

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL



TESIS

**CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO FIJADO POR *Alnus acuminata*
Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham. SEGÚN DISTANCIA Y PENDIENTE
EN PARCELAS AGROFORESTALES EN CUTERVO 2024**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO FORESTAL**

**PRESENTADO POR EL BACHILLER
HERLY OBLITAS GONZALES**

**ASESORES:
DR. ING. SEGUNDO PRIMITIVO VACA MARQUINA
M. Sc. ING. VITOLY BECERRA MONTALVO**

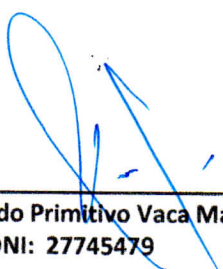
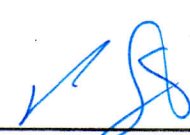
JAÉN – PERÚ

2025

CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:
Herly Oblitas Gonzales
DNI: 43173167
Escuela Profesional/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
2. Asesores:
Dr. Ing. Segundo Primitivo Vaca Marquina
M. Sc. Ing. Vitoly Becerra Montalvo
Facultad/Unidad UNC:
Ingeniería Forestal
3. Grado académico o título profesional
☐ Bachiller ☒ Título profesional ☐ Segunda especialidad
☐ Maestro ☐ Doctor
4. Tipo de Investigación:
☒ Tesis ☐ Trabajo de investigación ☐ Trabajo de suficiencia profesional
☐ Trabajo académico
5. Título de Trabajo de Investigación:
CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO FIJADO POR *Alnus acuminata* Kunth Y *Pinus patula* Schltdl.
& Cham. SEGÚN DISTANCIA Y PENDIENTE EN PARCELAS AGROFORESTALES EN CUTERVO 2024
6. Fecha de evaluación: 24/09/2025
7. Software antiplagio: ☒ TURNITIN ☐ URKUND (OURIGINAL) (*)
8. Porcentaje de Informe de Similitud: 12 %
9. Código Documento: oid: 3117:503240441
10. Resultado de la Evaluación de Similitud:
☒ APROBADO ☐ PARA LEVANTAMIENTO DE OBSERVACIONES O DESAPROBADO

Fecha Emisión: 24/09/2025

<i>Firma y/o Sello Emisor Constancia</i>	
 Dr. Ing. Segundo Primitivo Vaca Marquina DNI: 27745479	 M. Sc. Ing. Vitoly Becerra Montalvo DNI: 27727452

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Jaén, a los **once** días del mes de **setiembre** del año dos mil veinticinco, se reunieron en el **Ambiente de la Sala de Docentes de Ingeniería Forestal- Filial Jaén**, los miembros del Jurado designados por el Consejo de Facultad de Ciencias Agrarias, según Resolución de Consejo de Facultad N° 474-2025-FCA-UNC, de fecha 15 de agosto 2025, con el objeto, de evaluar la sustentación del trabajo de Tesis titulado: **"CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO FIJADO POR *Alnus acuminata* Kunth Y *Pinus patula* Schltdl. & Cham. SEGÚN DISTANCIA Y PENDIENTE EN PARCELAS AGROFORESTALES EN CUTERVO 2024"**, ejecutado por el Bachiller en Ciencias Forestales, **Don HERLY OBLITAS GONZALES**, para optar el Título Profesional de **INGENIERO FORESTAL**.

A las **nueve** horas y **cero** minutos, de acuerdo a lo estipulado en el Reglamento respectivo, el Presidente del Jurado dio por iniciado el evento, invitando al sustentante a exponer su trabajo de Tesis y luego de concluida la exposición, el jurado procedió a la formulación de preguntas. Concluido el acto de sustentación, el Jurado procedió a deliberar, para asignarle la calificación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la **APROBACIÓN** por **UNANIMIDAD** con el calificativo de **quince (15)**; por tanto, el Bachiller queda expedito para el inicio de los trámites, para que se le otorgue el Título Profesional de Ingeniero Forestal.

A las **diez** horas y **veinte** minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el acto.

Jaén, 11 de setiembre de 2025.

Ing. M. Sc. Germán Pérez Hurtado
PRESIDENTE

Ing. M. Sc. Francisco Fernando Aguirre De Los Ríos
SECRETARIO

Ing. M. Cs. Leimer Flores Flores
VOCAL

Dr. Segundo Primitivo Vaca Marquina
ASESOR

Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo
ASESOR

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mi padre Felipe Oblitas Lopez, a mi madre Lucrecia Gonzales Calle, a mi esposa y compañera de toda la vida Diana Luz Calle Rivera y a mi menor hija Saori Luana Oblitas Calle; quienes me motivan e inspiran siempre a seguir adelante y poder vencer cualquier obstáculo que se presente en la vida; también a mi universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén y a todos los docentes que fueron el eje fundamental para lograr culminar y desarrollar mi carrera profesional de Ingeniería Forestal.

***Herly
Oblitas***

AGRADECIMIENTO

A dios por otorgarme el privilegio de tener salud y guiarme día a día a alcanzar el objetivo propuesto.

A mis profesores de la Escuela Académico Profesional de Ingeniería Forestal de la Universidad Nacional de Cajamarca-Sede Jaén, por haber contribuido en mi formación profesional.

Al Ing. M. Sc. Vitoly Becerra Montalvo y al Dr. Ing. Segundo Primitivo Vaca Marquina por su asesoramiento y guía brindado durante el desarrollo de mi proyecto de tesis.

A la familia Becerra Guevara, agricultores del centro poblado El Cumbe del distrito de Callayuc, provincia de Cutervo; quienes me acogieron en su hogar y me brindaron su apoyo constante en la recolección de datos de campo.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO	v
ÍNDICE.....	vi
ÍNDICE DE TABLAS	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO II: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. Antecedentes de la investigación.....	15
2.2. Bases teóricas.....	20
2.2.1. Nitrógeno en el suelo.....	20
2.2.2. Descripción de especies.....	25
2.2.3. Sistemas agroforestales de café.....	31
2.2.4. Árboles fijadores de nitrógeno	31
2.2.5. Fijación de nitrógeno por <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham ..	32
2.2.6. Relación de la fijación de nitrógeno y distancia del árbol	33
2.2.7. Relación de la fijación de nitrógeno con la pendiente del suelo	34
2.3. Definición de términos básicos.....	34
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	37
3.1. Localización de la investigación.....	37
3.2. Tipo y diseño de la investigación.....	38
3.3. Unidad de análisis, población y muestra.....	38
3.4. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos	38

3.5.	Validación y prueba de confiabilidad d ellos instrumentos	39
3.6.	Procedimiento	39
3.7.	Técnicas de procesamiento y análisis de datos	40
3.8.	Aspectos éticos.....	40
3.9.	Presentación de la información.....	41
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES		42
4.1.	Resultados	42
4.2.	Discusiones	53
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		57
5.1.	Conclusiones	57
5.2.	Recomendaciones	58
CAPÍTULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		59
CAPÍTULO VII: ANEXOS		67

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Fuentes, técnicas e instrumentos	38
Tabla 2. Presencia de raíces a diferentes distancias de las especies	42
Tabla 3. Presencia de micorrizas a diferentes distancias de las especies	43
Tabla 4. Proyección de copa a diferentes distancias de <i>Alnus acuminata</i>	44
Tabla 5. Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles <i>Alnus acuminata</i>	45
Tabla 6. Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles <i>Pinus patula</i>	46
Tabla 7. Resumen de la relación entre distancia y nitrógeno del árbol <i>Alnus acuminata</i>	47
Tabla 8. Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol <i>Alnus acuminata</i>	48
Tabla 9. Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol <i>Pinus patula</i>	49
Tabla 10. Relación entre el nitrógeno y la pendiente <i>Alnus acuminata</i> Kunth.....	50
Tabla 11. Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol <i>Alnus acuminada</i>	50
Tabla 12. Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol <i>Pinus patula</i>	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Relación entre el ciclo del nitrógeno y los compartimentos orgánicos y minerales	21
Figura 2. Familias de plantas que participan en la endosimbiosis intracelular y su evolución ...	23
Figura 3. Ubicación de la investigación	37
Figura 4. Sistema de recolección de muestras de suelo	40
Figura 5. Presencia de raíces a diferentes distancias de la especie.....	42
Figura 6. Presencia de micorrizas a diferentes distancias de las especies	43
Figura 7. Proyección de copa a diferentes distancias de <i>Alnus acuminata</i>	44
Figura 8. Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles <i>Alnus acuminata</i>	45
Figura 9. Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles <i>Pinus patula</i>	46
Figura 10. Relación entre distancia y nitrógeno del árbol <i>Alnus acuminata</i>	47
Figura 11. Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol <i>Alnus acuminata</i>	48
Figura 12. Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol <i>Alnus acuminata</i>	49
Figura 13. Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol <i>Alnus acuminada</i> ...	51
Figura 14. Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol <i>Pinus patula</i>	52

RESUMEN

La presente investigación tuvo como propósito determinar la concentración de nitrógeno fijado por *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham. según distancia y pendiente en parcelas agroforestales. Para esto, se seleccionaron al azar cinco árboles por especie y se elaboraron cuatro calicatas por árbol, ubicado a un metro de distancia cada una de ellas, siguiendo la dirección de la pendiente. Se obtuvieron muestras de suelo para medir la presencia de raíces, nódulos y micorrizas, así como realizar el análisis químico para medir la presencia de nitrógeno, también se midió la cobertura de copa. Como resultados se obtuvo que para *Alnus acuminata* la mayor concentración de nitrógeno se encuentra a 2 metros con 3,2 mg/g y para *Pinus patula* a 4 metros con 4,8 mg/g. las relaciones de concentración de nitrógeno y distancia fue directa para el caso de *Pinus patula* e inversa para *Alnus acuminata*, y la relación de cobertura de copa con concentración de nitrógeno fue directa para *Alnus acuminata* e inversa para *Pinus patula*. Se estableció una gradiente directa para la relación concentración de nitrógeno y pendiente con un valor de Pearson de 0,358447, mientras que para *Alnus acuminata* fue inversa con un valor de Pearson de -0,417068. se concluye que ambas especies fijan nitrógeno por su asociación con microorganismos nitrificantes, siendo mayor cerca al árbol para *Alnus acuminata* y al contrario mayor lejos del árbol para *Pinus patula*.

Palabras clave: Nitrógeno, agroforestal, pendiente, gradiente, fijación.

ABSTRACT

The purpose of this research was to determine the concentration of nitrogen fixed by *Alnus acuminata* Kunth and *Pinus patula* Schltdl. & Cham. according to distance and slope in agroforestry plots. For this purpose, five trees per species were randomly selected and four pits were made per tree, located at a distance of one meter each, following the direction of the slope. Soil samples were obtained to measure the presence of roots, nodules and mycorrhizae, as well as chemical analysis to measure the presence of nitrogen, and canopy cover was also measured. The results showed that for *Alnus acuminata* the highest nitrogen concentration was found at 2 meters with 3,2 mg/g and for *Pinus patula* at 4 meters with 4,8 mg/g. The relationship between nitrogen concentration and distance was direct for *Pinus patula* and inverse for *Alnus acuminata*, and the relationship between crown cover and nitrogen concentration was direct for *Alnus acuminata* and inverse for *Pinus patula*. A direct gradient was established for the relationship between nitrogen concentration and slope with a Pearson value of 0,358447, while for *Alnus acuminata* it was inverse with a Pearson value of -0,417068. It is concluded that both species fix nitrogen by their association with nitrifying microorganisms, being greater near the tree for *Alnus acuminata* and on the contrary greater far from the tree for *Pinus patula*.

Key words: Nitrogen, agroforestry, slope, gradient, fixation.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Los sistemas agroforestales son frecuentemente presentados como una solución eficaz para combatir la degradación de los suelos y el cambio climático. No obstante, el término agroforestería abarca una amplia gama de enfoques, lo que genera incertidumbre sobre como la complejidad de estos sistemas afectan la provisión de servicios ecosistémicos relacionados con el suelo, como la fijación del nitrógeno y el ciclo de nutrientes. Además, persiste una falta de información sobre la efectividad de los sistemas agroforestales en diferentes tipos de suelo (Steinfeld et al., 2023). Por ende, la complejidad de los sistemas agroforestales y la textura del suelo influyen en la prestación de servicios ambientales. En el Perú, la práctica de sistemas agroforestales está tomando relevancia como estrategia sostenible de la conservación de suelos y la mejora de la productividad agrícola (Almeyda, 2023). Dentro de los sistemas agroforestales y silvopastoriles, especies como *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham han sido asociadas debido a sus beneficios ambientales y económicos (Morales, 2019; Oliva et al., 2017), sin embargo, existe una necesidad importante de comprender mejor los niveles de nitrógeno fijados por estas especies en las parcelas agroforestales, debido a que es el elemento esencial para la fertilidad del suelo y crecimiento de las plantas, por ejemplo del café o pastos.

El nitrógeno (N) es un nutriente fundamental que restringe el crecimiento de las plantas y microorganismos (Cheng et al., 2019). Su disponibilidad es especialmente crítica en ecosistemas pioneros y áreas de baja productividad, ya que su presencia depende en gran medida de su fijación, además, la fijación de nitrógeno libre en los suelos constituye una parte significativa del nitrógeno biológicamente fijado de forma simbiótica y no simbiótica, lo que resalta su papel esencial en el estado de los nutrientes en el suelo (Fu et al., 2024). *Alnus acuminata* Kunth tiene un gran potencial para regenerar suelo degradados gracias a su capacidad de fijar nitrógeno atmosférico a través de las simbiosis con Frankia, lo cual beneficia el crecimiento de otras plantas asociadas a sistemas agrosilvopastoriles (Rodríguez, 2022); por otro lado, *Pinus patula* Schltdl & Cham aunque no fija nitrógeno atmosférico, puede influir en el ciclo del nitrógeno por medio de la acumulación de hojarasca y su descomposición, pero se requiere de estudios para comprender su efecto y su asociación con otras especies forestales (Díaz, 2023).

El problema se basa que, hasta el momento, no existen datos específicos y comparativos sobre la cantidad de nitrógeno fijada por *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham en los sistemas agroforestales de Cutervo. Esta carencia de información restringe las capacidades de los agricultores para tomar decisiones respecto a la implementación y manejo de estas especies en sistemas agroforestales. Por tanto, se ha decidido plantear el siguiente problema existente; ¿Cuál es la concentración de nitrógeno fijado por *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham. Según distancia y pendiente en parcelas agroforestales en Cutervo 2024?

La presente investigación se justificó teórica y conceptualmente porque promueve el avance de las investigaciones científicas sobre la fijación de nitrógeno por especies forestales en este caso *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham. En el contexto de los sistemas agroforestales, la fijación del nitrógeno es un proceso documentado que tiene un buen impacto en la fertilidad del suelo, así como la productividad agrícola. Esta investigación garantiza que el conocimiento sobre este tema sea sólido y aplicable en diversas situaciones, adaptándose a las condiciones específicas de Cutervo. Así mismo, metodológicamente se justificó por la relevancia del estudio, el muestreo de suelo, el análisis de nitrógeno para la cual se usaron técnicas analíticas para determinar los niveles de nitrógeno en las muestras.

La investigación sobre los niveles de nitrógeno fijado por *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham. en parcelas agroforestales en Cutervo tuvo diferentes beneficios importantes, ya que al comprender cómo estas especies contribuyen al enriquecimiento del suelo con nitrógeno, permite optimizar prácticas de manejo para fortalecer la fertilidad del suelo y reducir los fertilizantes químicos, lo que económicamente beneficia reduciendo gastos en su compra, y ambientalmente contribuye a la conservación de los ecosistemas y reduce la contaminación por nitratos. En síntesis, implementar sistemas agroforestales que incluyan especies forestales fijadores de nitrógeno impulsa la sostenibilidad agrícola, además los resultados de la investigación proporcionaron una base científica sólida que ayude a establecer recomendaciones sobre el uso de las especies forestales en estudio.

El objetivo principal de la investigación fue determinar la concentración de nitrógeno fijado por *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham. Según distancia y pendiente

en parcelas agroforestales en Cutervo 2024. Además, los objetivos específicos planteados fueron los siguientes: determinar el nitrógeno en el suelo, a diferentes distancias de los árboles de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham en función de la pendiente en parcelas agroforestales; establecer la relación entre distancia al árbol de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham y cantidad de nitrógeno presente en el suelo; establecer la relación entre proyección de copa de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham y cantidad de nitrógeno presente en el suelo; y determinar la gradiente de los niveles de nitrógeno en el suelo en función a la distancia, pendiente y proyección de copa de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham en parcelas agroforestales.

CAPÍTULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la investigación

Foltran y Lamersdorf (2024) en su investigación sobre la identidad de las especies de árboles determina las reservas de carbono y nitrógeno del suelo en sitios pobre en nutrientes, su objetivo fue analizar la acumulación, distribución vertical y los índices de calidad de la hojarasca en las capas superficiales de diferentes rodales en el Norte de Alemania. La selección de los rodales fue en función de la edad y área basal, así como condiciones edafoclimáticas (SC), en cada tipo de rodal (50 m x 50 m) se eligieron 4 puntos de muestro, donde se recolecto material no foliar, no identificable, humificado y hojarasca de la capa orgánica, y el suelo se muestreó a 0-5, 5-10 y 10-30 cm de profundidad (Dth). Los resultados muestran que las reservas de SOC y N son mayores en zonas donde los suelo tienen más contenido de limo, siendo lo arenosos los sitios pobres en nutrientes, y *Abeto Douglas* aumenta las reservas de C en el suelo mineral de los lugares pobres. De igual manera aumenta la plasticidad y promueve un efecto favorable sobre el SOC total y N. Además, el N contribuye entre el 20-26 % para coníferas a la distribución vertical del SOC, y el mayor contenido de N se encuentra en la capa de 10-30 cm. Esto muestra que las especies y las condiciones de nutrientes interactúan significativamente.

Zhang et al. (2024) en su estudio sobre el aumento de la acumulación de nitrógeno en las moreras debido a la secreción de proteína del suelo relacionada con la glomalina inducida por hongos micorrízicos arbusculares, su propósito fue analizar el potencial de hongos micorrízicos arbusculares (HMA) con *Funneliformis mosseae* (Fm) y *Rhizophagus intraradices* (Ri), para promover la adquisición de diferentes formas de nitrógeno por las raíces de morera. La investigación se realizó en el instituto de Investigación de Sericultura en Guiyang, China. Los resultados indicaron que el $\text{NH}_4^+ \text{N}^-$, $\text{NO}_3^- \text{N}^-$ y DON del suelo contribuyen a los cambios en la acumulación de nitrógeno en la raíz. La mayor contribución fue de 22,0 % de $\text{NO}_3^- \text{N}^-$. La actividad de la ureasa y el carbono de la biomasa microbiana aumentaron significativamente en 118,7 % y 115,2 %, respectivamente. El estudio confirmó que la inoculación con HMA no solo regula la dinámica del nitrógeno en el suelo, si no también diversifica las fuentes de nitrógeno de las plantas, lo que genera incremento en su crecimiento.

Wang et al. (2024) investigó los impactos de la diversidad de especies arbóreas en las tasa de mineralización neta de nitrógeno (N) del suelo y su regulación en la productividad de los árboles. La muestra de suelo se recolectó a 0-10 cm de profundidad, para conocer la tasa de mineralización se identificaron al contenido de N en las hojas, en el agua, suelo y la actividad enzimática como predictores positivos. El 20,4 % de la variabilidad en la descomposición del nitrógeno del suelo se debe al contenido de nitrógeno de las hojas, el 11,4 % a la actividad de la enzima peroxidasa, el 48,5 % al contenido de agua en el suelo, y el 10,7 % al contenido total de carbono en el suelo. En monocultivos la tasa de mineralización neta de N en el suelo se correlaciona negativamente con la producción de hojarasca y el área basal de los árboles, mientras que en sistemas integrados con árboles es, al contrario.

