL)	4
Estadístico de contraste	7,24
Sig. Asintótica (prueba bilateral)- p-valor	0,12

Nota. *Significativo al nivel de 5% de probabilidad ($p < 0,05$) según la prueba de Kruskal-Wallis.

En la figura 7 se muestran que las medianas presentan un comportamiento similar, aunque en los tratamientos T0, T2, T3 y T4 muestren algunos valores atípicos.

Figura 7

Distribución de los niveles del índice de lignificación según los diferentes grupos de tratamiento



4.3. Discusión de resultados

La producción de plantones a nivel de vivero supone retos en cuanto a calidad de planta a fin de mejorar la resistencia de éstas a las condiciones edafoclimáticas en campo definitivo, es por ello que se debe lograr una buena calidad de planta en vivero a través de la nutrición. Según los resultados, se aprecia que la aplicación del biol favorece al desarrollo vertical, número de hojas y diámetro de cuello dando como resultado plantones vigorosas a través del tiempo, durante el control del crecimiento, esto se debe principalmente a el nitrógeno (N), fósforo (P) y potasio (K) como macronutrientes esenciales, cumplen un papel crucial en el crecimiento fisiológico de las plantas, estimulando la formación de proteínas, división celular y equilibrio del agua en la planta (Taiz et al., 2023). Florez et al. (2021) concuerdan mencionando que una adecuada fertilización de plantones en vivero mejora la resistencia de éstas al estrés hídrico y térmico, favoreciendo su adaptabilidad en campo definitivo, así mismo, señalan que los biofertilizantes se consolidan como una excelente alternativa para mejorar la calidad de la producción, esto debido a sus beneficios como el bajo costo, aporte de nutrientes (N, P, K) y

por ser amigable con el medio ambiente. Por otra parte Polo (2022) menciona que la utilización de biofertilizantes no solo favorece a una buena formación radicular y asimilación de nutrientes, sino que también contribuye al desarrollo sostenible, disminuyendo el uso de agroquímicos y disminuyendo los costos de producción.

En el presente estudio se realizó la producción de biol el cual se evaluó en el laboratorio del INIA, mostrando concentraciones de nutrientes favorables, con alto contenido de Fósforo, Calcio, Potasio, Materia Orgánica y Nitrógeno, excelente para la producción de plantones (ver tabla 7), en cuanto a la relación C/N se obtuvo un resultado de 11, 60 el cual indica que es un biol altamente nutritivo. El pH ácido y alto contenido de humedad hacen que sea un insumo eficiente teniendo en cuenta la especie y composición de la materia orgánica en viveros. Estos resultados coinciden con los publicados por Gil et al. (2022) los cuales señalan que una alta concentración de materia orgánica, nitrógeno y fosforo es eficiente para una mineralización y disponibilidad rápida de nutrientes.

En los análisis del control de crecimiento, se encontró que el T4 (20% bio l) presentó mejores resultados para las variables altura y número de hojas, mientras que el tratamiento testigo tuvo mejores resultados en diámetro de cuello. Mamilovich (2019) concuerda con el estudio puesto que en su investigación en la que aplicó biol a plántulas de cacao, el estudio mostró mejores resultados para la variable altura y número de hojas. Así mismo, Hurtado et al., (2023) señala que una alta concentración de fósforo influye al aumento del número de hojas. Del mismo modo Taiz et al. (2023) concuerda y menciona que el fósforo incrementa la eficiencia de la fotosíntesis, formando la pared de los cloroplastos, por ende, la producción de ATP (trifosfato de adenosina) que es la energía de la planta, por otra parte el nitrógeno es el principal responsable del crecimiento vertical de la planta debido a que forma parte de la clorofila y los aminoácidos que componen las proteínas, así mismo también es responsable directo del número de hojas; el potasio por su parte se encarga de la presión de turgencia en la células (bomba de

agua) que favorece el desarrollo del **área follar** y mantener el tallo erguido, así mismo promueve la síntesis de celulosa y lignina lo que lo convierte en el principal macronutriente responsable del desarrollo del diámetro de cuello. En cuanto al diámetro de cuello se encontraron que a lo largo de las evaluaciones y aplicaciones de biol el T3 y T2 mostraron diferencia significativa, sin embargo, en las últimas mediciones el T0 mostró mejores promedios, considerando que en términos de eficiencia el efecto del biol se mostró más en el desarrollo vertical y **área follar** (Hurtado et al., 2023).

En referencia a los índices de calidad de planta el presente estudio muestra que los tratamientos con biol favorecen significativamente a las características morfológicas del *Alnus acuminata*, principalmente a los índices de robustez e índice de calidad de Dickson, por otra parte, para el índice de lignificación no se encontraron diferencias significativas. En un estudio realizado por Tenecela et al. (2022) menciona que la producción de plantones de *Alnus acuminata* con biol favorece la eficiencia del riego, ya que las plantas desarrollan mejores condiciones fisiológicas lo que supone un menor requerimiento de agua. Por otra parte Casanova et al. (2021) señala que en la producción del biol se puede condicionar su composición en referencia a las especies que se requieren producir, mejorando así la calidad de planta de *Alnus acuminata* y la eficiencia de los biofertilizantes.

Para el índice de robustez el análisis ANOVA mostró diferencias significativas entre tratamientos (p= 0,00), indicando que el T4 muestra mejores resultados en sus medias (12,18), seguido por T1, T3 y T2 (11,75, 11,00 y 10,53) respectivamente, se deduce que el tratamiento con biol al 20% muestra mejores resultados en relación a la altura y diámetro favoreciendo a la producción de plantones resistentes y equilibrados. Resultados similares encontró Gil et al. (2023) en el que demostró que una solución del 20% de biol presenta mejores resultados para las variables altura, diámetro y biomasa. Así mismo Paz et al. (2023) evaluaron tratamientos con diversos fertilizantes a fin de identificar la eficiencia en la producción de *Pinus spp*,

encontrando que los tratamientos con fertilizantes orgánicos muestran mejores resultados en los índices de calidad de Dickson y robustez, favoreciendo el desarrollo radicular y foliar.

Según el análisis anova se encontró que existe diferencia significativa p= 0,00 para el índice de calidad de Dickson, con medias de índice de calidad de hasta (0,40 y 0,34) para el T2 y T4. More et al. (2018) sostiene que los tratamientos con biol mejoran la calidad de planta, encontrando en su estudio resultados cercanos al 0,5 del índice de calidad, mostrando una buena eficiencia del biofertilizante. Por otra parte, Moreno *et al.* (2022) encontraron resultados para la producción de plantones en vivero señalando que una adecuada producción de biol mejora las características morfológicas en la producción.

Para el índice de lignificación los resultados no muestran diferencias significativas (p=0,12), a pesar de que, el tratamiento T4 y T2 muestran las medias más altas (20-30%), lo que sugiere plantas con rigidez, resistencia y capacidad de sostén puesto que se consideran plantas con un índice de calidad alta a las que poseen un porcentaje mayor o igual al 11,3% (Rueda Sánchez et al., 2012). Así mismo, Reyes et al. (2021) señalan que las especies forestales que son producidas con biofertilizantes tienden a presentar una alta calidad estructural de planta en cuanto al índice de lignificación lo que favorecía la rigidez estructural y la homogeneidad morfológica de los plantones, por otra parte, Landis et al. (2010) señala que el índice de lignificación es un indicador de madurez celular y estructural, puesto que la deposición de lignina en la pared secundaria reemplaza progresivamente al contenido celular soluble consolidándose como un proceso fisiológico a largo plazo y no recomienda determinarlo mediante experimentos de corto plazo.

Finalmente, el biol es un biofertilizante que muestra eficiencia en el desarrollo de diferentes especies es así que en Colombia se ha evaluado el uso de biol en cultivos como “banano” *Musa paradisiaca* L. mostrando resultados positivos en su desarrollo (Correa & De la Peña, 2022), así mismo, Moreno *et al.,* (2022) señala que en “pasto estrella” *Cynodon inlefuensis* también

reporta eficiencia en su desarrollo, en Ecuador, (Muñiz, 2023) reporta los beneficios del biol en el cultivo de “pepino” *Cucumis sativus* L; en Costa Rica se evaluó el efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de brotes de “pitahaya” *Hylocereus sp*. mostrando en todos estos, efectos positivos en el crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas (Monge et al., 2022).

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se concluye que el tratamiento con biol correspondiente al diámetro de cuello, altura y número de hojas el T4 (20%) obtuvo diferencias significativas en referencia a los otros tratamientos, influyendo de manera significativa en las características morfológicas del *Alnus acuminata.*
- El biol presenta una excelente concentración de nutrientes con un alto contenido de fósforo, calcio, potasio, materia orgánica y nitrógeno y una relación C/N de (11,60%) catalogándose como un biofertilizante eficiente.
- En referencia a la biomasa, los resultados mostraron diferencias significativas, siendo el mejor el T4 (20%) indicando que existe un equilibrio aceptable entre la biomasa radicular y foliar, lo que se traduce en altos índices de calidad de planta (índice de calidad de Dickson, índice de Robustez).
- En referencia al índice de robustez el tratamiento T4 mostró mejores resultados con un nivel de significancia de **(p=0,041)** lo que indica que el tratamiento con biol al 20% favorece significativamente al desarrollo de *Alnus acuminata.*
- En cuanto al índice de calidad de Dickson los plantones de *Alnus acuminata* muestran una calidad media/ alta con valores de (0,34 y 0,40) para el T4 y T2.
- Finalmente, en cuanto al índice lignificación no existen diferencias significativas entre los tratamientos, demostrando que la lignificación es un índice que depende de la madurez de la planta y no se puede determinar en experimentos a corto plazo.

5.2. Recomendaciones

- En cuanto a la calidad del biol se recomienda en futuras investigaciones relacionadas a la producción de biol para la propagación de especies forestales se tenga en cuenta los requerimientos nutricionales de la especie para incrementar su eficiencia.
- Se recomienda la utilización de biofertilizantes en la producción de plantones forestales en vivero a fin de mejorar sus características morfológicas, por ende, su capacidad de adaptación a las condiciones edafoclimáticas externas puesto que mejoran su capacidad de absorción de nutrientes al incrementar su área radicular y foliar, por lo tanto, su adaptabilidad.
- Se recomienda la propagación de *Alnus acuminata* en procesos de recuperación de suelos por sus beneficios que aporta en cuanto a la fijación de nitrógeno y mejoramiento de la estructura del suelo.

CAPÍTULO VI
REFERENCIAS

Agualzaca, D. O. (2021). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo Facultad de Recursos Naturales [Escuela superior politécnica de Chimborazo]. In *Escuela superior politécnica de Chimborazo*. https://dspace.espoch.edu.ec:8080/server/api/core/bitstreams/b53bfb2a-7b1f-4527-9a5e-79ba56cf0fe1/content

Allouzi, M. M. A., Allouzi, S. M. A., Keng, Z. X., Supramaniam, C. V., Singh, A., & Chong, S. (2022). Liquid biofertilizers as a sustainable solution for agriculture. *Heliyon*, *8*(12). https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e12609

Arif, M., Chohan, M. A., Ali, S., Gul, R., & Khan, S. (2006). Response of wheat to foliar application of nutrients. *Journal of Agricultural and Biological Science*, *1*(4), 30–34.