Furcal-Beriguete et al. (2023) en su investigación titulada, evaluación de la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestales con Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.) muestrearon cinco parcelas de tres años integrados con *E. guineensis*, *C. megalantha*, *T. cacao*, *Musa* sp. y el monocultivo de *E. guineensis* con la finalidad de que a partir de muestras de suelo a profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm se determine la densidad aparente, contenido de nutrientes, materia orgánica, porosidad y densidad de partículas. Los resultados mostraron que no hay diferencias significativas en algunas variables edáficas, entre ellas el pH ya que se obtuvieron valores de 6,18 a 5,92 en ambas profundidades, pero en la superficie (0-20 cm) el contenido de materia orgánica se encuentran valores de 2,01 a 4,16, el carbono y nitrógeno total es mayor en la profundidad de 20-40 cm. Por tanto, los mayores valores de nutrientes se encuentran en la superficie.

Sudharta et al. (2022) su investigación sobre la materia orgánica y nitrógeno del suelo en diferentes tipos de manejo de sistemas agroforestales de café y pino y su efecto en el rendimiento del café, tuvo como objetivo analizar la materia orgánica y el nitrógeno del suelo de diferentes tipos de manejo y como es el efecto en el rendimiento del grano de café un sistema agroforestal de café y pino. Se realizaron cuatro tratamientos: Sin manejo (T1), poda de café (T2), poda y fertilización con pinos a distancia de 3x2 m (T3), y poda de los pinos que están a una distancia de 6x2 m.; las muestras de suelo fueron extraídas en profundidades de 0-20 cm y 20-40 cm, y para el rendimiento de café se estudiaron 100 plantas por tratamiento. Los resultados respecto al rendimiento muestran que las tres parcelas con manejo alcanzan 1466,4 kg/ha, por tanto, el

rendimiento está relacionado con la materia orgánica del suelo en la capa superior y el nitrógeno total a profundidad de 0 a 20 cm fue mayor (0,47 %) influyendo positiva y negativamente. Se concluye que la limitación del N en SAF café-pino requiere una intervención de manejo en forma de adición de fertilizantes nitrogenados para aumentar el rendimiento.

Martín-Alonso et al. (2021) en su estudio sobre la cuantificación de la fijación biológica del nitrógeno en árboles de sombra de dos cafetales de Cuba, su objetivo principal fue cuantificar la biomasa seca y contenido de N de *Samanea saman* y *Gliricida sepium* y a partir de eso determinar la fijación biológica del nitrógeno a través del método de la diferencia de N total. Para ello, se identificaron 8 árboles en dos parcelas una a 150 m s.n.m y otra a 300 m s.n.m, para el análisis químico del suelo se determinó el pH (H₂O) por el método potenciométrico, materia orgánica por el método de Walkley y Black, P asimilable por extracción, y el N mediante digestión húmeda con H₂SO₄ +Se y por colorimetría con el reactivo Nessler. Los resultados, indican que la masa seca del cafeto osciló entre 1,23 y 1,75 t ha⁻¹ y de los árboles fue de 2 a 3 t ha⁻¹. Además, el N de las especies de sombra fue de 25 a 40 kg ha⁻¹, y presentan FBN entre 20 y 40 %. En conclusión, la masa seca y el contenido de N de los árboles es mayor al cafeto., convirtiéndolos en una fuente importante en el aporte de nitrógeno dentro de los ecosistemas cafetaleros.

Jaman et al. (2021) en su estudio sobre los efectos de los tipos de plantas individuales y mixtas sobre la dinámica del carbono y nitrógeno del suelo en sistemas agroforestales domésticos en el norte de Bangladesh, probaron los efectos de diferentes tipos de planta (arbusto, árbol y árbol-arbusto) y los índices de diversidad en la dinámica del SOC (Carbono orgánico del suelo) y SN (el nitrógeno) en 64 parcelas. Se encontró que el SOC, SN, R- C: N del suelo fueron más altos en parcelas mixtas (árbol-arbusto), tanto SOC y SN (SOC: P=0,001; SN: P = 0,023) es mayor en profundidades de 0 a 10 cm que en 10 a 20 cm en parcelas individuales, pero la relación C: N fue más alta en estas parcelas que en la mixtas, y no hay diferencias significativas en los tres tipos de parcelas. En cuanto a la diversidad por medio del índice de Shannon, Simpson para la riqueza específica y la densidad de plantas se relacionaron de manera positiva con el SOC y SN específicamente en las mixtas. En síntesis, las parcelas mixtas en el sistema agroforestal tienen un gran potencial para el almacenamiento de SOC y Sn en los lugares de estudio y en países subtropicales de buena cobertura.

Garza (2020) en su investigación, aporte nutrimental de especies arbóreas fijadoras de nitrógeno en sistemas agroforestales con café su objetivo fue determinar la influencia del sombreado arbóreo fijadores de nitrógeno en el cultivo de café en Veracruz-México. Para eso se seleccionaron cuatro sistemas, tres con leguminosas arbóreas (*Junglans pryformis*, *Erythrina poeppigiana* y *G. robusta*) y uno sin ellas (testigo), donde se seleccionaron 10 árboles cada uno, y de cada lugar se extrajeron muestras de suelo para su respectivo análisis, así como muestras foliares antes y después de aplicar una fertilización. En el análisis de suelo antes de una fertilización muestran pH ácidos en los cuatro sistemas, CE bajo y adecuado para el desarrollo de los cafetos, 5,16 % de materia orgánica derivada de la acumulación de los residuos de poda de los árboles de sombra, y los sistemas con *Junglans pryformis*, *Erythrina poeppigiana* mostraron altas concentraciones de N superiores a 20 mg.kg⁻¹, en el sistema con *Erythrina poeppigiana* en el diagnostico más alto nutrimental inicial con el índice DOP de N fue de 1,95, y después de la fertilización no hubo diferencia. Con los datos obtenidos se propuso el uso de *Erythrina poeppigiana* como sombreado de café, debido a que contribuye a la fertilidad del suelo mediante la fijación biológica de nitrógeno.

Acevedo (2020) en su estudio sobre el carbono y nitrógeno en el suelo de sistemas agroforestales y sistemas naturales, tuvo la finalidad de determinar el efecto de introducir SAF cafetaleros en ecosistemas naturales. Para lograrlo se evaluaron SAF cafetaleros maduros (SAM), nuevos (SAN) y de sistema natural (SN), en cada uno se extrajeron muestras de suelos a profundidades de 0-10, 10-20 y 20-30 cm, con la finalidad de analizarlas y obtener información sobre el contenido de carbono, nitrógeno (total, orgánico, mineral, amonio y nitratos), y la relación C: N. Los resultados indican que en mayor concentración el N total y N orgánico en los tres sistemas se encuentra a una profundidad de 0-10 cm con valores que van de 0,48-0,77 % (5,81-9,05 Mgha⁻¹) siendo los SAN con los valores más altos. Por tanto, los SAN tienen mayor potencial en la adopción de prácticas para la conservación y la disponibilidad de nitrógeno en el suelo.

Cristóbal-Acevedo et al. (2019) en su estudio carbono y nitrógeno del suelo en los sistemas bosque mesófilo de montaña, agroforestal y monocultivo de café, su objetivo fue determinar la concentración y contenido del COS y N (en su forma total, orgánica, amoniacal, nítrica y minera) en el suelo en función a cuatro sistemas (bosque mesófilo de montaña, SAF de café a pleno sol, SAF café como cultivo tradicional y SAF café como cultivo comercial). La

investigación se realizó en Veracruz, las especies presentes en estos sistemas son: *G. robusta*, *M. alba*, *Persea spp*, *S. muricatum*, *M. integrifolia*, las muestras se recolectaron a profundidades de 0 a 10, 10 a 20 y 20 a 30 cm. Los resultados muestran que el orden de almacenamiento de COS es BMM, SAFCT, SAFCC y SAFPS, de nitrógeno total el más bajo fue los SAFPS con $6.50 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, al igual que el orgánico con $6.44 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$, solo en la relación C: N los valores son similares. Concluyeron que los SAF con café almacenan más N que los monocultivos.

Peña (2022) en su investigación sobre los niveles de nitrógenos fijado por *Inga sp.* y valor de pH según la gradiente, en parcelas agroforestales en Chirinos-San Ignacio, buscó determinar niveles de fijación de nitrógeno biológico, por *Inga sp.*, en las parcelas agroforestales de café de 8 años de edad en Chirinos. Para ello, la evaluación de los niveles de nitrógeno y pH se realizaron en función a la distancia y el sentido de la pendiente; se consideraron 4 árboles ejemplares con alturas de 18 m y 28 cm de DAP, donde a la distancia de 1 m se realizó una calicata y así consecutivamente hasta alcanzar los 3 m de distancia donde se localiza el árbol. Los resultados indican que la concentración de nitrógeno más importante se encuentra a 2 m (19,00 %) de distancia, seguido de los 3 (17,00 %) y la menor es a un 1m, y el valor promedio de pH se encuentra a 1 m y 2 m. Además, en el segundo árbol fue donde se encontraron los valores más bajos de nitrógeno.

Altamirano (2022) en su estudio efectos de la *Erythrina edulis* Micheli en la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal en la provincia de Chota, Cajamarca, sus objetivos fueron conocer el contenido de NPK, materia orgánica y CIC en el suelo de sistemas agroforestales con *E. edulis*, además evaluar la textura y determinar el pH. Para eso se seleccionaron 12 parcelas donde se caracterizaron los árboles, para recolectar las muestras de suelo se establecieron puntos de muestreo a 0,5 m de cada árbol y se extrajeron los primeros 25 cm de profundidad. Los resultados de los análisis evidenciaron que no diferencias en el pH, CIC, C.E, pero si en contenido de nitrógeno que varía de $0,2 \% \pm 0,02a$ y en la materia orgánica ente $4,07 \pm 0,43a$. Por tanto, se concluye que los sistemas agroforestales con *E. edulis* contribuye al mejoramiento de la fertilidad del suelo, y las parcelas de control reportan mayor concentración de nitrógeno y materia orgánica.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. *Nitrógeno en el suelo*

El nitrógeno (N) es un nutriente esencial para la agricultura, ya que los cultivos requieren grandes cantidades de este elemento. Es un componente fundamental de los compuestos cruciales como aminoácidos, proteínas, enzimas, nucleoproteínas, ácidos nucleicos, así como de las paredes celulares y clorofila. Debido a su relevancia en el desarrollo de las plantas, el nitrógeno, junto con el fósforo (P) y el potasio (K), se clasifica como un macronutriente. Este nutriente tiene un impacto significativo en el rendimiento y calidad de los productos agrícolas, por tanto, es vital asegurar su disponibilidad en el suelo y aplicar tecnologías que optimicen su uso (Hurtado et al., 2016). En la naturaleza existen dos fuentes principales de nitrógeno disponible para las plantas: El nitrógeno atmosférico y el nitrógeno en el suelo. El nitrógeno atmosférico es más abundante que en el suelo, constituyendo el 78 % del aire total en el planeta. Este nutriente se encuentra principalmente en forma moléculas (N_2) en la atmosfera, aunque también existen otros compuestos en pequeñas cantidades, como el óxido nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO) y dióxido de nitrógeno (NO_2), así como el amoníaco (NH_3). La composición del aire en el suelo es similar a la del aire atmosférico, pero puede contener concentraciones más elevadas de ciertos gases como N_2O y NH_3 debido a la actividad microbiológica y a las reacciones químicas que tienen lugar en el suelo (Fertilab, 2017).

El nitrógeno en el suelo experimenta una serie de reducciones y oxidaciones, lo que permite su transformación en formas que pueden ser asimiladas por el metabolismo de los animales, plantas y microorganismos. Estos procesos son principalmente llevados a cabo por bacterias, cuya actividad está influenciada por las condiciones ambientales. Estas condiciones determinan el lugar donde se desarrollan cada uno de los procesos, el grado de intercambio entre las diferentes formas del nitrógeno, así como las posibles interacciones físicas, químicas y biológicas que pueden ocurrir (Cerón & Aristizábal, 2012). La mayor parte del nitrógeno en el suelo se encuentra en la materia orgánica, donde aproximadamente el 98 % de este elemento se encuentra en forma de compuestos orgánicos, mientras que solo el 2 % se halla en forma inorgánica. Sin embargo, el nitrógeno orgánico no está disponible directamente para las plantas,

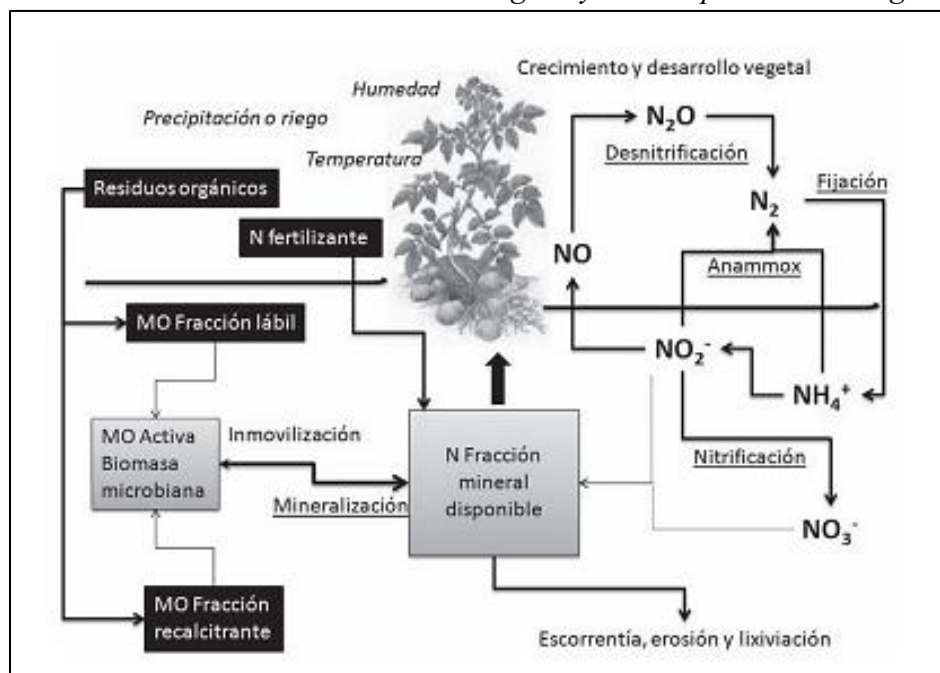
debe transformarse en formas inorgánicas, como N_2O , NH_4 , NO_3 , para que las plantas puedan utilizarlos (Fertilab, 2017).

Dinámica del nitrógeno

La dinámica de este elemento en la biosfera incluye principalmente la fijación del nitrógeno (N_2), la mineralización, la nitrificación, la desnitrificación y la oxidación anaeróbica del amonio conocida como Anammox (Hu et al., 2011). Estos procesos son llevados a cabo principalmente por microorganismos que habitan en el suelo (Klotz & Stein, 2008), el nitrógeno ingresa a la biosfera a través de la fijación química y biológica del nitrógeno molecular (N_2) y se elimina mediante la desnitrificación. Como señala Delgado & Salas (2006), la evaluación cuantitativa de los diferentes compartimentos orgánicos y minerales está relacionada con la disponibilidad de nutrientes y su vulnerabilidad a alteraciones debido a prácticas de manejo, sistemas de producción y procesos del suelo en los que estos están involucrados.

Figura 1

Relación entre el ciclo del nitrógeno y los compartimentos orgánicos y minerales



Nota. Imagen diseñada por Cerón & Aristizábal (2012).

Para entender la dinámica del nitrógeno, es fundamental considerar las diversas fracciones orgánicas o compartimentos. Factores como la temperatura, el tamaño de las

partículas de los residuos, la degradación, el tipo de suelo, la humedad, el secado y molienda, el encharcamiento, la anaerobiosis y los efectos de las también influyen en esta dinámica. Para captar que factores guían la dinámica del nitrógeno, es esencial comprender la compleja red de procesos que depende de la actividad microbiana. Sin embargo la información es reducida sobre dichos proceso y de la diversidad microbiana edáfica (Escalas et al., 2022).

Los procesos de fijación son llevados a cabo por múltiples bacterias que poseen nitrogenasas, enzimas que rompen el triple enlace del nitrógeno molecular y produce amonio. Para el estudio de los microorganismos involucrados en estos procesos en ambientes naturales, se utiliza el gen *nifH* como biomarcador, el cual codifica la subunidad de hierro-proteína de la nitrogenasa. Este biomarcador proporciona evidencia sobre el potencial de fijación de nitrógeno en el proceso (Cerón & Aristizábal, 2012).

Teniendo en cuenta a Cerón & Aristizábal (2012) las bacterias diazótomas pueden clasificarse en dos grupos principales: Simbióticas y de vida libre. Las bacterias simbióticas, a su vez se subdividen en obligadas, asociativas y endófitas.

Bacterias diazótomas simbióticas

- **Obligadas:** Representadas por los géneros *Rhizobium* y *Frankia*, forman nódulos en las raíces de leguminosas y plantas actinorricicas, respectivamente.
- **Asociativas o endófitas:** Incluyen géneros como *Cyanobacteria*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Acetobacter diazotrophicus* y *Azoarcus*, que establecen una asociación más estrecha con las plantas.

Bacterias diazótomas de vida libre

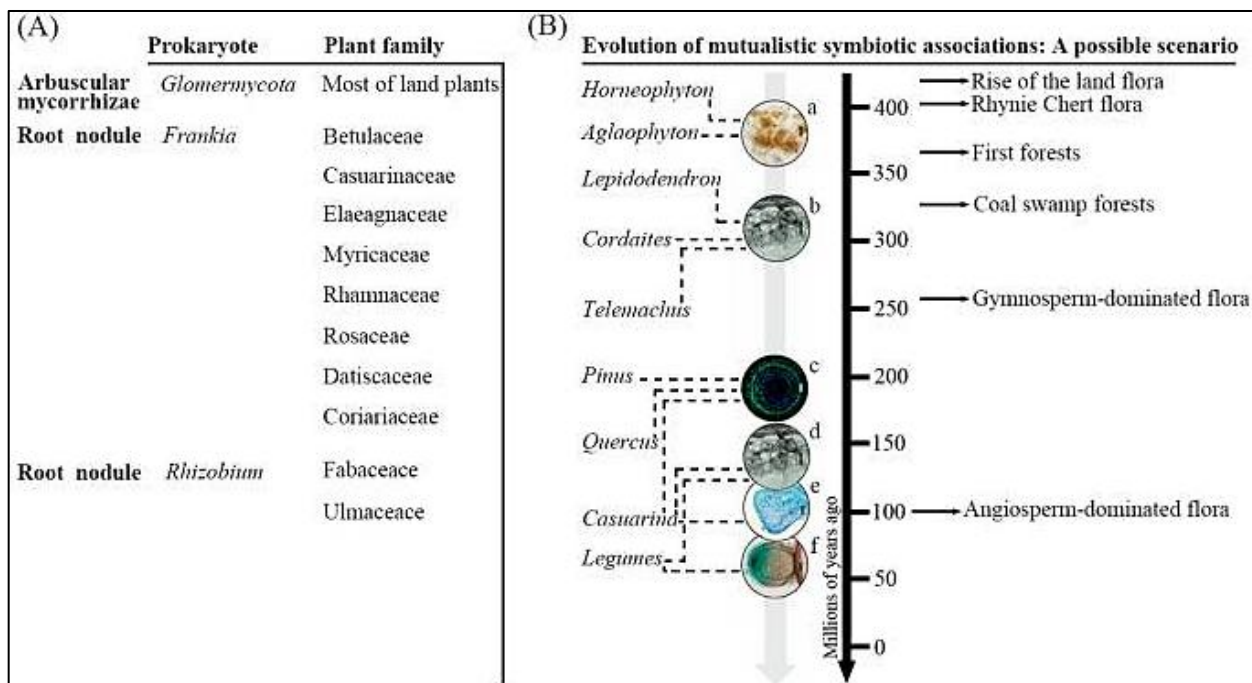
Este grupo está representado por una amplia variedad de géneros, entre los que se encuentran:

Achromobacter, *Acetobacter*, *Alcaligenes*, *Arthrobacter*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Azomonas*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Clostridium*, *Corynebacterium*, *Derxia*, *Enterobacter*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, *Pseudomonas*, *Rhodospirillum*, *Rhodopseudomonas* y *Xanthobacter*.

Se han identificado dos tipos de endosimbiosis intracelular en las plantas: la endosimbiosis que forma nódulos radiculares, la cual facilita la fijación de nitrógeno, y la que se basa en micorrizas arbusculares (MA). En la simbiosis de nódulos radiculares, las bacterias como *Rhizobium* y *Frankia* establecen relaciones con las plantas, donde el simbiote convierte el nitrógeno atmosférico en amonio, mientras recibe carbono y energía del huésped. Por otro lado, las micorrizas arbusculares, que involucran hongos del filo *Glomeromycota*, están presentes en aproximadamente el 80 % de las angiospermas y mejoran la colonización de las raíces por *Rhizobium* spp. Además, se sugiere que algunas características de la simbiosis de nódulos pueden haber evolucionado a partir de la simbiosis MA, lo que indica que ambos procesos podrían compartir mecanismos de señalización (Dong & Song, 2020).

Figura 2

Familias de plantas que participan en la endosimbiosis intracelular y su evolución



Nota. Clasificación establecida por Martin et al. (2017).

La nitrificación o mineralización es el proceso biológico de oxidación del amoníaco (NH_3^-) o del amonio (NH_4^+) a formas de nitrógeno oxidadas, comenzando con la conversión a nitrito (NO_2^-) y luego a nitrato (NO_3^-). En la mayoría de los suelos agrícolas, el NH_4^+ se transforma en NO_3^- , que puede acumularse en la solución del suelo hasta alcanzar niveles

elevados. La conversión del catión NH_4^+ en aniones (NO_2^- o NO_3^-) determina el movimiento del nitrógeno a través de la matriz del suelo, que generalmente tiene una carga negativa, lo que influye significativamente en el destino del nitrógeno en el suelo. El nitrato tiene mayor probabilidad de moverse rápidamente hacia las raíces de las plantas a través del flujo de masas, de lixiviarse fuera de la zona radicular o perderse del suelo mediante la desnitrificación. Por estas razones, es común que se busque gestionar los suelos agrícolas para producir la nitrificación, mejorar la correspondencia entre el suministro de nitrógeno disponible y la demanda de las plantas, y aumentar la eficiencia en el uso de fertilizantes nitrogenados. Además, es importante señalar que la nitrificación autótrofa clásica, la conversión del N tiene lugar en las bacterias oxidantes del amoníaco como *Nitrosomonas* o *Nitrosospira*, el amonio se convierte en hidroxilamina y luego en nitrito (Norton & Ouyang, 2019).

La asimilación se produce cuando las plantas absorben nitrato (NO_3^-) o amoníaco (NH_3) a través de sus raíces, compuestos que se generan a partir de la fijación de nitrógeno o mediante el proceso de nitrificación. Posteriormente, estas moléculas se incorporan a las proteínas y ácidos nucleicos de las plantas (CICEANA, 2015).

La desnitrificación es un proceso fundamental en el ciclo del nitrógeno, ya que devuelve el nitrógeno fijado a la atmósfera a través de la respiración microbiana. Este proceso implica la reducción desasimilatoria de nitrato y nitritos a óxido nitroso y nitrógeno gaseosos, respectivamente. También involucra la reducción asimilatoria del nitrito para convertirlo en amonio e incorporarlo al metabolismo celular. Tanto las plantas como diversos microorganismos, incluyendo arqueas, bacterias y hongos, tienen la capacidad de incorporar nitratos en su biomasa, reduciendo así su pérdida por lixiviación y desnitrificación. Se conocen aproximadamente 50 géneros de bacterias desnitrificantes, la actividad desnitrificante en bacterias se induce en presencia de nitratos y nitritos, y bajo condiciones limitantes de oxígeno, mientras se inhibe por exceso de oxígeno. Para comprender la estructura y diversidad de las comunidades que participan en los procesos de desnitrificación ($\text{NO}_3^- \rightarrow \text{NO}_2^- \rightarrow \text{NO} \rightarrow \text{N}_2\text{O} \rightarrow \text{N}_2$), se han utilizado como marcadores moleculares los genes de las reductasas de nitrato (*narG* y *napA*) y nitrito (*nirS* y *nrfA*) presentes en la cadena respiratoria. Estos genes están asociados principalmente con cuatro reacciones catalizadas por las enzimas: nitrato reductasa (*Nar*), nitrito

reductasa (Nir), óxido nítrico reductasa (Nor) y óxido nítrico reductasa (Nos) (Cerón & Aristizábal, 2012).

2.2.2. Descripción de especies

Alnus acuminata Kunth

A. Taxonomía

Con base en el portal Tropicos (2025) *Alnus acuminata* Kunth se categoriza de la siguiente manera según el sistemas de clasificación APG IV:

División	: Angiospermae
Clase	: Equisetopsida
Subclase	: Magnoliidae
Superorden	: Rosanae
Orden	: Fagales
Familia	: Betulaceae
Género	: <i>Alnus</i> Mill.
Especie	: <i>Alnus acuminata</i> Kunth

Nombre común: En Costa Rica, Panamá, Perú y Ecuador es conocida como aliso y Jaul, y en México como Najk.

B. Generalidades de la especie

Distribución: *Alnus acuminata* Kunth, comúnmente conocido como aliso o alnus, es un árbol de rápido crecimiento y se caracteriza por tener un fuste recto, poca ramificación, se auto poda. Esta especie es nativa de América y tiene una amplia distribución que abarca desde el Norte de México hasta América del Sur en los países de Argentina, Colombia, Bolivia, Perú y Ecuador. En América central se encuentra en regiones montañosas de Guatemala, Honduras, El Salvador, Nicaragua y Costa Rica, creciendo en altitudes desde los 1 200 m s.n.m hasta los 3 000 m s.n.m. Mientras que en el Sur está ampliamente distribuida en las regiones andinas por sus zonas húmedas creciendo entre los 1 500 m s.n.m a 3 500 m s.n.m (Agualzaca, 2021; Bacca-Acosta et al., 2023).

Hábitat: Es una especie que prospera en climas templados y subtropicales húmedos, donde los suelos tienen buenas propiedades de drenaje, contenido de MO (materia orgánica) y humedad, pero se adapta bien a tipos y condiciones de suelos pobre de macronutrientes, poco profundos. Es una especie pionera que se encuentra en laderas y áreas húmedas, formando parte de los ecosistemas andinos conocidos como "bosques de niebla". También está presente en zonas áridas y muy húmedas de los bosques premontanos y montanos. Según el Sistema de Zonas de Vida de Holdridge, *Alnus acuminata* suele crecer cerca de arroyos y ríos (Sánchez et al., 2009).

Temperatura: Para su buen desarrollo requiere temperaturas medias anuales de 4 a 18 °C, con un máximo de 27 °C y una mínima de 2 °C, ya que no tolera temperaturas muy bajas y heladas de larga duración (Sánchez et al., 2009, p. 27).

Requerimientos hídricos: En sus zonas de destrucción natural está localizado cerca de quebradas y arroyos con suficiente luz y humedad, donde la precipitación varía entre 1000 mm y 3000 mm y tolera entre 2 a 5 meses de sequía (Sánchez et al., 2009, p. 27).

Suelo: El crecimiento ideal de *Alnus acuminata* Kunth (aliso) se manifiesta en suelo que presentan un pH entre 4,5 y 6,0. Estos suelos deben contar con un alto nivel de humedad y poseer texturas ligeras, como limosos, limos arenosos, franco o franco-arenosos. Además, es preferible que su origen sea aluvial o volcánico, lo que contribuye a su fertilidad, es preferible que los suelos sean profundos que permitan un mejor anclaje de las raíces y acceso a nutrientes, bien drenados que eviten el encharcamiento, y ricos en materia orgánica (Acevedo, 2011; Sánchez et al., 2009).

Relación simbiótica en la fijación del nitrógeno: En investigaciones de *Alnus acuminata* Kunth (aliso) se encuentra que está asociada principalmente con bacterias del género *Frankia* y hongos micorrízico-arbusculares, que son cruciales por su capacidad en fijar nitrógeno atmosférico y absorber fósforo. En cuanto a las características de la asociación, las bacterias *Frankia* infectan las raíces del aliso y forman nódulo en ellas, y estos nódulos son estructuras especializadas donde se lleva a cabo la fijación del nitrógeno. Dentro de los nódulos, *Frankia* convierte el nitrógeno atmosférico (N_2) en amonio (NH_4^+), una forma que la planta pueda utilizar para la síntesis de aminoácidos y otras biomoléculas esenciales; la fijación de nitrógeno proporciona al aliso un suministro constante de nitrógeno; el aliso a su vez, le proporciona un

ambiente optimo y un suministro de carbohidratos que es importante para el crecimiento y reproducción de *Frankia* (Guerrero & Vallejo, 2022). La capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis le da la facultad de crecer en suelos pobres y fertilizar los suelos donde crece acumulado una buena cantidad de materia orgánica en periodos cortos, por eso los alisos son muy utilizados en la prevención y control de la erosión en Europa y algunos países de América (Acevedo, 2011).

C. Características botánicas

Fuste: Es un árbol monoico, caducifolio, monopódico; de 10 a 15 m de altura, con DAP de 25 a 30 cm, fuste cilíndrico, color azulado, la corteza de 0,8 a 1 cm, externamente es lisa de color blanco grisáceo e internamente es rodada que se desprende con facilidad de la albura (Portilla, 2012).

Copa y hojas: La copa de este árbol es estrecha y piramidal, especialmente en plantaciones, mientras que en bosquetes sucesionales puede adoptar formas más irregulares. Las hojas son simples, alternas, acuminadas, ovoides o elípticas y aserradas, con nervios secundarios rectos, densos, paralelos entre sí y oblicuos al central, con dimensiones que oscilan entre 6 y 15 cm de largo y 3 a 8 cm de ancho. Presentan un margen agudamente biserrado y, al madurar, tanto el haz como el envés son glabros y de color verde (Portilla, 2012; Sánchez et al., 2009).

Raíz: El sistema radical de *Alnus acuminata* se caracteriza por ser extenso y superficial, con numerosas raíces leñosas que a menudo superan en longitud la altura total del árbol. En suelos arenosos y de origen aluvial, se observa una tendencia a desarrollar raíces pivotantes que penetran más profundamente en el suelo, en lugar de concentrarse cerca de la superficie. Los nódulos que recubren las raíces de esta especie presentan una coloración parda o amarillenta y se forman a una edad temprana, aproximadamente a los 2 meses de vida de la planta. Estos nódulos se distribuyen desde la base de las raíces principales hasta la punta de las raicillas más finas, evidenciando la simbiosis con el actinobacteria *Frankia*, que permite la fijación de nitrógeno atmosférico (Agualzaca, 2021; Portilla, 2012).

Flores y frutos: Son monoicas, con inflorescencias alargadas, las masculinas son oblongas de numerosas brácteas con tres flores y un cáliz cada uno, las femeninas son cilíndricas u ovoides asemejándose a conos cortos erectos de 0,7 a 2,5 cm de largo y de 0,5 a 1,2 cm de

diámetros. Los frutos tienen forma de conos o piñas pequeñas, para la obtención de semillas se deben recolectar cuando los frutos es de color amarillo oscuro , es decir antes de que se sequen en el árbol (Portilla, 2012).

***Pinus patula* Schltdl. & Cham**

A. Taxonomía

Con base en Trópicos (2024) *Pinus patula* Schltdl. & Cham se categoriza de la siguiente manera según el sistema de clasificación APG IV:

División	: Angiospermae
Clase	: Equisetopsida C. Agardh
Subclase	: Pinidae Cronquist, Takht. & W. Zimm.
Orden	: Pinales Gorozh.
Familia	: Pinaceae Spreng. ex Rudolphi
Género	: Pinus L.
Especie	: <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham

Nombre común: En Colombia es conocido como pino, pino candelabro, pino patula, en México como pino colorado, pino llorón, ocote, pino; en Puerto Rico como pino gelecate; y en Perú como pino.

D. Generalidades de la especie

Distribución: Se encuentra distribuido en México y Sur-Oeste de Estados Unidos, pero ha sido introducido en Suráfrica, Rodesia del Sur, Madagascar, Nueve Zelanda, Argentina, y Colombia (Escobar & Ricardo, 1993). Aunque el *Pinus patula* es nativo de México, también ha sido introducido en Perú, principalmente en la región de la sierra: En Perú, el *P. patula* se ha establecido en plantaciones comerciales, especialmente en la región de Cajamarca, donde ocupa el primer lugar en producción de pino con 61,14 % (Cachay & Reyninger, 2023).

En la sierra de Perú, los mejores sitios para el crecimiento de *Pinus patula* están entre los 2 200 y 3 200 m s.n.m., con climas que varían de secos a húmedos y temperaturas mínimas entre

-0,1 y 3,1 °C. A una altitud de 2,450 m s.n.m., la especie puede desarrollar 24 m de altura en 10 años (Bobadilla, 2018).

Hábitat: *Pinus patula* es una especie que presenta un crecimiento óptimo a una altitud de 3200 metros sobre el nivel del mar (m s.n.m.). Sin embargo, si se planta en zonas protegidas de fuertes vientos, puede adaptarse a un rango más amplio, llegando hasta los 3700 m s.n.m. Esta especie prefiere áreas con alta humedad relativa y presencia frecuente de neblinas, lo que le proporciona las condiciones ideales para su desarrollo. Aunque *Pinus patula* tolera heladas leves y cambios bruscos de temperatura, las sequías prolongadas y los vientos intensos pueden afectar negativamente a sus acículas (hojas), provocando una transpiración excesiva que compromete su salud y crecimiento. Por lo tanto, es importante considerar estos factores ambientales al momento de establecer plantaciones de esta especie (Silva, 2012).

Temperatura: La especie se desarrolla mejor en un rango de 12 a 18 °C. En este intervalo, requiere una precipitación anual entre 750 y 2 000 mm, siendo sensible a déficits hídricos prolongados (Bobadilla, 2018).

Suelo: Los suelos adecuados para el crecimiento de *Pinus patula* son aquellos que son profundos, húmedos, fértiles y que cuentan con un buen drenaje. Deben tener un pH que sea neutro o ligeramente ácido. En términos de textura, se prefieren suelos franco-arenosos o franco-arcillosos. Además, la topografía ideal para su cultivo es plana o ligeramente ondulada (Bobadilla, 2018).

Fijación de nitrógeno en el suelo: En la rizósfera de *Pinus patula* se han detectado diversas bacterias capaces de fijar nitrógeno, como *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus macerans*, *Enterobacter agglomerans*, y *Pseudomonas sp.* Estas bacterias pueden mejorar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, favoreciendo así el crecimiento de la planta (Orozco-Jaramillo & Martínez-Nieto, 2009). No obstante, Las plantaciones de *Pinus patula* pueden reducir la concentración de nitrógeno en el suelo en comparación con la vegetación nativa. Esto ocurre debido a la acumulación de hojarasca y su lenta descomposición, lo que dificulta la nitrificación y resulta en un menor contenido de nitrógeno en suelos bajo plantaciones de pinos (Acuña, 2012).

E. Características botánicas

Árbol: Es una especie de porte mediano a grande, algunos ejemplares longevos logran alcanzar altura hasta de 40 m y DAP de 120 cm. Tiene un fuste recto, cilíndrico en la base y cónico en casi toda su longitud, en arboles jóvenes la corteza es lisa y rojiza, pero al alcanzar su maduración se torna marrón, áspera y se desprende en forma de escamas. Su copa se extiende en ramas largas (Bobadilla, 2018).

Ramas y hojas: Las ramas están distribuidas verticalmente de forma uniforme, las ramas poseen la misma corteza que el fuste. Las hojas son aciculares, usualmente reunidas en fascículos de 3 o 4 agujas de 20 cm de largo. Son flexibles, colgantes, y de un color verde azulado. Las vainas que rodean las acículas son de color ceniza, miden 1,5 cm de longitud y son persistentes. Las yemas terminales son largas, erguidas y de tono amarillento (Bobadilla, 2018).

Flores y frutos: Las flores de *Pinus patula* son estróbilos unisexuales que se encuentran en el mismo árbol. Las inflorescencias femeninas son de color púrpura y se localizan principalmente en posiciones laterales. Estas pueden ser solitarias o formar pequeños racimos de hasta ocho escamas, las cuales presentan pequeñas espinas deciduas. Por otro lado, las inflorescencias masculinas se presentan como amentos que se ubican en la parte terminal de las ramas, exhibiendo un color similar al de los nuevos brotes y apareciendo junto con las nuevas hojas. Los frutos de *Pinus patula* tienen una forma ovoide-cónica, son duros, puntiagudos, asimétricos y curvados en el extremo. Permanecen en el árbol y miden entre 4,0 y 12,0 cm de largo y 2,5 a 5,0 cm de diámetro. Se disponen en pedúnculos cortos de hasta 1,5 cm y suelen agruparse de tres a siete. Las escamas que cubren los frutos son redondeadas, presentan espinas deciduas y son gruesas, midiendo aproximadamente 2,0 cm de largo por 1,0 cm de ancho, y se abren de manera periódica (Ospina et al., 2011).

Raíces: Desarrolla un sistema radicular profundo y extenso, con una alta tasa de crecimiento (Bobadilla, 2018).

2.2.3. *Sistemas agroforestales de café*

La agroforestería es esencial para la conservación y mejora del suelo, ya que busca establecer la sostenibilidad en las fincas agrícolas. Sus objetivos incluyen promover la diversificación de la producción, capacitar en el manejo de sistemas estratificados, mejorar la agricultura en general, aumentar la materia orgánica del suelo, fijar nitrógeno atmosférico, reciclar nutrientes, modificar el microclima de los cultivos y optimizar la productividad a través de prácticas sostenibles (Farfán, 2014).

Los sistemas agroforestales con café (SAF Café) bajo sombra, proveen múltiples servicios ecosistémicos, lo que permitirá mejorar las condiciones económicas de las familias de los caficultores y la calidad ambiental en sus comunidades. En un sistema agroforestal con café, la producción se ve influenciada por diversos factores, incluyendo el nivel de sombra, la densidad de siembra de los árboles y su manejo, la edad del cultivo, el número de plantas por hectárea, la cantidad de fertilizante aplicado, el manejo fitosanitario y la calidad del grano (Pinoargote-chang, 2022).

Café bajo sombra en Perú

En Perú, el cultivo de café bajo sombra se está consolidando como una práctica sostenible que beneficia tanto a las comunidades locales como al medio ambiente. Este sistema de producción permite cultivar café (*Coffea* spp.) bajo el dosel de árboles forestales como el tornillo, la cumala y la moena, lo que ayuda a evitar la deforestación y a mantener los servicios ecosistémicos del bosque. En Cajamarca, la producción de café principalmente se encuentra en la selva alta tropical del nororiente peruano, específicamente en las ciudades de San Ignacio y Jaén, donde se cultiva café en un ambiente propicio para su crecimiento, actualmente a altitudes entre 1 500 y 2 000 m s.n.m. (SERFOR, 2021).

2.2.4. *Árboles fijadores de nitrógeno*

Los árboles fijadores de nitrógeno, como las leguminosas y las actinorrizas, forman asociaciones simbióticas con microorganismos del suelo, específicamente del género *Rhizobium* y *Frankia*. Estas interacciones no solo permiten la fijación del nitrógeno atmosférico, sino que también mejoran la absorción de agua y la asimilación de nutrientes. En áreas perturbadas, estos

árboles tienden a crecer mejor que las especies no fijadoras y, en algunos casos, incluso superan a las plantas herbáceas que también fijan nitrógeno.

Se ha confirmado la nodulación radicular en un total de 648 especies de árboles y arbustos que se considera que fijan nitrógeno. De estas, 520 especies pertenecen a las leguminosas, distribuidas en las subfamilias Mimosoidea (321 especies), Papilionoideae (173 especies) y Caesalpinioideae (26 especies). Además, hay 117 especies de actinorrizas leñosas que pertenecen a varias familias, incluyendo Betulaceae (38 especies), Casuarinaceae (20 especies), Coriariaceae (16 especies), Elaeagnaceae (10 especies), Myricaceae (14 especies), Rhamnaceae (14 especies) y Rosaceae (5 especies). El resto de las especies corresponde a no-leguminosas de la familia Ulmaceae, que también establecen simbiosis con rizobios (Ferrari & Wall, 2004).