Asif, M., Mughal, A. H., Bisma, R., Mehdi, Z., Saima, S., Ajaz, M., Malik, M. A., Masood, A., & Sidique, S. (2018). Application of different strains of biofertilizers for raising quality forest nursery. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, *7*(10), 3680–3686. https://doi.org/10.20546/ijcmas.2018.710.425

Bernaola-Paucar, R. M., Gelly, ;, Archi, C., Luz, M., & Paliza, V. (2022). Indicadores morfológicos de la calidad de cinco especies forestales producidos en vivero. *Agroindustrial Science, ISSN-e 2226-2989, Vol. 12, Nº. 2, 2022 (Ejemplar Dedicado a: Mayo-Agosto), Págs. 175-180*, *12*(2), 175–180. https://doi.org/10.17268/agroind.sci.2022.02.07

Bhardwaj, D., Ansari, M. W., Sahoo, R. K., & Tuteja, N. (2014). Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. *Microbial Cell Factories*, *13*(1), 1–10. https://doi.org/10.1186/1475-2859-13-66/FIGURES/2

Bi, S., Hong, X., Yang, H., Yu, X., Fang, S., Bai, Y., Liu, J., Gao, Y., Yan, L., Wang, W., & Wang, Y. (2020). Effect of hydraulic retention time on anaerobic co-digestion of cattle manure and food waste. *Renewable Energy*, *150*, 213–220. https://doi.org/10.1016/j.renene.2019.12.091

Boe, K. (2006). *Online monitoring and control of the biogas process*. Tesis doctoral, Technical University of Denmark.

Briceño, V. (2002). El Aliso, *Alnus acuminata* HBK, hospedero de dos especies de Chrysomelidae (Coleoptera) en los andes venezolanos. *Revista Forestal Venezolana*, *46*(1), 53–57.

Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. *Scientia Horticulturae*, *196*, 15–27. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2015.09.013

Cano, M. H., Bennet, A., Erika, S., Robles, S., Sainos, U., & Castorena, H. (2016). Characterization of bioles from the anaerobic fermentation of cattle and swine excreta. *Agrociencia*, *50*(4), 471–479.

Carhuancho, F. ., Guerrero, J. ., & Ramirez, J. . (2012). *Aprovechamiento del estiércol de gallina para la elaboración de biol en biodigestores tipo batch como propuesta al manejo de residuo avícola*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria La Molina.

Casanova Pavel, D., León Mendoza, L., Casanova Pavel, D., & León Mendoza, L. (2021). Evaluación de la composición fisicoquímica y bioquímica de biol enriquecido con diferentes concentraciones de alperujo. *Arnaldoa*, *28*(2), 409–416. https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.282.28210

Castellano, A., Armato, C., Pozo, C., González, A., & González, J. (2018). New concepts in anaerobic digestion processes: recent advances and biological aspects. *Applied Microbiology and Biotechnology*, *102*(12), 5065–5076. https://doi.org/10.1007/S00253-018-9039-9

Cauja, E. R. (2022). *Evaluación de la germinación de semillas de aliso (Alnus acuminata) en tres sustratos y dos procesos pregerminativos en el vivero de la ESPOCH*. Tesis de pregrado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Cavinato, C. (2011). Anaerobic digestion fundamentals I. *Summer School on Biogas Technology for Sustainable Second-Generation Biofuel Production*, 1–47.

Chatterjee, B., & Mazumder, D. (2019). Role of stage-separation in the ubiquitous development of anaerobic digestion of organic fraction of municipal solid waste: A critical review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *104*, 439–469. https://doi.org/10.1016/J.RSER.2019.01.026

Chen, J. H. (2006). The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International Workshop on Sustained Management*, *16*(20), 1–11.

Chew, K. W., Chia, S. R., Yen, H. W., Nomanbhay, S., Ho, Y. C., & Show, P. L. (2019). Transformation of biomass waste into sustainable organic fertilizers. *Sustainability*, *11*(8). https://doi.org/10.3390/SU11082266

Correa, M. F., & De la Peña, M. (2022). *Supervisión de las prácticas agrícolas en el cultivo de banano de la finca El Recuerdo, ubicada en el municipio de la Zona Bananera, con especial atención en la producción de biol (abono de tipo foliar orgánico)*. Universidad del Magdalena.

Ding, H., Deng, E. Z., Yuan, L. F., Liu, L., Lin, H., Chen, W., & Chou, K. C. (2014). A sequence-based predictor for identifying the types of conotoxins in targeting ion channels. *BioMed Research International*. https://doi.org/10.1155/2014/286419

Drennan, M. F., & DiStefano, T. D. (2014). High solids co-digestion of food and landscape waste and the potential for ammonia toxicity. *Waste Management*, *34*(7), 1289–1298. https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2014.03.019

Fageria, N. K., Filho, M. P. B., Moreira, A., & Guimarães, C. M. (2009). Foliar fertilization of crop plants. *Journal of Plant Nutrition*, *32*(6), 1044–1064. https://doi.org/10.1080/01904160902872826

Florez-Jalixto, M., Roldán-Acero, D. D., Omete-Sibina, J. R., & Molleda-Ordoñez, A. A. (2021). *Scientia Agropecuaria 12(4): 635-651 (2021) REVIEW Biofertilizers and biostimulants for agricultural and aquaculture use: Bioprocesses applied to organic by-products of the fishing industry Biofertilizantes y bioestimulantes para uso agrícola y acuícola: Bioprocesos aplicados a subproductos orgánicos de la industria pesquera*. https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2021.067

Fondo de Cooperación para el Desarrollo Social [FONCODES]. (2014). *Producción y uso de abonos orgánicos: Biol, compost y humus (Manual Técnico Nº 5)*. Ministerio de Desarrollo e Inclusión Social.