Los árboles de sombra que fijan nitrógeno, como las especies de *Erythrina* (*E. poeppigiana*, *E. fusca*, *E. berteroana*) e *Inga* (*I. oerstediana*, *I. edulis*, *I. punctata*, *I. laurina*, *I. vera*, *I. jinicuil*, *I. densiflora*), ofrecen una fuente alternativa de nitrógeno para el cultivo de café. El manejo de estas leguminosas en los cafetales influye en la utilización del nitrógeno, ya sea permitiendo que los árboles crezcan libremente o realizando varias podas a lo largo del año (Pinoargote-chang, 2022).

2.2.5. Fijación de nitrógeno por *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham

En investigaciones de *Alnus acuminata* Kunth (aliso) se encuentra que está asociada principalmente con bacterias del género *Frankia* y hongos micorrízico-arbusculares, que son cruciales por su capacidad en fijar nitrógeno atmosférico y absorber fósforo. En cuanto a las características de la asociación, las bacterias *Frankia* infectan las raíces del aliso y forman nódulo en ellas, y estos nódulos son estructuras especializadas donde se lleva a cabo la fijación del nitrógeno. Dentro de los nódulos, *Frankia* convierte el nitrógeno atmosférico (N_2) en amonio (NH_4^+), una forma que la planta pueda utilizar para la síntesis de aminoácidos y otras biomoléculas esenciales; la fijación de nitrógeno proporciona al aliso un suministro constante de nitrógeno; el aliso a su vez, le proporciona un ambiente óptimo y un suministro de carbohidratos que es importante para el crecimiento y reproducción de *Frankia* (Guerrero & Vallejo, 2022). La capacidad de fijar nitrógeno en simbiosis le da la facultad de crecer en suelos pobres y fertilizar los suelos donde crece acumulado una buena cantidad de materia orgánica en periodos cortos,

por eso los alisos son muy utilizados en la prevención y control de la erosión en Europa y algunos países de América (Acevedo, 2011).

En la rizósfera de *Pinus patula* se han detectado diversas bacterias capaces de fijar nitrógeno, como *Azotobacter chroococcum*, *Bacillus macerans*, *Enterobacter agglomerans*, y *Pseudomonas sp.* Estas bacterias pueden mejorar la disponibilidad de nitrógeno en el suelo, favoreciendo así el crecimiento de la planta (Orozco-Jaramillo & Martínez-Nieto, 2009). No obstante, Las plantaciones de *Pinus patula* pueden reducir la concentración de nitrógeno en el suelo en comparación con la vegetación nativa. Esto ocurre debido a la acumulación de hojarasca y su lenta descomposición, lo que dificulta la nitrificación y resulta en un menor contenido de nitrógeno en suelos bajo plantaciones de pinos (Acuña, 2012).

2.2.6. Relación de la fijación de nitrógeno y distancia del árbol

En estudios resientes se ha demostrado que en especies como *Casuarina equisetifolia*, *Acacia holosericea*, *Gliricidia sepium*, y *Acacia mangium* a 1 metro de distancia del árbol, los niveles de nitrógeno disponibles pueden ser significativamente más altos con distancias mayores; ya que Dalvi et al. (2019) registraron un valor máximo de 501,76 kg/ha disponible, lo que indica una alta capacidad de estas especie para enriquecer el suelo cercano, a 2 metros, el nitrógeno disponible disminuyó a 439,04 kg/ha, y a 3 metros varió entre 313,60 kg/ha y 439,04 kg/ha. La disponibilidad de nitrógeno tiende a ser mayor cerca del tronco del árbol, donde la concentración de raíces y la actividad microbiana es más intensa. Sin embargo, la influencia de estas especies fijadoras de nitrógeno puede extenderse hasta 3 metros (Dalvi et al., 2019). Otros estudios, como los de Xu et al. (2013), confirma que la fijación de nitrógeno no solo mejora la fertilidad del suelo en un radio cercano, sino que también puede beneficiar a cultivos intercalados a distancias moderadas, aunque con una eficiencia menor a medida que se aleja del árbol. De manera similar Barrios et al. (2018) destacan que la presencia de árboles leguminoso puede aumentar significativamente la concentración de nitrógeno disponible hasta una distancia de 3 metros, aunque la influencia se reduce más allá de este punto.

2.2.7. Relación de la fijación de nitrógeno con la pendiente del suelo

La relación entre la fijación de nitrógeno y la pendiente del suelo han sido objetos de estudio de investigaciones científicas recientes, donde los resultados indican que el contenido de nitrógeno total (Nt) en el suelo tienen a disminuir conforme aumenta la inclinación de la pendiente. Esto se debe a factores como la erosión del suelo, drenaje superficial, que afectan la retención de nutrientes en zonas con mayor inclinación (Madrigal et al., 2019). Según Lozano et al. (2016) la topografía, la pendiente y la orientación del terreno son variables cruciales que deben incluirse en las estimaciones de nitrógeno total (Nt) y carbono orgánico del suelo (COS) a escalas local y regional, ya que las pendientes más pronunciadas presentan menores almacenes de estos nutrientes. De manera similar, Madrigal et al. (2019) confirmaron que a medida que la pendiente aumenta, la concentración de Nt disminuye debido a la mayor pérdida de suelo por erosión y la menor capacidad de retención de nutrientes en áreas con pendientes elevadas. Estos hallazgos subrayan la importancia de considerar la pendiente del terreno en el análisis de la fijación de nitrógeno, ya que las zonas con menor inclinación tienden a ser más favorables para la acumulación de este nutriente, mejorando la fertilidad del suelo en sistemas agroforestales.

2.3. Definición de términos básicos

Nitrógeno en el suelo: El nitrógeno en el suelo es un elemento altamente dinámico y esencial para la nutrición vegetal, desempeñando un papel crítico en la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y clorofila, fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas. Las formas de nitrógeno presentes en el suelo, tales como el amonio (NH_4^+), el nitrato (NO_3^-) y la materia orgánica nitrogenada, son resultado de complejos procesos biogeoquímicos (Orchardson, 2020, p. 1).

Fijación biológica de nitrógeno: Proceso mediante el cual el dinitrógeno atmosférico (N_2), que constituye una gran parte de la atmósfera terrestre, es transformado en amoníaco (NH_3). Este proceso es llevado a cabo por una variedad de microorganismos, principalmente bacterias, que utilizan mecanismos biológicos y químicos para facilitar esta conversión (Guo et al., 2023, p. 1).

pH en el suelo: El pH del suelo es una medida fundamental que indica el grado de acidez o alcalinidad, además se define como un determinante principal de la diversidad bacteriana en diversos suelos, alcanzando un máximo en condiciones neutras y disminuyendo gradualmente por debajo y por encima de estas condiciones (Luan et al., 2023, p. 1).

Especies forestal: Planta que tiene un crecimiento duradero y que presenta un tallo leñoso, capaz de proporcionar madera (Norma Venezolana COVENIN 320-90, 1990). Este tipo de vegetal, caracterizado por su estructura leñosa, fibrosa y fundamental, crece en la tierra y satisface las necesidades básicas del ser humano y de algunas especies animales (FAO, 2010, p. 6).

Agroforestería: Es un sistema de producción que combina la presencia de árboles, cultivos y, en ocasiones, ganado dentro de una misma área de manejo. Este método tiene como objetivo maximizar el aprovechamiento de los recursos naturales y aumentar la eficiencia productiva de la tierra, mientras fomenta la sostenibilidad ambiental y la conservación de la biodiversidad (Farfán, 2014, p. 18).

Sistema Agroforestal de café: Los sistemas agroforestales con café integran intencionalmente árboles y arbustos en los cafetales, buscando optimizar la productividad, la sostenibilidad y la provisión de múltiples beneficios económicos, sociales y ambientales (Farfán, 2014, p. 51).

Muestra de suelo: Se refiere a la porción de tierra que se recoge para su análisis con el fin de evaluar sus características físicas, químicas y biológicas (INIA, 2019, p. 1).

Análisis de suelo: Es un procedimiento científico que permite evaluar de manera sistemática las propiedades físicas, químicas y biológicas de una muestra representativa de suelo (INIA, 2019, p. 1)..

Simbiosis micorrízica: Es una interacción beneficiosa entre hongos y plantas que juega un papel fundamental en la nutrición vegetal, la salud del suelo y el funcionamiento de los ecosistemas (Pentón et al., 2014, p. 8).

Rizósfera: Es una zona crítica que conecta las raíces de las plantas con el suelo y sus microorganismos, desempeñando un papel esencial en la nutrición, salud y desarrollo de las plantas (Toloza-Moreno & Lizarazo-Forero, 2014, p. 2).

CAPÍTULO III

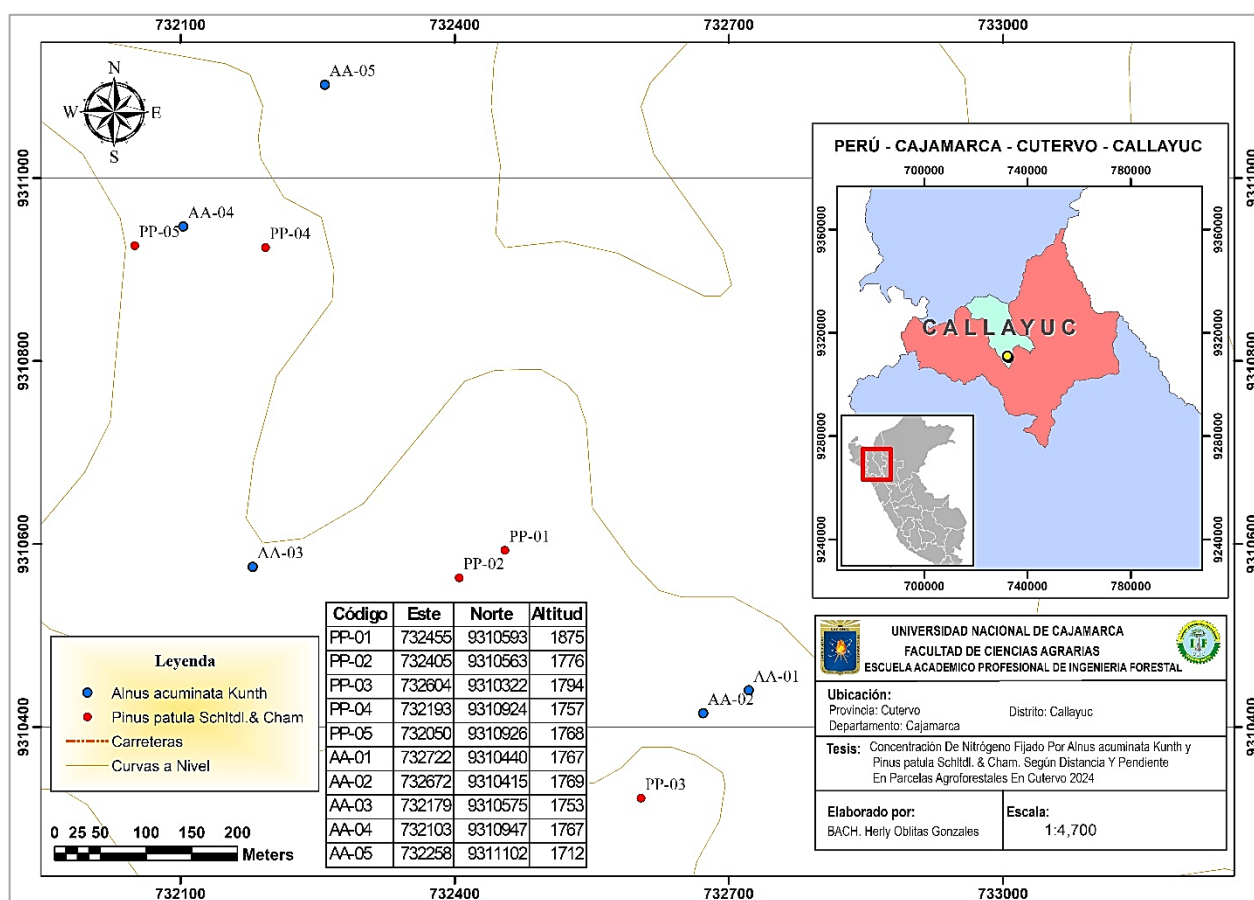
MARCO METODOLÓGICO

3.1. Localización de la investigación

La presente investigación se desarrolló en el distrito de Callayuc, provincia de Cutervo, región Cajamarca. En sistemas agroforestales de café con *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham; las coordenadas de los árboles evaluados, se muestran en la figura 3.

Figura 3

Ubicación de la investigación



Accesibilidad. Partiendo de la ciudad de Jaén, se sigue la carretera Fernando Belaunde Terry con dirección a la ciudad de Olmos, hasta el poblado San Juan de Chiple ubicado a 53.1 km a través de una carretera asfaltada en buen estado de conservación; posteriormente, se sigue la carretera hacia la ciudad de Cutervo, hasta el cruce llamado Las Juntas ubicado a 9.1 km, a

través de una carretera asfaltada en buen estado de conservación; posteriormente se sigue la carretera hacia la ciudad de Callayuc a través de una carretera asfaltada a nivel de bicapa por una distancia de 6.5 km.

3.2. Tipo y diseño de la investigación

La presente investigación según su propósito fue aplicada, ya que este tipo de estudios se enfocan en generar conocimiento que tenga una aplicación directa para resolver problemas en la sociedad o en el sector productivo.

Según el nivel fue una investigación descriptiva correlacional porque se enfocó en observar, medir y caracterizar la capacidad de estas especies vegetales para fijar nitrógeno en un entorno determinado, relacionando con algunas variables como distancia del árbol y pendiente.

Según el diseño fue no experimental, ya que no se realizó la manipulación de una variable independiente.

3.3. Unidad de análisis, población y muestra

Población: Suelo en sistemas agroforestales de café con *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham en sistemas agroforestales de café.

Muestra: 4 muestras de suelo por árbol, y se seleccionaron 5 árboles por especie forestal en Sistemas agroforestales de café con *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham.

Unidad de análisis: Muestras de suelo.

3.4. Fuentes, técnicas e instrumentos de recolección de datos

Tabla 1

Fuentes, técnicas e instrumentos

Fuentes	Técnicas	Instrumentos
Primaria	Observación directa	Formato de recolección de datos

De acuerdo a lo que se muestra en la tabla 1, la investigación sobre los niveles de nitrógeno fijado por *Alnus acuminata* y *Pinus patula* en parcelas agroforestales de café en Callayuc se consideró de fuente primaria por las siguientes razones: Involucró la recopilación y análisis de datos originales y directos en el lugar de estudio, lo que proporcionaron una base sólida y específica para los hallazgos del estudio.

La investigación fue de observación directa porque involucró la recopilación de datos y la evaluación de fenómenos en el lugar y en el momento en que ocurren, es decir en parcelas agroforestales de café en Callayuc, sin depender de datos o interpretaciones previas. Esto proporcionó una representación fiel y actualizada de las condiciones y procesos estudiados.

3.5. Validación y prueba de confiabilidad de los instrumentos

El formato de recolección de datos fue validado por un especialista en el tema.

3.6. Procedimiento

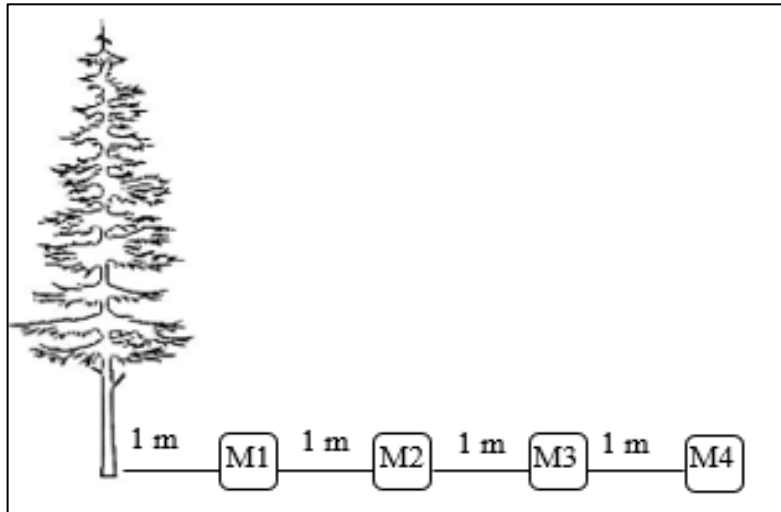
En el sistema agroforestal de café, se identificaron y georreferenciaron cinco árboles de *Alnus acuminata* Kunth y cinco de *Pinus patula* Schltdl & Cham. Estos árboles fueron caracterizados dendrométricamente, tomando en cuenta la altura total y comercial, el diámetro a la altura del pecho (DAP), y el área de proyección de la copa. Desde la base de cada árbol, se trazó una línea siguiendo la pendiente del terreno, y se tomaron cuatro muestras de suelo, con un intervalo de 1 metro entre cada muestra. Para la recolección de estas muestras, se excavó calicatas de 20 cm de profundidad y se extrajo la muestra a 10 cm de profundidad, la cual fue correctamente etiquetada y enviada a un laboratorio para su análisis, tal como se muestra en la figura 4.

Además, se determinó la pendiente del terreno desde la base del árbol siguiendo la dirección del nivel más alto al más bajo. Se calculó también la proyección de sombra, tomando como base la línea de cuatro metros trazada para las tomas de muestras de suelo. Finalmente, se recolectaron muestras botánicas de cada individuo para su identificación taxonómica y se tomaron muestras de raíces para identificar y conteo de los nódulos fijadores de nitrógeno

mediante observación microscópica y análisis morfológico. Se cuantificó también la abundancia de raíces en el suelo muestreado y por relación la abundancia de nódulos o micorrizas.

Figura 4

Sistema de recolección de muestras de suelo



3.7. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

En gabinete se realizó el procesamiento de los resultados obtenidos en campo y del laboratorio; para esto, los datos tabulados fueron analizados con estadística descriptiva con la elaboración de tablas y figuras estadísticas; así mismo como se buscó establecer la relación entre distancia y cantidad de nitrógeno, proyección de copa y cantidad de nitrógeno, se realizó un análisis de correlación, donde se aplicó el análisis de correlación de Pearson.

3.8. Aspectos éticos

La Universidad Nacional de Cajamarca (2016) establece los siguientes principios éticos que rigen los procesos de investigación:

Protección de la persona: Es fundamental respetar la dignidad, libertad, identidad, diversidad, derecho a la autodeterminación informativa, confidencialidad y privacidad de todas las personas involucradas en el proceso de investigación.

Consentimiento informado y expreso: Toda investigación debe contar con el consentimiento explícito, libre, informado y específico de las personas o titulares de los datos, permitiendo el uso de su información para los fines establecidos en la investigación.

Cuidado del medio ambiente y respeto a la biodiversidad: Las investigaciones deben evitar acciones que dañen la naturaleza y la biodiversidad, comprendiendo la interconexión entre los elementos bióticos, abióticos, socioeconómicos y culturales, promoviendo la conservación sostenible y respetando todas las especies vivas y la diversidad genética.

Responsabilidad, rigor científico y veracidad: Los investigadores y demás miembros de la UNC deben actuar con responsabilidad, manteniendo un rigor científico y asegurando la veracidad en la investigación, considerando sus repercusiones a nivel individual, institucional y social.

3.9. Presentación de la información

La información recopilada se presentó en tablas y gráficos estadísticos que muestran detalladamente los resultados obtenidos. Estos datos fueron analizados, interpretados y comparados con estudios previos mencionados en los antecedentes de distintos autores, con el fin de facilitar las discusiones. El informe final se elaboró de acuerdo con el formato establecido por la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca, y se tomó en cuenta la norma APA 7ª edición para el citado y bibliografía.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Resultados

4.1.1. Nitrógeno en el suelo a diferentes distancias de los árboles

Con el objetivo de determinar la cantidad de nitrógeno a diferentes distancias del árbol, se consideró importante también determinar la **presencia de raíces** y de **nódulo en las raíces** a las mismas distancias donde se evaluó el nitrógeno, los resultados se muestran en los siguientes ítems.