Franzoni, G., Cocetta, G., Prinsi, B., Ferrante, A., & Espen, L. (2022). Biostimulants on crops: their impact under abiotic stress conditions. *Horticulturae*, *8*(3), 189. https://doi.org/10.3390/HORTICULTURAE8030189

Gil, L. A., Leiva, F. A., Cabos, J. D., Jara, E. L., Bardales, C. B., & León, C. A. (2022). 2413-3299-arnal-29-01-149. *Arnaldoa*, *29 (01)*, 149–162. http://doi.org/10.22497/arnaldoa.291.29109

Gil, L. A., Leiva, F. A., Cabos, J. D., Jara, E. L., Bardales, C. B., & Torres, C. A. L. (2022). Influencia de las concentraciones del "biol" en el crecimiento y desarrollo de Medicago sativa (Fabaceae) "alfalfa." *Arnaldoa*, *29*(1), 149–162. https://doi.org/10.22497/ARNALDOA.291.29109

Gil, L. A., Leiva, F., Lezama, M., & Bardales, C. (2023). Vista de Biofertilizante "biol"_ caracterización física, química y microbiológica _ Revista Alfa. *Revista de Investigación de Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, *7(20)*, 336–345. https://doi.org/https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v7i20.219

Guariguata, M. R., Arce, J., Ammour, T., & Capella, J. L. (2017). *Las plantaciones forestales en Perú: Reflexiones, estatus actual y perspectivas a futuro*. Center for International Forestry Research (CIFOR): Bogor, Indonesia. https://doi.org/10.17528/CIFOR/006461

Hartz, T. K., Smith, R., & Gaskell, M. (2010). Nitrogen availability from liquid organic fertilizers. *HortTechnology*, *20*(1), 169–172. https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.1.169

Hurtado, Y., Chico Ruíz, J., Campos Ruiz, J., Cerna Rebaza, L., & Narcizo Campos Ruiz, S. (2023). Effect of phosphorus and nitrogen fertilizers on the growth of "rainbow eucalyptus" Eucalyptus deglupta Blume (Myrtaceae). *Arnaldoa*, *30*(2), 169–192. https://doi.org/10.22497/arnaldoa.302.30206

Jara, L. J., Gallegos, J. M., & Cruz, M. A. (2021). Elaboración y caracterización de bioles de residuos orgánicos. *InterSedes*, *22*(45), 189–203. https://doi.org/10.15517/isucr.v22i45.46013

Jasmin Tenecela-Buestan, K. I., Milena González-Valdez III, K., Sebastián Álvarez-Cortez, P. I., Arturo Román-Robalino, D. I., & Eduardo León-Ruiz, J. V. (2022). *Coeficiente de cultivo (kc) de Alnus acuminata (aliso) en etapa de vivero Crop coefficient (kc) of Alnus acuminata (alder) in the nursery stage Coeficiente de cultura (kc) de Alnus acuminata (amieiro) na fase de Viveiro Ciencias Técnicas y Aplicadas Artículo de Investigación*. *7*(2), 548–559. https://doi.org/10.23857/pc.v7i1.3602

Jaulis, J., Martínez, A., Juscamaita, J., Adama, E., & Adama, J. (2020). Efecto de la aplicación combinada de abono líquido y sólido en la producción de plantines de café (Coffea arabica) cultivado bajo condiciones de vivero en Chirinos, Cajamarca, Perú. *Anales Científicos*, *81*(2), 336–346.

Julon, I. L. (2016). *Influencia del biol en el crecimiento de Cedrelinga catenaeformis Ducke, Guazuma crinita* Mart *y Swietenia macrophylla* King *en vivero - distrito de Río Negro*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional del Centro del Perú.

Khalid, A., Arshad, M., Anjum, M., Mahmood, T., & Dawson, L. (2011). The anaerobic digestion of solid organic waste. *Waste Management*, *31*(8), 1737–1744. https://doi.org/10.1016/J.WASMAN.2011.03.021

Khalilzadeh, R., Tajbakhsh, M., & Jalilian, J. (2012). Growth characteristics of mung bean (Vigna radiata L.) affected by foliar application of urea and bio-organic fertilizers. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *4*(10), 637–642.

Laiq, M., Iqbal, A., Chang, C. C., Li, W., & Ju, M. (2019). Anaerobic digestion. *Water Environment Research*, *91*(10), 1253–1271. https://doi.org/10.1002/WER.1219

Landis, T. D., Dumroese, R. K., & Haase, D. L. (2010). *The Container Tree Nursery Manual: Seedling processing, storage, and outplanting - Google Libros* (Vol. 7). Departament of Agriculture Forest Service. https://books.google.com.pe/books?id=DPA6AQAAMAAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false

Lazo, F. D., & Móstiga, M. J. (2021). Incidencia del ataque de agentes insectiles ante la aplicación de dos hidroretenedores en plantaciones piloto de *Alnus acuminata* y Eucalyptus globulus en Jauja, Junín, Perú. *Revista de Investigación de Agroproducción Sustentable*, *5*(1), 58–65. https://doi.org/10.25127/APS.20211.760

Lew, B., Lustig, I., Beliavski, M., Tarre, S., & Green, M. (2011). An integrated UASB-sludge digester system for raw domestic wastewater treatment in temperate climates. *Bioresource Technology*, *102*(7), 4921–4924. https://doi.org/10.1016/J.BIORTECH.2011.01.030

Lohani, S. P., & Havukainen, J. (2018). Anaerobic digestion: factors affecting anaerobic digestion process. In S. Varjani, E. Gnansounou, B. Gurunathan, D. Pant, & Z. Zakaria (Eds.), *Energy, Environment, and Sustainability* (pp. 343–359). Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-7413-4_18

Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., Ghosh, A., & Tribedi, P. (2017). Biofertilizers: a potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, *24*(4), 3315–3335. https://doi.org/10.1007/s11356-016-8104-0

Mamilovich, L. (2018). *Efecto del biol y estiercol de ovino en las propiedades del suelo y crecimiento del cacao (Theobroma cacao* L.*) en condiciones de vivero*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria de la Selva.