4.1.1.1. Presencia de raíces de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham

Tabla 2

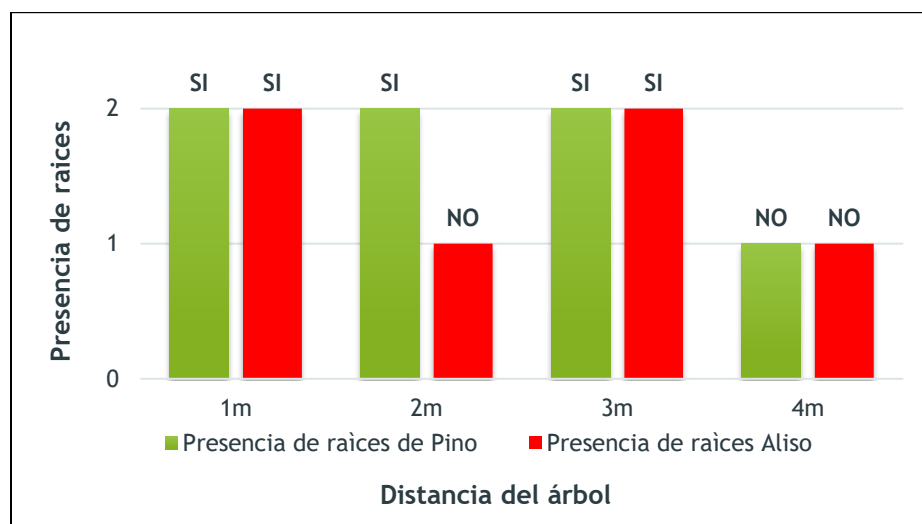
Presencia de raíces a diferentes distancias de las especies

Distancia al árbol	Presencia de raíces de Pino	Presencia de raíces Aliso
1M	2	2
2M	2	1
3M	2	2
4M	1	1

Nota. 1 significa que no hay presencia de raíces y 2 significa que si hay presencia de raíces.

Figura 5

Presencia de raíces a diferentes distancias de la especie



Nota. 1 significa que no hay presencia de raíces y 2 significa que si hay presencia de raíces.

En la tabla 2 y figura 5, se visualiza la presencia de raíces de las especies *Alnus acuminata* donde se observa que la distancia 1 m y 3 m hay mayor cantidad de raíces, mientras que en las distancias 2 m y 4 m no se visualizan presencia de raíces. Mientras que en *Pinus patula* se observa que la distancia 1 m, 2 m y 3 m hay mayor cantidad de raíces, mientras que en la distancia 4 m no se visualizan presencia de raíces.

4.1.1.2. Presencia de nódulos de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham

Tabla 3

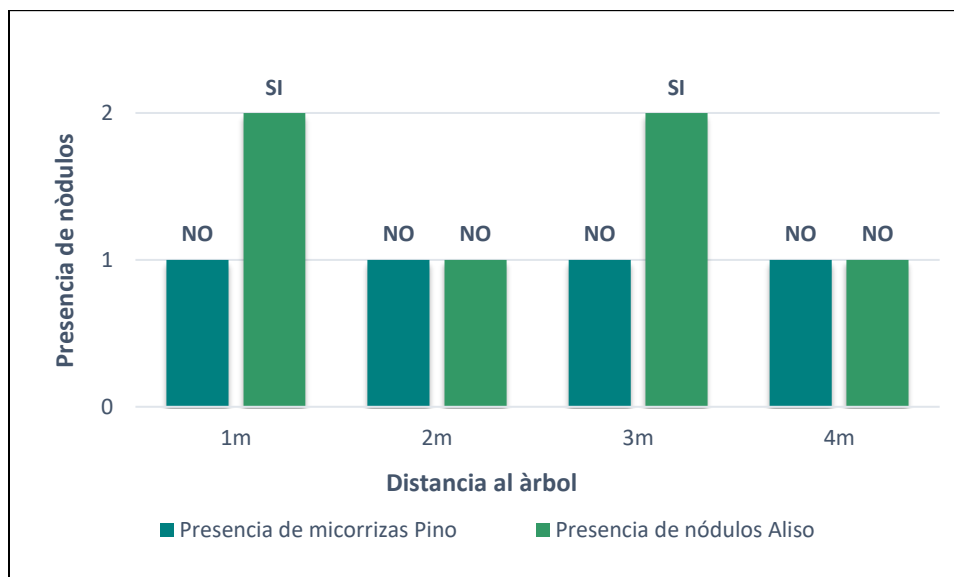
Presencia de nódulos a diferentes distancias de las especies

Distancia al árbol	Presencia de micorrizas Pino	Presencia de nódulos Aliso
1M	1	2
2M	1	1
3M	1	2
4M	1	1

Nota. 1 significa que no hay presencia de nódulos y 2 significa que si hay presencia de nódulos.

Figura 6

Presencia de nódulos a diferentes distancias de las especies



Nota. 1 significa que si hay presencia de nódulos y 2 significa que si hay presencia de nódulos

En la tabla 3 y figura 6, se visualiza la presencia de micorrizas a diferentes distancias del árbol de *Alnus acuminata*, donde se observa que en la distancia de 1 m y 3 m si se encontró

presencia de nódulos, mientras que las distancias de 2 m y 4 m no se encontró presencia de micorrizas y nódulos. Así mismo, en *Pinus patula* no se encontró presencia de nódulos.

4.1.1.3. Proyección de copa de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl & Cham

Tabla 4

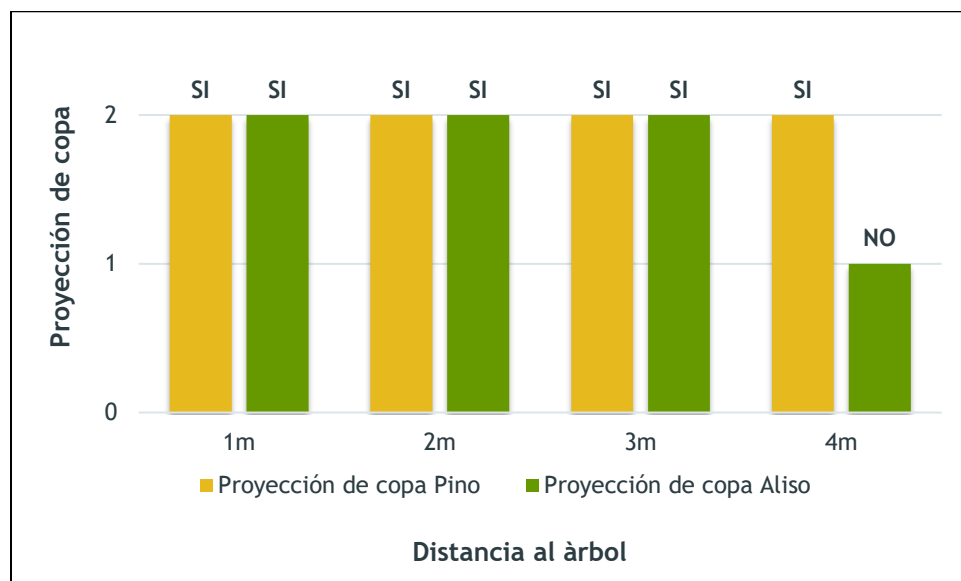
Proyección de copa a diferentes distancias del árbol para aliso y pino

Distancia al árbol	Proyección de copa Pino	Proyección de copa Aliso
1m	2	2
2m	2	2
3m	2	2
4m	2	1

Nota. 1 significa que no hay presencia de proyección de copa y 2 significa que si hay presencia de proyección.

Figura 7

Proyección de copa a diferentes distancias del árbol de aliso y pino



Nota. 1 significa que no hay presencia de proyección de copa y 2 significa que si hay presencia de proyección.

Tabla 4 y figura 7, se visualizan la proyección de copa a diferentes distancias de los árboles *Alnus acuminata* donde se muestran que en las distancias 1, 2 y 3 m, si hubo proyección de copa, mientras que en la distancia 4 m no se encontró ninguna proyección de copa. *Pinus patula* donde se muestras que en todas las distancias evaluadas si hubo proyección de copa.

4.1.1.4. Presencia de nitrógeno

Tabla 5

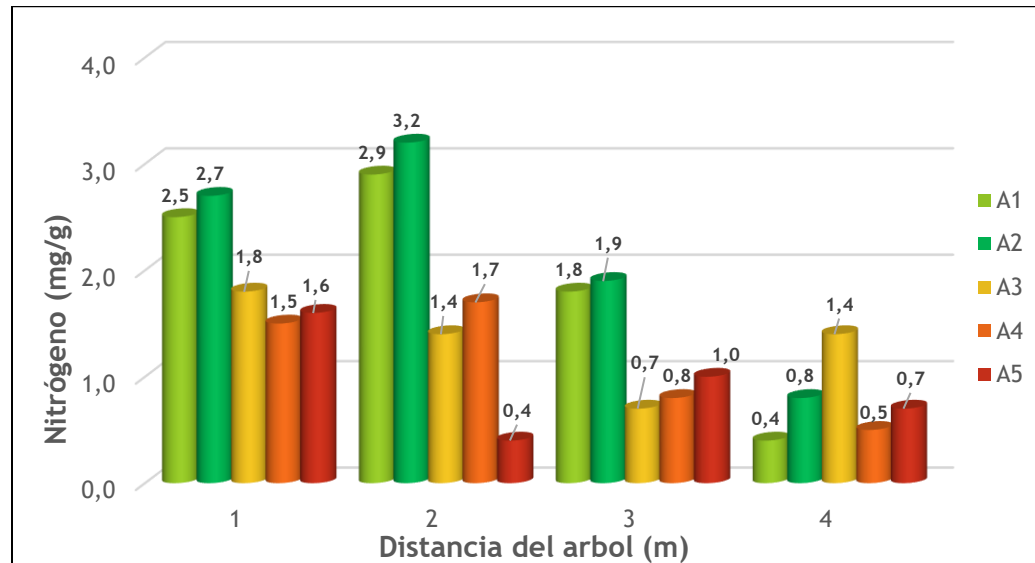
*Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles *Alnus acuminata**

Árbol	Distancia (m)/nitrógeno (mg/g)			
	1	2	3	4
A1	2,5	2,9	1,8	0,4
A2	2,7	3,2	1,9	0,8
A3	1,8	1,4	0,7	1,4
A4	1,5	1,7	0,8	0,5
A5	1,6	0,4	1,0	0,7
Promedio	2,02	1,92	1,24	0,76

Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Figura 8

*Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles *Alnus acuminata**



Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

En la tabla 5 y figura 8, se visualiza la concentración de nitrógeno a diferentes distancias de los árboles *Alnus acuminata*, donde la distancia 2m y árbol A2 obtuvo la concentración más alta de 3,2 (mg/g) de nitrógeno, mientras que la distancia 2 m, 4 m para los árboles A5, A1 respectivamente, presentaron las concentraciones más bajas siendo de 0,4 (mg/g). en términos

generales la concentración promedio de nitrógeno sube hasta los dos metros de distancia y luego empieza a descender hasta los cuatro metros.

Tabla 6

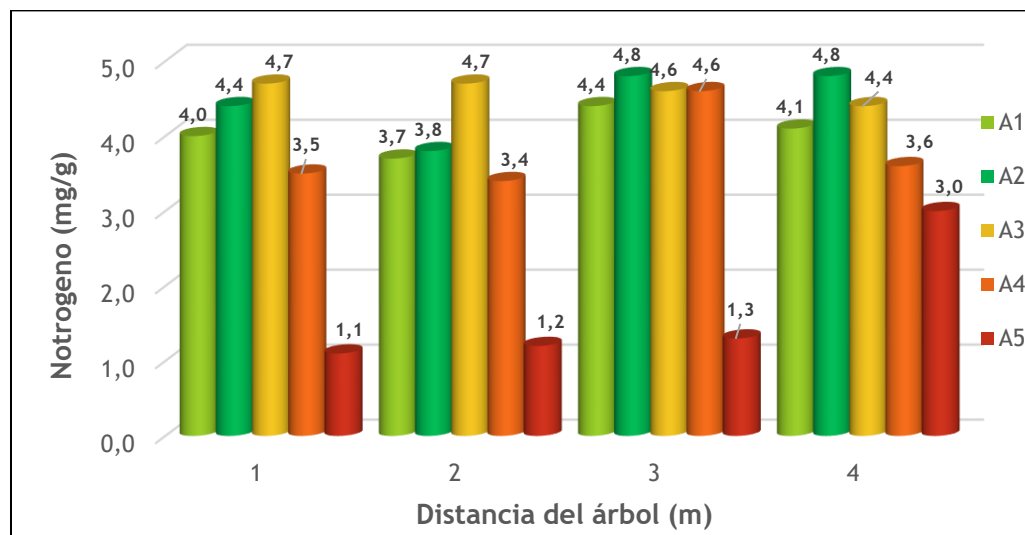
Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles Pinus patula

Árbol	Distancia (m)/nitrógeno (mg/g)			
	1	2	3	4
A1	4,0	3,7	4,4	4,1
A2	4,4	3,8	4,8	4,8
A3	4,7	4,7	4,6	4,4
A4	3,5	3,4	4,6	3,6
A5	1,1	1,2	1,3	3,0
Promedio	3,54	3,36	3,94	3,98

Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Figura 9

Concentración de nitrógeno en el suelo de acuerdo a la distancia de los árboles Pinus patula



Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

En la tabla 6 y figura 9, se visualiza la concentración de nitrógeno a diferentes distancias de los árboles *Pinus patula*, donde las distancia 2 m, 4 m y árboles A2, A3 fue la concentración más alta de 4,8 (mg/g) siendo estas la mejor, mientras que la distancia 1m y árbol A5 presento la concentración más baja siendo de 1,1 (mg/g). En esta especie puede verse que en términos

promedio, la concentración de nitrógeno en el suelo aumenta conforme se aleja de la base del árbol, obteniendo el mayor valor a los cuatro metros.

4.1.2. Relación entre distancia al árbol de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. y cantidad de nitrógeno presente en el suelo

Tabla 7

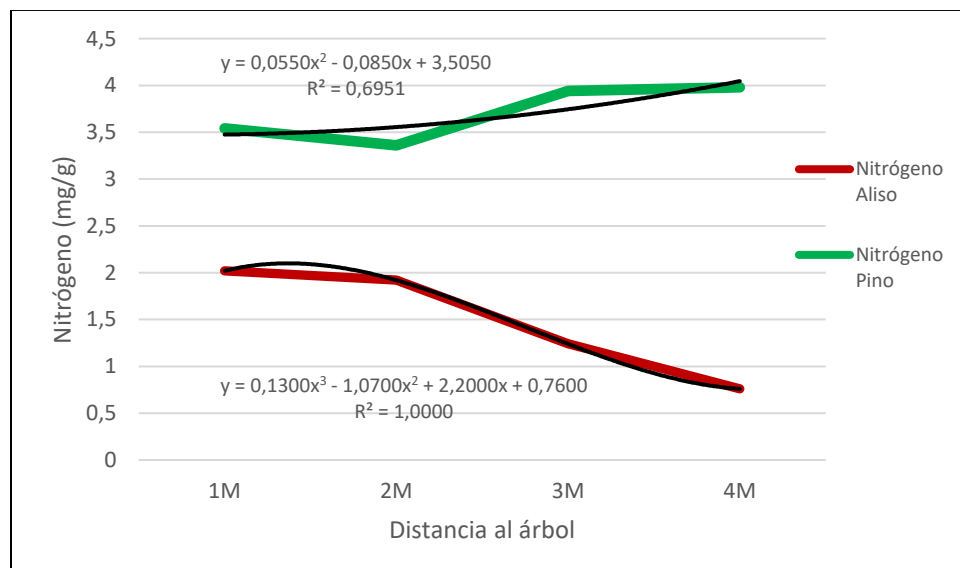
*Resumen de la relación entre distancia y nitrógeno del árbol *Alnus acuminata**

Árbol	Promedio	
	Nitrógeno (mg/g) Aliso	Nitrógeno (mg/g) Pino
1M	2,02	3,54
2M	1,92	3,36
3M	1,24	3,94
4M	0,76	3,98

Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Figura 10

*Relación entre distancia y nitrógeno del árbol *Alnus acuminata* y *Pinus patula**



Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Tabla 7 y figura 10, se observa la relación entre la cantidad de nitrógeno y la distancia de la toma de muestra al árbol de *Alnus acuminata* y *Pinus patula*; podemos ver que en el caso de *Alnus acuminata* conforme se aleja el árbol del lugar de muestreo la concentración de nitrógeno

disminuye; mientras que en *Pinus patula* conforme se aleja el árbol del lugar de muestre la concentración de nitrógeno aumenta.

4.1.3. Relación entre proyección de copa de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham y cantidad de nitrógeno presente en el suelo

Tabla 8

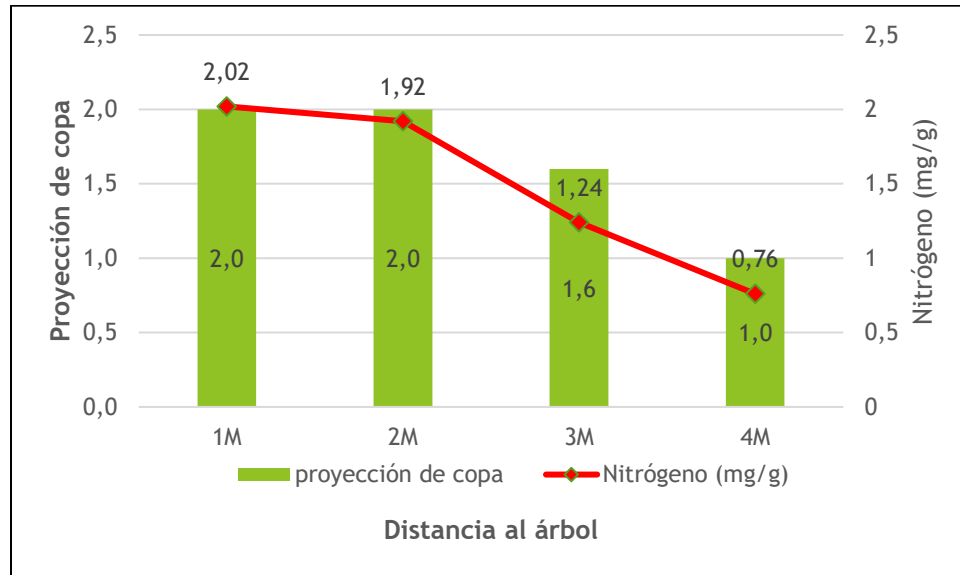
*Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol *Alnus acuminata**

Promedio	proyección de copa	Nitrógeno (mg/g)
1M	2,0	2,02
2M	2,0	1,92
3M	1,6	1,24
4M	1,0	0,76

Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Figura 11

*Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol *Alnus acuminata**



Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

En la tabla 8 y figura 11, se observa la relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol *Alnus acuminata*, donde conforme se aleja el árbol del lugar de muestreo la concentración

de nitrógeno disminuye, del mismo modo podemos ver que la proyección de copa disminuye conforme se separa del árbol del punto de muestreo, existiendo una relación directa.