Mao, C., Feng, Y., Wang, X., & Ren, G. (2015). Review on research achievements of biogas from anaerobic digestion. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, *45*, 540–555. https://doi.org/10.1016/J.RSER.2015.02.032

Martinez, A. (2018). *Efecto de tres dosis de abono foliar liquido "Biol" en la fase de vivero del cultivo de Cacao (Theobroma cacao* L.*), en la junta vecinal de Pampa Yurac, distrito y provincia de Padre Abad*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Ucayali.

Mathew, A. K., Bhui, I., Banerjee, S. N., Goswami, R., Chakraborty, A. K., Shome, A., Balachandran, S., & Chaudhury, S. (2015). Biogas production from locally available aquatic weeds of Santiniketan through anaerobic digestion. *Clean Technologies and Environmental Policy*, *17*(6), 1681–1688. https://doi.org/10.1007/S10098-014-0877-6/METRICS

McCauley, A., Jones, C., & Jacobsen, J. (2009). *Soil pH and organic matter*.

Monge, J. E., Loría, M., & Oreamuno, P. (2022). Efecto de un biol sobre las características del suelo y la producción de brotes en pitahaya (Hylocereus sp.). *Research Journal*, *14*(1). https://doi.org/10.22458/urj.v14i1.3836

More Ipanaque, J. P., Salazar Hinostroza, E. J., & Cuellar Bautista, J. E. (2018). *Relación tamaño y calidad del plantón en condiciones de vivero de ulcumano (Retrophyllum rospigliosii) en INIA San Ramón, Chanchamayo, Perú* (Vol. 62, pp. 29–46). Universidad de los Andes. https://hdl.handle.net/20.500.12955/2125

Muñiz, C. A. (2023). *Beneficios del biol en el cultivo de pepino (Cucumis sativus)*. Tesis de pregrado, Universidad Técnica de Babahoyo.

Nosheen, S., Ajmal, I., & Song, Y. (2021). Microbes as biofertilizers, a potential approach for sustainable crop production. *Sustainability (Switzerland)*, *13*(4), 1–20. https://doi.org/10.3390/su13041868

Oosterhuis, D. (2009). Foliar fertilization: mechanisms and magnitude of nutrient uptake. *In Proceedings of the Fluid Forum*, 15–17.

Ostrem, K. M., Millrath, K., & Themelis, N. J. (2004). Combining anaerobic digestion and waste-to-energy. *In: 12th North America Waste to Energy Conference*, 265–271.

Pacheco, E., & Quisbert, A. S. (2016). Modelos de aprovechamiento sostenible del Aliso (*Alnus acuminata* Kunth) en zona de ladera de bosque de niebla. *Journal of the Selva Andina Biosphere*, *4*(1), 24–38. https://doi.org/10.36610/j.jsab.2016.040100024

Panjaitan, E., L.L.Sianturi, P., Sidauruk, L., & Manurung, E. Y. (2023). The Effect Of Liquid Organic Fertilizer And Solid Organic Fertilizer On The Growth And Production Of Eggplant (Solanum melongena L.). *Jurnal Kajian Dan Penalaran Ilmu Manajemen*, *1*(3), 185–199. https://doi.org/10.59031/JKPIM.V1I3.210

Parawira, W. (2012). Enzyme research and applications in biotechnological intensification of biogas production. *Critical Reviews in Biotechnology*, *32*(2), 172–186. https://doi.org/10.3109/07388551.2011.595384

Paz Paz, M., Rodríguez Trejo, D. A., Villanueva Morales, A., Borja De la Rosa, Ma. A. M., Paz Paz, M., Rodríguez Trejo, D. A., Villanueva Morales, A., & Borja De la Rosa, Ma. A. M. (2023). Fertilización, calidad de planta y supervivencia en campo de Pinus spp. en

Ixtlán de Juárez, Oaxaca. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *14*(76), 71–92. https://doi.org/10.29298/RMCF.V14I76.1324

Phibunwatthanawong, T., & Riddech, N. (2019). Liquid organic fertilizer production for growing vegetables under hydroponic condition. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, *8*(4), 369–380. https://doi.org/10.1007/S40093-019-0257-7/TABLES/8

Polo, R. F. (2022). "Biofertilizantes" una revisión sistemática de la literatura científica en los últimos 10 años. *HIGH TECH-ENGINEERING JOURNAL*, *2*(1), 90–97. https://doi.org/10.46363/HIGH-TECH.V2I1.4

Poveda-Díaz, N., Ramos-Montaño, C., & Pulido-Herrera, K. L. (2020). ¿La giberelina aumenta la aclimatación de plántulas de *Alnus acuminata* al arsénico? Does gibberellin increase the acclimation of seedlings of *Alnus acuminata* to arsenic? *BOSQUE*, *41*(1), 45–53. https://doi.org/10.4067/S0717-92002020000100045

Quiroga, J., Tschiersch, K., & Bohórquez, O. (2019). A model of didactic guidelines to train designing and implementation of biodigesters. *Journal of Physics: Conference Series*, *1161*(1). https://doi.org/10.1088/1742-6596/1161/1/012025

Ramos, Á. M. (2023). Efecto del manejo de plantaciones de tres especies exóticas en la recuperación del suelo forestal en Oxapampa - Perú. *Revista Forestal Del Perú*, *38*(1), 81–96. https://doi.org/10.21704/RFP.V38I1.1947

Reyes-Reyes, J., Rodríguez-Morales, J. A., Torre, D. de J. P. de la, Pérez, M. A. F., Medina, J. F. A., & García, A. M. (2021). Diagnóstico de la calidad de planta en el vivero forestal El Campanario, Tuxtla Chico, Chiapas. *E-CUCBA*, *9*(17), 29–37. https://doi.org/10.32870/ECUCBA.VI17.207

Rueda Sánchez, A., De Dios, J., Solorio, B., Prieto-Ruiz, J. Á., Trinidad Sáenz Reyez, J., Orozco-Gutiérrez, G., & Castañeda, A. M. (2012). *Calidad de planta producida en los viveros forestales de jalisco quality of plants produced in forest nurseries in jalisco*.

Sánchez, I., Fuerte, L., Ravelo, R., & Ávila, O. (2022). Estado del arte de los biopreparados por digestión anaerobia como biofertilizantes y bioestimulantes. *Revista Ingeniería Agrícola*, *12*(4), 1–15.

Savci, S. (2012). An Agricultural Pollutant: Chemical Fertilizer. *International Journal of Environmental Science and Development*, *3*(1), 73–80. https://doi.org/10.7763/ijesd.2012.v3.191

Sharma, B., Vaish, B., Monika, Singh, U. K., Singh, P., & Singh, R. P. (2019). Recycling of organic wastes in agriculture: An environmental perspective. *International Journal of Environmental Research*, *13*(2), 409–429. https://doi.org/10.1007/s41742-019-00175-y

Silva, W. O., Stamford, N. P., Silva, E. V. N., Santos, C. E. R. S., Freitas, A. D. S., & Silva, M. V. (2016). The impact of biofertilizers with diazotrophic bacteria and fungi chitosan on melon characteristics and nutrient uptake as an alternative for conventional fertilizers. *Scientia Horticulturae*, *209*, 236–240. https://doi.org/10.1016/J.SCIENTA.2016.06.027

Sistema Nacional de Información Ambiental [SINIA]. (2019). *Informe nacional sobre el estado del ambiente 2014-2019*.

Siura, S., & Dávila, S. (2008). Effect of green manure rotation, biol and cultivar on the production of organic spinach (Spinacea oleracea). *IFOAM Organic World Congress*, *16*, 4.

Soto, F. (2019). *Los seres vivos y el medio ambiente: Evolución y biosiversidad*.

Taiz, Lincoln., Møller, I. M. ., Murphy, A. S. ., & Zeiger, Eduardo. (2023). *Plant physiology and development* (7th ed.). Sinauer Associates : Oxford University Press.

Tal, A. (2025). The Environmental impacts of overpopulation. *Encyclopedia*, *5*(2), 45. https://doi.org/10.3390/ENCYCLOPEDIA5020045

Tito, C. (2019). *Producción de aliso (Alnus acuminata* HBK*) en diferentes porcentajes de tierra negra, arena y compost en vivero Andahuaylas*. Tesis de pregrado, Universidad Tecnológica de los Andes.

Ubalua, A. O. (2007). Cassava wastes: Treatment options and value addition alternatives. *African Journal of Biotechnology*, *6*(18), 2065–2073. https://doi.org/10.5897/ajb2007.000-2319

Ukozehasi, C., Elkelish, · Amr, & Kullaj, E. (2024). The δ2H and δ18O isotopic evidence for hydraulic redistribution by *Alnus acuminata* in an agricultural landscape. *Discover Agriculture*, *2*(1), 1–10. https://doi.org/10.1007/S44279-024-00094-3

Van Lier, J. B., Mahmoud, N., & Zeeman, G. (2008). Anaerobic wastewater treatment. *Biological Wastewater Treatment: Principles, Modelling and Design*, 415–456.

Van Lier, J. B., Sanz Martin, J. L., & Lettinga, G. (1996). Effect of temperature on the anaerobic thermophilic conversion of volatile fatty acids by dispersed and granular sludge. *Water Research*, *30*(1), 199–207. https://doi.org/10.1016/0043-1354(95)00107-V

Vargas, R. M. (2018). *Propagación del aliso (Alnus acuminata) a nivel de vivero, con el uso de sustratos en Vilcabamba Grau- Apurímac*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac.

Ward, A. J., Hobbs, P. J., Holliman, P. J., & Jones, D. L. (2008). Optimisation of the anaerobic digestion of agricultural resources. *Bioresource Technology*, *99*(17), 7928–7940. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2008.02.044

Weng, C., Bush, M. B., & Chepstow, A. J. (2004). Holocene changes of Andean alder (*Alnus acuminata*) in highland Ecuador and Peru. *Journal of Quaternary Science*, *19*(7), 685–691. https://doi.org/10.1002/JQS.882

Wicaksono, C. Y., Aguirre-Guiterrez, J., Nouhra, E., Pastor, N., Raes, N., Pacheco, S., & Geml, J. (2017). Contracting montane cloud forests: a case study of the Andean alder (*Alnus acuminata*) and associated fungi in the Yungas. *Biotropica*, *49*(2), 141–152. https://doi.org/10.1111/btp.12394

Zeeman, G., Sanders, W. T. M., Wang, K. Y., & Lettinga, G. (1997). Anaerobic treatment of complex wastewater and waste activated sludge — Application of an upflow anaerobic solid removal (UASR) reactor for the removal and pre-hydrolysis of suspended COD. *Water Science and Technology*, *35*(10), 121–128. https://doi.org/10.1016/S0273-1223(97)00210-2