Tabla 9

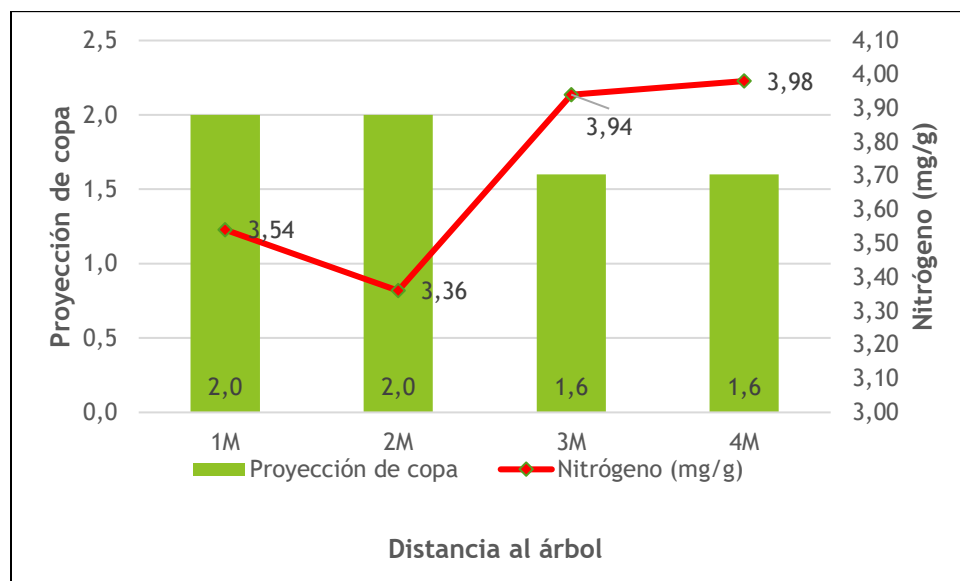
Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol Pinus patula

Promedio	Proyección de copa	Nitrógeno (mg/g)
1M	2,0	3,54
2M	2,0	3,36
3M	1,6	3,94
4M	1,6	3,98

Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Figura 12

Relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol Pinus patula



Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

En la tabla 9 y figura 12, se observa la relación entre proyección de copa y nitrógeno del árbol *Pinus patula*, donde conforme se aleja el árbol del lugar de muestreo la concentración de nitrógeno aumenta, del mismo modo podemos ver que la proyección de copa disminuye conforme se separa del árbol del punto de muestreo, existiendo una relación inversa.

4.1.4. Gradiente de los niveles de nitrógeno en el suelo en función a la distancia, pendiente y proyección de copa de *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham en parcelas agroforestales.

4.1.4.1. Relación entre el nitrógeno y la pendiente de las especies *Alnus acuminata* y *Pinus patula*

Tabla 10

Relación entre el nitrógeno y la pendiente de ambas especies

Coeficiente de correlación de Pearson	
Aliso	Pino
-0,9681	0,7775

En la tabla 10, se visualizar el coeficiente de correlación de Pearson de las dos especies, donde *Alnus acuminata* obtuvo un coeficiente de -0,9681 teniendo una relación inversa media cuando mayor sea la pendiente menor será la concentración del nitrógeno, mientras que en *Pinus patula* el coeficiente fue de 0,7775 teniendo una relación directa media cuando la pendiente es mayor más será la concentración de nitrógeno.

4.1.4.2. Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz de los árboles de *Alnus acuminata* y *Pinus patula*

Tabla 11

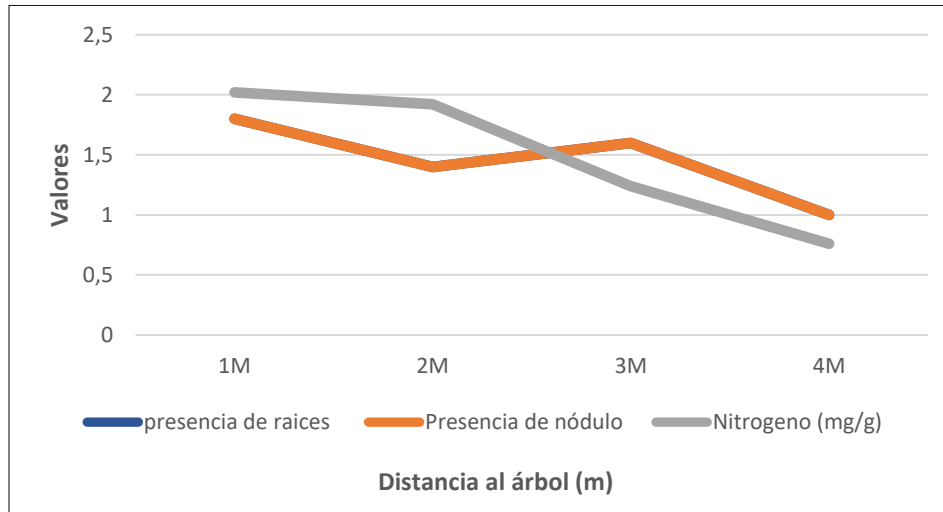
*Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol *Alnus acuminata**

Promedio			
Árbol	presencia de raíces	Presencia de nódulo	Nitrógeno (mg/g)
1M	1,8	1,8	2,02
2M	1,4	1,4	1,92
3M	1,6	1,6	1,24
4M	1	1	0,76

Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Figura 13

*Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol *Alnus acuminata**



Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

En la tabla 11 y figura 13, se observa la relación entre la concentración de nitrógeno, presencia de nódulos y presencia de raíz en el árbol *Alnus acuminata*, se observa que, a medida que aumenta la distancia respecto al área de muestreo la presencia de raíces disminuye progresivamente; de manera similar, la cantidad de nódulos también se reduce conforme se aleja del área de muestreo y en cuanto al nitrógeno, su concentración muestra una tendencia decreciente a medida que la distancia aumenta.

Tabla 12

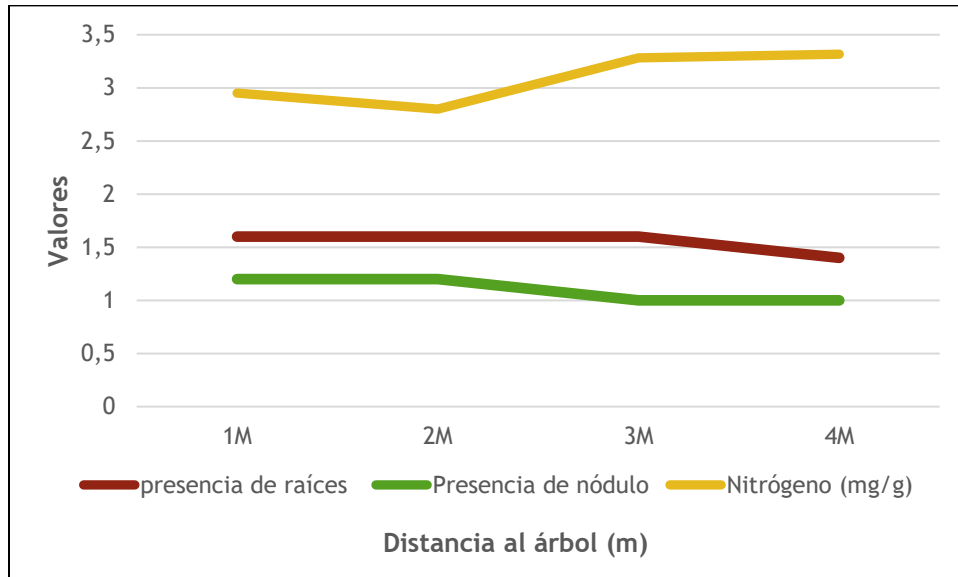
*Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol *Pinus patula**

Promedio			
Árbol	presencia de raíces	Presencia de micorriza	Nitrógeno (mg/g)
1M	1,6	1,2	3,0
2M	1,6	1,2	2,8
3M	1,6	1	3,3
4M	1,4	1	3,3

Nota. m= metros mg= miligramos g= gramos

Figura 14

*Relación entre nitrógeno, presencia de nódulos y raíz del árbol *Pinus patula**



Nota. la distancia al árbol se expresa en metros

En la tabla 12 y figura 14, se visualiza la relación que se da en *Pinus patula* entre la concentración de nitrógeno, presencia de nódulos y la presencia de raíz, se observa que, a medida que aumenta la distancia del área de muestreo la presencia de raíces disminuye progresivamente; de la misma manera, la cantidad de nódulos también se reduce conforme se aleja el área de muestreo del árbol; sin embargo, en contraste con estos patrones, la concentración de nitrógeno muestra una tendencia creciente a medida que la distancia aumenta.

4.2. Discusiones

Culminado el procesamiento, interpretación y análisis de los resultados obtenidos, se respondió al objetivo planteado en la investigación, lográndose determinar la concentración de nitrógeno fijado según la distancia y pendiente en *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham. en parcelas agroforestales en Cutervo, encontrándose que para el caso de *Alnus acuminata* Kunth, la concentración de nitrógeno disminuye según la distancia y pendiente, mientras que para *Pinus patula* Schltdl. & Cham., la concentración de nitrógeno fijado aumenta.

Para establecer el cumplimiento del objetivo de la investigación, se desarrollaron los objetivos específicos planteados, disgregando el estudio por especies, presencia de nódulos o micorrizas, cobertura de copa, distancia y pendiente. A continuación, se analiza y discute cada uno de los resultados obtenidos agrupados según los objetivos específicos planteados.

Se determinó la presencia de raíces, nódulos o micorrizas, así como la cobertura de copa de las especies evaluadas sobre el suelo donde se obtuvo la muestra, encontrándose que *Pinus patula*, presenta mayor presencia de raíces hasta los tres metros de distancia del árbol evaluado, mientras que *Alnus acuminata*, presenta menos proporción de raíces, siendo mayor la concentración a un metro de distancia del árbol, en cuanto a los nódulos y micorrizas, se encontró que *Alnus acuminata* presenta mayor cantidad hasta los tres metros, mientras que la evidencia de micorrizas en *Pinus patula* es menor o no perceptible; en cuanto a la proyección de copa, *Pinus patula* tiene una cobertura total de la copa sobre las muestras de suelo encontrada, mientras que *Alnus acuminata* solo recubrió hasta los tres metros de la base del árbol; por su parte Foltran y Lamersdorf (2024), indican que la presencia de la biomasa arbórea influye mucho en las reservas de carbono y nitrógeno en el suelo, y esto es más evidente en suelos pobres; resaltan la influencia de la biomasa de hojarasca que proporciona la copa y las asociaciones con microorganismos de la raíz como factores predominantes.

En cuanto a la presencia de nitrógeno a distancias de 1 a 4 metros se encontró que para el caso de *Alnus acuminata*, existe mayor concentración de nitrógeno en las muestras cercanas al árbol con 3,2 mg/g a los dos metros; mientras que para el caso de *Pinus patula* la mayor concentración de nitrógeno se encontró a los cuatro metros con 4,8 mg/g. El comportamiento de *Alnus acuminata* es similar al encontrado por Peña (2022), en las evaluaciones de fijación de nitrógeno por *Inga sp*, que a los dos metros alcanzó una concentración de 1.9 mg/g, siendo este la mayor concentración de nitrógeno almacenado. Investigadores como Dalvi et al. (2019),

indican que varias especies forestales usadas en agroforestería fijan mayor cantidad de nitrógeno a un metro de distancia del árbol evaluado, disminuyendo progresivamente hasta los tres metros; de la misma forma Xu et al. (2013) y Barrios et al. (2018), indican que la influencia de los árboles en la fijación de nitrógeno alcanza los 3 metros de distancia del árbol.

En cuanto a la relación de la distancia del árbol y la concentración de nitrógeno en el suelo, se encontró, que en *Alnus acuminata* la concentración de nitrógeno disminuye conforme aumenta la distancia de muestreo de la base del árbol; mientras que en *Pinus patula* tiene un comportamiento promedio diferente, aumentando la concentración de nitrógeno a medida que el muestreo se realiza más lejos del árbol, hasta los cuatro metros. Peña (2022), en su investigación encontró un comportamiento decreciente en la concentración de nitrógeno en el suelo conforme se incrementa la distancia del árbol evaluado, lo cual es coincidente con *Alnus acuminata*, pero contrario a *Pinus patula*. La especie *Alnus acuminata* fija nitrógeno por su simbiosis con bacterias del género *Frankia*, las cuales son endófitas obligadas, por lo que donde hay mayor concentración de nódulos, fijarán mayor cantidad de nitrógeno, tal como lo mencionan Guerrero y Vallejo (2022), tomando en cuenta que se encontró mayor concentración de raíces y nódulos cerca al árbol muestreado de la especie, entonces justifica la mayor presencia de nitrógeno. Por su parte, *Pinus patula*, aprovecha el nitrógeno fijado por ectomicorrizas y bacterias nitrificantes en su rizósfera, como lo mencionan Liu et al. (2020) y Orozco-Jaramillo & Martínez-Nieto, (2009), en este caso, donde hay presencia mayor presencia de raíces, el consumo del nitrógeno fijado por las micorrizas es mayor, lo que conlleva a una disminución de la concentración del nitrógeno en el suelo, como menciona Acuña (2012) en su estudio.

En el análisis de la cobertura de copa, se obtuvo que la especie *Pinus patula*, logra cubrir toda el área muestreada que fue hasta 4 metros de la base del árbol, mientras que *Alnus acuminata* solo logra cubrir en promedio hasta los 3 metros. En cuanto a la relación se encuentra que para el caso del aliso, existe una relación directa entre cobertura de copa y concentración de nitrógeno, ya que donde hay mayor cobertura de copa, existe más concentración de nitrógeno; la relación está sustentado en que las hojas y biomasa aérea que se desprende del árbol y cae al suelo, se descompone de manera rápida y tiene contenido de nitrógeno, que suma la concentración del mismo, al fijado por los nódulos (Acevedo, 2011). Por su parte *Pinus patula*, a pesar que tiene una cobertura de copa completa de toda el área evaluada, la concentración de nitrógeno es más baja, donde existe más cobertura de copa, incrementándose donde esta

disminuye; la justificación lo propone Orozco-Jaramillo & Martínez-Nieto (2009), quienes en su investigación establecen que la hojarasca acumulada no influye en la mejora de los nutrientes del suelo debido a su lenta descomposición, lo que dificulta la nitrificación y resulta en un menor contenido de nitrógeno en el suelo, por lo que el nitrógeno encontrado en la presente investigación lo fijan principalmente las micorrizas y otros microorganismos nitrificantes de la rizosfera de la especie.

Finalmente se estableció una gradiente de la concentración de nitrógeno en función a la pendiente, encontrándose un índice de correlación de Pearson de -0,9681 para el caso de *Alnus acuminata*, lo que indica que la relación es inversa con una intensidad alta, lo que quiere decir que a mayor pendiente, la concentración de nitrógeno disminuye; por su parte, para *Pinus patula*, se encontró un índice de correlación de Pearson de 0,7775, lo que indica una relación directa pero de intensidad alta. Es innegable que la pendiente influye en la acumulación de nitrógeno en el suelo, si bien la fijación puede ser positiva, pero la pendiente, topografía e incluso la orientación del terreno, puede influir en la concentración de nitrógeno en el suelo, según lo establece Lozano et al. (2016); por su parte, Madrigal et al. (2019), indican que cuando hay mayor inclinación, el almacenamiento de nutrientes como el nitrógeno disminuye debido a la mayor pérdida de suelo por erosión y la menor capacidad de retención de nutrientes en pendientes elevadas; este sustento explica el comportamiento de *Alnus acuminata*, pero es contrario a lo encontrado por *Pinus patula*; sin embargo, a pesar que hay una relación directa, esta es baja para esta especie, y la pendiente en el terreno no fue tan alta.

En cuanto a la concentración de nitrógeno y su relación con la distancia del suelo, existe una gradiente bien marcada en ambas especies; así tenemos que, para *Alnus acuminata*, esta gradiente es inversa y alta, ya que su índice de correlación de Pearson es -0.968148, lo que indica que conforme aumenta la distancia, la concentración de nitrógeno disminuye significativamente; mientras que para el caso de *Pinus patula*, la gradiente es directa y alta, con un índice de correlación de Pearson de 0.807087, indicando que a mayor distancia la concentración de nitrógeno aumenta. La fundamentación del comportamiento de la gradiente quedo explicado con las investigaciones de Peña (2022), Guerrero y Vallejo (2022) para el caso de *Alnus acuminata*, y por las investigaciones de Liu et al. (2020) y Orozco-Jaramillo & Martínez-Nieto, (2009), para el caso de *Pinus patula*.

En cuanto a la concentración de nitrógeno y la cobertura de copa, la gradiente fue directa y alta para el caso de *Alnus acuminata*, obteniéndose un índice de correlación de Pearson de 0.976077, donde se obtuvo que, a mayor cobertura de copa, mayor concentración de nitrógeno; sin embargo, *Pinus patula*, tuvo una gradiente inversa y alta, con un índice de correlación de Pearson de -0.968840, lo que indica que a mayor cobertura de copa menor concentración de nitrógeno. La fundamentación de este comportamiento, se explica con las investigaciones de (Acevedo, 2011) para el caso de *Alnus acuminata*; mientras que para *Pinus patula*, la investigación de Orozco-Jaramillo & Martínez-Nieto (2009), fundamenta este comportamiento.

Luego de la discusión de los resultados que permitieron validar y alinear los resultados al de otros investigadores, estos se consideran válidos, debido a que fueron obtenidos siguiendo una metodología validada, y fueron analizados estadísticamente de manera descriptiva y correlativa. En este marco, se afirma que las especies *Alnus acuminata* y *Pinus patula* tienen capacidad para fijar nitrógeno a través de su relación con microorganismos tanto endógena como exógenamente, así *A. acuminata* fija nitrógeno a través de los nódulos de bacterias del género *Frankia* y están íntimamente relacionados con la cantidad de nitrógeno presente en el suelo, por lo que la gradiente es positiva en función a la distancia y cobertura de copa; mientras que por el contrario *Pinus patula*, fija nitrógeno a través de hongos micorrícicos y otros microorganismos nitrificantes, los mismos que se encuentran relacionados con su rizosfera, esto explica la gradiente inversa que existen entre la concentración de nitrógeno y la distancia y cobertura de copa.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se determinó la concentración de nitrógeno en el suelo a diferentes distancias de las especies evaluadas; en *Alnus acuminata*, se encontró que la mayor concentración de nitrógeno fue de 3,2 (mg/g) a una distancia 2 metros del árbol, mientras la concentración más baja de nitrógeno fue de 0,4 (mg/g) a una distancia de 4 metros del árbol. En *Pinus patula* las concentraciones más altas de nitrógeno fue de 4,8 (mg/g) a una distancia de 4 metros del árbol; por otro lado, la menor concentración fue de 1,1 (mg/g) se presentó a una distancia de 1 metro en el árbol.

Se estableció la relación entre la distancia y la cantidad de nitrógeno presente en el suelo de las especies evaluadas; así, en *Alnus acuminata* conforme se aleja el lugar de muestreo del árbol la concentración de nitrógeno disminuye; mientras que en *Pinus patula* conforme se aleja el lugar de muestreo del árbol la concentración de nitrógeno aumenta.

Se estableció la relación entre la proyección de copa y la cantidad de nitrógeno presente en el suelo; en *Alnus acuminata*, la concentración de nitrógeno disminuye y la proyección de copa disminuye conforme se aleja el lugar de muestreo del árbol. En *Pinus patula*, la concentración de nitrógeno aumenta a medida que se aleja el lugar de muestreo del árbol, mientras que la proyección de copa disminuye con la distancia del punto de muestreo.

Se determinó la gradiente de nitrógeno para ambas especies; *Alnus acuminata* mostró una relación inversa con un índice de correlación de Pearson de -0,9681, donde a mayor pendiente menor concentración de nitrógeno; en cuanto a *Pinus patula*, la relación fue directa con un índice de correlación de Pearson de 0,7775 ya que a mayor pendiente la concentración de nitrógeno aumenta. En *Alnus acuminata*, la concentración de nitrógeno y la presencia de nódulos disminuye con la distancia; en cuanto a *Pinus patula* los niveles de nitrógeno muestra una tendencia creciente mientras que la presencia de raíces disminuye con la distancia.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda a otros investigadores realizar estudios complementarios sobre todo en el análisis de micorrizas o las bacterias que les permiten absorben y retener nitrógeno a las especies de *Alnus acuminata* y *Pinus patula*, y el impacto que genera en los cultivos la retención de nitrógeno que generan las dos especies.

Se recomienda a la Universidad Nacional de Cajamarca promover la investigación en especies que mejoran las concentraciones de nitrógeno en el suelo, profundizando el estudio de *Alnus acuminata*, *Pinus patula* y otras especies que también puedan utilizarse para tal fin.

Se recomienda el uso de las especies estudiadas, en sistemas agroforestales, donde las condiciones climáticas permitan la asociación con cultivos como café, para potenciar simbióticamente el componente forestal con el del cultivo agrícola; para aprovechar la fijación de nitrógeno por ambas especies.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, D., & Arévalo, V. (2020). Carbono y nitrógeno en el suelo de sistemas agroforestales y sistemas naturales. *Agroforestería 20 Aniversario, March*.
https://www.researchgate.net/publication/340105885_Capitulo_3_Carbono_y_nitrogeno_en_el_suelo_de_sistemas_agroforestales_y_sistemas_naturales
- Acevedo, J. O. (2011). *Comportamiento del Alnus Acuminata H.B.K en suelos erosionados y climas adversos* [Universidad Nacional del Centro del Perú].
https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2593/Acevedo_Veli.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Acuña, M. (2012). *Efecto De Las Plantaciones De Pinus Sobre Las Propiedades Del Suelo, Cullpa Alta, Huancayo - Junín*.
http://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/2616/Dionisio_Acuña.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Agualzaca, D. O. (2021). *Evaluación del vigor vegetal de Alnus acuminata Kunth (Aliso) aplicando dos métodos no destructivos: índice normalizado diferencial de vegetación (NDVI) e índice de robustez (IR)*. [Escuela Superior Politécnica de Chimborazo].
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/15874/1/33T00282.pdf>
- Almeyda, R. (2023). *Sistemas Agroforestales* [Universidad Nacional de Ucayali].
http://repositorio.unu.edu.pe/bitstream/handle/UNU/6685/B10_2023_UNU_AGRONOMIA_2023_M_RICHARD-ALMEYDA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Altamirano, A. (2022). *Efectos de la Erythrina edulis Micheli en la fertilidad edáfica de un sistema agroforestal en la provincia de Chota, Cajamarca*. [Universidad Nacional Autónoma de Chota]. <http://repositorio.unach.edu.pe/handle/20.500.14142/237>
- Bacca-Acosta, P. P., Obando-Enriquez, B. G., Lerma-Lasso, J. L., Ortega-Cepeda, M. C., Palacio, M. R., & Zuluaga-Peláez, J. J. (2023). Allometric model for height estimation of *Alnus acuminata* Kunth in agroecological zones of the high Andean tropics. *Revista de*

Ciencias Agrícolas, 40(2), e2209. <https://doi.org/10.22267/rcia.20234002.209>

Barrios, E., Valencia, V., Jonsson, M., Brauman, A., Hairiah, K., Mortimer, P. E., & Okubo, S. (2018). Contribution of trees to soil health in agroforestry systems: A review of current knowledge and future prospects. *Agroforestry Systems*, 92(4), 1221–1235. <https://doi.org/10.1007/s10457-017-0149-x>

Bobadilla, L. (2018). *Aplicación de tecnología de producción en vivero para dos variedades de pino en el distrito de Santo Tomás provincia de Chumbivilcas región Cusco* [Universidad José Carlos Mariátegui]. [https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/331/Bobadilla Trivelo Lenin_tesis_2018.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repositorio.ujcm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12819/331/Bobadilla%20Trivelo%20Lenin_tesis_2018.pdf?isAllowed=y&sequence=1)

Cachay, W., & Reyninger, S. (2023). Impactos ambientales y enfoque ecosistémico de las plantaciones de pinus Patula. *Scienceevolution*, 70–74. <https://revista.scienceevolution.com/index.php/scienceevolution/article/view/42>

Centro de información y Comunicación Ambiental de Norte América - CICEANA (2015). Ciclo del Nitrogeno. *Wiki*, 4. http://www.divulgacion.ccg.unam.mx/webfm_send/109

Cerón, L., & Aristizábal, F. (2012). Dinámica del ciclo del nitrógeno y fósforo en suelos. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 14(1), 285–295.

Cheng, Y., Wang, J., Chang, S. X., Cai, Z., Müller, C., & Zhang, J. (2019). Nitrogen deposition affects both net and gross soil nitrogen transformations in forest ecosystems: A review. *Environmental Pollution*, 244, 608–616. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2018.10.054>

Cristóbal-Acevedo, D., Tinoco-Rueda, J., Prado-Hernández, J. V., & Hernández-Acosta, E. (2019). Soil carbon and nitrogen in tropical montane cloud forest, agroforestry and coffee monoculture systems. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y Del Ambiente*, 25(2), 169–184. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2018.09.070>

Dalvi, V. V., Pawar, P. R., More, S. S., & Shigwan, A. S. (2019). Effect of different nitrogen fixing tree species on soil chemical properties and primary nutrients in lateritic soil. *Indian J. of Agroforestry*, 17(2), 31–35.

https://www.researchgate.net/publication/334973752_Nitrogen_Fixing_tree_species_on_soil_chemical_properties

- Delgado, R., & Salas, A. M. (2006). Consideraciones para el desarrollo de un sistema integral de evaluación y manejo de la fertilidad del suelo y aplicación de fertilizantes para una agricultura sustentable en Venezuela. *Agronomía Tropical*, 56(3), 289–323.
- Díaz, F. (2023). Influencia de las plantaciones de pino (*Pinus patula* Schiede ex Schltdl. y cham.) sobre las propiedades físicas y químicas de los suelos del bosque montano de Chalamarca, Cajamarca, Perú. In *Universidad Nacional Autónoma De Chota*.
[http://181.65.155.170/bitstream/UNACH/138/1/INFORME DE TESIS.pdf](http://181.65.155.170/bitstream/UNACH/138/1/INFORME_DE_TESIS.pdf)
- Dong, W., & Song, Y. (2020). The Significance of Flavonoids in the Process of Biological Nitrogen Fixation. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(16), 5926.
<https://doi.org/10.3390/ijms21165926>
- Escalas, A., Paula, F. S., Guilhaumon, F., Yuan, M., Yang, Y., Wu, L., Liu, F., Feng, J., Zhang, Y., & Zhou, J. (2022). Macroecological distributions of gene variants highlight the functional organization of soil microbial systems. *The ISME Journal*, 16(3), 726–737.
<https://doi.org/10.1038/s41396-021-01120-8>
- Escobar, C. O., & Ricardo, R. J. (1993). Pino patula Densidad básica. *Las Maderas de Colombia, Fasc. 20*, 10.
- Farfán, F. (2014). *Agroforestería y sistemas agroforestales con café*. FNC – Cenicafé.
[https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforestería_y_sistemas_agroforestales_con_café.pdf](https://www.cenicafe.org/es/publications/Agroforesteria_y_sistemas_agroforestales_con_cafe.pdf)
- Ferrari, A. E., & Wall, L. G. (2004). *Utilización de árboles fijadores de nitrógeno para la revegetación de suelos degradados* CORE View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk provided by SEDICI-Repositorio de la UNLP. 105(2), 63–87.
- Fertilab. (2017). *Nitrógeno disponible en el suelo*.
<https://www.fertilab.com.mx/Sitio/notas/Nitrogeno-Disponible-En-El-Suelo.pdf>

- Foltran, E. C., & Lamersdorf, N. (2024). Tree species identity drives soil carbon and nitrogen stocks in nutrient-poor sites. *Forest Ecology and Management*, 567, 122090. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2024.122090>
- Fu, R., Cao, C., Liu, L., Zhu, H., Malghani, S., Yu, Y., Liao, Y., Delgado-Baquerizo, M., & Li, X. (2024). Limited dependence on soil nitrogen fixation as subtropical forests develop. *Microbiological Research*, 285, 127757. <https://doi.org/10.1016/j.micres.2024.127757>
- Furcal-Beriguete, P., Robles-Argüello, Z., & Salazar-Díaz, R. (2023). Evaluación de la fertilidad de los suelos en sistemas agroforestal con Palma Africana (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Revista Tecnología En Marcha*, 36(2), 20–31. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i2.5903>
- Garza, R. (2020). *Aporte nutrimental de especies arbóreas fijadoras de nitrógeno en sistemas agroforestales con café* [Universidad Autónoma Chapingo]. <https://repositorio.chapingo.edu.mx/server/api/core/bitstreams/e12d268d-e495-4cd0-b0f8-823922fbb742/content>
- Guerrero, L., & Vallejo, A. (2022). *Aislamiento, Caracterización y Selección de Cepas de Frankia sp. Aisladas de Alnus acuminata Productoras de Exopolisacáridos* [Universidad de Nariño]. <https://dataindonesia.id/sektor-riil/detail/angka-konsumsi-ikan-ri-naik-jadi-5648-kgkapita-pada-2022>
- Guo, K., Yang, J., Yu, N., Luo, L., & Wang, E. (2023). Biological nitrogen fixation in cereal crops: Progress, strategies, and perspectives. *Plant Communications*, 4(2), 100499. <https://doi.org/10.1016/j.xplc.2022.100499>
- Hu, B., Shen, L., Xu, X., & Zheng, P. (2011). Anaerobic ammonium oxidation (anammox) in different natural ecosystems. *Biochemical Society Transactions*, 39(6), 1811–1816. <https://doi.org/10.1042/BST20110711>
- Hurtado, P., Piccinetti, C., & Meyer, J. (2016). *Determinación de las concentraciones de nitrógeno en las precipitaciones de primavera-verano 2015-2016, en el campo experimental EEA San Luis*.
- INIA. (2019). *Importancia de la muestras de suelo* (pp. 1–2). www.inia.gob.pe

- Jaman, M. S., Muraina, T. O., Dam, Q., Zhang, X., Jamil, M., Bhattarai, S., & Islam, F. (2021). Effects of single and mixed plant types on soil carbon and nitrogen dynamics in homestead agroforestry systems in Northern Bangladesh. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 315, 107434. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2021.107434>
- Klotz, M. G., & Stein, L. Y. (2008). Nitrifier genomics and evolution of the nitrogen cycle. *FEMS Microbiology Letters*, 278(2), 146–156. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6968.2007.00970.x>
- Liu, Y., Li, X. y Kou, Y. (2020). Hongos ectomicorrícicos: Participación en la renovación de nutrientes y el patrón de ensamblaje comunitario en ecosistemas forestales. *Bosques*, 11(4), 453. <https://doi.org/10.3390/f11040453>
- Lozada, J. (2019). Investigación Aplicada. *Cienciaamérica*, 1(3), 34–39. <http://www.uti.edu.ec/documents/investigacion/volumen3/06Lozada-2014.pdf>
- Lozano, G., Parras, A., & Brevik, E. (2016). Impact of topographic aspect and vegetation (native and reforested areas) on soil organic carbon and nitrogen budgets in Mediterranean natural areas. *Science of the Total Environment* 544, 963–970.
- Luan, L., Jiang, Y., Dini-Andreote, F., Crowther, T. W., Li, P., Bahram, M., Zheng, J., Xu, Q., Zhang, X.-X., & Sun, B. (2023). Integrating pH into the metabolic theory of ecology to predict bacterial diversity in soil. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(3). <https://doi.org/10.1073/pnas.2207832120>
- Madrigal, S., Cristóbal, D., Hernández, E., & Romo, J. L. (2019). Influencia de la cobertura, pendiente y profundidad, sobre el carbono y nitrógeno del suelo. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, 10(51), 201–223. <https://doi.org/10.29298/rmcf.v10i51.113>
- Martín-Alonso, G. M., Bustamante-González, C., Varela-Nualles, M., Pérez-Díaz, A., Viñals-Núñez, R., Delgado-Álvarez, A., & Fundora-Sánchez, L. (2021). Cuantificación de la fijación biológica del nitrógeno en árboles de sombra de dos cafetales de Cuba. *Cultivos Tropicales*, 42(2). <http://scielo.sld.cu/pdf/ctr/v42n2/1819-4087-ctr-42-02-e05.pdf>
- Martin, F. M., Uroz, S., & Barker, D. G. (2017). Ancestral alliances: Plant mutualistic symbioses

- with fungi and bacteria. *Science*, 356(6340). <https://doi.org/10.1126/science.aad4501>
- Morales, E. (2019). *Asociación agroforestal entre alnus acuminata H.B.K. y pisum sativum l Quilcas-Huancayo*. 1–51. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/6237>
- Norton, J., & Ouyang, Y. (2019). Controls and Adaptive Management of Nitrification in Agricultural Soils. *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.01931>
- Oliva, M., Culqui Mirano, L., Leiva, S., Collazos, R., Salas, R., Vásquez, H., & Maicelo Quintana, J. L. (2017). Reserve of carbon in a silvopastoral system composed of *Pinus patula* and native herbaceous. *Scientia Agropecuaria*, 8(2), 149–157. <https://doi.org/10.17268/sci.agropecu.2017.02.07>
- Orchardson, E. (2020). *El nitrógeno en la agricultura*. CIMMYT. <https://www.cimmyt.org/es/noticias/el-nitrogeno-en-la-agricultura/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. (2010). *Términos Y Definiciones*. 30. <http://www.fao.org/3/am665s/am665s00.pdf>
- Orozco-Jaramillo, C., & Martínez-Nieto, P. (2009). Evaluación de la inoculación con microorganismos fijadores de nitrógeno asimbióticos aislados de la rizósfera de *Pinus patula* en Colombia. *Bosque (Valdivia)*, 30(2). <https://doi.org/10.4067/S0717-92002009000200002>
- Ospina, C., Hernández, R., Rincón, E., Sánchez, F., Urrego, J., Rodas, C., Ramírez, C., & Riaño, N. (2011). Guías silviculturales para el manejo de especies forestales con miras a la producción de madera en la zona andina colombiana: El *Pinus patula* Schl et Cham. In *FNC-Cenica*.
- Peña, O. N. (2022). *Niveles de nitrógeno por Inga sp. y valor de pH según la gradiente, en parcelas agroforestales en Chirinos-San Ignacio* [Universidad Nacional de Cajamarca]. [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5389/Tesis-Olmer Noé Peña Contreras.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/5389/Tesis-Olmer%20Noe%20Pe%C3%91a%20Contreras.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pentón, G., Rivera, R., Martín, G. J., Mena, A., Alonso, F., & Medina, A. (2014). Effect of the

mycorrhizal symbiosis, chemical fertilization and their combination, on the soil-plant relation of mulberry. *Pastos y Forrajes*, 37(4), 399–407.

Pinoargote-chang, M. (2022). *Tópicos selectos de investigación en conservación de recursos naturales en América Latina*.

https://www.researchgate.net/publication/358443681_Sistemas_agroforestales_con_cafe_el_rol_de_los_arboles_en_la_provision_de_servicios_ecosistemicos

Portilla, D. F. (2012). Propagación vegetativa del aliso (*Alnus acuminata* H.B.K.) utilizando dos tipos de sustrato en la parroquia La Esperanza. In *Repositorio Digital Universidad Técnica del Norte*. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/2119>

Rodríguez, Y. S. (2022). Fijación Biológica de Nitrógeno por interacción entre aliso (*Alnus acuminata*) y *Frankia* sp en un sistema silvopastoril. *Revista Agricolae y Habiha*, 0–6.
https://www.researchgate.net/publication/360978942_Fijacion_Biologica_de_Nitrogeno_por_interaccion_entre_aliso_Alnus_acuminata_y_Frankia_sp_en_un_sistema_silvopastoril

Sánchez, L., Amado, G., Criollo, P., Carvajal, T., Roa, J., Cuesta, A., Conde, A., Umaña, A., Bernal, L., & Barreto, L. (2009). *El aliso (Alnus acuminata H.B.K.) como alternativa silvopastoril en el manejo sostenible de praderas en el trópico alto colombiano*.
<http://hdl.handle.net/20.500.12324/13489>

SERFOR. (2021). *Manual para el manejo del cultivo de café bajo sombra*.

Silva, E. (2012). Evaluación de los ensayos de Introducción de especies forestales y de Mejoramiento genético en el Departamento de Cajamarca. In *[Tesis de Pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]*.
<http://repositorio.lamolina.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12996/1686/F30.S55-T.pdf?sequence=1>

Steinfeld, J. P., J.J.A. Bianchi, F., Luiz Locatelli, J., Rizzo, R., Eduarda Bispo de Resende, M., Ramos Ballester, M. V., Cerri, C. E. P., Bernardi, A. C. C., & Creamer, R. E. (2023). Increasing complexity of agroforestry systems benefits nutrient cycling and mineral-associated organic carbon storage, in south-eastern Brazil. *Geoderma*, 440.

<https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2023.116726>

- Sudharta, K. A., Hakim, A. L., Fadhillah, M. A., Fadzil, M. N., Prayogo, C., Kusuma, Z., & Suprayogo, D. (2022). Soil organic matter and nitrogen in varying management types of coffee-pine agroforestry systems and their effect on coffee bean yield. *Biodiversitas*, 23(11), 5884–5891. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231142>
- Tolozza-Moreno, D. L., & Lizarazo-Forero, L. M. (2014). Microbial Populations Associated with the Rhizosphere and Phyllosphere Plants of Cape Gooseberry (*Physalis peruviana* L.). *Revista de Ciencias*, 18(2), 27–38.
- Tropicos. (2024). *Alnus acuminata* Kunth. Tropicos Org. Jardín Botánico de Misuri. <https://www.tropicos.org/name/3600081>
- Universidad Nacional de Cajamarca. (2016). *Resolución de Consejo Universitario N° 1378-2016-UNC* (p. 12). <http://institucional.unc.edu.pe/Documentos/ObtenerArchivo?codigo=0000000227>
- Wang, J., Peñuelas, J., Shi, X., Brearley, F. Q., Esteban Lucas-Borja, M., Leng, P., & Huang, Z. (2024). Tree species richness improves soil net nitrogen mineralization rates in a young biodiversity-ecosystem function experiment. *CATENA*, 243, 108178. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2024.108178>
- Xu, Z., Jiang, C., Wang, N., & Tang, S. (2013). Effects of nitrogen-fixing trees on soil nitrogen and organic matter in agroforestry systems. *Agroforestry Systems*, 87(2), 355–365. <https://doi.org/10.1007/s10457-012-9557-8>
- Zhang, H., Cheng, H., Zhang, F., Peng, S., Shi, Y., Luo, C., Tian, X., Wang, Z., & Xing, D. (2024). Increased nitrogen accumulation in mulberry trees due to the secretion of glomalin-related soil protein induced by arbuscular mycorrhizal fungi. *European Journal of Soil Biology*, 122, 103659. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2024.103659>

CAPÍTULO VII

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Variable	Definición conceptual	Dimensiones	Indicador	Escala
Nitrógeno en el suelo	El nitrógeno en el suelo es un elemento altamente dinámico y esencial para la nutrición vegetal, desempeñando un papel crítico en la síntesis de aminoácidos, proteínas, ácidos nucleicos y clorofila, fundamentales para el crecimiento y desarrollo de las plantas (Orchardson, 2020, p. 1).	Cantidad de nitrógeno	PPM	De razón
		distancia	m	De razón
Especies forestales	Planta que tiene un crecimiento duradero y que presenta un tallo leñoso, capaz de proporcionar madera (Norma Venezolana COVENIN 320-90, 1990).	Especies	Nombre	Nominal
		Proyección copa	m	De razón
		Mecanismo de fijación	Morfología	Nominal

Anexo 2. Matriz de consistencia

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
¿Cuáles es la concentración de nitrógeno fijado por <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham. según distancia y pendiente en parcelas agroforestales en Cutervo 2024?	General			
	Determinar la concentración de nitrógeno fijado por <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham. Según distancia y pendiente en parcelas agroforestales en Cutervo 2024.		Nitrógeno en el suelo	Diseño de investigación: No Experimental
	Específicos			Nivel de investigación: Descriptiva
	Determinar el nitrógeno en el suelo, a diferentes distancias de los árboles de <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham en función de la pendiente en parcelas agroforestales.	Es posible determinar la concentración de nitrógeno fijado por <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham. Según distancia y pendiente en parcelas agroforestales en Cutervo 2024	Especie forestales	Técnica: Observación directa
	Establecer la relación entre distancia al árbol de <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham y cantidad de nitrógeno presente en el suelo.			Fuente: Primaria
	Establecer la relación entre proyección de copa de <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham y cantidad de nitrógeno presente en el suelo.			Instrumento: Formato de recolección de datos
	Determinar la gradiente de los niveles de nitrógeno en el suelo en función a la distancia, pendiente y proyección de copa de <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham en parcelas agroforestales.			Muestra: 4 muestras de suelo por árbol, y se seleccionarán 5 árboles por especie forestal en Sistemas agroforestales de café con <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>Pinus patula</i> Schltdl & Cham

Anexo 3. Validación de instrumentos por experto

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA FORESTAL

VALIDACIÓN POR EXPERTOS

Título de tesis: "Concentración de nitrógeno fijado por *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schltdl. & Cham. Según distancia y pendiente en parcelas agroforestales en Cutervo 2024"

Tesista: Bachiller Herly Oblitas Gonzales

Parte A: Datos del experto

- **Apellidos y Nombres** : Tafur Santillán, Segundo Medardo
- **Grado o título profesional:** Magister (M. Sc.) Ingeniero agrónomo
- **Centro labores/especialidad:** Docente principal Ingeniería Forestal – UNC-FJ.