Zevallos, M. S. (2018). *Biol y ácidos húmicos en la propagación sexual de paulownia (paulownia tomentosa) bajo condiciones de invernadero - Arequipa, Perú*. Tesis de pregrado, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

Zhang, F., Niu, J., Zhang, W., Chen, X., Li, C., Yuan, L., & Xie, J. (2010). Potassium nutrition of crops under varied regimes of nitrogen supply. *Plant and Soil*, *335*(1), 21–34. https://doi.org/10.1007/S11104-010-0323-4

ANEXOS

Figura 8

Preparación de insumos para la elaboración del biol



Figura 9

Preparación del biol



Figura 10

Preparación de soluciones de biol al 5%, 10%, 15% y 20%.



Figura 11

Aplicación del biol a los tratamientos



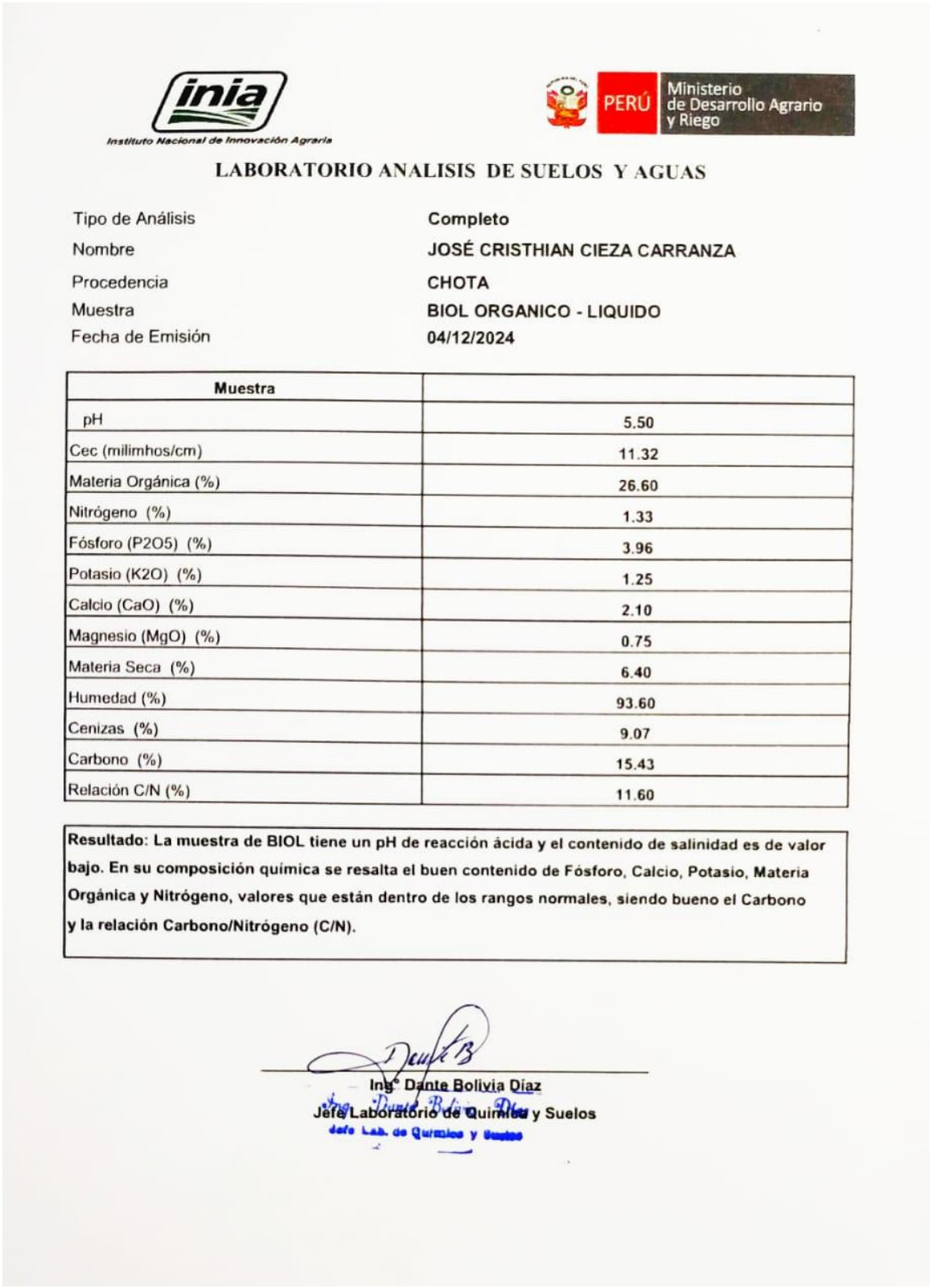
Figura 12

Recolección de datos de campo



Figura 13

Resultados del análisis de calidad de biol



Instituto Nacional de Innovación Agraria

PERÚ Ministerio de Desarrollo Agrario y Riego

LABORATORIO ANALISIS DE SUELOS Y AGUAS

Tipo de Análisis	**Completo**
Nombre	**JOSÉ CRISTHIAN CIEZA CARRANZA**
Procedencia	**CHOTA**
Muestra	**BIOL ORGANICO - LIQUIDO**
Fecha de Emisión	**04/12/2024**

Muestra	
pH	5.50
Cec (milimhos/cm)	11.32
Materia Orgánica (%)	26.60
Nitrógeno (%)	1.33
Fósforo (P2O5) (%)	3.96
Potasio (K2O) (%)	1.25
Calcio (CaO) (%)	2.10
Magnesio (MgO) (%)	0.75
Materia Seca (%)	6.40
Humedad (%)	93.60
Cenizas (%)	9.07
Carbono (%)	15.43
Relación C/N (%)	11.60

Resultado: La muestra de BIOL tiene un pH de reacción ácida y el contenido de salinidad es de valor bajo. En su composición química se resalta el buen contenido de Fósforo, Calcio, Potasio, Materia Orgánica y Nitrógeno, valores que están dentro de los rangos normales, siendo bueno el Carbono y la relación Carbono/Nitrógeno (C/N).

Ing° Dante Bolivia Díaz
Jefe Laboratorio de Química y Suelos
Jefe Lab. de Química y Suelos

Tabla 26

Datos de campo de las variables altura, diámetro de cuello y número de hojas

FECHA	Evaluación de plantones de *Alnus acuminata* Kunth																													
10/06/2025	**T0 /R1-DOSIS-SIN BIOL**										**T0 /R2-DOSIS-SIN BIOL**										**T0 /R3-DOSIS-SIN BIOL**									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Desarrollo vertical (H)cm	54	64,2	56,6	50	49	62,2	61	36,8	29	54,4	63	42	44,6	49,2	46	54,6	59	53,6	40,9	52,2	51,4	44,8	36,4	28,5	52	49,1	60,2	46,8	42	60
Diámetro de cuello de raíz (mm)	6	5,5	5	5	4,5	6	6	5	4,6	6	6	5	5	4	3,5	4	4,5	5	4,5	4,5	5	5	3,5	3,5	5	4,5	6	5	3,5	6
Nº. hojas	14	15	14	13	13	17	16	13	13	16	16	13	14	13	14	16	16	15	13	16	14	16	13	14	15	14	17	14	14	17
FECHA	evaluación de plantones de *Alnus acuminata* Kunth																													
10/06/2025	**T1 /R1-DOSIS-5% BIOL**										**T1 /R2-DOSIS-5% BIOL**										**T1 /R3-DOSIS-5% BIOL**									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Desarrollo vertical (H)	58,4	55	61,2	51,3	39,7	48,2	43,1	36,7	37,6	49,8	36,5	44,2	54,8	50	35,4	42	51,2	47,2	48	61,2	42	35,1	47	51,2	42	45,2	58,9	59	49,4	45
Diámetro de cuello de raíz	4	4	4,5	4	4,5	4	4,5	4,5	4	4	3,5	3,5	4,5	4,5	3,5	4	5	5	4	4	5	4	4,5	5,5	5,5	3,5	3	4	3	3
Nº hojas	15	16	18	15	13	15	14	13	12	15	14	15	18	17	14	14	16	15	16	18	15	14	14	16	15	16	15	17	15	14
FECHA																														
10/06/2025	evaluación de plantones de *Alnus acuminata* Kunth																													
	T2 /R1-DOSIS-10% BIOL										**T2 /R2-DOSIS-10% BIOL**										**T2 /R3-DOSIS-10% BIOL**									

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Desarrollo vertical (H)	50,5	52,4	47	39,8	42	41,3	48	65	57	48,6	48,2	40,5	56	32,8	52,4	36,9	39,8	54,6	56	54,8	34,9	47	49	42,5	38,9	52	48,2	54,6	59	53,5
Diámetro de cuello de raíz	6	5,5	5	4,5	4	4	5	5,5	4,5	4,5	4	5	4	4,5	4	3,5	3,9	4	5	4,5	3,5	3	3	4	4	5	3,5	5	4,5	4
Nº hojas	18	16	15	14	15	16	17	18	17	16	16	15	18	14	18	14	15	17	18	18	14	16	16	15	15	16	14	17	18	16

FECHA																														
10/06/2025	evaluación de plantones de *Alnus acuminata* Kunth																													
	T3 /R1-DOSIS-15% BIOL										**T3 /R2-DOSIS-15% BIOL**										**T3 /R3-DOSIS-15% BIOL**									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Desarrollo vertical (H)	58,3	56	44,2	49,6	37	47,4	58,1	36,7	48,4	39,7	44,2	42,6	47	50,4	64,7	38,6	30,6	64	57,6	29,4	54,2	46	55,8	37,8	35,9	55,4	57	62,4	57,8	29,2
Diámetro de cuello de raíz	5	5,6	4	4,5	4,5	4	4,5	3,5	4,5	4	3,5	4	4,5	4	4	4,5	3	5,5	5,5	3	4	4,5	5	5	5	5	4,5	4,5	5	3,5
Nº hojas	17	16	15	16	13	14	18	14	16	16	16	14	15	15	18	14	13	19	17	13	16	15	15	14	14	16	17	18	19	13

FECHA																														
10/06/2025	evaluación de plantones de *Alnus acuminata* Kunth																													
	T4 /R1-DOSIS-20% BIOL										**T4 /R2-DOSIS-20% BIOL**										**T4 /R3-DOSIS-20% BIOL**									
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10
Desarrollo vertical (H)	61,5	49,2	52	48,7	45,7	46,6	51,8	56,8	47,9	54,2	64,5	55	43,2	49,7	53,6	65,9	57,2	51,9	53,2	48,6	41,6	54,9	54,5	56,2	48	61,3	66	58,9	54,7	65,5

Diámetro de cuello de raíz	6	5	4	4	4,5	3,5	5,5	4,5	4	4,5	5	4,5	4	4	4	4	4,5	5	4,5	4,5	4,5	4,5	4	4	4	4	4,5	5	4,5	5,5
Nº hojas	15	16	17	14	16	15	16	18	16	17	19	17	16	15	16	18	18	17	16	15	14	15	16	15	15	17	18	17	16	18