Parte B: Validación

Variable medida: Nitrógeno en el suelo: cantidad, distancia y pendiente.

INDICADORES	CRITERIOS	VALORACIÓN				
		1	2	3	4	5
CLARIDAD	Está formulada con lenguaje comprensible y adecuado.					X
OBJETIVIDAD	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.					X
ESTRUCTURA	El contenido tiene un orden lógico.					X
SUFICIENCIA	Comprende aspectos necesarios de cantidad y calidad.					X
INTENCIONALIDAD	Es adecuado para valorar aspectos estratégicos planteados.				X	
CONSISTENCIA	Basado en aspectos teóricos y científicos para identificar y determinar lo requerido en la investigación.					X
COHERENCIA	El instrumento de juicio relaciona las variables de estudio con sus respectivos indicadores.					X
METODOLOGÍA	La estrategia a emplear responde una metodología para lograr cumplir los objetivos planteados.					X
TOTAL						

Nota. 0-20 (DEFICIENTE), 21-30 (REGULAR), 31-36 (BUENO) y 37-40 (EXCELENTE)

La valoración obtenida fue de 39 Y está dentro del rango de valoración de Excelente
y su validación fue Aprobatorio

Jaén, Julio del 2025


Firma

Anexo 4. Información obtenida en la evaluación de suelo obtenida por calicatas y arboles de *Pinus patula* Schltdl & Chan.

Especie	Código	Coordenadas	Distancia	Años aprox.	Proyección de copa (m)	Dap (cm)	Altura total (m)	Cálculo de pendiente	Presencia de raíces	Presencia de micorrizas	Característica de las micorrizas	Medidas de las micorrizas (cm)	Cantidad de las micorrizas
<i>Pinus patula</i> Schltdl. & Cham	PP-01	17 M	1M	6	4	73	7,8	30%	si	no	0	0	0
		este: 732455 m	2M						si	no	0	0	0
		norte: 9310593 m	3M						si	no	0	0	0
		altitud: 1875	4M						si	no	0	0	0
	PP-02	17 M	1M	8	4	69	11	15%	no	no	no	no	no
		este: 732405 m	2M						no	no	no	no	no
		norte: 9310563 m	3M						no	no	no	no	no
		altitud: 1776	4M						no	no	no	no	no
	PP-03	17 M	1M	12	4	138	15	9,80%	si	no	0	0	0
		este: 732604 m	2M						si	si	pequeñas	0	escasas
		norte: 9310322 m	3M						si	no	0	0	0
		altitud: 1794	4M						no	no	no	no	no
	PP-04	17 M	1M	7	2	87	10	54%	si	si	pequeñas	0,5	escasas
		este: 732193 m	2M						no	no	no	no	no
		norte: 9310924 m	3M						si	no	0	0	0
		altitud: 1757	4M						no	no	no	no	no
	PP-05	17 M	1M	12	2	98	15	60%	no	no	no	no	no
		este: 732050 m	2M						si	no	0	0	0
		norte: 9310926 m	3M						no	no	no	no	no
		altitud: 1768	4M						no	no	no	no	no

Anexo 4.1. Información obtenida en la evaluación de suelo obtenida por calicatas y arboles de *Alnus acuminata* Kunth

Especie	Código	Coordenadas	Distancia	Años aprox.	Proyección de copa (m)	Dap (cm)	Altura total (m)	Cálculo de pendiente	Presencia de raíces	Presencia de nódulos	Característica de los nódulos	Medidas de los nódulos (cm)	Cantidad de nódulos
<i>Alnus acuminata Kunth</i>	AA-01	17 M	1M	15	2	73	12	12,23%	si	si	medianas	0.5 a 1	abundante
		este: 732722 m	2M						no	no	no	no	no
		norte: 9310440 m	3M						si	si	pequeñas		escasas
		altitud: 1767	4M						no	no	no	no	no
	AA-02	17 M	1M	7	3	50,4	10	19,80%	si	si	grandes	1 a 3	abundante
		este: 732672 m	2M						si	si	pequeñas		abundante
		norte: 9310415 m	3M						si	si	pequeñas		abundante
		altitud: 1769	4M						no	no	no	no	no
	AA-03	17 M	1M	6	3	57	12	54%	si	si	pequeñas		escasas
		este: 732179 m	2M						no	no	no	no	no
		norte: 9310575 m	3M						no	no	no	no	no
		altitud: 1753	4M						no	no	no	no	no
	AA-04	17 M	1M	6	3	44	8	37%	no	no	no	no	no
		este: 732103 m	2M						no	no	no	no	no
		norte: 9310947 m	3M						no	no	no	no	no
		altitud: 1767	4M						no	no	no	no	no
	AA-05	17 M	1M	10	4	60	17	35%	si	si	grandes	1 a 3	abundante
		este: 732258 m	2M						si	si	grandes	1a3	abundante
		norte: 9311102 m	3M						si	si	pequeñas	0.2 a 0.5	abundante
		altitud: 1712	4M						no	no	no	no	no

Anexos 5. Información del suelo de las calicatas y árbol de la especie de *Pinus patula*

Árbol	Hueco de árbol	Presencia de raíces	Presencia de micorrizas	Cantidad de micorrizas
PP - 01	1M	2	2	1
	2M	2	2	1
	3M	2	2	1
	4M	2	2	1
PP - 02	1M	1	2	1
	2M	1	2	1
	3M	1	2	1
	4M	1	2	1
PP - 03	1M	2	2	1
	2M	2	2	2
	3M	2	2	1
	4M	1	2	1
PP - 04	1M	2	2	2
	2M	1	2	1
	3M	2	1	1
	4M	1	1	1
PP - 05	1M	1	2	1
	2M	2	2	1
	3M	1	1	1
	4M	2	1	1

Nota: 2 significa presencia que si hay presencia de micorrizas y 1 significa que no hay presencia de micorrizas.

Anexos 5.1. Información del suelo de las calicatas y árbol de la especie de *Alnus acuminata*

Árbol	Hueco de árbol	Presencia de raíces	Presencia de nódulos	Cantidad de nódulos
AA - 01	1M	2	2	3
	2M	1	2	1
	3M	2	1	2
	4M	1	1	1
AA - 02	1M	2	2	3
	2M	2	2	3
	3M	2	2	3
	4M	1	1	1
AA - 03	1M	2	2	2
	2M	1	2	1
	3M	1	2	1
	4M	1	1	1
AA - 04	1M	1	2	1
	2M	1	2	1
	3M	1	2	1
	4M	1	1	1
AA - 05	1M	2	2	3
	2M	2	2	3
	3M	2	1	3
	4M	1	1	1

Nota: 2 significa presencia que si hay presencia de micorrizas y 1 significa que no hay presencia de micorrizas.

Anexo 6. Datos procesados del análisis de suelo por árbol y por especie

Anexo 6.1. Nitrógeno en *Alnus acuminata*

Cod -AA01				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica (%)	PH
1	1	2,5	3,8	3,7
1	2	2,9	4,5	4,1
1	3	1,8	3,2	4,8
1	4	0,4	0,6	6,3

Cod -AA02				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica (%)	PH
2	1	2,7	4,2	3,9
2	2	3,2	4,9	4,6
2	3	1,9	3,8	5,2
2	4	0,8	1,2	6,9

Cod -AA03				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica (%)	PH
3	1	1,8	1,8	5,2
3	2	1,4	1,4	4,8
3	3	0,7	1,1	5,8
3	4	1,4	1,4	5,6

Cod -AA04				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica (%)	PH
4	1	1,5	1,4	4,7
4	2	1,7	1,5	4,2
4	3	0,8	0,9	4,3
4	4	0,5	1,1	4,1

Cod -AA05				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica (%)	PH
5	1	1,6	0,8	5,8
5	2	0,4	0,4	5,2
5	3	1,0	1,8	5,7
5	4	0,7	1,3	6,0

Anexo 6.2. Nitrógeno en *Pinus patula*

Cod -PP01				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica	PH
1	1	4,0	7,7	3,7
1	2	3,7	7,3	3,8
1	3	4,4	8,9	3,7
1	4	4,1	8,0	3,8

Cod -PP02				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica	PH
2	1	4,4	8,2	4,2
2	2	3,8	8,5	4,3
2	3	4,8	9,2	4,5
2	4	4,8	8,9	4,6

Cod -PP03				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica	PH
3	1	4,7	9,2	4,9
3	2	4,7	9,4	3,8
3	3	4,6	9,4	4,2
3	4	4,4	8,7	4,8

Cod -PP04				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica	PH
4	1	3,5	8,3	4,2
4	2	3,4	8,2	2,9
4	3	4,6	8,5	3,5
4	4	3,6	7,6	3,8

Cod -PP05				
Árbol	Distancia (m)	Nitrógeno (mg/g)	M. orgánica	PH
5	1	1,1	2,1	5,3
5	2	1,2	1,7	4,6
5	3	1,3	2,5	4,1
5	4	3,0	6,0	3,8

Anexo 7. Ficha de identificación de especies

LEIWER FLORES FLORES
ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA
C.I.P. N° 56894
Cel. 918217105
Email: lflores@unc.edu.pe

LEIWER FLORES FLORES, CON REGISTRO C.I.P. N° 56894 - ESPECIALISTA EN DENDROLOGÍA.

CERTIFICA:

La identificación de dos muestras de árboles provenientes de plantaciones agroforestales con café con fines de investigación de tesis titulado: **"CONCENTRACIÓN DE NITRÓGENO FIJADO POR *Alnus acuminata* Kunth y *Pinus patula* Schldl. & Cham. SEGÚN DISTANCIA Y PENDIENTE EN PARCELAS AGROFORESTALES EN CUTERVO 2024"**, proveniente del distrito de Callayuc, provincia de Cutervo, región Cajamarca; solicitada por el Bach. **HERLY OBLITAS GONZALES**, exalumno de la Escuela Profesional de Ingeniería Forestal, Universidad Nacional de Cajamarca. Las muestras fueron estudiadas, identificadas y ordenadas para grupos taxonómicos de Gimnospermae y Angiospermae, de acuerdo al Sistema de Clasificación APG IV - 2016, se presenta a continuación:

Categorías -Clados	Sistema APG IV - 2016
Reino	Plantae
División	Angiospermae L.
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Magnoliidae Novák ex Takht.
Superorden	Rosanae Takht.
Orden	Fagales Engl.
Familia	Betulaceae Gray.
Género	<i>Alnus</i> Mill.
Especie	<i>Alnus acuminata</i> Kunt
Nombre común	Aliso

Categorías -Clados	Sistema APG IV - 2016
Reino	Plantae
División	Phinophyta
Clase	Equisetopsida C. Agardh
Subclase	Pinidae Cronquist, Takht. y W. Zimm.
Orden	Pinales Gorozh.
Familia	Pinaceae Spreng. ex Rudolfo
Género	<i>Pinus</i> L.
Especie	<i>Pinus patula</i> Schldl. & Cham.
Nombre común	Pino pátula

Jaén, 4 de julio del 2025.



Ing. M. Cs. Leiwer Flores Flores
Especialista en Dendrología
C.I.P. N° 56894

Anexo 8. Análisis de laboratorio



Instituto Nacional de Innovación Agraria

**LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR
EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 200**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Suelos
Acreditado

INFORME DE ENSAYO
N° 010003-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4664-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:00	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-01-1M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	3,7	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	3,8	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	2,5	-	-	-



Ministerio de Agricultura e Irrigación



LABSAF

Red de Laboratorios de Suelos, Aguas y Foliare
Acreditado con la Norma
NTP-ISO/IEC 17025:2017
LABSAF Vista Florida
Dirección: Carretera Chiclayo a Ferreñafe km 8 Pícsi - Chiclayo - Lambayeque
Email: labsafvistaflorida@inia.gob.pe

Página 1 de 2

F-46 / Ver.05
www.inia.gob.pe

INFORME DE ENSAYO
N° 010004-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4665-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:10	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-01-2M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	4,1	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	4,5	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	2,9	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010005-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4666-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:20	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-01-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	4,8	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	3,2	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	1,7	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010006-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4667-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:30	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-01-4M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	6,3	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	0,6	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,4	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010007-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4668-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:40	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-03-1M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	5,2	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	1,8	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,9	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010008-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4669-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	8:50	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-03-2M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	4,8	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	1,4	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,9	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010010-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4671-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:10	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-03-4M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	5,6	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	1,4	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,7	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010011-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4672-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:20	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-05-1M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	5,8	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	0,8	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,6	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010012-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4673-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:30	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-05-2M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	5,2	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	0,4	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,4	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010013-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4674-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:40	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-05-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	5,7	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	1,8	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	1,0	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010014-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4675-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:50	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-05-4M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	6,0	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	1,3	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,7	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
LABSAF VISTA FLORIDA
N° 063731-25 / SU / VF



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo (***) : 2025-05-27
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-30
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-06-06 al 2025-06-12
 Cotización del servicio : 102-25-VF
 Fecha de emisión : 2025-06-12

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1852-VF-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-05-27	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	9:15	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-03-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	5,7	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	1,1	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	0,7	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
LABSAF VISTA FLORIDA
N° 063733-25 / SU / VF



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo (***) : 2025-05-27
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-30
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-06-06 al 2025-06-12
 Cotización del servicio : 102-25-VF
 Fecha de emisión : 2025-06-12

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1854-VF-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-05-27	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	14:35	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	AA-01-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	5,0	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	3,5	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	1,8	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010015-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4676-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:00	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-01-1M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	3,7	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	7,7	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,0	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010016-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4677-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:10	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-01-2M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	3,8	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	7,3	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	3,7	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010017-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4678-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:20	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-01-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	3,7	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	8,9	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,5	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010018-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4679-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:30	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-01-4M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	3,8	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	8,0	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,1	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010019-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4680-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:40	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-03-1M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	4,9	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	9,2	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,7	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010020-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4681-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	10:50	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-03-2M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	3,8	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	9,4	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,7	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010021-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4682-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:00	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-03-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	4,2	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	9,4	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,8	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010022-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4683-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:10	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-03-4M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	4,8	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	8,7	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,4	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010023-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4684-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:20	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-05-1M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	5,3	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	2,1	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	1,1	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010024-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4685-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:30	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-05-2M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	4,6	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	1,7	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	1,2	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010025-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Número de muestra(s) : 1
 Producto declarado : Suelo
 Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
 Cotización del servicio : 258-24-VF
 Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4686-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:40	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-05-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	4,1	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	2,5	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	1,3	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
N° 010026-25 / SU / LABSAF - VISTA FLORIDA



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
Muestreado por : El cliente
Número de muestra(s) : 1
Producto declarado : Suelo
Presentación de las muestras(s) : Bolsa de plástico
Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
Procedencia de muestra(s) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
Fecha(s) de muestreo : 2024-11-15 (***)
Fecha de recepción de muestra(s) : 2024-12-13
Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
Fecha(s) de análisis : Del 2025-01-09 al 2025-01-15
Cotización del servicio : 258-24-VF
Fecha de emisión : 2025-01-16

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU4687-VF-24	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo	2024-11-15	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:50	-	-	-	-	-
Condición de la muestra	Conservada	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-05-4M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH.	unid. pH	0,1	3,8	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	6,0	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	3,0	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
LABSAF VISTA FLORIDA
N° 063732-25 / SU / VF



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo (***) : 2025-05-27
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-30
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-06-06 al 2025-06-12
 Cotización del servicio : 102-25-VF
 Fecha de emisión : 2025-06-12

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1853-VF-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-05-27	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	16:20	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-03-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	4,3	-	-	-
Materia Orgánica	%	0,3	9,1	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,6	-	-	-

INFORME DE ENSAYO
LABSAF VISTA FLORIDA
N° 063734-25 / SU / VF



I. INFORMACIÓN GENERAL

Cliente : Herly Oblitas Gonzales
 Propietario / Productor : Herly Oblitas Gonzales
 Dirección del cliente : Calle Vista Alegre N° 106 - Sector Las Almendras - Jaen - Jaen - Cajamarca
 Solicitado por : Herly Oblitas Gonzales
 Muestreado por : El cliente
 Referencia del muestreo : Reservado por el cliente
 Procedencia de muestra(s) (***) : Cayalluc - Cutervo - Cajamarca
 Fecha(s) de muestreo (***) : 2025-05-27
 Fecha de recepción de muestra(s) : 2025-05-30
 Lugar de ensayo : LABSAF VISTA FLORIDA
 Fecha(s) de análisis : Del 2025-06-06 al 2025-06-12
 Cotización del servicio : 102-25-VF
 Fecha de emisión : 2025-06-12

II. RESULTADO DE ANÁLISIS

ITEM	1	2	3	4	5	6
Código de Laboratorio	SU1855-VF-25	-	-	-	-	-
Matriz Analizada	Suelo	-	-	-	-	-
Fecha de Muestreo (***)	2025-05-27	-	-	-	-	-
Hora de Inicio de Muestreo (h) (***)	11:15	-	-	-	-	-
Código/Identificación de la Muestra por el Cliente (***)	PP-01-3M	-	-	-	-	-
Ensayo	Unidad	LC	Resultados			
pH	unid. pH	0,1	4,0	-	-	-
Materia Organica	%	0,3	8,4	-	-	-
Nitrógeno Total Kjeldahl	mg/g	0,1	4,4	-	-	-

Anexo 9. Ficha técnica de la plantación agroforestal

Datos agronómicos de las parcelas muestreadas para <i>Alnus acuminata</i> Kunth y <i>pinus patula</i> Schltdl. & Cham													
Nombre de la parcela	Ubicación				Coordenadas (UTM)		Edad del café (años)	Variedad de café	Tipo de manejo	Distancia de siembra (metros)	Rendimiento promedio (qq. Pergamino /ha)	Estado fenológico del café	Certificación vigente
	Lugar	Distrito	Provincia	Región	Este	Norte							
La naranja	C.P El cumbe	Callayuc	Cutervo	Cajamarca	732722	9310440	8	Caturra y Catimor	Tradicional sin aplicación de fertilizantes sintéticos	2.50 x 2.00	18	En descanso/sin cosecha	Orgánico/ OCIA International
La parada	C.P El cumbe	Callayuc	Cutervo	Cajamarca	732455	9310593	7	Catimor	Tradicional sin aplicación de fertilizantes sintéticos	2.50 x 2.00	20	En descanso/sin cosecha	Orgánico/ OCIA International
El manantial	Caserío Vista Alegre	Callayuc	Cutervo	Cajamarca	732258	9311102	8	Catimor	Tradicional sin aplicación de fertilizantes sintéticos	2.00 x 2.00	20	En descanso/sin cosecha	Orgánico/ OCIA International
Los pinos	Caserío Vista Alegre	Callayuc	Cutervo	Cajamarca	732193	9310924	8	Catimor y Típica	Tradicional sin aplicación de fertilizantes sintéticos	2.50 x 2.00	20	En descanso/sin cosecha	Orgánico/ OCIA International

Anexo 10. Panel fotográfico



Fotos 1 y 2. Identificación de georreferenciación de cinco arboles por especie.



Fotos 3 y 4. Trazo de línea siguiendo la pendiente.



Fotos 4 y 5. Excavación de calicatas.



Fotos 6 y 7. Extracción de muestras y etiquetado de las mismas.



Fotos 8 y 9. Proyección de la pendiente del terreno siguiendo la dirección del nivel mas bajo al mas alto.



Fotos 10 y 11. Proyección de copa en metros.



Fotos 12 y 13. Recolección de muestras botánicas.



Fotos 14 y 15. Preparación y empaquetado de muestras de suelo para enviar a laboratorio



Fotos 16 y 17. Muestras de raíces para la identificación de nódulos.



Fotos 18 y 19. Recolección de muestras



Fotos 20 y 21. Preparación de muestras.



Fotos 22 y 23. Identificación y conteo de nódulos.